

Раздел 2

КАНАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Главы 2.4, 2.5 приведены в редакции седьмого издания (2003 г.)

Глава 2.1 ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1.1. Настоящая глава Правил распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока, выполняемые внутри зданий и сооружений, на наружных их стенах, территориях предприятий, учреждений, микрорайонов, дворов, приусадебных участков, на строительных площадках с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм² (при сечении более 16 мм² - см. гл. 2.3).

Линии, выполняемые неизолированными проводами внутри помещений, должны отвечать требованиям, приведенным в гл. 2.2, вне зданий - в гл. 2.4.

Ответвления от ВЛ к вводам (см. 2.1.6 и 2.4.2), выполняемые с применением изолированных или неизолированных проводов, должны сооружаться с соблюдением требований гл. 2.4, а ответвления, выполняемые с применением проводов (кабелей) на несущем тросе, - в соответствии с требованиями настоящей главы.

Кабельные линии, проложенные непосредственно в земле, должны отвечать требованиям, приведенным в гл. 2.3.

Дополнительные требования к электропроводам приведены в гл. 1.5, 3.4, 5.4, 5.5 и в разд. 7.

2.1.2. Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями, установленными в соответствии с настоящими Правилами.

2.1.3. Кабель, шнур, провод защищенный, незащищенный, кабель и провод специальный - определения по ГОСТ.

2.1.4. Электропроводки разделяются на следующие виды:

1. Открытая электропроводка - проложенная по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т.п.

При открытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: непосредственно по поверхности стен, потолков и т. п., на струнах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках, свободной подвеской и т. п.

Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

2. Скрытая электропроводка - проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т. п.

При скрытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей: в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций, в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.

2.1.5. Наружной электропроводкой называется электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т. п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый) вне улиц, дорог и т. п.

Наружная электропроводка может быть открытой и скрытой.

2.1.6. Вводом от воздушной линии электропередачи называется электропроводка, соединяющая ответвление от ВЛ с внутренней электропроводкой, считая от изоляторов, установленных на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства.

2.1.7. Струной как несущим элементом электропроводки называется стальная проволока, натянутая вплотную к поверхности стены, потолка и т. п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

2.1.8. Полосой как несущим элементом электропроводки называется металлическая полоса, закрепленная вплотную к поверхности стены, потолка и т. п., предназначенная для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

2.1.9. Тросом как несущим элементом электропроводки называется стальная проволока или стальной канат, натянутые в воздухе, предназначенные для подвески к ним проводов, кабелей или их пучков.

2.1.10. Коробом называется закрытая полая конструкция прямоугольного или другого сечения, предназначенная для прокладки в ней проводов и кабелей. Короб должен служить защитой от механических повреждений проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба должны иметь только сплошные стенки со всех сторон и не иметь крышек.

Короба могут применяться в помещениях и наружных установках.

2.1.11. Лотком называется открытая конструкция, предназначенная для прокладки на ней проводов и кабелей.

Лоток не является защитой от внешних механических повреждений проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки должны изготавливаться из негорючих материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми. Лотки могут применяться в помещениях и наружных установках.

2.1.12. Чердачным помещением называется такое непроизводственное помещение над верхним этажом здания, потолком которого является крыша здания и которое имеет несущие конструкции (кровлю, фермы, стропила, балки и т. п.) из сгораемых материалов.

Аналогичные помещения и технические этажи, расположенные непосредственно над крышей, перекрытия и конструкции которых выполнены из негорючих материалов, не рассматриваются как чердачные помещения.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.1.13. Допустимые длительные токи на провода и кабели электропроводок должны приниматься по гл. 1.3 с учетом температуры окружающей среды и способа прокладки.

2.1.14. Сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках должны быть не менее приведенных в табл. 2.1.1. Сечения жил для зарядки осветительных арматур должны приниматься по 6.5.12-6.5.14. Сечения заземляющих и нулевых защитных проводников должны быть выбраны с соблюдением требований гл. 1.7.

Таблица 2.1.1. Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках

Проводники	Сечение жил, мм ²	
	медных	алюминиевые х
Шнуры для присоединения бытовых электроприемников	0,35	-
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	-
Скрученные двухжильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	-
Незащищенные изолированные провода для стационарной электропроводки внутри помещений:		
непосредственно по основаниям, на роликах, клицах и тросах	1	2,5
на лотках, в коробах (кроме глухих):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	-
многопроволочных (гибких)	0,35	-
на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах;	2,5	4
вводы от воздушной линии		
под навесами на роликах	1,5	2,5

Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной электропроводки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроводных	0,5	-
многопроводных (гибких)	0,35	-
Защищенные и незащищенные провода и кабели, прокладываемые в замкнутых каналах или замоноличенно (в строительных конструкциях или под штукатуркой)	1	2

2.1.15. В стальных и других механических прочных трубах, рукавах, коробах, лотках и замкнутых каналах строительных конструкций зданий допускается совместная прокладка проводов и кабелей (за исключением взаиморезервируемых):

1. Всех цепей одного агрегата.
2. Силовых и контрольных цепей нескольких машин, панелей, щитов, пультов и т. п., связанных технологическим процессом.
3. Цепей, питающих сложный светильник.
4. Цепей нескольких групп одного вида освещения (рабочего или аварийного) с общим числом проводов в трубе не более восьми.
5. Осветительных цепей до 42 В с цепями выше 42 В при условии заключения проводов цепей до 42 В в отдельную изоляционную трубу.

2.1.16. В одной трубе, рукаве, коробе, пучке, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке запрещается совместная прокладка взаиморезервируемых цепей, цепей рабочего и аварийного эвакуационного освещения, а также цепей до 42 В с цепями выше 42 В (исключение см. в 2.1.15, п. 5 и в 6.1.16, п. 1). Прокладка этих цепей допускается лишь в разных отсеках коробов и лотков, имеющих сплошные продольные перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч из несгораемого материала.

Допускается прокладка цепей аварийного (эвакуационного) и рабочего освещения по разным наружным сторонам профиля (швеллера, уголка и т. п.).

2.1.17. В кабельных сооружениях, производственных помещениях и электропомещениях для электропроводок следует применять провода и кабели с оболочками только из трудносгораемых или несгораемых материалов, а незащищенные провода - с изоляцией только из трудносгораемых или несгораемых материалов.

2.1.18. При переменном или выпрямленном токе прокладка фазных и нулевого (или прямого и обратного) проводников в стальных трубах или в изоляционных трубах со стальной оболочкой должна осуществляться в одной общей трубе.

Допускается прокладывать фазный и нулевой рабочий (или прямой и обратный) проводники в отдельных стальных трубах или в изоляционных трубах со стальной оболочкой, если длительный ток нагрузки в проводниках не превышает 25 А.

2.1.19. При прокладке проводов и кабелей в трубах, глухих коробах, гибких металлических рукавах и замкнутых каналах должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

2.1.20. Конструктивные элементы зданий и сооружений, замкнутые каналы и пустоты которых используются для прокладки проводов и кабелей, должны быть несгораемыми.

2.1.21. Соединение, ответвление и оконцевание жил проводов и кабелей должны производиться при помощи опрессовки, сварки, пайки или сжимов (винтовых, болтовых и т. п.) в соответствии с действующими инструкциями, утвержденными в установленном порядке.

2.1.22. В местах соединения, ответвления и присоединения жил проводов или кабелей должен быть предусмотрен запас провода (кабеля), обеспечивающий возможность повторного соединения, ответвления или присоединения.

2.1.23. Места соединения и ответвления проводов и кабелей должны быть доступны для осмотра и ремонта.

2.1.24. В местах соединения и ответвления провода и кабели не должны испытывать механических усилий тяжения.

2.1.25. Места соединения и ответвления жил проводов и кабелей, а также соединительные и ответвительные сжимы и т. п. должны иметь изоляцию, равноценную изоляции жил целых мест этих проводов и кабелей.

2.1.26. Соединение и ответвление проводов и кабелей, за исключением проводов, проложенных на изолирующих опорах, должны выполняться в соединительных и ответвительных коробках, в изоляционных корпусах соединительных и ответвительных сжимов, в специальных нишах строительных конструкций, внутри корпусов электроустановочных изделий, аппаратов и машин. При прокладке на изолирующих опорах соединение или ответвление проводов следует выполнять непосредственно у изолятора, клицы или на них, а также на ролике.

2.1.27. Конструкция соединительных и ответвительных коробок и сжимов должна соответствовать способам прокладки и условиям окружающей среды.

2.1.28. Соединительные и ответвительные коробки и изоляционные корпуса соединительных и ответвительных сжимов должны быть, как правило, изготовлены из негорюемых или трудногорюемых материалов.

2.1.29. Металлические элементы электропроводок (конструкции, короба, лотки, трубы, рукава, коробки, скобы и т. п.) должны быть защищены от коррозии в соответствии с условиями окружающей среды.

2.1.30. Электропроводки должны быть выполнены с учетом возможных перемещений их в местах пересечений с температурными и осадочными швами.

ВЫБОР ВИДА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ, ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ И СПОСОБА ИХ ПРОКЛАДКИ

2.1.31. Электропроводка должна соответствовать условиям окружающей среды, назначению и ценности сооружений, их конструкции и архитектурным особенностям. Электропроводка должна обеспечивать возможность легкого распознавания по всей длине проводников по цветам:

голубого цвета - для обозначения нулевого рабочего или среднего проводника электрической сети;

двухцветной комбинации зелено-желтого цвета - для обозначения защитного или нулевого защитного проводника;

двухцветной комбинации зелено-желтого цвета по всей длине с голубыми метками на концах линии, которые наносятся при монтаже - для обозначения совмещенного нулевого рабочего и нулевого защитного проводника;

черного, коричневого, красного, фиолетового, серого, розового, белого, оранжевого, бирюзового цвета - для обозначения фазного проводника.

2.1.32. При выборе вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей должны учитываться требования электробезопасности и пожарной безопасности.

2.1.33. Выбор видов электропроводки, выбор проводов и кабелей и способа их прокладки следует осуществлять в соответствии с табл. 2.1.2.

При наличии одновременно двух или более условий, характеризующих окружающую среду, электропроводка должна соответствовать всем этим условиям.

2.1.34. Оболочки и изоляция проводов и кабелей, применяемых в электропроводках, должны соответствовать способу прокладки и условиям окружающей среды. Изоляция, кроме того, должна соответствовать номинальному напряжению сети.

При наличии специальных требований, обусловленных характеристиками установки, изоляция проводов и защитные оболочки проводов и кабелей должны быть выбраны с учетом этих требований (см. также 2.1.50 и 2.1.51).

2.1.35. Нулевые рабочие проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников.

В производственных нормальных помещениях допускается использование стальных труб и тросов открытых электропроводок, а также металлических корпусов открыто установленных токопроводов, металлических конструкций зданий, конструкций производственного назначения (например, фермы, колонны, подкрановые пути) и механизмов в качестве одного из рабочих проводников линии в сетях напряжением до 42 В. При этом должны быть обеспечены непрерывность и достаточная проводимость этих проводников, видимость и надежная сварка стыков.

Использование указанных выше конструкций в качестве рабочего проводника не допускается, если конструкции находятся в непосредственной близости от сгораемых частей зданий или конструкций.

2.1.36. Прокладка проводов и кабелей, труб и коробов с проводами и кабелями по условиям пожарной безопасности должна удовлетворять требованиям табл. 2.1.3.

2.1.37. При открытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов расстояние в свету от провода (кабеля) до поверхности оснований, конструкций, деталей из сгораемых материалов должно составлять не менее 10 мм. При невозможности обеспечить указанное расстояние провод (кабель) следует отделять от поверхности слоем несгораемого материала, выступающим с каждой стороны провода (кабеля) не менее чем на 10 мм.

2.1.38. При скрытой прокладке защищенных проводов (кабелей) с оболочками из сгораемых материалов и незащищенных проводов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и т. п. с наличием сгораемых конструкций необходимо защищать провода и кабели сплошным слоем несгораемого материала со всех сторон.

2.1.39. При открытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов по несгораемым и трудносгораемым основаниям и конструкциям расстояние в свету от трубы (короба) до поверхности конструкций, деталей из сгораемых материалов должно составлять не менее 100 мм. При невозможности обеспечить указанное расстояние трубу (короб) следует отделять со всех сторон от этих поверхностей сплошным слоем несгораемого материала (штукатурка, алебастр, цементный раствор, бетон и т. п.) толщиной не менее 10 мм.

2.1.40. При скрытой прокладке труб и коробов из трудносгораемых материалов в закрытых нишах, в пустотах строительных конструкций (например, между стеной и облицовкой), в бороздах и т. п. трубы и короба следует отделять со всех сторон от поверхностей конструкций, деталей из сгораемых материалов сплошным слоем несгораемого материала толщиной не менее 10 мм.

2.1.41. При пересечениях на коротких участках электропроводки с элементами строительных конструкций из сгораемых материалов эти участки должны быть выполнены с соблюдением требований 2.1.36-2.1.40.

2.1.42. В местах, где вследствие высокой температуры окружающей среды применение проводов и кабелей с изоляцией и оболочками нормальной теплостойкости невозможно или приводит к нерациональному повышению расхода цветного металла, следует применять провода и кабели с изоляцией и оболочками повышенной теплостойкости.

2.1.43. В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках изоляция проводов и изолирующие опоры, а также опорные и несущие конструкции, трубы, короба и лотки должны быть влагостойкими.

2.1.44. В пыльных помещениях не рекомендуется применять способы прокладки, при которых на элементах электропроводки может скапливаться пыль, а удаление ее затруднительно.

2.1.45. В помещениях и наружных установках с химически активной средой все элементы электропроводки должны быть стойкими по отношению к среде либо защищены от ее воздействия.

2.1.46. Провода и кабели, имеющие несветостойкую наружную изоляцию или оболочку, должны быть защищены от воздействия прямых лучей.

2.1.47. В местах, где возможны механические повреждения электропроводки, открыто проложенные провода и кабели должны быть защищены от них своими защитными оболочками, а если такие оболочки отсутствуют или недостаточно стойки по отношению к механическим воздействиям, - трубами, коробами, ограждениями или применением скрытой электропроводки.

2.1.48. Провода и кабели должны применяться лишь в тех областях, которые указаны в стандартах и технических условиях на кабели (провода).

2.1.49. Для стационарных электропроводок должны применяться преимущественно провода и кабели с алюминиевыми жилами. Исключения см. в 2.1.70, 3.4.3, 3.4.12, 5.5.6, 6.5.12-6.5.14, 7.2.53 и 7.3.93.

Таблица 2.1.2. Выбор видов электропроводок, способов прокладки и проводов и кабелей

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ прокладки	Провода и кабели
Сухие и влажные помещения Сухие помещения	Открытые электропроводки На роликах и кликах	Незащищенные одножильные провода
	То же	Скрученные двухжильные провода

Помещения всех видов и наружные установки	На изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами)	Незащищенные одножильные провода
Наружные установки	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях	Кабель в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов	То же	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов и наружные установки	На лотках и в коробах с открываемыми крышками	То же
Помещения всех видов и наружные установки (только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели)	На тросах	Специальные провода с несущим тросом. Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Скрытые электропроводки		
Помещения всех видов и наружные установки	В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т. п.). В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой Исключения: 1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	Незащищенные и защищенные, одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке
Сухие, влажные и сырые помещения	Замоноличено в строительных конструкциях при их изготовлении	Незащищенные провода
Открытые и скрытые электропроводки		
Помещения всех видов и наружные установки	В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой Исключения: 1. Запрещается применение	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке

	изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках 2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	
--	---	--

Таблица 2.1.3. Выбор видов электропроводок и способов прокладки проводов и кабелей по условиям пожарной безопасности

Вид электропроводки и способ прокладки по основаниям и конструкциям		Провода и кабели
из сгораемых материалов	из несгораемых или трудносгораемых материалов	
Открытые электропроводки		
На роликах, изоляторах или с подкладкой несгораемых материалов ¹	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
Непосредственно	"	Защищенные провода и кабели в оболочке из несгораемых и трудносгораемых материалов
В трубах и коробах из несгораемых материалов	В трубах и коробах из трудносгораемых и несгораемых материалов	Незащищенные и защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых материалов
Скрытые электропроводки		
С подкладкой несгораемых материалов ¹ и последующим оштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов	Непосредственно	Незащищенные провода; защищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых материалов
С подкладкой несгораемых материалов ¹	"	Защищенные провода и кабели в оболочке из трудносгораемых материалов
Непосредственно	"	То же из несгораемых
В трубах и коробах из трудносгораемых материалов - с подкладкой под трубы и короба несгораемых материалов ¹ и последующим заштукатуриванием ²	В трубах и коробах: из сгораемых материалов - замоноличенно, в бороздах и т. п., в сплошном слое несгораемых материалов ³	Незащищенные провода и кабели в оболочке из сгораемых, трудносгораемых и несгораемых материалов
То же из несгораемых материалов - непосредственно	То же из трудносгораемых и несгораемых материалов - непосредственно	
¹ Подкладка из несгораемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм. ² Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки, алебастра и т. п. толщиной не менее 10 мм над трубой. ³ Сплошным слоем несгораемого материала вокруг трубы (короба) может быть слой штукатурки, алебастрового, цементного раствора или бетона толщиной не менее 10 мм.		

Не допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами для присоединения к электротехническим устройствам, установленным непосредственно на виброизолирующих опорах.

В музеях, картинных галереях, библиотеках, архивах и других хранилищах союзного значения следует применять провода и кабели только с медными жилами.

2.1.50. Для питания переносных и передвижных электроприемников следует применять шнуры и гибкие кабели с медными жилами, специально предназначенные для этой цели, с учетом возможных механических воздействий. Все жилы указанных проводников, в том числе заземляющая, должны быть в общей оболочке, оплетке или иметь общую изоляцию.

Для механизмов, имеющих ограниченное перемещение (краны, передвижные пилы, механизмы ворот и пр.), следует применять такие конструкции токопровода к ним, которые защищают жилы проводов и кабелей от излома (например, шлейфы гибких кабелей, каретки для подвижной подвески гибких кабелей).

2.1.51. При наличии масел и эмульсий в местах прокладки проводов следует применять провода с маслостойкой изоляцией либо защищать провода от их воздействия.

ОТКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

2.1.52. Открытую прокладку незащищенных изолированных проводов непосредственно по основаниям, на роликах, изоляторах, на тросах и лотках следует выполнять:

1. При напряжении выше 42 В в помещениях без повышенной опасности и при напряжении до 42 В в любых помещениях - на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания.

2. При напряжении выше 42 В в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных - на высоте не менее 2,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

Данные требования не распространяются на спуски к выключателям, розеткам, пусковым аппаратам, щиткам, светильникам, устанавливаемым на стене.

В производственных помещениях спуски незащищенных проводов к выключателям, розеткам, аппаратам, щиткам и т. п. должны быть защищены от механических воздействий до высоты не менее 1,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

В бытовых помещениях промышленных предприятий, в жилых и общественных зданиях указанные спуски допускается не защищать от механических воздействий.

В помещениях, доступных только для специально обученного персонала, высота расположения открыто проложенных незащищенных изолированных проводов не нормируется.

2.1.53. В крановых пролетах незащищенные изолированные провода следует прокладывать на высоте не менее 2,5 м от уровня площадки тележки крана (если площадка расположена выше настила моста крана) или от настила моста крана (если настил расположен выше площадки тележки). Если это невозможно, то должны быть выполнены защитные устройства для предохранения персонала, находящегося на тележке и мосту крана, от случайного прикосновения к проводам. Защитное устройство должно быть установлено на всем протяжении проводов или на самом мосту крана в пределах расположения проводов.

2.1.54. Высота открытой прокладки защищенных изолированных проводов, кабелей, а также проводов и кабелей в трубах, коробах со степенью защиты не ниже IP20, в гибких металлических рукавах от уровня пола или площадки обслуживания не нормируется.

2.1.55. Если незащищенные изолированные провода пересекаются с защищенными или защищенными изолированными проводами с расстоянием между проводами менее 10 мм, то в местах пересечения на каждый незащищенный провод должна быть наложена дополнительная изоляция.

2.1.56. При пересечении незащищенных и защищенных проводов и кабелей с трубопроводами расстояния между ними в свету должны быть не менее 50 мм, а с трубопроводами, содержащими горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы, - не менее 100 мм. При расстоянии от проводов и кабелей до трубопроводов менее 250 мм провода и кабели должны быть дополнительно защищены от механических повреждений на длине не менее 250 мм в каждую сторону от трубопровода.

При пересечении с горячими трубопроводами провода и кабели должны быть защищены от воздействия высокой температуры или должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.57. При параллельной прокладке расстояние от проводов и кабелей до трубопроводов должно быть не менее 100 мм, а до трубопроводов с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями и газами - не менее 400 мм.

Провода и кабели, проложенные параллельно горячим трубопроводам, должны быть защищены от воздействия высокой температуры либо должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.58. В местах прохода проводов и кабелей через стены, междуэтажные перекрытия или выхода их наружу необходимо обеспечивать возможность смены электропроводки. Для этого проход должен быть выполнен в трубе, коробе, проеме и т. п. С целью предотвращения проникновения и скопления воды и распространения пожара в местах прохода через стены, перекрытия или выхода наружу следует заделывать зазоры между проводами, кабелями и трубой (коробом, проемом и т. п.), а также резервные трубы (короба, проемы и т. п.) легко удаляемой массой от несгораемого материала. Заделка должна допускать замену, дополнительную прокладку новых проводов и кабелей и обеспечивать предел огнестойкости проема не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

2.1.59. При прокладке незащищенных проводов на изолирующих опорах провода должны быть дополнительно изолированы (например, изоляционной трубой) в местах проходов через стены или перекрытия. При проходе этих проводов из одного сухого или влажного помещения в другое сухое или влажное помещение все провода одной линии допускается прокладывать в одной изоляционной трубе.

При проходе проводов из сухого или влажного помещения в сырое, из одного сырого помещения в другое сырое или при выходе проводов из помещения наружу каждый провод должен прокладываться в отдельной изоляционной трубе. При выходе из сухого или влажного помещения в сырое или наружу здания соединения проводов должны выполняться в сухом или влажном помещении.

2.1.60. На лотках, опорных поверхностях, тросах, струнах, полосах и других несущих конструкциях допускается прокладывать провода и кабели вплотную один к другому пучками (группами) различной формы (например, круглой, прямоугольной в несколько слоев).

Провода и кабели каждого пучка должны быть скреплены между собой.

2.1.61. В коробах провода и кабели допускается прокладывать многослойно с упорядоченным и произвольным (россыпью) взаимным расположением. Сумма сечений проводов и кабелей, рассчитанных по их наружным диаметрам, включая изоляцию и наружные оболочки, не должна превышать: для глухих коробов 35% сечения короба в свету; для коробов с открываемыми крышками 40%.

2.1.62. Допустимые длительные токи на провода и кабели, проложенные пучками (группами) или многослойно, должны приниматься с учетом снижающих коэффициентов, учитывающих количество и расположение проводников (жил) в пучке, количество и взаимное расположение пучков (слоев), а также наличие ненагруженных проводников.

2.1.63. Трубы, короба и гибкие металлические рукава электропроводок должны прокладываться так, чтобы в них не могла скапливаться влага, в том числе от конденсации паров, содержащихся в воздухе.

2.1.64. В сухих непыльных помещениях, в которых отсутствуют пары и газы, отрицательно воздействующие на изоляцию и оболочку проводов и кабелей, допускается соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов без уплотнения.

Соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов между собой, а также с коробами, корпусами электрооборудования и т. п. должно быть выполнено:

в помещениях, которые содержат пары или газы, отрицательно воздействующие на изоляцию или оболочки проводов и кабелей, в наружных установках и в местах, где возможно попадание в трубы, короба и рукава масла, воды или эмульсии, - с уплотнением; короба в этих случаях должны быть со сплошными стенками и с уплотненными сплошными крышками либо глухими, разъемные короба - с уплотнениями в местах разъема, а гибкие металлические рукава - герметичными;

в пыльных помещениях - с уплотнением соединений и ответвлений труб, рукавов и коробов для защиты от пыли.

2.1.65. Соединение стальных труб и коробов, используемых в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников, должно соответствовать требованиям, приведенным в настоящей главе и гл. 1.7.

СКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

2.1.66. Скрытые электропроводки в трубах, коробах и гибких металлических рукавах должны быть выполнены с соблюдением требований, приведенных в 2.1.63-2.1.65, причем во всех случаях - с уплотнением. Короба скрытых электропроводок должны быть глухими.

2.1.67. Выполнение электропроводки в вентиляционных каналах и шахтах запрещается. Допускается пересечение этих каналов и шахт одиночными проводами и кабелями, заключенными в стальные трубы.

2.1.68. Прокладку проводов и кабелей за подвесными потолками следует выполнять в соответствии с требованиями настоящей главы и гл. 7.1.

ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ В ЧЕРДАЧНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

2.1.69. В чердачных помещениях могут применяться следующие виды электропроводок:
открытая;
проводами и кабелями, проложенными в трубах, а также защищенными проводами и кабелями в оболочках из негорюемых или трудногорюемых материалов - на любой высоте;
незащищенными изолированными одножильными проводами на роликах или изоляторах (в чердачных помещениях производственных зданий - только на изоляторах) - на высоте не менее 2,5 м; при высоте до проводов менее 2,5 м они должны быть защищены от прикосновения и механических повреждений;

скрытая: в стенах и перекрытиях из негорюемых материалов - на любой высоте.

2.1.70. Открытые электропроводки в чердачных помещениях должны выполняться проводами и кабелями с медными жилами.

Провода и кабели с алюминиевыми жилами допускаются в чердачных помещениях: зданий с негорюемыми перекрытиями - при открытой прокладке их в стальных трубах или скрытой прокладке их в негорюемых стенах и перекрытиях; производственных зданий сельскохозяйственного назначения со сгораемыми перекрытиями - при открытой прокладке их в стальных трубах с исключением проникновения пыли внутрь труб и соединительных (ответвительных) коробок; при этом должны быть применены резьбовые соединения.

2.1.71. Соединение и ответвление медных или алюминиевых жил проводов и кабелей в чердачных помещениях должны осуществляться в металлических соединительных (ответвительных) коробках сваркой, опрессовкой или с применением сжимов, соответствующих материалу, сечению и количеству жил.

2.1.72. Электропроводка в чердачных помещениях, выполненная с применением стальных труб, должна отвечать также требованиям, приведенным в 2.1.63-2.1.65.

2.1.73. Ответвления от линий, проложенных в чердачных помещениях, к электроприемникам, установленным вне чердаков, допускаются при условии прокладки линий и ответвлений открыто в стальных трубах или скрыто в негорюемых стенах (перекрытиях).

2.1.74. Коммутационные аппараты в цепях светильников и других электроприемников, установленных непосредственно в чердачных помещениях, должны быть установлены вне этих помещений.

НАРУЖНЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

2.1.75. Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки должны быть расположены или ограждены таким образом, чтобы они были недоступны для прикосновения с мест, где возможно частое пребывание людей (например, балкон, крыльцо).

От указанных мест эти провода, проложенные открыто по стенам, должны находиться на расстоянии не менее, м:

При горизонтальной прокладке:

под балконом, крыльцом, а также над крышей промышленного здания.	2,5
над окном	0,5
под балконом	1,0
под окном (от подоконника)	1,0
При вертикальной прокладке до окна	0,75
То же, но до балкона	1,0
От земли	2,75

При подвеске проводов на опорах около зданий расстояния от проводов до балконов и окон должны быть не менее 1,5 м при максимальном отклонении проводов.

Наружная электропроводка по крышам жилых, общественных зданий и зрелищных предприятий не допускается, за исключением вводов в здания (предприятия) и ответвлений к этим вводам (см. 2.1.79).

Незащищенные изолированные провода наружной электропроводки в отношении прикосновения следует рассматривать как неизолированные.

2.1.76. Расстояния от проводов, пересекающих пожарные проезды и пути для перевозки грузов, до поверхности земли (дороги) в проезжей части должны быть не менее 6 м, в непроезжей части - не менее 3,5 м.

2.1.77. Расстояния между проводами должно быть: при пролете до 6 м - не менее 0,1 м, при пролете более 6 м - не менее 0,15 м. Расстояния от проводов до стен и опорных конструкций должны быть не менее 50 мм.

2.1.78. Прокладка проводов и кабелей наружной электропроводки в трубах, коробах и гибких металлических рукавах должна выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в 2.1.63-2.1.65, причем во всех случаях с уплотнением. Прокладка проводов в стальных трубах и коробах в земле вне зданий не допускается.

2.1.79. Вводы в здания рекомендуется выполнять через стены в изоляционных трубах таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе и проникать внутрь здания.

Расстояние от проводов перед вводом и проводов ввода до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м (см. также 2.4.37 и 2.4.56).

Расстояние между проводами у изоляторов ввода, а также от проводов до выступающих частей здания (свесы крыши и т. п.) должно быть не менее 0,2 м.

Вводы допускается выполнять через крыши в стальных трубах. При этом расстояние по вертикали от проводов ответвления к вводу и от проводов ввода до крыши должно быть не менее 2,5 м.

Для зданий небольшой высоты (торговые павильоны, киоски, здания контейнерного типа, передвижные будки, фургоны и т. п.), на крышах которых исключено пребывание людей, расстояние в свету от проводов ответвлений к вводу и проводов ввода до крыши допускается принимать не менее 0,5 м. При этом расстояние от проводов до поверхности земли должно быть не менее 2,75 м.

Глава 2.2.

ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 35 кВ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.2.1. Настоящая глава Правил распространяется на токопроводы переменного и постоянного тока напряжением до 35 кВ. Дополнительные требования к токопроводам, устанавливаемым во взрывоопасных и пожароопасных зонах, приведены соответственно в гл. 7.3. и 7.4. Глава не распространяется на специальные токопроводы для электролизных установок, короткой сети электротермических установок, а также на токопроводы, устройство которых определяется специальными правилами или нормами.

2.2.2. Токопроводом называется устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из неизолированных или изолированных проводников и относящихся к ним изоляторов, защитных оболочек, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций.

2.2.3. В зависимости от вида проводников токопроводы подразделяются на гибкие (при использовании проводов) и жесткие (при использовании жестких шин).

Жесткий токопровод до 1 кВ заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями, называется шинопроводом.

В зависимости от назначения шинопроводы подразделяются на:

магистральные, предназначенные в основном для присоединения к ним распределительных шинопроводов и силовых распределительных пунктов, щитов и отдельных мощных электроприемников;

распределительные, предназначенные в основном для присоединения к ним электроприемников;

троллейные, предназначенные для питания передвижных электроприемников;

осветительные, предназначенные для питания светильников и электроприемников небольшой мощности.

2.2.4. Токопровод напряжением выше 1 кВ, выходящий за пределы одной электроустановки, называется протяженным.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.2.5. В сетях 6-35 кВ промышленных предприятий для передачи в одном направлении мощности более 15-20 МВ·А при напряжении 6 кВ, более 25-35 МВ·А при напряжении 10 кВ и более 35 МВ·А при напряжении 35 кВ следует применять, как правило, гибкие или жесткие токопроводы преимущественно перед линиями, выполненными из большого числа параллельно прокладываемых кабелей.

Открытую прокладку токопроводов следует применять во всех случаях, когда она возможна по условиям генплана объекта электроснабжения и окружающей среды.

2.2.6. В местах, где в воздухе содержатся химически активные вещества, воздействующие разрушающе на токоведущие части, поддерживающие конструкции и изоляторы, токопроводы должны иметь соответствующее исполнение или должны быть приняты другие меры их защиты от указанных воздействий.

2.2.7. Расчет и выбор проводников, изоляторов, арматуры, конструкций и аппаратов токопроводов следует производить как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току), так и по условиям работы при коротких замыканиях (см. гл. 1.4).

2.2.8. Токоведущие части должны иметь обозначение и расцветку в соответствии с требованиями гл. 1.1.

2.2.9. Токоведущие части токопроводов следует выполнять, как правило, из алюминиевых, сталеалюминиевых и стальных проводов, труб и шин профильного сечения.

2.2.10. Для заземления токоведущих частей токопроводов должны предусматриваться стационарные заземляющие ножи или переносные заземления в соответствии с требованиями 4.2.25 (см. также 2.2.30, п. 3).

2.2.11. Механические нагрузки на токопроводы, а также расчетные температуры окружающей среды следует определять в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.46-4.2.49.

2.2.12. Компонировка и конструктивное выполнение токопроводов должны предусматривать возможность удобного и безопасного производства монтажных и ремонтных работ.

2.2.13. Токопроводы выше 1 кВ на открытом воздухе должны быть защищены от грозových перенапряжений в соответствии с требованиями 4.2.167 и 4.2.168.

2.2.14. В токопроводах переменного тока с симметричной нагрузкой при токе 1 кА и более рекомендуется, а при токе 1,6 кА и более следует предусматривать меры по снижению потерь электроэнергии в шинодержателях, арматуре и конструкциях от воздействия магнитного поля.

При токах 2,5 кА и более должны быть, кроме того, предусмотрены меры по снижению и выравниванию индуктивного сопротивления (например, расположение полос в пакетах по сторонам квадрата, применение спаренных фаз, профильных шин, круглых и квадратных полых труб, транспозиции). Для протяженных гибких токопроводов рекомендуется также применение внутрифазных транспозиций, количество которых должно определяться расчетным путем в зависимости от длины токопровода.

При несимметричных нагрузках значение тока, при котором необходимо предусматривать меры по снижению потерь электроэнергии от воздействия магнитного поля, должно в каждом отдельном случае определяться расчетом.

2.2.15. В случаях, когда изменение температуры, вибрация трансформаторов, неравномерная осадка здания и т. п. могут повлечь за собой опасные механические напряжения в проводниках, изоляторах или других элементах токопроводов, следует предусматривать меры к устранению этих напряжений (компенсаторы или подобные им приспособления). На жестких токопроводах компенсаторы должны устанавливаться также в местах пересечений с температурными и осадочными швами зданий и сооружений.

2.2.16. Неразъемные соединения токопроводов рекомендуется выполнять при помощи сварки. Для соединения ответвлений с гибкими токопроводами допускается применение прессуемых зажимов.

Соединения проводников из разных материалов должны выполняться так, чтобы была предотвращена коррозия контактных поверхностей.

2.2.17. Выбор сечения токопроводов выше 1 кВ по длительно допустимому току в нормальном и послеаварийном режимах следует производить с учетом ожидаемого роста нагрузок, но не более чем на 25-30% выше расчетных.

2.2.18. Для токопроводов, выполняемых с применением неизолированных проводов, длительно допустимые токи следует определять по гл. 1.3 с применением коэффициента 0,8 при отсутствии внутрифазной транспозиции проводов, 0,98 при наличии внутрифазной транспозиции проводов.

ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

2.2.19. Места ответвлений от токопроводов должны быть доступны для обслуживания.

2.2.20. В производственных помещениях токопроводы исполнения IP00 следует располагать на высоте не менее 3,5 м от уровня пола или площадки обслуживания, а токопроводы исполнения до IP31 - не менее 2,5 м.

Высота установки токопроводов исполнения IP20 и выше с изолированными шинами, а также токопроводов исполнения IP40 и выше не нормируется. Не нормируется также высота установки токопроводов любого исполнения при напряжении сети 42 В и ниже переменного тока и 110 В и ниже постоянного тока.

В помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т. п.), высота установки токопроводов исполнения IP20 и выше не нормируется.

В электропомещениях промышленных предприятий высота установки токопроводов исполнения IP00 и выше не нормируется. Места, где возможны случайные прикосновения к токопроводам исполнения IP00, должны быть ограждены.

Токопроводы должны иметь дополнительную защиту в местах, где возможны механические повреждения.

Токопроводы и ограждения, размещаемые над проходами, должны быть установлены на высоте не менее 1,9 м от пола или площадки обслуживания.

Сетчатые ограждения токопроводов должны иметь сетку с ячейками не более 25х25 мм.

Конструкции, на которые устанавливают токопроводы, должны быть выполнены из негорюемых материалов и иметь предел огнестойкости не менее 0,25 ч.

Узлы прохода токопроводов через перекрытия, перегородки и стены должны исключать возможность распространения пламени и дыма из одного помещения в другое.

2.2.21. Расстояние от токоведущих частей токопроводов без оболочек (исполнение IP00) до трубопроводов должно быть не менее 1 м, а до технологического оборудования - не менее 1,5 м.

Расстояние от шинопроводов, имеющих оболочки (исполнение IP21; IP31; IP51; IP65), до трубопроводов и технологического оборудования не нормируется.

2.2.22. Расстояние в свету между проводниками разных фаз или полюсов токопроводов без оболочек (IP00) и от них до стен зданий и заземленных конструкций должно быть не менее 50 мм, а до сгораемых элементов зданий - не менее 200 мм.

2.2.23. Коммутационная и защитная аппаратура для ответвлений от токопроводов должна устанавливаться непосредственно на токопроводах или вблизи пункта ответвления (см. также 3.1.16). Эта аппаратура должна быть расположена и ограждена так, чтобы исключалась возможность случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением. Для оперативного управления с уровня пола или площадки обслуживания аппаратами, установленными на недоступной высоте, должны быть предусмотрены соответствующие устройства (тяги, тросы). Аппараты должны иметь различимые с пола или площадки обслуживания признаки, указывающие положение аппарата (включено, отключено).

2.2.24. Для токопроводов следует применять изоляторы из негорюемых материалов (фарфор, стеатит и т. п.).

2.2.25. По всей трассе токопроводов без защитных оболочек (IP00) через каждые 10-15 м, а также в местах, посещаемых людьми (посадочные площадки для крановщиков и т. п.), должны быть укреплены предупреждающие плакаты по технике безопасности.

2.2.26. Должны быть предусмотрены меры (например, изоляционные распорки) для предотвращения недопустимого сближения проводников фаз между собой и с оболочкой токопровода при прохождении токов КЗ.

2.2.27. На токопроводы в крановых пролетах распространяются следующие дополнительные требования:

1. Неогражденные токопроводы без защитных оболочек (IP00), прокладываемые по фермам, следует размещать на высоте не менее 2,5 м от уровня настила моста и тележки крана; при прокладке токопроводов ниже 2,5 м, но не ниже уровня нижнего пояса фермы перекрытия должны быть предусмотрены ограждения от случайного прикосновения к ним с настила моста и

тележки крана на всем протяжении токопроводов. Допускается устройство ограждения в виде навеса на самом кране под токопроводом.

2. Участки токопроводов без защитных оболочек (IP00) над ремонтными загонами для кранов (см. 5.4.16) должны иметь ограждения, предотвращающие прикосновение к токоведущим частям с настила тележки крана. Ограждение не требуется, если токопровод расположен над этим настилом на уровне не менее 2,5 м или если в этих местах применяются изолированные проводники; в последнем случае наименьшее расстояние до них определяют, исходя из ремонтных условий.

3. Прокладка токопроводов под краном без применения специальных мер защиты от механических повреждений допускается в мертвой зоне крана. Специальных мер защиты от механических повреждений не требуется предусматривать для шинопроводов в оболочке любого исполнения на ток до 630 А, расположенных вблизи технологического оборудования вне мертвой зоны крана.

ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ

2.2.28. В производственных помещениях допускается применение токопроводов исполнения IP41 и выше, токопроводы должны быть расположены от уровня пола или площадки обслуживания на высоте не менее 2,5 м.

В производственных помещениях, посещаемых только квалифицированным обслуживающим персоналом (например, в технических этажах зданий и т. п.), высота установки токопроводов исполнения IP41 и выше не нормируется.

В электропомещениях допускается применение токопроводов любого исполнения. Высота установки от уровня пола или площадки обслуживания для токопроводов исполнения ниже IP41 - не менее 2,5 м; IP41 и выше - не нормируется.

2.2.29. На открытом воздухе могут применяться токопроводы всех исполнений (см. также 2.2.5 и 2.2.13).

2.2.30. При размещении токопроводов в туннелях и галереях должны быть выполнены требования 4.2.82, а также следующие требования:

1. Ширина коридоров обслуживания токопроводов, не имеющих оболочки (IP00), должна быть не менее: 1 м при одностороннем расположении и 1,2 м при двустороннем расположении. При длине токопровода более 150 м ширина коридора обслуживания как при одностороннем, так и при двустороннем обслуживании оборудования должна быть увеличена по сравнению с приведенной не менее чем на 0,2 м.

2. Высота ограждения токопроводов, не имеющих оболочки, от уровня пола должна быть не менее 1,7 м.

3. В начале и в конце токопровода, а также в промежуточных точках следует предусматривать стационарные заземляющие ножи или устройства для присоединения переносных заземлений. Число мест установки переносных заземлений должно выбираться таким, чтобы наведенное от соседних токопроводов при КЗ напряжение между двумя соседними точками установки заземлений не превышало 250 В.

2.2.31. В туннелях и галереях, где размещены токопроводы, должно быть выполнено освещение в соответствии с требованиями разд. 6. Освещение туннелей и галерей должно питаться от двух источников с чередованием присоединений ламп к обоим источникам.

Там, где прокладываются токопроводы без оболочек (IP00), осветительная арматура должна быть установлена так, чтобы было обеспечено безопасное ее обслуживание. В этом случае осветительная электропроводка в туннелях и галереях должна быть экранирована (кабели с металлической оболочкой, электропроводки в стальных трубах и др.).

2.2.32. При выполнении туннелей и галерей для токопроводов должны быть соблюдены следующие требования:

1. Сооружения должны выполняться из несгораемых материалов. Несущие строительные конструкции из железобетона должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч, а из стального проката - не менее 0,25 ч.

2. Вентиляция должна быть выполнена такой, чтобы разность температур входящего и выходящего воздуха при номинальной нагрузке не превышала 15°C. Вентиляционные отверстия должны быть закрыты жалюзи или сетками и защищены козырьками.

3. Внутреннее пространство туннелей и галерей не должно пересекаться какими-либо трубопроводами.

4. Туннели и галереи токопроводов должны быть оборудованы устройствами связи. Аппаратура средств связи и места ее установки должны определяться при конкретном проектировании.

ГИБКИЕ ТОКОПРОВОДЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ

2.2.33. Гибкие токопроводы на открытом воздухе должны прокладываться на самостоятельных опорах. Совмещенная прокладка токопроводов и технологических трубопроводов на общих опорах не допускается.

2.2.34. Расстояние между проводами расщепленной фазы рекомендуется принимать равным не менее чем шести диаметрам применяемых проводов.

2.2.35. Расстояние между токоведущими частями и от них до заземленных конструкций, зданий и других сооружений, а также до полотна автомобильной или железной дороги должно приниматься по гл. 2.5.

2.2.36. Сближение токопроводов со зданиями и сооружениями, содержащими взрывоопасные помещения, а также со взрывоопасными наружными установками должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 7.3.

2.2.37. Проверку расстояний от токопроводов до пересекаемых сооружений следует производить с учетом дополнительных весовых нагрузок на провода от междофазных и внутрифазных распорок и возможной максимальной температуры провода в послеаварийном режиме. Максимальная температура при работе токопровода в послеаварийном режиме принимается равной плюс 70°C.

2.2.38. Располагать фазы цепи протяженного токопровода рекомендуется по вершинам равностороннего треугольника.

2.2.39. Конструкция протяжного токопровода должна предусматривать возможность применения переносных заземлений, позволяющих безопасно выполнять работы на отключенной цепи.

Число мест установки переносных заземлений выбирается по 2.2.30, п. 3.

2.2.40. При расчете проводов гибких токопроводов необходимо руководствоваться следующим:

1. Тяжение и напряжение в проводах при различных сочетаниях внешних нагрузок должны приниматься в зависимости от допустимого нормативного тяжения на фазу, обусловленного прочностью применяемых опор и узлов, воспринимающих усилия.

Нормативное тяжение на фазу следует принимать, как правило, не более 9,8 кН (10 тс).

2. Должны учитываться дополнительные весовые нагрузки на провода от междофазных и внутрифазных распорок.

3. Давление ветра на провода должно рассчитываться по 2.5.30.

Глава 2.3

Внесено изменение решением Минтопэнерго от 13.07.98 (параграф 2.3.24)

КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 220 кВ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.3.1. Настоящая глава Правил распространяется на кабельные силовые линии до 220 кВ, а также линии, выполняемые контрольными кабелями. Кабельные линии более высоких напряжений выполняются по специальным проектам. Дополнительные требования к кабельным линиям приведены в гл. 7.3, 7.4 и 7.7.

2.3.2. Кабельной линией называется линия для передачи электроэнергии или отдельных импульсов ее, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями, а для маслonaполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла.

2.3.3. Кабельным сооружением называется сооружение, специально предназначенное для размещения в нем кабелей, кабельных муфт, а также маслonaполняющих аппаратов и другого оборудования, предназначенного для обеспечения нормальной работы маслonaполненных кабельных линий. К кабельным сооружениям относятся: кабельные туннели, каналы, короба,

блоки, шахты, этажи, двойные полы, кабельные эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты.

Кабельным туннелем называется закрытое сооружение (коридор) с расположенными в нем опорными конструкциями для размещения на них кабелей и кабельных муфт, со свободным проходом по всей длине, позволяющим производить прокладку кабелей, ремонты и осмотры кабельных линий.

Кабельным каналом называется закрытое и заглубленное (частично или полностью) в грунт, пол, перекрытие и т. п. непроходное сооружение, предназначенное для размещения в нем кабелей, укладку, осмотр и ремонт которых возможно производить лишь при снятом перекрытии.

Кабельной шахтой называется вертикальное кабельное сооружение (как правило, прямоугольного сечения), у которого высота в несколько раз больше стороны сечения, снабженное скобами или лестницей для передвижения вдоль него людей (проходные шахты) или съемной полностью или частично стенкой (непроходные шахты).

Кабельным этажом называется часть здания, ограниченная полом и перекрытием или покрытием, с расстоянием между полом и выступающими частями перекрытия или покрытия не менее 1,8 м.

Двойным полом называется полость, ограниченная стенами помещения, междуэтажным перекрытием и полом помещения со съемными плитами (на всей или части площади).

Кабельным блоком называется кабельное сооружение с трубами (каналами) для прокладки в них кабелей с относящимися к нему колодцами.

Кабельной камерой называется подземное кабельное сооружение, закрываемое глухой съемной бетонной плитой, предназначенное для укладки кабельных муфт или для протяжки кабелей в блоки. Камера, имеющая люк для входа в нее, называется кабельным колодцем.

Кабельной эстакадой называется надземное или наземное открытое горизонтальное или наклонное протяженное кабельное сооружение. Кабельная эстакада может быть проходной или непроходной.

Кабельной галереей называется надземное или наземное закрытое полностью или частично (например, без боковых стен) горизонтальное или наклонное протяженное проходное кабельное сооружение.

2.3.4. Коробом называется - см. 2.1.10.

2.3.5. Лотком называется - см. 2.1.11.

2.3.6. Кабельной маслonaполненной линией низкого или высокого давления называется линия, в которой длительно допустимое избыточное давление составляет:

0,0245-0,294 МПа (0,25-3,0 кгс/см²) для кабелей низкого давления в свинцовой оболочке;

0,0245-0,49 МПа (0,25-5,0 кгс/см²) для кабелей низкого давления в алюминиевой оболочке;

1,08-1,57 МПа (11-16 кгс/см²) для кабелей высокого давления.

2.3.7. Секцией кабельной маслonaполненной линии низкого давления называется участок линии между стопорными муфтами или стопорной и концевой муфтами.

2.3.8. Подпитывающим пунктом называется надземное, наземное или подземное сооружение с подпитывающими аппаратами и оборудованием (баки питания, баки давления, подпитывающие агрегаты и др.).

2.3.9. Разветвительным устройством называется часть кабельной линии высокого давления между концом стального трубопровода и концевыми однофазными муфтами.

2.3.10. Подпитывающим агрегатом называется автоматически действующее устройство, состоящее из баков, насосов, труб, перепускных клапанов, вентилей, щита автоматики и другого оборудования, предназначенного для обеспечения подпитки маслом кабельной линии высокого давления.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.3.11. Проектирование и сооружение кабельных линий должны производиться на основе технико-экономических расчетов с учетом развития сети, ответственности и назначения линии, характера трассы, способа прокладки, конструкций кабелей и т. п.

2.3.12. При выборе трассы кабельной линии следует по возможности избегать участков с грунтами, агрессивными по отношению к металлическим оболочкам кабелей (см. также 2.3.44).

2.3.13. Над подземными кабельными линиями в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями:

для кабельных линий выше 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;

для кабельных линий до 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами - на 0,6 м в сторону зданий сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

Для подводных кабельных линий до и выше 1 кВ в соответствии с указанными правилами должна быть установлена охранный зона, определяемая параллельными прямыми на расстоянии 100 м от крайних кабелей.

Охранные зоны кабельных линий используются с соблюдением требований правил охраны электрических сетей.

2.3.14. Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, обеспечения защиты от коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении КЗ на одном из кабелей. При размещении кабелей следует избегать перекрещиваний их между собой, с трубопроводами и пр.

При выборе трассы кабельной маслонаполненной линии низкого давления принимается во внимание рельеф местности для наиболее рационального размещения и использования на линии подпитывающих баков.

2.3.15. Кабельные линии должны выполняться так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:

кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;

кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и т. п., должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;

кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;

конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений и коррозии при помощи эластичных прокладок;

кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов, доступность для посторонних лиц), должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации, должны быть приняты меры для предотвращения повреждения последних;

кабели должны прокладываться на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого, при этом должна предусматриваться защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений.

2.3.16. Защита кабельных линий от блуждающих токов и почвенной коррозии должна удовлетворять требованиям настоящих Правил и СНиП 3-04.03-85 "Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии" Госстроя России.

2.3.17. Конструкции подземных кабельных сооружений должны быть рассчитаны с учетом массы кабелей, грунта, дорожного покрытия и нагрузки от проходящего транспорта.

2.3.18. Кабельные сооружения и конструкции, на которых укладываются кабели, должны выполняться из несгораемых материалов. Запрещается выполнение в кабельных сооружениях каких-либо временных устройств, хранение в них материалов и оборудования. Временные кабели должны прокладываться с соблюдением всех требований, предъявляемых к кабельным прокладкам, с разрешения эксплуатирующей организации.

2.3.19. Открытая прокладка кабельных линий должна производиться с учетом непосредственного действия солнечного излучения, а также теплоизлучений от различного рода источников тепла. При прокладке кабелей на географической широте более 65° защита от солнечного излучения не требуется.

2.3.20. Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей должны иметь по отношению к их наружному диаметру кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.21. Радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей при выполнении кабельных заделок должны иметь по отношению к приведенному диаметру жил кратности не менее указанных в стандартах или технических условиях на соответствующие марки кабелей.

2.3.22. Усилия тяжения при прокладке кабелей и протягивании их в трубах определяются механическими напряжениями, допустимыми для жил и оболочек.

2.3.23. Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками с обозначением на бирках кабелей и концевых муфт марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт - номера муфты и даты монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки должны располагаться по длине не реже чем через каждые 50 м.

2.3.24. Охранные зоны кабельных линий, проложенных в земле в незастроенной местности, должны быть обозначены информационными знаками. Информационные знаки следует устанавливать не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления кабельных линий. На информационных знаках должны быть указаны ширина охранных зон кабельных линий и номера телефонов владельцев кабельных линий. (смотри в приложении "Требования к информационным знакам и их установке")

ВЫБОР СПОСОБОВ ПРОКЛАДКИ

2.3.25. При выборе способов прокладки силовых кабельных линий до 35 кВ необходимо руководствоваться следующим:

1. При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большем количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях.

2. Прокладка кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях рекомендуется при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении, более 20.

3. Прокладка кабелей в блоках применяется в условиях большой стесненности по трассе, в местах пересечений с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла и т. п.

4. При выборе способов прокладки кабелей по территориям городов должны учитываться первоначальные капитальные затраты и затраты, связанные с производством эксплуатационно-ремонтных работ, а также удобство и экономичность обслуживания сооружений.

2.3.26. На территориях электростанций кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, блоках, по эстакадам и в галереях. Прокладка силовых кабелей в траншеях допускается только к удаленным вспомогательным объектам (склады топлива, мастерские) при количестве не более шести. На территориях электростанций общей мощностью до 25 МВт допускается также прокладка кабелей в траншеях.

2.3.27. На территориях промышленных предприятий кабельные линии должны прокладываться в земле (в траншеях), туннелях, блоках, каналах, по эстакадам, в галереях и по стенам зданий.

2.3.28. На территориях подстанций и распределительных устройств кабельные линии должны прокладываться в туннелях, коробах, каналах, трубах, в земле (в траншеях), наземных железобетонных лотках, по эстакадам и в галереях.

2.3.29. В городах и поселках одиночные кабельные линии следует, как правило, прокладывать в земле (в траншеях) по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам в виде газонов.

2.3.30. По улицам и площадям, насыщенным подземными коммуникациями, прокладку кабельных линий в количестве 10 и более в потоке рекомендуется производить в коллекторах и кабельных туннелях. При пересечении улиц и площадей с усовершенствованными покрытиями и с интенсивным движением транспорта кабельные линии должны прокладываться в блоках или трубах.

2.3.31. При сооружении кабельных линий в районах многолетней мерзлоты следует учитывать физические явления, связанные с природой многолетней мерзлоты: пучинистый

грунт, морозобойные трещины, оползни и т. п. В зависимости от местных условий кабели могут прокладываться в земле (в траншеях) ниже деятельного слоя, в деятельном слое в сухих, хорошо дренирующих грунтах, в искусственных насыпях из крупноскелетных сухих привозных грунтов, в лотках по поверхности земли, на эстакадах. Рекомендуется совместная прокладка кабелей с трубопроводами теплофикации, водопровода, канализации и т. п. в специальных сооружениях (коллекторах).

2.3.32. Осуществление разных видов прокладок кабелей в районах многолетней мерзлоты должно производиться с учетом следующего:

1. Для прокладки кабелей в земляных траншеях наиболее пригодными грунтами являются дренирующие грунты (скальные, галечные, гравийные, щебенистые и крупнопесчаные); пучинистые и просадочные грунты непригодны для прокладки в них кабельных линий. Прокладку кабелей непосредственно в грунте допускается осуществлять при числе кабелей не более четырех. По грунтово-мерзлотным и климатическим условиям запрещается прокладка кабелей в трубах, проложенных в земле. На пересечениях с другими кабельными линиями, дорогами и подземными коммуникациями кабели следует защищать железобетонными плитами.

Прокладка кабелей вблизи зданий не допускается. Ввод кабелей из траншеи в здание при отсутствии вентилируемого подполья должен выполняться выше нулевой отметки.

2. Прокладку кабелей в каналах допускается применять в местах, где деятельный слой состоит из непучинистых грунтов и имеет ровную поверхность с уклоном не более 0,2%, обеспечивающим сток поверхностных вод. Кабельные каналы следует выполнять из водонепроницаемого железобетона и покрывать снаружи надежной гидроизоляцией. Сверху каналы необходимо закрывать железобетонными плитами. Каналы могут выполняться заглубленными в грунт и без заглубления (поверх грунта). В последнем случае под каналом и вблизи него должна быть выполнена подушка толщиной не менее 0,5 м из сухого грунта.

2.3.33. Внутри зданий кабельные линии можно прокладывать непосредственно по конструкциям зданий (открыто и в коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах.

2.3.34. Маслонаполненные кабели могут прокладываться (при любом количестве кабелей) в туннелях и галереях и в земле (в траншеях); способ их прокладки определяется проектом.

ВЫБОР КАБЕЛЕЙ

2.3.35. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам, проходящим в различных грунтах и условиях окружающей среды, выбор конструкций и сечений кабелей следует производить по участку с наиболее тяжелыми условиями, если длина участков с более легкими условиями не превышает строительной длины кабеля. При значительной длине отдельных участков трассы с различными условиями прокладки для каждого из них следует выбирать соответствующие конструкции и сечения кабелей.

2.3.36. Для кабельных линий, прокладываемых по трассам с различными условиями охлаждения, сечения кабелей должны выбираться по участку трассы с худшими условиями охлаждения, если длина его составляет более 10 м. Допускается для кабельных линий до 10 кВ, за исключением подводных, применение кабелей разных сечений, но не более трех при условии, что длина наименьшего отрезка составляет не менее 20 м (см. также 2.3.70).

2.3.37. Для кабельных линий, прокладываемых в земле или воде, должны применяться преимущественно бронированные кабели. Металлические оболочки этих кабелей должны иметь внешний покров для защиты от химических воздействий. Кабели с другими конструкциями внешних защитных покрытий (небронированные) должны обладать необходимой стойкостью к механическим воздействиям при прокладке во всех видах грунтов, при протяжке в блоках и трубах, а также стойкостью по отношению к тепловым и механическим воздействиям при эксплуатационно-ремонтных работах.

2.3.38. Трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления, прокладываемые в земле или воде, должны иметь защиту от коррозии в соответствии с проектом.

2.3.39. В кабельных сооружениях и производственных помещениях при отсутствии опасности механических повреждений в эксплуатации рекомендуется прокладывать небронированные кабели, а при наличии опасности механических повреждений в эксплуатации должны применяться бронированные кабели или защита их от механических повреждений.

Вне кабельных сооружений допускается прокладка небронированных кабелей на недоступной высоте (не менее 2 м); на меньшей высоте прокладка небронированных кабелей

допускается при условии защиты их от механических повреждений (коробами, угловой сталью, трубами и т. п.).

При смешанной прокладке (земля - кабельное сооружение или производственное помещение) рекомендуется применение тех же марок кабелей, что и для прокладки в земле (см. 2.3.37), но без горючих наружных защитных покровов.

2.3.40. При прокладке кабельных линий в кабельных сооружениях, а также в производственных помещениях бронированные кабели не должны иметь поверх брони, а небронированные кабели - поверх металлических оболочек защитных покровов из горючих материалов.

Для открытой прокладки не допускается применять силовые и контрольные кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией.

Металлические оболочки кабелей и металлические поверхности, по которым они прокладываются, должны быть защищены негорючим антикоррозийным покрытием.

При прокладке в помещениях с агрессивной средой должны применяться кабели, стойкие к воздействию этой среды.

2.3.41. Для кабельных линий электростанций, распределительных устройств и подстанций, указанных в 2.3.76, рекомендуется применять кабели, бронированные стальной лентой, защищенной негорючим покрытием. На электростанциях применение кабелей с горючей полиэтиленовой изоляцией не допускается.

2.3.42. Для кабельных линий, прокладываемых в кабельных блоках и трубах, как правило, должны применяться небронированные кабели в свинцовой усиленной оболочке. На участках блоков и труб, а также ответвлений от них длиной до 50 м допускается прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи. Для кабельных линий, прокладываемых в трубах, допускается применение кабелей в пластмассовой или резиновой оболочке.

2.3.43. Для прокладки в почвах, содержащих вещества, разрушительно действующие на оболочки кабелей (солончаки, болота, насыпной грунт со шлаком и строительным материалом и т. п.), а также в зонах, опасных из-за воздействия электрокоррозии, должны применяться кабели со свинцовыми оболочками и усиленными защитными покровами типов Б^л, Б^{2л} или кабели с алюминиевыми оболочками и особо усиленными защитными покровами типов Б^в, Б^н (в сплошном влагостойком пластмассовом шланге).

2.3.44. В местах пересечения кабельными линиями болот кабели должны выбираться с учетом геологических условий, а также химических и механических воздействий.

2.3.45. Для прокладки в почвах, подверженных смещению, должны применяться кабели с проволоочной броней или приниматься меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы (укрепление грунта шпунтовыми или свайными рядами и т. п.).

2.3.46. В местах пересечения кабельными линиями ручьев, их пойм и канав должны применяться такие же кабели, как и для прокладки в земле (см. также 2.3.99).

2.3.47. Для кабельных линий, прокладываемых по железнодорожным мостам, а также по другим мостам с интенсивным движением транспорта, рекомендуется применять бронированные кабели в алюминиевой оболочке.

2.3.48. Для кабельных линий передвижных механизмов должны применяться гибкие кабели с резиновой или другой аналогичной изоляцией, выдерживающей многократные изгибы (см. также 1.7.111).

2.3.49. Для подводных кабельных линий следует применять кабели с броней из круглой проволоки, по возможности одной строительной длины. С этой целью разрешается применение одножильных кабелей.

В местах перехода кабельных линий с берега в море при наличии сильного морского прибоя, при прокладке кабеля на участках рек с сильным течением и размываемыми берегами, а также на больших глубинах (до 40-60 м) следует применять кабель с двойной металлической броней.

Кабели с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной оболочке, а также кабели в алюминиевой оболочке без специальных водонепроницаемых покрытий для прокладки в воде не допускаются.

При прокладке кабельных линий через небольшие несудоходные и несплавные реки шириной (вместе с затопляемой поймой) не более 100 м, с устойчивыми руслом и дном допускается применение кабелей с ленточной броней.

2.3.50. Для кабельных маслонаполненных линий напряжением 110-220 кВ тип и конструкция кабелей определяются проектом.

2.3.51. При прокладке кабельных линий до 35 кВ на вертикальных и наклонных участках трассы с разностью уровней, превышающей допустимую по ГОСТ для кабелей с вязкой

пропиткой, должны применяться кабели с нестекающей пропиточной массой, кабели с обедненно-пропитанной бумажной изоляцией и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией. Для указанных условий кабели с вязкой пропиткой допускается применять только со стопорными муфтами, размещенными по трассе, в соответствии с допустимыми разностями уровней для этих кабелей по ГОСТ.

Разность вертикальных отметок между стопорными муфтами кабельных маслонаполненных линий низкого давления определяется соответствующими техническими условиями на кабель и расчетом подпитки при предельных тепловых режимах.

2.3.52. В четырехпроводных сетях должны применяться четырехжильные кабели. Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается. Допускается применение трехжильных силовых кабелей в алюминиевой оболочке напряжением до 1 кВ с использованием их оболочки в качестве нулевого провода (четвертой жилы) в четырехпроводных сетях переменного тока (осветительных, силовых и смешанных) с глухозаземленной нейтралью, за исключением установок со взрывоопасной средой и установок, в которых при нормальных условиях эксплуатации ток в нулевом проводе составляет более 75% допустимого длительного тока фазного провода.

Использование для указанной цели свинцовых оболочек трехжильных силовых кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях 220/127 и 380/220 В.

2.3.53. Для кабельных линий до 35 кВ допускается применять одножильные кабели, если это приводит к значительной экономии меди или алюминия в сравнении с трехжильными или если отсутствует возможность применения кабеля необходимой строительной длины. Сечение этих кабелей должно выбираться с учетом их дополнительного нагрева токами, наводимыми в оболочках.

Должны быть также выполнены мероприятия по обеспечению равного распределения тока между параллельно включенными кабелями и безопасного прикосновения к их оболочкам, исключению нагрева находящихся в непосредственной близости металлических частей и надежному закреплению кабелей в изолирующих клицах.

ПОДПИТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И СИГНАЛИЗАЦИЯ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА КАБЕЛЬНЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ЛИНИЙ

2.3.54. Маслоподпитывающая система должна обеспечивать надежную работу линии в любых нормальных и переходных тепловых режимах.

2.3.55. Количество масла, находящегося в маслоподпитывающей системе, должно определяться с учетом расхода на подпитку кабеля. Кроме того, должен быть запас масла для аварийного ремонта и заполнения маслом наиболее протяженной секции кабельной линии.

2.3.56. Подпитывающие баки линий низкого давления рекомендуется размещать в закрытых помещениях. Небольшое количество подпитывающих баков (5-6) на открытых пунктах питания рекомендуется располагать в легких металлических ящиках на порталах, опорах и т. п. (при температуре окружающего воздуха не ниже минус 30°C). Подпитывающие баки должны быть снабжены указателями давления масла и защищены от прямого воздействия солнечного излучения.

2.3.57. Подпитывающие агрегаты линий высокого давления должны быть размещены в закрытых помещениях, имеющих температуру не ниже +10°C, и расположены возможно ближе к месту присоединения к кабельным линиям (см. также 2.3.131). Присоединение нескольких подпитывающих агрегатов к линии производится через масляный коллектор.

2.3.58. При параллельной прокладке нескольких кабельных маслонаполненных линий высокого давления рекомендуется подпитку маслом каждой линии производить от отдельных подпитывающих агрегатов или следует устанавливать устройство для автоматического переключения агрегатов на ту или другую линию.

2.3.59. Подпитывающие агрегаты рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников питания с обязательным устройством автоматического включения резерва (АВР). Подпитывающие агрегаты должны быть отделены один от другого несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

2.3.60. Каждая кабельная маслонаполненная линия должна иметь систему сигнализации давления масла, обеспечивающую регистрацию и передачу дежурному персоналу сигналов о понижении и повышении давления масла сверх допустимых пределов.

2.3.61. На каждой секции кабельной маслонаполненной линии низкого давления должно быть установлено по крайней мере два датчика, на линии высокого давления - датчик на каждом подпитывающем агрегате. Аварийные сигналы должны передаваться на пункт с постоянным

дежурством персонала. Система сигнализации давления масла должна иметь защиту от влияния электрических полей силовых кабельных линий.

2.3.62. Подпитывающие пункты на линиях низкого давления должны быть оборудованы телефонной связью с диспетчерскими пунктами (электросети, сетевого района).

2.3.63. Маслопровод, соединяющий коллектор подпитывающего агрегата с кабельной маслonaполненной линией высокого давления, должен прокладываться в помещениях с положительной температурой. Допускается прокладка его в утепленных траншеях, лотках, каналах и в земле ниже зоны промерзания при условии обеспечения положительной температуры окружающей среды.

2.3.64. Вибрация в помещении щита с приборами для автоматического управления подпитывающим агрегатом не должна превышать допустимых пределов.

СОЕДИНЕНИЯ И ЗАДЕЛКИ КАБЕЛЕЙ

2.3.65. При соединении и оконцевании силовых кабелей следует применять конструкции муфт, соответствующие условиям их работы и окружающей среды. Соединения и заделки на кабельных линиях должны быть выполнены так, чтобы кабели были защищены от проникновения в них влаги и других вредодействующих веществ из окружающей среды и чтобы соединения и заделки выдерживали испытательные напряжения для кабельной линии и соответствовали требованиям ГОСТ.

2.3.66. Для кабельных линий до 35 кВ концевые и соединительные муфты должны применяться в соответствии с действующей технической документацией на муфты, утвержденной в установленном порядке.

2.3.67. Для соединительных и стопорных муфт кабельных маслonaполненных линий низкого давления необходимо применять только латунные или медные муфты.

Длина секций и места установки стопорных муфт на кабельных маслonaполненных линиях низкого давления определяются с учетом подпитки линий маслом в нормальном и переходных тепловых режимах.

Стопорные и полустопорные муфты на кабельных маслonaполненных линиях должны размещаться в кабельных колодцах; соединительные муфты при прокладке кабелей в земле рекомендуется размещать в камерах, подлежащих последующей засыпке просеянной землей или песком.

В районах с электрифицированным транспортом (метрополитен, трамваи, железные дороги) или с агрессивными по отношению к металлическим оболочкам и муфтам кабельных линий почвами соединительные муфты должны быть доступны для контроля.

2.3.68. На кабельных линиях, выполняемых кабелями с нормально пропитанной бумажной изоляцией и кабелями, пропитанными нестекающей массой, соединения кабелей должны производиться при помощи стопорно-переходных муфт, если уровень прокладки кабелей с нормально пропитанной изоляцией выше уровня прокладки кабелей, пропитанных нестекающей массой (см. также 2.3.51).

2.3.69. На кабельных линиях выше 1 кВ, выполняемых гибкими кабелями с резиновой изоляцией в резиновом шланге, соединения кабелей должны производиться горячим вулканизированием с покрытием противосырьевым лаком.

2.3.70. Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий должно быть не более: для трехжильных кабелей 1-10 кВ сечением до 3х95 мм² 4 шт.; для трехжильных кабелей 1-10 кВ сечениями 3х120 - 3х240 мм² 5 шт.; для трехфазных кабелей 20-35 кВ 6 шт.; для одножильных кабелей 2 шт.

Для кабельных линий 110-220 кВ число соединительных муфт определяется проектом.

Использование маломерных отрезков кабелей для сооружения протяженных кабельных линий не допускается.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ

2.3.71. Кабели с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладываются кабели, должны быть заземлены или занулены в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 1.7.

2.3.72. При заземлении или занулении металлических оболочек силовых кабелей оболочка и броня должны быть соединены гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.). На кабелях 6 кВ и выше с алюминиевыми оболочками заземление оболочки и брони должно выполняться отдельными проводниками.

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью, большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, однако сечение во всех случаях должно быть не менее 6 мм².

Сечения заземляющих проводников контрольных кабелей следует выбирать в соответствии с требованиями 1.7.76-1.7.78.

Если на опоре конструкции установлены наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броня, металлическая оболочка и муфта должны быть присоединены к заземляющему устройству разрядников. Использование в качестве заземляющего устройства только металлических оболочек кабелей в этом случае не допускается.

Эстакады и галереи должны быть оборудованы молниезащитой согласно РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" Минэнерго СССР.

2.3.73. На кабельных маслонаполненных линиях низкого давления заземляются концевые, соединительные и стопорные муфты.

На кабелях с алюминиевыми оболочками подпитывающие устройства должны подсоединяться к линиям через изолирующие вставки, а корпуса концевых муфт должны быть изолированы от алюминиевых оболочек кабелей. Указанное требование не распространяется на кабельные линии с непосредственным вводом в трансформаторы.

При применении для кабельных маслонаполненных линий низкого давления бронированных кабелей в каждом колодце броня кабеля с обеих сторон муфты должна быть соединена сваркой и заземлена.

2.3.74. Стальной трубопровод маслонаполненных кабельных линий высокого давления, проложенных в земле, должен быть заземлен во всех колодцах и по концам, а проложенных в кабельных сооружениях - по концам и в промежуточных точках, определяемых расчетами в проекте.

При необходимости активной защиты стального трубопровода от коррозии заземление его выполняется в соответствии с требованиями этой защиты, при этом должна быть обеспечена возможность контроля электрического сопротивления антикоррозийного покрытия.

2.3.75. При переходе кабельной линии в воздушную (ВЛ) и при отсутствии у опоры ВЛ заземляющего устройства кабельные муфты (мачтовые) допускается заземлять присоединением металлической оболочки кабеля, если кабельная муфта на другом конце кабеля присоединена к заземляющему устройству или сопротивление заземления кабельной оболочки соответствует требованиям гл. 1.7.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАБЕЛЬНОМУ ХОЗЯЙСТВУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

2.3.76. Требования, приведенные в 2.3.77-2.3.82, распространяются на кабельные хозяйства тепловых и гидроэлектростанций мощностью 25 МВт и более, распределительных устройств и подстанций напряжением 220-500 кВ, а также распределительных устройств и подстанций, имеющих особое значение в энергосистеме (см. также 2.3.113).

2.3.77. Главная схема электрических соединений, схема собственных нужд и схема оперативного тока, управление оборудованием и компоновка оборудования и кабельного хозяйства электростанции или подстанции должны выполняться таким образом, чтобы при возникновении пожаров в кабельном хозяйстве или вне его были исключены нарушения работы, более чем одного блока электростанции, одновременная потеря взаимно резервирующих присоединений распределительных устройств и подстанций, а также выход из работы систем обнаружения и тушения пожаров.

2.3.78. Для основных кабельных потоков электростанций должны предусматриваться кабельные сооружения (этажи, туннели, шахты и др.), изолированные от технологического оборудования и исключающие доступ к кабелям посторонних лиц.

При размещении потоков кабелей на электростанциях трассы кабельных линий должны выбираться с учетом:

- предотвращения перегрева кабелей от нагретых поверхностей технологического оборудования;

- предотвращения повреждений кабелей при выхлопах (возгораниях и взрывах) пыли через предохранительные устройства пылесистем;

- недопущения прокладки транзитных кабелей в технологических туннелях гидрозолаудаления, помещениях химводоочистки, а также в местах, где располагаются трубопроводы с химически агрессивными жидкостями.

2.3.79. Взаимно резервирующие ответственные кабельные линии (силовые, оперативного тока, средств связи, управления, сигнализации, систем пожаротушения и т. п.) должны прокладываться так, чтобы при пожарах была исключена возможность одновременной потери взаимно резервирующих кабельных линий. На участках кабельного хозяйства, где возникновение аварии угрожает ее большим развитием, кабельные потоки следует делить на изолированные одна от другой группы. Распределение кабелей по группам принимается в зависимости от местных условий.

2.3.80. В пределах одного энергоблока разрешается выполнение кабельных сооружений с пределом огнестойкости 0,25 ч. При этом технологическое оборудование, которое может служить источником пожара (баки с маслом, маслостанции и т. п.), должно иметь ограждения с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, исключающие возможность загорания кабелей при возникновении пожара на этом оборудовании.

В пределах одного энергоблока электростанции разрешается прокладка кабелей вне специальных кабельных сооружений при условии надежной их защиты от механических повреждений и заноса пылью, от искр и огня при производстве ремонта технологического оборудования, обеспечения нормальных температурных условий для кабельных линий и удобства их обслуживания.

Для обеспечения доступа к кабелям при расположении их на высоте 5 м и более должны сооружаться специальные площадки и проходы.

Для одиночных кабелей и небольших групп кабелей (до 20) эксплуатационные площадки могут не сооружаться, но при этом должна быть обеспечена возможность быстрой замены и ремонта кабелей в условиях эксплуатации.

При прокладке кабелей в пределах одного энергоблока вне специальных кабельных сооружений должно обеспечиваться по возможности разделение их на отдельные группы, проходящие по различным трассам.

2.3.81. Кабельные этажи и туннели, в которых размещаются кабели различных энергоблоков электростанции, включая кабельные этажи и туннели под блочными щитами управления, должны быть разделены поблочно и отделены от других помещений, кабельных этажей, туннелей, шахт, коробов и каналов несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч, в том числе в местах прохода кабелей.

В местах предполагаемого прохода кабелей через перегородки и перекрытия в целях обеспечения возможности замены и дополнительной прокладки кабелей должна предусматриваться перегородка из несгораемого, легко пробиваемого материала с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

В протяженных кабельных сооружениях тепловых электростанций должны предусматриваться аварийные выходы, расположенные, как правило, не реже чем через 50 м.

Кабельные хозяйства электростанций должны быть отделены от отходящих сетевых кабельных туннелей и коллекторов несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

2.3.82. Места входа кабелей в помещения закрытых распределительных устройств и в помещения щитов управления и защиты открытых распределительных устройств должны иметь перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Места входа кабелей на блочные щиты управления электростанцией должны быть закрыты перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Кабельные шахты должны быть отделены от кабельных туннелей, этажей и других кабельных сооружений несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч и иметь перекрытия сверху и снизу. Протяженные шахты при проходе через перекрытия, но не реже чем через 20 м должны делиться на отсеки несгораемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Проходные кабельные шахты должны иметь входные двери и быть оборудованы лестницами или специальными скобами.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ЗЕМЛЕ

2.3.83. При прокладке кабельных линий непосредственно в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия при напряжении 35 кВ и выше железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм; при напряжении ниже 35 кВ - плитами или глиняным обыкновенным кирпичом в один слой

поперек трассы кабелей; при рытье траншеи землеройным механизмом с шириной фрезы менее 250 мм, а также для одного кабеля - вдоль трассы кабельной линии. Применение силикатного, а также глиняного пустотелого или дырчатого кирпича не допускается.

При прокладке на глубине 1-1,2 м кабели 20 кВ и ниже (кроме кабелей городских электросетей) допускается не защищать от механических повреждений.

Кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок). Асфальтовые покрытия улиц и т. п. рассматриваются как места, где разрывы производятся в редких случаях. Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории*, допускается в траншеях с количеством кабельных линий не более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты, удовлетворяющие техническим требованиям, утвержденным Минэнерго СССР. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

* По местным условиям, при согласии владельца линий, допускается расширение области применения сигнальных лент.

Сигнальная лента должна укладываться в траншею над кабелями на расстоянии 250 мм от их наружных покровов. При расположении в траншее одного кабеля лента должна укладываться по оси кабеля, при большем количестве кабелей - края ленты должны выступать за крайние кабели не менее чем на 50 мм. При укладке по ширине траншеи более одной ленты - смежные ленты должны прокладываться с нахлестом шириной не менее 50 мм.

При применении сигнальной ленты прокладка кабелей в траншее с устройством подушки для кабелей, присыпка кабелей первым слоем земли и укладка ленты, включая присыпку ленты слоем земли по всей длине, должны производиться в присутствии представителя электромонтажной организации и владельца электросетей.

2.3.84. Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее: линий до 20 кВ 0,7 м; 35 кВ 1 м; при пересечении улиц и площадей независимо от напряжения 1 м.

Кабельные маслонаполненные линии 110-220 кВ должны иметь глубину заложения от планировочной отметки не менее 1,5 м.

Допускается уменьшение глубины до 0,5 м на участках длиной до 5 м при вводе линий в здания, а также в местах пересечения их с подземными сооружениями при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, прокладка в трубах).

Прокладка кабельных линий 6-10 кВ по пахотным землям должна производиться на глубине не менее 1 м, при этом полоса земли над трассой может быть занята под посевы.

2.3.85. Расстояние в свету от кабеля, проложенного непосредственно в земле, до фундаментов зданий и сооружений должно быть не менее 0,6 м. Прокладка кабелей непосредственно в земле под фундаментами зданий и сооружений не допускается. При прокладке транзитных кабелей в подвалах и технических подпольях жилых и общественных зданий следует руководствоваться СНиП Госстроя России.

2.3.86. При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали в свету между кабелями должно быть не менее:

- 1) 100 мм между силовыми кабелями до 10 кВ, а также между ними и контрольными кабелями;
- 2) 250 мм между кабелями 20-35 кВ и между ними и другими кабелями;
- 3) 500 мм* между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи;

* Согласовано с Министерством связи СССР.

4) 500 мм между маслонаполненными кабелями 110-220 кВ и другими кабелями; при этом кабельные маслонаполненные линии низкого давления отделяются одна от другой и от других кабелей железобетонными плитами, поставленными на ребро; кроме того, следует производить расчет электромагнитного влияния на кабели связи.

Допускается в случаях необходимости по согласованию между эксплуатирующими организациями с учетом местных условий уменьшение расстояний, указанных в п. 2 и 3, до 100 мм, а между силовыми кабелями до 10 кВ и кабелями связи, кроме кабелей с цепями, уплотненными высокочастотными системами телефонной связи, до 250 мм при условии защиты

кабелей от повреждений, могущих возникнуть при КЗ в одном из кабелей (прокладка в трубах, установка несгораемых перегородок и т. п.).

Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

2.3.87. При прокладке кабельных линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м. Допускается по согласованию с организацией, в ведении которой находятся зеленые насаждения, уменьшение этого расстояния при условии прокладки кабелей в трубах, проложенных путем подкопки.

При прокладке кабелей в пределах зеленой зоны с кустарниковыми посадками указанные расстояния допускается уменьшить до 0,75 м.

2.3.88. При параллельной прокладке расстояние по горизонтали в свету от кабельных линий напряжением до 35 кВ и маслонаполненных кабельных линий до трубопроводов, водопровода, канализации и дренажа должно быть не менее 1 м; до газопроводов низкого (0,0049 МПа), среднего (0,294 МПа) и высокого давления (более 0,294 до 0,588 МПа) - не менее 1 м; до газопроводов высокого давления (более 0,588 до 1,176 МПа) - не менее 2 м; до теплопроводов - см. 2.3.89.

В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний для кабельных линий до 35 кВ, за исключением расстояний до трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м без специальной защиты кабелей и до 0,25 м при прокладке кабелей в трубах. Для маслонаполненных кабельных линий 110-220 кВ на участке сближения длиной не более 50 м допускается уменьшение расстояния по горизонтали в свету до трубопроводов, за исключением трубопроводов с горючими жидкостями и газами, до 0,5 м при условии устройства между маслонаполненными кабелями и трубопроводом защитной стенки, исключающей возможность механических повреждений. Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается.

2.3.89. При прокладке кабельной линии параллельно с теплопроводом расстояние в свету между кабелем и стенкой канала теплопровода должно быть не менее 2 м или теплопровод на всем участке сближения с кабельной линией должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы дополнительный нагрев земли теплопроводом в месте прохождения кабелей в любое время года не превышал 10°C для кабельных линий до 10 кВ и 5°C - для линий 20-220 кВ.

2.3.90. При прокладке кабельной линии параллельно с железными дорогами кабели должны прокладываться, как правило, вне зоны отчуждения дороги. Прокладка кабелей в пределах зоны отчуждения допускается только по согласованию с организациями Министерства путей сообщения, при этом расстояние от кабеля до оси пути железной дороги должно быть не менее 3,25 м, а для электрифицированной дороги - не менее 10,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение указанных расстояний, при этом кабели на всем участке сближения должны прокладываться в блоках или трубах.

При электрифицированных дорогах на постоянном токе блоки или трубы должны быть изолирующими (асбестоцементные, пропитанные гудроном или битумом и др.)*.

* Согласовано с Министерством путей сообщения.

2.3.91. При прокладке кабельной линии параллельно с трамвайными путями расстояние от кабеля до оси трамвайного пути должно быть не менее 2,75 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этого расстояния при условии, что кабели на всем участке сближения будут проложены в изолирующих блоках или трубах, указанных в 2.3.90.

2.3.92. При прокладке кабельной линии параллельно с автомобильными дорогами категорий I и II (см. 2.5.145) кабели должны прокладываться с внешней стороны кювета или подшвы насыпи на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня. Уменьшение указанного расстояния допускается в каждом отдельном случае по согласованию с соответствующими управлениями дорог.

2.3.93. При прокладке кабельной линии параллельно с ВЛ 110 кВ и выше расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через крайний провод линии, должно быть не менее 10 м.

Расстояние в свету от кабельной линии до заземленных частей и заземлителей опор ВЛ выше 1 кВ должно быть не менее 5 м при напряжении до 35 кВ, 10 м при напряжении 110 кВ и выше. В стесненных условиях расстояние от кабельных линий до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ выше 1 кВ допускается не менее 2 м; при этом расстояние от кабеля до вертикальной плоскости, проходящей через провод ВЛ, не нормируется.

Расстояние в свету от кабельной линии до опоры ВЛ до 1 кВ должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля на участке сближения в изолирующей трубе 0,5 м.

На территориях электростанций и подстанций в стесненных условиях допускается прокладывать кабельные линии на расстояниях не менее 0,5 м от подземной части опор воздушных связей (токопроводов) и ВЛ выше 1 кВ, если заземляющие устройства этих опор присоединены к контуру заземления подстанций.

2.3.94*. При пересечении кабельными линиями других кабелей они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м; это расстояние в стесненных условиях для кабелей до 35 кВ может быть уменьшено до 0,15 м при условии разделения кабелей на всем участке пересечения плюс по 1 м в каждую сторону плитами или трубами из бетона или другого равнопрочного материала; при этом кабели связи должны быть расположены выше силовых кабелей.

* Согласовано с Министерством связи СССР.

2.3.95. При пересечении кабельными линиями трубопроводов, в том числе нефте- и газопроводов, расстояние между кабелями и трубопроводом должно быть не менее 0,5 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 0,25 м при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс не менее чем по 2 м в каждую сторону в трубах.

При пересечении кабельной маслонаполненной линией трубопроводов расстояние между ними в свету должно быть не менее 1 м. Для стесненных условий допускается принимать расстояние не менее 0,25 м, но при условии размещения кабелей в трубах или железобетонных лотках с крышкой.

2.3.96. При пересечении кабельными линиями до 35 кВ теплопроводов расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 0,5 м, а в стесненных условиях - не менее 0,25 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 2 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 10°C по отношению к высшей летней температуре и на 15°C по отношению к низшей зимней.

В случаях, когда указанные условия не могут быть соблюдены, допускается выполнение одного из следующих мероприятий: заглубление кабелей до 0,5 м вместо 0,7 м (см. 2.3.84); применение кабельной вставки большего сечения; прокладка кабелей под теплопроводом в трубах на расстоянии от него не менее 0,5 м, при этом трубы должны быть уложены таким образом, чтобы замена кабелей могла быть выполнена без производства земляных работ (например, ввод концов труб в камеры).

При пересечении кабельной маслонаполненной линией теплопровода расстояние между кабелями и перекрытием теплопровода должно быть не менее 1 м, а в стесненных условиях - не менее 0,5 м. При этом теплопровод на участке пересечения плюс по 3 м в каждую сторону от крайних кабелей должен иметь такую теплоизоляцию, чтобы температура земли не повышалась более чем на 5°C в любое время года.

2.3.97. При пересечении кабельными линиями железных и автомобильных дорог кабели должны прокладываться в туннелях, блоках или трубах по всей ширине зоны отчуждения на глубине не менее 1 м от полотна дороги и не менее 0,5 м от дна водоотводных канав. При отсутствии зоны отчуждения указанные условия прокладки должны выполняться только на участке пересечения плюс по 2 м по обе стороны от полотна дороги.

При пересечении кабельными линиями электрифицированных и подлежащих электрификации на постоянном токе* железных дорог блоки и трубы должны быть изолирующими (см. 2.3.90). Место пересечения должно находиться на расстоянии не менее 10 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей. Пересечение кабелей с путями электрифицированного рельсового транспорта должно производиться под углом 75-90° к оси пути.

* Согласовано с Министерством путей сообщения.

Концы блоков и труб должны быть утоплены джутовыми плетеными шнурами, обмазанными водонепроницаемой (мятой) глиной на глубину не менее 300 мм.

При пересечении тупиковых дорог промышленного назначения с малой интенсивностью движения, а также специальных путей (например, на слипах и т. п.) кабели, как правило, должны прокладываться непосредственно в земле.

При пересечении трассы кабельных линий вновь сооружаемой железной неэлектрифицированной дорогой или автомобильной дорогой перекладки действующих

кабельных линий не требуется. В месте пересечения должны быть заложены на случай ремонта кабелей в необходимом количестве резервные блоки или трубы с плотно заделанными торцами.

В случае перехода кабельной линии в воздушную кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи или от кромки полотна.

2.3.98. При пересечении кабельными линиями трамвайных путей кабели должны прокладываться в изолирующих блоках или трубах (см. 2.3.90). Пересечение должно выполняться на расстоянии не менее 3 м от стрелок, крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей.

2.3.99. При пересечении кабельными линиями въездов для автотранспорта во дворы, гаражи и т. д. прокладка кабелей должна производиться в трубах. Таким же способом должны быть защищены кабели в местах пересечения ручьев и канав.

2.3.100. При установке на кабельных линиях кабельных муфт расстояние в свету между корпусом кабельной муфты и ближайшим кабелем должно быть не менее 250 мм.

При прокладке кабельных линий на крутонаклонных трассах установка на них кабельных муфт не рекомендуется. При необходимости установки на таких участках кабельных муфт под ними должны выполняться горизонтальные площадки.

Для обеспечения возможности перемонтажа муфт в случае их повреждения на кабельной линии требуется укладывать кабель с обеих сторон муфт с запасом.

2.3.101. При наличии по трассе кабельной линии блуждающих токов опасных величин необходимо:

1. Изменить трассу кабельной линии с тем, чтобы обойти опасные зоны.
2. При невозможности изменить трассу: предусмотреть меры по максимальному снижению уровней блуждающих токов; применить кабели с повышенной стойкостью к воздействию коррозии; осуществить активную защиту кабелей от воздействия электрокоррозии.

При прокладках кабелей в агрессивных грунтах и зонах с наличием блуждающих токов недопустимых значений должна применяться катодная поляризация (установка электродренажей, протекторов, катодная защита). При любых способах подключения электродренажных устройств должны соблюдаться нормы разностей потенциалов на участках отсасывания, предусмотренные СНиП 3.04.03-85 "Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии" Госстроя России. Применять катодную защиту внешним током на кабелях, проложенных в солончаковых грунтах или засоленных водоемах, не рекомендуется.

Необходимость защиты кабельных линий от коррозии должна определяться по совокупным данным электрических измерений и химических анализов проб грунта. Защита кабельных линий от коррозии не должна создавать условий, опасных для работы смежных подземных сооружений. Запроектированные мероприятия по защите от коррозии должны быть осуществлены до ввода новой кабельной линии в эксплуатацию. При наличии в земле блуждающих токов необходимо устанавливать на кабельных линиях контрольные пункты в местах и на расстояниях, позволяющих определять границы опасных зон, что необходимо для последующего рационального выбора и размещения защитных средств.

Для контроля потенциалов на кабельных линиях допускается использовать места выходов кабелей на трансформаторные подстанции, распределительные пункты и т. д.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ БЛОКАХ, ТРУБАХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЛОТКАХ

2.3.102. Для изготовления кабельных блоков, а также для прокладки кабелей в трубах допускается применять стальные, чугунные асбестоцементные, бетонные, керамические и тому подобные трубы. При выборе материала для блоков и труб следует учитывать уровень грунтовых вод и их агрессивность, а также наличие блуждающих токов.

Маслонаполненные однофазные кабели низкого давления необходимо прокладывать только в асбестоцементных и других трубах из немагнитного материала, при этом каждая фаза должна прокладываться в отдельной трубе.

2.3.103. Допустимое количество каналов в блоках, расстояния между ними и их размер должны приниматься согласно 1.3.20.

2.3.104. Каждый кабельный блок должен иметь до 15% резервных каналов, но не менее одного канала.

2.3.105. Глубина заложения в земле кабельных блоков и труб должна приниматься по местным условиям, но быть не менее расстояний, приведенных в 2.3.84, считая до верхнего кабеля. Глубина заложения кабельных блоков и труб на закрытых территориях и в полах производственных помещений не нормируется.

2.3.106. Кабельные блоки должны иметь уклон не менее 0,2% в сторону колодцев. Такой же уклон необходимо соблюдать и при прокладке труб для кабелей.

2.3.107. При прокладке труб для кабельных линий непосредственно в земле наименьшие расстояния в свету между трубами и между ними и другими кабелями и сооружениями должны приниматься, как для кабелей, проложенных без труб (см. 2.3.86).

При прокладке кабельных линий в трубах в полу помещения расстояния между ними принимаются, как для прокладки в земле.

2.3.108. В местах, где изменяется направление трассы кабельных линий, проложенных в блоках, и в местах перехода кабелей и кабельных блоков в землю должны сооружаться кабельные колодцы, обеспечивающие удобную протяжку кабелей и удаление их из блоков. Такие колодцы должны сооружаться также и на прямолинейных участках трассы на расстоянии один от другого, определяемом предельно допустимым тяжением кабелей. При числе кабелей до 10 и напряжении не выше 35 кВ переход кабелей из блоков в землю допускается осуществлять без кабельных колодцев. При этом места выхода кабелей из блоков должны быть заделаны водонепроницаемым материалом.

2.3.109. Переход кабельных линий из блоков и труб в здания, туннели, подвалы и т. п. должен осуществляться одним из следующих способов: непосредственным вводом в них блоков и труб, сооружением колодцев или приемков внутри зданий либо камер у их наружных стен.

Должны быть предусмотрены меры, исключающие проникновение через трубы или проемы воды и мелких животных из траншей в здания, туннели и т.п.

2.3.110. Каналы кабельных блоков, трубы, выход из них, а также их соединения должны иметь обработанную и очищенную поверхность для предотвращения механических повреждений оболочек кабелей при протяжке. На выходах кабелей из блоков в кабельные сооружения и камеры должны предусматриваться меры, предотвращающие повреждение оболочек от истирания и растрескивания (применение эластичных подкладок, соблюдение необходимых радиусов изгиба и др.).

2.3.111. При высоком уровне грунтовых вод на территории ОРУ следует отдавать предпочтение надземным способам прокладки кабелей (в лотках или коробках). Надземные лотки и плиты для их покрытия должны быть выполнены из железобетона. Лотки должны быть уложены на специальных бетонных подкладках с уклоном не менее 0,2% по спланированной трассе таким образом, чтобы не препятствовать стоку ливневых вод. При наличии в днищах надземных лотков проемов, обеспечивающих выпуск ливневых вод, создавать уклон не требуется.

При применении кабельных лотков для прокладки кабелей должны обеспечиваться проезд по территории ОРУ и подъезд к оборудованию машин и механизмов, необходимых для выполнения ремонтных и эксплуатационных работ. Для этой цели должны быть устроены переезды через лотки при помощи железобетонных плит с учетом нагрузки от проходящего транспорта, с сохранением расположения лотков на одном уровне. При применении кабельных лотков не допускается прокладка кабелей под дорогами и переездами в трубах, каналах и траншеях, расположенных ниже лотков.

Выход кабелей из лотков к шкафам управления и защиты должен выполняться в трубах, не заглубляемых в землю. Прокладка кабельных перемычек в пределах одной ячейки ОРУ допускается в траншее, причем применение в этом случае труб для защиты кабелей при подводке их к шкафам управления и релейной защиты не рекомендуется. Защита кабелей от механических повреждений должна выполняться другими способами (с применением уголка, швеллера и др.).

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

2.3.112. Кабельные сооружения всех видов должны выполняться с учетом возможности дополнительной прокладки кабелей в размере 15% количества кабелей, предусмотренного проектом (замена кабелей в процессе монтажа, дополнительная прокладка в последующей эксплуатации и др.).

2.3.113. Кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты должны быть отделены от других помещений и соседних кабельных сооружений несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками протяженные туннели должны разделяться на отсеки длиной не более 150 м при наличии силовых и контрольных кабелей и не более 100 м при наличии маслонаполненных кабелей. Площадь каждого отсека двойного пола должна быть не более 600 м².

Двери в кабельных сооружениях и перегородках с пределом огнестойкости 0,75 ч должны иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч в электроустановках, перечисленных в 2.3.76, и 0,6 ч в остальных электроустановках.

Выходы из кабельных сооружений должны предусматриваться наружу или в помещения с производствами категорий Г и Д. Количество и расположение выходов из кабельных сооружений должно определяться, исходя из местных условий, но их должно быть не менее двух. При длине кабельного сооружения не более 25 м допускается иметь один выход.

Двери кабельных сооружений должны быть самозакрывающимися, с уплотненными притворами. Выходные двери из кабельных сооружений должны открываться наружу и должны иметь замки, отпираемые из кабельных сооружений без ключа, а двери между отсеками должны открываться по направлению ближайшего выхода и оборудоваться устройствами, поддерживающими их в закрытом положении.

Проходные кабельные эстакады с мостиками обслуживания должны иметь входы с лестницами. Расстояние между входами должно быть не более 150 м. Расстояние от торца эстакады до входа на нее не должно превышать 25 м.

Входы должны иметь двери, предотвращающие свободный доступ на эстакады лицам, не связанным с обслуживанием кабельного хозяйства. Двери должны иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны эстакады.

Расстояние между входами в кабельную галерею при прокладке в ней кабелей не выше 35 кВ должно быть не более 150 м, а при прокладке маслонаполненных кабелей - не более 120 м.

Наружные кабельные эстакады и галереи должны иметь основные несущие строительные конструкции (колонны, балки) из железобетона с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч или из стального проката с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Несущие конструкции зданий и сооружений, которые могут опасно деформироваться или снизить механическую прочность при горении групп (потоков) кабелей, проложенных вблизи этих конструкций на наружных кабельных эстакадах и галереях, должны иметь защиту, обеспечивающую предел огнестойкости защищаемых конструкций не менее 0,75 ч.

Кабельные галереи должны делиться на отсеки несгораемыми противопожарными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Длина отсеков галерей должна быть не более 150 м при прокладке в них кабелей до 35 кВ и не более 120 м при прокладке маслонаполненных кабелей. На наружные кабельные галереи, закрытые частично, указанные требования не распространяются.

2.3.114. В туннелях и каналах должны быть выполнены мероприятия по предотвращению попадания в них технологических вод и масла, а также должен быть обеспечен отвод почвенных и ливневых вод. Полы в них должны иметь уклон не менее 0,5% в сторону водосборников или ливневой канализации. Проход из одного отсека туннеля в другой при их расположении на разных уровнях должен быть осуществлен с помощью пандуса с углом подъема не выше 15°. Устройство ступеней между отсеками туннелей запрещается.

В кабельных каналах, сооружаемых вне помещений и расположенных выше уровня грунтовых вод, допускается земляное дно с дренирующей подсыпкой толщиной 10-15 см из утрамбованного гравия или песка.

В туннелях должны быть предусмотрены дренажные механизмы; при этом рекомендуется применять автоматический их пуск в зависимости от уровня воды. Пусковые аппараты и электродвигатели должны иметь исполнение, допускающее их работу в особо сырых местах.

При переходах эстакады и галереи проходного типа с одной отметки на другую должен быть выполнен пандус с уклоном не более 15°. Как исключение, допускается устройство лестницы с уклоном 1:1.

2.3.115. Кабельные каналы и двойные полы в распределительных устройствах и помещениях должны перекрываться съемными несгораемыми плитами. В электромашинных и тому подобных помещениях каналы рекомендуется перекрывать рифленой сталью, а в помещениях щитов управления с паркетными полами - деревянными щитами с паркетом, защищенными снизу асбестом и по асбесту жестью. Перекрытие каналов и двойных полов должно быть рассчитано на передвижение по нему соответствующего оборудования.

2.3.116. Кабельные каналы вне зданий должны быть засыпаны поверх съемных плит слоем земли толщиной не менее 0,3 м. На огражденных территориях засыпка кабельных каналов землей поверх съемных плит не обязательна. Масса отдельной плиты перекрытия, снимаемой вручную, не должна превышать 70 кг. Плиты должны иметь приспособление для подъема.

2.3.117. На участках, где могут быть пролиты расплавленный металл, жидкости с высокой температурой или же вещества, разрушающе действующие на металлические оболочки кабелей,

сооружение кабельных каналов не допускается. На указанных участках не допускается также устройство люков в коллекторах и туннелях.

2.3.118. Подземные туннели вне зданий должны иметь поверх перекрытия слой земли толщиной не менее 0,5 м.

2.3.119. При совместной прокладке кабелей и теплопроводов в сооружениях дополнительный нагрев воздуха теплопроводом в месте расположения кабелей в любое время года не должен превышать 5°C, для чего должны быть предусмотрены вентиляция и теплоизоляция на трубах.

2.3.120. В кабельных сооружениях кабели рекомендуется прокладывать целыми строительными длинами, а размещение кабелей в сооружениях должно производиться в соответствии со следующим:

1. Контрольные кабели и кабели связи следует размещать только под или только над силовыми кабелями; при этом их следует отделять перегородкой. В местах пересечения и ответвления допускается прокладка контрольных кабелей и кабелей связи над и под силовыми кабелями.

2. Контрольные кабели допускается прокладывать рядом с силовыми кабелями до 1 кВ.

3. Силовые кабели до 1 кВ рекомендуется прокладывать над кабелями выше 1 кВ; при этом их следует отделять перегородкой.

4. Различные группы кабелей: рабочие и резервные кабели выше 1 кВ генераторов, трансформаторов и т. п., питающие электроприемники I категории, рекомендуется прокладывать на разных горизонтальных уровнях и разделять перегородками.

5. Разделительные перегородки, указанные в п. 1, 3 и 4, должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

При применении автоматического пожаротушения с использованием воздушно-механической пены или распыленной воды перегородки, указанные в п. 1, 3 и 4, допускается не устанавливать.

На наружных кабельных эстакадах и в наружных закрытых частично кабельных галереях установка разделительных перегородок, указанных в п. 1, 3 и 4, не требуется. При этом взаимно резервирующие силовые кабельные линии (за исключением линий к электроприемникам особой группы I категории) следует прокладывать с расстоянием между ними не менее 600 мм и рекомендуется располагать: на эстакадах по обе стороны пролетной несущей конструкции (балки, фермы); в галереях по разным сторонам от прохода.

2.3.121. Маслонаполненные кабели следует прокладывать, как правило, в отдельных кабельных сооружениях. Допускается их прокладка совместно с другими кабелями; при этом маслонаполненные кабели следует размещать в нижней части кабельного сооружения и отделять от других кабелей горизонтальными перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками следует отделять одну от другой маслонаполненные кабельные линии.

2.3.122. Необходимость применения и объем автоматических стационарных средств обнаружения и тушения пожаров в кабельных сооружениях должны определяться на основании ведомственных документов, утвержденных в установленном порядке.

В непосредственной близости от входа, люков и вентиляционных шахт (в радиусе не более 25 м) должны быть установлены пожарные краны. Для эстакад и галерей пожарные гидранты должны располагаться с таким расчетом, чтобы расстояние от любой точки оси трассы эстакады и галереи до ближайшего гидранта не превышало 100 м.

2.3.123. В кабельных сооружениях прокладку контрольных кабелей и силовых кабелей сечением 25 мм² и более, за исключением небронированных кабелей со свинцовой оболочкой, следует выполнять по кабельным конструкциям (консолям).

Контрольные небронированные кабели, силовые небронированные кабели со свинцовой оболочкой и небронированные силовые кабели всех исполнений сечением 16 мм² и менее следует прокладывать по лоткам или перегородкам (сплошным или несплошным).

Допускается прокладка кабелей по дну канала при глубине его не более 0,9 м; при этом расстояние между группой силовых кабелей выше 1 кВ и группой контрольных кабелей должно быть не менее 100 мм или эти группы кабелей должны быть разделены несгораемой перегородкой с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч.

Расстояния между отдельными кабелями приведены в табл. 2.3.1.

Засыпка силовых кабелей, проложенных в каналах, песком запрещается (исключение см. в 7.3.110).

В кабельных сооружениях высота, ширина проходов и расстояние между конструкциями и кабелями должны быть не менее приведенных в табл. 2.3.1. По сравнению с приведенными в

таблице расстояниями допускается местное сужение проходов до 800 мм или снижение высоты до 1,5 м на длине 1,0 м с соответствующим уменьшением расстояния между кабелями по вертикали при одностороннем и двустороннем расположении конструкций.

Таблица 2.3.1. Наименьшее расстояние для кабельных сооружений

Расстояние	Наименьшие размеры, мм, при прокладке	
	в туннелях, галереях, кабельных этажах и на эстакадах	в кабельных каналах и двойных полах
Высота в свету	1800	Не ограничивается, но не более 1200 мм
По горизонтали в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1000	300 при глубине до 0,6 м; 450 при глубине более 0,6 до 0,9 м; 600 при глубине более 0,9 м
По горизонтали в свету от конструкции до стены при одностороннем расположении (ширина прохода)	900	То же
По вертикали между горизонтальными конструкциями *:		
для силовых кабелей напряжением:		
до 10 кВ	200	150
20-35 кВ	250	200
110 кВ и выше	300**	250
для контрольных кабелей и кабелей связи, а также силовых сечением до 3х25 мм ² напряжением до 1 кВ		100
Между опорными конструкциями (консолями) по длине сооружения		800-1000
По вертикали и горизонтали в свету между одиночными силовыми кабелями напряжением до 35 кВ***		Не менее диаметра кабеля
По горизонтали между контрольными кабелями и кабелями связи ***		Не нормируется
По горизонтали в свету между кабелями напряжением 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля

* Полезная длина консоли должна быть не более 500 мм на прямых участках трассы.
 ** При расположении кабелей треугольником 250 мм.
 *** В том числе для кабелей, прокладываемых в кабельных шахтах.

2.3.124. Прокладка контрольных кабелей допускается пучками на лотках и многослойно в металлических коробах при соблюдении следующих условий:

1. Наружный диаметр пучка кабелей должен быть не более 100 мм.
2. Высота слоев в одном коробе не должна превышать 150 мм.
3. В пучках и многослойно должны прокладываться только кабели с одностипными оболочками.

4. Крепление кабелей в пучках, многослойно в коробах, пучков кабелей к лоткам следует выполнять так, чтобы была предотвращена деформация оболочек кабелей под действием собственного веса и устройств крепления.

5. В целях пожарной безопасности внутри коробов должны устанавливаться огнепреградительные пояса: на вертикальных участках - на расстоянии не более 20 м, а также при проходе через перекрытие; на горизонтальных участках - при проходе через перегородки.

6. В каждом направлении кабельной трассы следует предусматривать запас емкости не менее 15% общей емкости коробов.

Прокладка силовых кабелей пучками и многослойно не допускается.

2.3.125*. В местах, насыщенных подземными коммуникациями, допускается выполнение полупроходных туннелей высотой, уменьшенной по сравнению с предусмотренной в табл. 2.3.1, но не менее 1,5 м, при условии выполнения следующих требований: напряжение кабельных

линий должно быть не выше 10 кВ; протяженность туннеля должна быть не более 100 м; остальные расстояния должны соответствовать приведенным в табл. 2.3.1; на концах туннеля должны быть выходы или люки.

* Согласовано с ЦК профсоюза рабочих электростанций и электротехнической промышленности.

2.3.126. Маслонаполненные кабели низкого давления должны крепиться на металлических конструкциях таким образом, чтобы была исключена возможность образования вокруг кабелей замкнутых магнитных контуров; расстояние между местами крепления должно быть не более 1 м.

Стальные трубопроводы кабельных маслонаполненных линий высокого давления могут прокладываться на опорах или подвешиваться на подвесках; расстояние между опорами или подвесками определяется проектом линии. Кроме того, трубопроводы должны закрепляться на неподвижных опорах для предотвращения возникновения в трубопроводах температурных деформаций в условиях эксплуатации.

Воспринимаемые опорами нагрузки от веса трубопровода не должны приводить к каким-либо перемещениям или разрушениям фундаментов опор. Количество указанных опор и места их расположения определяются проектом.

Механические опоры и крепления разветвительных устройств на линиях высокого давления должны предотвращать раскачивание труб разветвлений, образование замкнутых магнитных контуров вокруг них, а в местах креплений или касаний опор должны быть предусмотрены изолирующие прокладки.

2.3.127. Высота кабельных колодцев должна быть не менее 1,8 м; высота камер не нормируется. Кабельные колодцы для соединительных, стопорных и полустопорных муфт должны иметь размеры, обеспечивающие монтаж муфт без разрытия.

Береговые колодцы на подводных переходах должны иметь размеры, обеспечивающие размещение резервных кабелей и подпитывающих аппаратов.

В полу колодца должен быть устроен приемок для сбора грунтовых и ливневых вод; должно быть также предусмотрено водоотливное устройство в соответствии с требованиями, приведенными в 2.3.114.

Кабельные колодцы должны быть снабжены металлическими лестницами.

В кабельных колодцах кабели и соединительные муфты должны быть уложены на конструкциях, лотках или перегородках.

2.3.128. Люки кабельных колодцев и туннелей должны иметь диаметр не менее 650 мм и закрываться двойными металлическими крышками, из которых нижняя должна иметь приспособление для закрывания на замок, открываемый со стороны туннеля без ключа. Крышки должны иметь приспособления для их снятия. Внутри помещений применение второй крышки не требуется.

2.3.129. На соединительных муфтах силовых кабелей напряжением 6-35 кВ в туннелях, кабельных этажах и каналах должны быть установлены специальные защитные кожухи для локализации пожаров и взрывов, которые могут возникнуть при электрических пробоях в муфтах.

2.3.130. Концевые муфты на кабельных маслонаполненных линиях высокого давления должны располагаться в помещениях с положительной температурой воздуха или быть оборудованы автоматическим обогревом при снижении температуры окружающего воздуха ниже +5°C.

2.3.131. При прокладке маслонаполненных кабелей в галереях необходимо предусмотреть отопление галерей в соответствии с техническими условиями на маслонаполненные кабели.

Помещения маслоподпитывающих агрегатов линий высокого давления должны иметь естественную вентиляцию. Подземные подпитывающие пункты допускается совмещать с кабельными колодцами; при этом колодцы должны быть оборудованы водоотливными устройствами в соответствии с 2.3.127.

2.3.132. Кабельные сооружения, за исключением эстакад, колодцев для соединительных муфт, каналов и камер, должны быть обеспечены естественной или искусственной вентиляцией, причем вентиляция каждого отсека должна быть независимой.

Расчет вентиляции кабельных сооружений определяется, исходя из перепада температур между поступающим и удаляемым воздухом не более 10°C. При этом должно быть предотвращено образование мешков горячего воздуха в сужениях туннелей, поворотах, обходах и т. д.

Вентиляционные устройства должны быть оборудованы заслонками (шиберами) для прекращения доступа воздуха в случае возникновения возгорания, а также для предупреждения промерзания туннеля в зимнее время. Исполнение вентиляционных устройств должно обеспечивать возможность применения автоматики прекращения доступа воздуха в сооружения.

При прокладке кабелей внутри помещений должен быть предотвращен перегрев кабелей за счет повышенной температуры окружающего воздуха и влияний технологического оборудования.

Кабельные сооружения, за исключением колодцев для соединительных муфт, каналов, камер и открытых эстакад, должны быть оборудованы электрическим освещением и сетью для питания переносных светильников и инструмента. На тепловых электростанциях сеть для питания инструмента допускается не выполнять.

2.3.133. Прокладка кабелей в коллекторах, технологических галереях и по технологическим эстакадам выполняется в соответствии с требованиями СНиП Госстроя России.

Наименьшие расстояния в свету от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений должны соответствовать приведенным в табл. 2.3.2.

Пересечение кабельных эстакад и галерей с воздушными линиями электропередачи, внутризаводскими железными и автомобильными дорогами, пожарными проездами, канатными дорогами, воздушными линиями связи и радиофикации и трубопроводами рекомендуется выполнять под углом не менее 30°.

Таблица 2.3.2. Наименьшее расстояние от кабельных эстакад и галерей до зданий и сооружений

Сооружение	Нормируемое расстояние	Наименьшие размеры, м
При параллельном следовании, по горизонтали		
Здания и сооружения с глухими стенами	От конструкции эстакады и галереи до стены здания и сооружения	Не нормируется 2
Здания и сооружения, имеющие стены с проемами	То же	
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита приближения строений	1 м для галерей и проходных эстакад; 3 м для непроходных эстакад
Внутризаводская автомобильная дорога и пожарные проезды	От конструкции эстакады и галереи до бордюрного камня, внешней бровки или подошвы кювета дороги	2
Канатная дорога	От конструкции эстакады и галереи до габарита подвижного состава	1
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия электропередачи	От конструкции эстакады и галереи до проводов	См. 2.5.114
При пересечении, по вертикали		
Внутризаводская неэлектрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи до головки рельса	5,6
Внутризаводская электрифицированная железная дорога	От нижней отметки эстакады и галереи:	
	до головки рельса	7,1
	до наивысшего провода или несущего троса контактной сети	3
Внутризаводская автомобильная дорога (пожарный проезд)	От нижней отметки эстакады и галереи до полотна автомобильной дороги (пожарного проезда)	4,5
Надземный трубопровод	От конструкции эстакады и галереи до ближайших частей трубопровода	0,5
Воздушная линия	От конструкции эстакады и галереи до проводов	См. 2.5.113

электропередачи Воздушная линия связи и радиофикации	То же	1,5
--	-------	-----

Расположение эстакад и галерей во взрывоопасных зонах - см. гл. 7.3, расположение эстакад и галерей в пожароопасных зонах - см. гл. 7.4.

При параллельном следовании эстакад и галерей с воздушными линиями связи и радиофикации наименьшие расстояния между кабелями и проводами линии связи и радиофикации определяются на основании расчета влияния кабельных линий на линии связи и радиофикации. Провода связи и радиофикации могут располагаться под и над эстакадами и галереями.

Наименьшая высота кабельной эстакады и галереи в непроезжей части территории промышленного предприятия должна приниматься из расчета возможности прокладки нижнего ряда кабелей на уровне не менее 2,5 м от планировочной отметки земли.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

2.3.134. При прокладке кабельных линий в производственных помещениях должны быть выполнены следующие требования:

1. Кабели должны быть доступны для ремонта, а открыто проложенные - и для осмотра.

Кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где производится перемещение механизмов, оборудования, грузов и транспорта, должны быть защищены от повреждений в соответствии с требованиями, приведенными в 2.3.15.

2. Расстояние в свету между кабелями должно соответствовать приведенному в табл. 2.3.1.

3. Расстояние между параллельно проложенными силовыми кабелями и всякого рода трубопроводами, как правило, должно быть не менее 0,5 м, а между газопроводами и трубопроводами с горючими жидкостями - не менее 1 м. При меньших расстояниях сближения и при пересечениях кабели должны быть защищены от механических повреждений (металлическими трубами, кожухами и т. п.) на всем участке сближения плюс по 0,5 м с каждой его стороны, а в необходимых случаях защищены от перегрева.

Пересечения кабелями проходов должны выполняться на высоте не менее 1,8 м от пола.

Параллельная прокладка кабелей над и под маслопроводами и трубопроводами с горючей жидкостью в вертикальной плоскости не допускается.

2.3.135. Прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях должна производиться в каналах или трубах; заделка в них кабелей наглухо не допускается. Проход кабелей через перекрытия и внутренние стены может производиться в трубах или проемах; после прокладки кабелей зазоры в трубах и проемах должны быть заделаны легко пробиваемым несгораемым материалом.

Прокладка кабелей в вентиляционных каналах запрещается. Допускается пересечение этих каналов одиночными кабелями, заключенными в стальные трубы.

Открытая прокладка кабеля по лестничным клеткам не допускается.

ПОДВОДНАЯ ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

2.3.136. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т. п. кабели должны прокладываться преимущественно на участках с дном и берегами, мало подверженными размыванию (пересечение ручьев - см. 2.3.46). При прокладке кабелей через реки с неустойчивым руслом и берегами, подверженными размыванию, заглубление кабелей в дно должно быть сделано с учетом местных условий. Глубина заложения кабелей определяется проектом. Прокладка кабелей в зонах пристаней, причалов, гаваней, паромных переправ, а также зимних регулярных стоянок судов и барж не рекомендуется.

2.3.137. При прокладке кабельных линий в море должны учитываться данные о глубине, скорости и стиле перемещения воды в месте перехода, господствующих ветрах, профиле и химическом составе дна, химическом составе воды.

2.3.138. Прокладка кабельных линий должна производиться по дну таким образом, чтобы в неровных местах они не оказались на весу; острые выступы должны быть устранены. Отмели, каменные гряды и другие подводные препятствия на трассе следует обходить или предусматривать в них траншеи или проходы.

2.3.139. При пересечении кабельными линиями рек, каналов и т. п. кабели, как правило, должны заглубляться в дно на глубину не менее 1 м на прибрежных и мелководных участках, а

также на судоходных и сплавных путях; 2 м при пересечении кабельными маслонаполненными линиями.

В водоемах, где периодически производятся дноуглубительные работы, кабели заглубляются в дно до отметки, определяемой по согласованию с организациями водного транспорта.

При прокладке кабельных маслонаполненных линий 110-220 кВ на судоходных реках и каналах в целях защиты их от механических повреждений рекомендуется заполнять траншеи мешками с песком с последующей наброской камней.

2.3.140. Расстояние между кабелями, заглубляемыми в дно рек, каналов и т. п. с шириной водоема до 100 м, рекомендуется принимать не менее 0,25 м. Вновь сооружаемые подводные кабельные линии должны прокладываться на расстоянии от действующих кабельных линий не менее 1,25 глубины водоема, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды.

При прокладке в воде кабелей низкого давления на глубине 5-15 м и при скорости течения, не превышающей 1 м/с, расстояния между отдельными фазами (без специальных креплений фаз между собой) рекомендуется принимать не менее 0,5 м, а расстояния между крайними кабелями параллельных линий - не менее 5 м.

При подводных прокладках на глубине более 15 м, а также при скоростях течения более 1 м/с расстояния между отдельными фазами и линиями принимаются в соответствии с проектом.

При параллельной прокладке под водой кабельных маслонаполненных линий и линий до 35 кВ расстояние по горизонтали между ними в свету должно быть не менее 1,25 глубины, исчисленной для многолетнего среднего уровня воды, но не менее 20 м.

Расстояние по горизонтали от кабелей, заглубляемых в дно рек, каналов и других водоемов, до трубопроводов (нефтепроводов, газопроводов и т. п.) должно определяться проектом в зависимости от вида дноуглубительных работ, выполняемых при прокладках трубопроводов и кабелей, и быть не менее 50 м. Допускается уменьшение этого расстояния до 15 м по согласованию с организациями, в ведении которых находятся кабельные линии и трубопроводы.

2.3.141. На берегах без усовершенствованных набережных в месте подводного кабельного перехода должен быть предусмотрен резерв длиной не менее 10 м при речной и 30 м при морской прокладке, который укладывается восьмеркой. На усовершенствованных набережных кабели должны прокладываться в трубах. В месте выхода кабелей, как правило, должны быть устроены кабельные колодцы. Верхний конец трубы должен входить в береговой колодец, а нижний находиться на глубине не менее 1 м от наименьшего уровня воды. На береговых участках трубы должны быть прочно заделаны.

2.3.142. В местах, где русло и берега подвержены размыву, необходимо принять меры против обнажения кабелей при ледоходах и наводнениях путем укрепления берегов (замошение, отбойные дамбы, сваи, шпунты, плиты и т. д.).

2.3.143. Пересечение кабелей между собой под водой запрещается.

2.3.144. Подводные кабельные переходы должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками согласно действующим правилам плавания по внутренним судоходным путям и морским проливам.

2.3.145. При прокладке в воде трех и более кабелей до 35 кВ должен быть предусмотрен один резервный кабель на каждые три рабочих. При прокладке в воде кабельных маслонаполненных линий из однофазных кабелей должен быть предусмотрен резерв: для одной линии - одна фаза, для двух линий - две фазы, для трех и более - по проекту, но не менее двух фаз. Резервные фазы должны быть проложены таким образом, чтобы они могли быть использованы взамен любой из действующих рабочих фаз.

ПРОКЛАДКА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ СООРУЖЕНИЯМ

2.3.146. Прокладка кабельных линий по каменным, железобетонным и металлическим мостам должна выполняться под пешеходной частью моста в каналах или в отдельных для каждого кабеля несгораемых трубах; необходимо предусмотреть меры по предотвращению стока ливневых вод по этим трубам. По металлическим и железобетонным мостам и при подходе к ним кабели рекомендуется прокладывать в асбестоцементных трубах. В местах перехода с конструкций моста в грунт кабели рекомендуется прокладывать также в асбестоцементных трубах.

Все подземные кабели при прохождении по металлическим и железобетонным мостам должны быть электрически изолированы от металлических частей моста.

2.3.147. Прокладка кабельных линий по деревянным сооружениям (мостам, причалам, пирсам и т. п.) должна выполняться в стальных трубах.

2.3.148. В местах перехода кабелей через температурные швы мостов и с конструкций мостов на устои должны быть приняты меры для предотвращения возникновения в кабелях механических усилий.

2.3.149. Прокладка кабельных линий по плотинам, дамбам, пирсам и причалам непосредственно в земляной траншее допускается при толщине слоя земли не менее 1 м.

2.3.150. Прокладка кабельных маслонаполненных линий по мостам не допускается.

Глава 2.4

УТВЕРЖДЕНО
приказом Минэнерго России
От 20 мая 2003 г. № 187

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

Вводится в действие с 1 октября 2003 г.

Область применения. Определения

2.4.1. Настоящая глава Правил распространяется на воздушные линии электропередачи переменного тока напряжением до 1 кВ, выполняемые с применением изолированных или неизолированных проводов.

Дополнительные требования к ВЛ до 1 кВ приведены в гл. 2.5, 6.3 и 7.7.

Кабельные вставки в линию и кабельные ответвления от линии должны выполняться в соответствии с требованиями гл. 2.3.

2.4.2. Воздушная линия (ВЛ) электропередачи напряжением до 1 кВ - устройство для передачи и распределения электроэнергии по изолированным или неизолированным проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным линейной арматурой к опорам, изоляторам или кронштейнам, к стенам зданий и к инженерным сооружениям.

Воздушная линия электропередачи напряжением до 1 кВ с применением самонесущих изолированных проводов (СИП) обозначается ВЛИ.

Самонесущий изолированный провод - скрученные в жгут изолированные жилы, причем несущая жила может быть как изолированной, так и неизолированной. Механическая нагрузка может восприниматься или несущей жилой, или всеми проводниками жгута.

2.4.3. Магистраль ВЛ - участок линии от питающей трансформаторной подстанции до концевой опоры.

К магистрали ВЛ могут быть присоединены линейные ответвления или ответвления к вводу.

Линейное ответвление от ВЛ - участок линии, присоединенной к магистрали ВЛ, имеющий более двух пролетов.

Ответвление от ВЛ к вводу - участок от опоры магистрали или линейного ответвления до зажима (изолятора ввода).

Ответвление от ВЛИ допускается выполнять в пролете.

2.4.4. Состояние ВЛ в расчетах механической части:

нормальный режим - режим при необорванных проводах;

аварийный режим - режим при оборванных проводах;

монтажный режим - режим в условиях монтажа опор и проводов.

Механический расчет ВЛ до 1 кВ в аварийном режиме не производится.

Общие требования

2.4.5. Механический расчет элементов ВЛ должен производиться по методам, изложенным в гл. 2.5.

2.4.6. Воздушные линии электропередачи должны размещаться так, чтобы опоры не загораживали входы в здания и въезды во дворы и не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта (у въездов во дворы, вблизи съездов с дорог, при пересечении дорог), опоры должны быть защищены от наезда (например, отбойными тумбами).

2.4.7. На опорах ВЛ на высоте не менее 2 м от земли через 250 м на магистрали ВЛ должны быть установлены (нанесены): порядковый номер опоры; плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи (на опорах, установленных на расстоянии менее 4 м до кабелей связи), ширина охранной зоны и телефон владельца ВЛ.

2.4.8. При прохождении ВЛИ по лесным массивам и зеленым насаждениям вырубка просек не требуется. При этом расстояние от проводов до деревьев и кустов при наибольшей стреле провеса СИП и наибольшем их отклонении должно быть не менее 0,3 м.

При прохождении ВЛ с неизолированными проводами по лесным массивам и зеленым насаждениям вырубка просеки не обязательна. При этом расстояние от проводов при наибольшей стреле провеса или наибольшем отклонении до деревьев и кустов должно быть не менее 1 м.

Расстояние от изолированных проводов до зеленых насаждений должно быть не менее 0,5 м.

2.4.9. Конструкции опор ВЛ должны быть защищены от коррозии с учетом требований 2.5.25, 2.5.26 и строительных норм и правил.

2.4.10. Защиту ВЛ от электрических перегрузок следует выполнять в соответствии с требованиями гл. 3.1.

Климатические условия

2.4.11. Климатические условия для расчета ВЛ до 1 кВ в нормальном режиме должны приниматься как для ВЛ до 20 кВ в соответствии с 2.5.38-2.5.74. При этом для ВЛ до 1 кВ следует принимать:

при расчете по 2.5.52: $C_x = 1,1$ - для СИП, свободных или покрытых гололедом;

при расчете по 2.5.54 и 2.5.55:

$\gamma_{nw} = \gamma_{ng} = 0,8$ - для одноцепных ВЛ;

$\gamma_{nw} = \gamma_{ng} = 0,9$ - для одноцепных ВЛ с подвеской на опорах ПВ;

$\gamma_{nw} = 1,0$ и $\gamma_{ng} = 1,2$ - для двухцепных и многоцепных ВЛ, а также при подвеске на опорах ВЛ самонесущего неметаллического оптического кабеля (ОКСН);

$\gamma_p = 1,0$ и $K_1 = 1,0$ - во всех случаях.

2.4.12. Расчет длины пролета ответвления от ВЛ к вводу по 2.4.20 должен выполняться в гололедном режиме для двух случаев:

1) направление ветра под углом 90° к оси ВЛ, провода ВЛ покрыты гололедом b_s , толщина стенки гололеда на проводах ответвления $b_o = 0,5b_s$;

2) направление ветра вдоль ВЛ (угол 0°), толщина стенки гололеда на проводах ответвления $b_o = b_s$.

При этом в обоих случаях следует учитывать редукцию тяжения проводов ответвления при отклонении верха опоры.

Провода. Линейная арматура

2.4.13. На ВЛ должны, как правило, применяться самонесущие изолированные провода (СИП).

СИП должен относиться к категории защищенных, иметь изоляцию из трудносгораемого светостабилизированного синтетического материала, стойкого к ультрафиолетовому излучению и воздействию озона.

2.4.14. По условиям механической прочности на магистралях ВЛ, на линейном ответвлении от ВЛ и на ответвлениях к вводам следует применять провода с минимальными сечениями, указанными в табл. 2.4.1 и 2.4.2.

2.4.15. При сооружении ВЛ в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение проводов от коррозии (побережья морей, соленых озер, промышленные районы и районы засоленных песков), а также в местах, где на основании данных изысканий оно возможно, следует применять самонесущие изолированные провода с изолированной жилой.

Таблица 2.4.1

Минимально допустимые сечения изолированных проводов

Нормативная толщина стенки гололеда b_s , мм	Сечение несущей жилы, мм ² , на магистрали ВЛИ, на линейном ответвлении от ВЛИ	Сечение жилы на ответвлениях от ВЛИ и от ВЛ к вводам, мм ²
--	---	---

10	35 (25)*	16
15 и более	50 (25)*	16

* В скобках дано сечение жилы самонесущих изолированных проводов, скрученных в жгут, без несущего провода.

Таблица 2.4.2

Минимально допустимые сечения неизолированных и изолированных проводов

Нормативная толщина стенки гололеда b_3 , мм	Материал провода	Сечение провода на магистрали и линейном ответвлении, мм
10	Алюминий (А), нетермообработанный алюминиевый сплав (АН)	25
	Сталеалюминий (АС), термообработанный алюминиевый сплав (АЖ)	25
	Медь (М)	16
15 и более	А, АН АС, АЖ М	35
		25
		16

2.4.16. Магистраль ВЛ, как правило, следует выполнять проводами неизменного сечения.

Сечения фазных проводов магистрали ВЛ рекомендуется принимать не менее 50 мм².

2.4.17. Механический расчет проводов должен производиться по методу допускаемых напряжений для условий, указанных в 2.5.38-2.5.74. При этом напряжения в проводах не должны превышать допускаемых напряжений, приведенных в табл. 2.4.3, а расстояния от проводов до поверхности земли, пересекаемых сооружений и заземленных элементов опор должны отвечать требованиям настоящей главы.

При расчете используются параметры проводов, приведенные в табл. 2.5.8.

Таблица 2.4.3

Допустимое механическое напряжение в проводах ВЛ до 1 кВ

Провод	Допустимое напряжение, % предела прочности при растяжении	
	при наибольшей нагрузке и низшей температуре $t_T = t_*$	при среднегодовой температуре $t_{сг}$
СИП сечением 25 - 120 мм ²	40	30
Алюминиевый сечением, мм ² : 25-95 120	35 40	30 30
Из термообработанного и нетермообработанного алюминиевого сплава сечением, мм ² : 25-95 120	40 45	30 30
Сталеалюминиевый сечением, мм ² : 25 35-95	35 40	30 30

2.4.18. Все виды механических нагрузок и воздействий на СИП с несущей жилой должна воспринимать эта жила, а на СИП без несущего провода - должны воспринимать все жилы скрученного жгута.

2.4.19. Длина пролета ответвления от ВЛ к вводу должна определяться расчетом в зависимости от прочности опоры, на которой выполняется ответвление, высоты подвески проводов ответвления на опоре и на вводе, количества и сечения жил проводов ответвления.

При расстояниях от магистрали ВЛ до здания, превышающих расчетные значения пролета ответвления, устанавливается необходимое число дополнительных опор.

2.4.20. Выбор сечения токоведущих проводников по длительно допустимому току следует выполнять с учетом требований гл. 1.3.

Сечение токоведущих проводников должно проверяться по условию нагрева при коротких замыканиях (КЗ) и на термическую стойкость.

2.4.21. Крепление, соединение СИП и присоединение к СИП следует производить следующим образом:

1) крепление провода магистрали ВЛИ на промежуточных и угловых промежуточных опорах - с помощью поддерживающих зажимов;

2) крепление провода магистрали ВЛИ на опорах анкерного типа, а также концевое крепление проводов ответвления на опоре ВЛИ и на вводе - с помощью натяжных зажимов;

3) соединение провода ВЛИ в пролете - с помощью специальных соединительных зажимов; в петлях опор анкерного типа допускается соединение неизолированного несущего провода с помощью плашечного зажима. Соединительные зажимы, предназначенные для соединения несущего провода в пролете, должны иметь механическую прочность не менее 90 % разрывного усилия провода;

4) соединение фазных проводов магистрали ВЛИ - с помощью соединительных зажимов, имеющих изолирующее покрытие или защитную изолирующую оболочку;

5) соединение проводов в пролете ответвления к вводу не допускается;

6) соединение заземляющих проводников - с помощью плашечных зажимов;

7) ответвительные зажимы следует применять в случаях:

ответвления от фазных жил, за исключением СИП со всеми несущими проводниками жгута; ответвления от несущей жилы.

2.4.22. Крепление поддерживающих и натяжных зажимов к опорам ВЛИ, стенам зданий и сооружениям следует выполнять с помощью крюков и кронштейнов.

2.4.23. Расчетные усилия в поддерживающих и натяжных зажимах, узлах крепления и кронштейнах в нормальном режиме не должны превышать 40 % их механической разрушающей нагрузки.

2.4.24. Соединения проводов в пролетах ВЛ следует производить при помощи соединительных зажимов, обеспечивающих механическую прочность не менее 90 % разрывного усилия провода.

В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод.

В пролетах пересечения ВЛ с инженерными сооружениями соединение проводов ВЛ не допускается.

Соединение проводов в петлях анкерных опор должно производиться при помощи зажимов или сваркой.

Провода разных марок или сечений должны соединяться только в петлях анкерных опор.

2.4.25. Крепление неизолированных проводов к изоляторам и изолирующим траверсам на опорах ВЛ, за исключением опор для пересечений, рекомендуется выполнять одинарным.

Крепление неизолированных проводов к штыревым изоляторам на промежуточных опорах следует выполнять, как правило, на шейке изолятора с внутренней его стороны по отношению к стойке опоры.

2.4.26. Крюки и штыри должны рассчитываться в нормальном режиме работы ВЛ по методу разрушающих нагрузок.

При этом усилия не должны превышать значений, приведенных в 2.5.101.

Расположение проводов на опорах

2.4.27. На опорах допускается любое расположение изолированных и неизолированных проводов ВЛ независимо от района климатических условий. Нулевой провод ВЛ с неизолированными проводами, как правило, следует располагать ниже фазных проводов. Изолированные провода наружного освещения, прокладываемые на опорах ВЛИ, могут размещаться выше или ниже СИП, а также быть скрученными в жгут СИП. Неизолированные и изолированные провода наружного освещения, прокладываемые на опорах ВЛ, должны располагаться, как правило, над *PEN (PE)* проводником ВЛ.

2.4.28. Устанавливаемые на опорах аппараты для подключения электроприемников должны размещаться на высоте не менее 1,6 м от поверхности земли.

Устанавливаемые на опорах защитные и секционирующие устройства должны размещаться ниже проводов ВЛ.

2.4.29. Расстояния между неизолированными проводами на опоре и в пролете по условиям их сближения в пролете при наибольшей стреле провеса до 1,2 м должны быть не менее:

при вертикальном расположении проводов и расположении проводов с горизонтальным смещением не более 20 см: 40 см в I, II и III районах по гололеду, 60 см в IV и особом районах по гололеду;

при других расположениях проводов во всех районах по гололеду при скорости ветра при гололеде: до 18 м/с - 40 см, более 18 м/с - 60 см.

При наибольшей стреле провеса более 1,2 м указанные расстояния должны быть увеличены пропорционально отношению наибольшей стрелы провеса к стреле провеса, равной 1,2 м.

2.4.30. Расстояние по вертикали между изолированными и неизолированными проводами ВЛ разных фаз на опоре при ответвлении от ВЛ и при пересечении разных ВЛ на общей опоре должно быть не менее 10 см.

Расстояния от проводов ВЛ до любых элементов опоры должно быть не менее 5 см.

2.4.31. При совместной подвеске на общих опорах ВЛИ и ВЛ до 1 кВ расстояние по вертикали между ними на опоре и в пролете при температуре окружающего воздуха плюс 15 °С без ветра должно быть не менее 0,4 м.

2.4.32. При совместной подвеске на общих опорах двух или более ВЛИ расстояние между жгутами СИП должно быть не менее 0,3 м.

2.4.33. При совместной подвеске на общих опорах проводов ВЛ до 1 кВ и проводов ВЛ до 20 кВ расстояние по вертикали между ближайшими проводами ВЛ разных напряжений на общей опоре, а также в середине пролета при температуре окружающего воздуха плюс 15 °С без ветра должно быть не менее:

1,0 м - при подвеске СИП с изолированным несущим и со всеми несущими проводами;

1,75 м - при подвеске СИП с неизолированным несущим проводом;

2,0 м - при подвеске неизолированных и изолированных проводов ВЛ до 1 кВ.

2.4.34. При подвеске на общих опорах проводов ВЛ до 1 кВ и защищенных проводов ВЛЗ 6-20 кВ (см. 2.5.1) расстояние по вертикали между ближайшими проводами ВЛ до 1 кВ и ВЛЗ 6-20 кВ на опоре и в пролете при температуре плюс 15 °С без ветра должно быть не менее 0,3 м для СИП и 1,5 м для неизолированных и изолированных проводов ВЛ до 1 кВ.

Изоляция

2.4.35. Самонесущий изолированный провод крепится к опорам без применения изоляторов.

2.4.36. На ВЛ с неизолированными и изолированными проводами независимо от материала опор, степени загрязнения атмосферы и интенсивности грозовой деятельности следует применять изоляторы либо траверсы из изоляционных материалов.

Выбор и расчет изоляторов и арматуры выполняются в соответствии с 2.5.100.

2.4.37. На опорах ответвлений от ВЛ с неизолированными и изолированными проводами следует, как правило, применять многошейковые или дополнительные изоляторы.

Заземление. Защита от перенапряжений

2.4.38. На опорах ВЛ должны быть выполнены заземляющие устройства, предназначенные для повторного заземления, защиты от грозových перенапряжений, заземления электрооборудования, установленного на опорах ВЛ. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 30 Ом.

2.4.39. Металлические опоры, металлические конструкции и арматура железобетонных элементов опор должны быть присоединены к PEN-проводнику.

2.4.40. На железобетонных опорах PEN-проводник следует присоединять к арматуре железобетонных стоек и подкосов опор.

2.4.41. Крюки и штыри деревянных опор ВЛ, а также металлических и железобетонных опор при подвеске на них СИП с изолированным несущим проводником или со всеми несущими проводниками жгута заземлению не подлежат, за исключением крюков и штырей на опорах, где выполнены повторные заземления и заземления для защиты от атмосферных перенапряжений.

2.4.42. Крюки, штыри и арматура опор ВЛ напряжением до 1 кВ, ограничивающих пролет пересечения, а также опор, на которых производится совместная подвеска, должны быть заземлены.

2.4.43. На деревянных опорах ВЛ при переходе в кабельную линию заземляющий проводник должен быть присоединен к PEN-проводнику ВЛ и к металлической оболочке кабеля.

2.4.44. Защитные аппараты, устанавливаемые на опорах ВЛ для защиты от грозových перенапряжений, должны быть присоединены к заземлителю отдельным спуском.

2.4.45. Соединение заземляющих проводников между собой, присоединение их к верхним заземляющим выпускам стоек железобетонных опор, к крюкам и кронштейнам, а также к заземляемым металлоконструкциям и к заземляемому электрооборудованию, установленному на опорах ВЛ, должны выполняться сваркой или болтовыми соединениями.

Присоединение заземляющих проводников (спусков) к заземлителю в земле также должно выполняться сваркой или иметь болтовые соединения.

2.4.46. В населенной местности с одно- и двухэтажной застройкой ВЛ должны иметь заземляющие устройства, предназначенные для защиты от атмосферных перенапряжений. Сопротивления этих заземляющих устройств должны быть не более 30 Ом, а расстояния между ними должны быть не более 200 м для районов с числом грозových часов в году до 40, 100 м - для районов с числом грозových часов в году более 40.

Кроме того, заземляющие устройства должны быть выполнены:

1) на опорах с ответвлениями к вводам в здания, в которых может быть сосредоточено большое количество людей (школы, ясли, больницы) или которые представляют большую материальную ценность (животноводческие и птицеводческие помещения, склады);

2) на концевых опорах линий, имеющих ответвления к вводам, при этом наибольшее расстояние от соседнего заземления этих же линий должно быть не более 100 м для районов с числом грозových часов в году до 40 и 50 м - для районов с числом грозových часов в году более 40.

2.4.47. В начале и конце каждой магистрали ВЛИ на проводах рекомендуется устанавливать зажимы для присоединения приборов контроля напряжения и переносного заземления.

Заземляющие устройства защиты от грозových перенапряжений рекомендуется совмещать с повторным заземлением *PEN*-проводника.

2.4.48. Требования к заземляющим устройствам повторного заземления и защитным проводникам приведены в 1.7.102, 1.7.103, 1.7.126. В качестве заземляющих проводников на опорах ВЛ допускается применять круглую сталь, имеющую антикоррозионное покрытие диаметром не менее 6 мм.

2.4.49. Оттяжки опор ВЛ должны быть присоединены к заземляющему проводнику.

Опоры

2.4.50. На ВЛ могут применяться опоры из различного материала. Для ВЛ следует применять следующие типы опор:

1) промежуточные, устанавливаемые на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ;

2) анкерные, устанавливаемые для ограничения анкерного пролета, а также в местах изменения числа, марок и сечений проводов ВЛ. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ;

3) угловые, устанавливаемые в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать результирующую нагрузку от тяжения проводов смежных пролетов. Угловые опоры могут быть промежуточными и анкерного типа;

4) концевые, устанавливаемые в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение всех проводов.

Опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ, называются ответвительными; опоры, на которых выполняется пересечение ВЛ разных направлений или пересечение ВЛ с инженерными сооружениями, - перекрестными. Эти опоры могут быть всех указанных типов.

2.4.51. Конструкции опор должны обеспечивать возможность установки:

светильников уличного освещения всех типов;

концевых кабельных муфт;

защитных аппаратов;

секционирующих и коммутационных аппаратов;

шкафов и щитков для подключения электроприемников.

2.4.52. Опоры независимо от их типа могут быть свободностоящими, с подкосами или оттяжками.

Оттяжки опор могут прикрепляться к анкерам, установленным в земле, или к каменным, кирпичным, железобетонным и металлическим элементам зданий и сооружений. Сечение

оттяжек определяется расчетом. Они могут быть многопроволочными или из круглой стали. Сечение однопроволочных стальных оттяжек должно быть не менее 25 мм².

2.4.53. Опоры ВЛ должны рассчитываться по первому и второму предельному состоянию в нормальном режиме работы ВЛ на климатические условия по 2.4.11 и 2.4.12.

Промежуточные опоры должны быть рассчитаны на следующие сочетания нагрузок:

одновременное воздействие поперечной ветровой нагрузки на провода, свободные или покрытые гололедом, и на конструкцию опоры, а также нагрузки от тяжения проводов ответвлений к вводам, свободных от гололеда или частично покрытых гололедом (по 2.4.12);

на нагрузку от тяжения проводов ответвлений к вводам, покрытых гололедом, при этом допускается учет отклонения опоры под действием нагрузки;

на условную расчетную нагрузку, равную 1,5 кН, приложенную к вершине опоры и направленную вдоль оси ВЛ.

Угловые опоры (промежуточные и анкерные) должны быть рассчитаны на результирующую нагрузку от тяжения проводов и ветровую нагрузку на провода и конструкцию опоры.

Анкерные опоры должны быть рассчитаны на разность тяжения проводов смежных пролетов и поперечную нагрузку от давления ветра при гололеде и без гололеда на провода и конструкцию опоры. За наименьшее значение разности тяжения следует принимать 50 % наибольшего значения одностороннего тяжения всех проводов.

Концевые опоры должны быть рассчитаны на одностороннее тяжение всех проводов.

Ответвительные опоры рассчитываются на результирующую нагрузку от тяжения всех проводов.

2.4.54. При установке опор на затопляемых участках трассы, где возможны размывы грунта или воздействие ледохода, опоры должны быть укреплены (подсыпка земли, замошение, устройство банкетов, установка ледорезов).

Габариты, пересечения и сближения

2.4.55. Расстояние по вертикали от проводов ВЛИ до поверхности земли в населенной и ненаселенной местности до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 5 м. Оно может быть уменьшено в труднодоступной местности до 2,5 м и в недоступной (склоны гор, скалы, утесы) - до 1 м.

При пересечении непроезжей части улиц ответвлениями от ВЛИ к вводам в здания расстояния от СИП до тротуаров пешеходных дорожек допускается уменьшить до 3,5 м.

Расстояние от СИП и изолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводу должно быть не менее 2,5 м.

Расстояние от неизолированных проводов до поверхности земли на ответвлениях к вводам должно быть не менее 2,75 м.

2.4.56. Расстояние от проводов ВЛ в населенной и ненаселенной местности при наибольшей стреле провеса проводов до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 6 м. Расстояние от проводов до земли может быть уменьшено в труднодоступной местности до 3,5 м и в недоступной местности (склоны гор, скалы, утесы) - до 1 м.

2.4.57. Расстояние по горизонтали от СИП при наибольшем их отклонении до элементов зданий и сооружений должно быть не менее:

1,0 м - до балконов, террас и окон;

0,2 м - до глухих стен зданий, сооружений.

Допускается прохождение ВЛИ и ВЛ с изолированными проводами над крышами зданий и сооружениями (кроме оговоренных в гл. 7.3 и 7.4), при этом расстояние от них до проводов по вертикали должно быть не менее 2,5 м.

2.4.58. Расстояние по горизонтали от проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до зданий и сооружений должно быть не менее:

1,5 м - до балконов, террас и окон;

1,0 м - до глухих стен.

Прохождение ВЛ с неизолированными проводами над зданиями и сооружениями не допускается.

2.4.59. Наименьшее расстояние от СИП и проводов ВЛ до поверхности земли или воды, а также до различных сооружений при прохождении ВЛ над ними определяется при высшей температуре воздуха без учета нагрева проводов ВЛ электрическим током.

2.4.60. При прокладке по стенам зданий и сооружениям минимальное расстояние от СИП должно быть:

- при горизонтальной прокладке
- над окном, входной дверью - 0,3 м;
- под балконом, окном, карнизом - 0,5 м;
- до земли - 2,5 м;
- при вертикальной прокладке
- до окна - 0,5 м;
- до балкона, входной двери - 1,0 м.

Расстояние в свету между СИП и стеной здания или сооружением должно быть не менее 0,06 м.

2.4.61. Расстояния по горизонтали от подземных частей опор или заземлителей опор до подземных кабелей, трубопроводов и наземных колонок различного назначения должны быть не менее приведенных в табл. 2.4.4.

Таблица 2.4.4

**Наименьшее допустимое расстояние по горизонтали
от подземных частей опор или заземляющих устройств
опор до подземных кабелей, трубопроводов и наземных колонок**

Объект сближения	Расстояние, м
Водо-, паро- и теплопроводы, распределительные газопроводы, канализационные трубы	1
Пожарные гидранты, колодцы, люки канализации, водоразборные колонки	2
Кабели (кроме кабелей связи, сигнализации и проводного вещания, см. также 2.4.77)	1
То же, но при прокладке их в изолирующей трубе	0,5

2.4.62. При пересечении ВЛ с различными сооружениями, а также с улицами и площадями населенных пунктов угол пересечения не нормируется.

2.4.63. Пересечение ВЛ с судоходными реками и каналами не рекомендуется. При необходимости выполнения такого пересечения ВЛ должны сооружаться в соответствии с требованиями 2.5.268 - 2.5.272. При пересечении несудоходных рек и каналов наименьшие расстояния от проводов ВЛ до наибольшего уровня воды должно быть не менее 2 м, а до уровня льда - не менее 6 м.

2.4.64. Пересечения и сближения ВЛ напряжением до 1 кВ с ВЛ напряжением выше 1 кВ, а также совместная подвеска их проводов на общих опорах должны выполняться с соблюдением требований, приведенных в 2.5.220 - 2.5.230.

2.4.65. Пересечение ВЛ (ВЛИ) до 1 кВ между собой рекомендуется выполнять на перекрестных опорах; допускается также их пересечение в пролете. Расстояние по вертикали между проводами пересекающихся ВЛ (ВЛИ) должно быть не менее: 0,1 м на опоре, 1 м в пролете.

2.4.66. В местах пересечения ВЛ до 1 кВ между собой могут применяться промежуточные опоры и опоры анкерного типа.

При пересечении ВЛ до 1 кВ между собой в пролете место пересечения следует выбирать возможно ближе к опоре верхней пересекающей ВЛ, при этом расстояние по горизонтали от опор пересекающей ВЛ до проводов пересекаемой ВЛ при наибольшем их отклонении должно быть не менее 2 м.

2.4.67. При параллельном прохождении и сближении ВЛ до 1 кВ и ВЛ выше 1 кВ расстояние между ними по горизонтали должно быть не менее указанных в 2.5.230.

2.4.68. Совместная подвеска проводов ВЛ до 1 кВ и неизолированных проводов ВЛ до 20 кВ на общих опорах допускается при соблюдении следующих условий:

- 1) ВЛ до 1 кВ должны выполняться по расчетным климатическим условиям ВЛ до 20 кВ;
- 2) провода ВЛ до 20 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1 кВ;
- 3) провода ВЛ до 20 кВ, закрепляемые на штыревых изоляторах, должны иметь двойное крепление.

2.4.69. При подвеске на общих опорах проводов ВЛ до 1 кВ и защищенных проводов ВЛЗ 6-20 кВ должны соблюдаться следующие требования:

- 1) ВЛ до 1 кВ должны выполняться по расчетным климатическим условиям ВЛ до 20 кВ;
- 2) провода ВЛЗ 6-20 кВ должны располагаться, как правило, выше проводов ВЛ до 1 кВ;

3) крепление проводов ВЛЗ 6-20 кВ на штыревых изоляторах должно выполняться усиленным.

2.4.70. При пересечении ВЛ (ВЛИ) с ВЛ напряжением выше 1 кВ расстояние от проводов пересекающей ВЛ до пересекаемой ВЛ (ВЛИ) должно соответствовать требованиям, приведенным в 2.5.221 и 2.5.227.

Сечение проводов пересекаемой ВЛ должно приниматься в соответствии с 2.5.223.

Пересечения, сближения, совместная подвеска ВЛ с линиями связи, проводного вещания и РК

2.4.71. Угол пересечения ВЛ с ЛС* и ЛПВ должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол пересечения не нормируется.

* Под ЛС следует понимать линии связи Министерства связи РФ и других ведомств, а также линии сигнализации Министерства путей сообщения.

Под ЛПВ следует понимать линии проводного вещания.

Воздушные линии связи по своему назначению разделяются на линии междугородной телефонной связи (МТС), линии сельской телефонной связи (СТС), линии городской телефонной связи (ГТС), линии проводного вещания (ЛПВ).

По значимости воздушные линии связи и проводного вещания подразделяются на классы:

линии МТС и СТС: магистральные линии МТС, соединяющие Москву с республиканскими, краевыми и областными центрами и последние между собой, и линии Министерства путей сообщения, проходящие вдоль железных дорог и по территории железнодорожных станций (класс I); внутризоновые линии МТС, соединяющие республиканские, краевые и областные центры с районными центрами и последние между собой, и соединительные линии СТС (класс II); абонентские линии СТС (класс III);

линии ГТС на классы не подразделяются;

линии проводного вещания: фидерные линии с номинальным напряжением выше 360 В (класс I); фидерные линии с номинальным напряжением до 360 В и абонентские линии с напряжением 15 и 30 В (класс II).

2.4.72. Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов или подвесных кабелей ЛС и ЛПВ в пролете пересечения при наибольшей стреле провеса провода ВЛ должно быть:

от СИП и изолированных проводов - не менее 1 м;

от неизолированных проводов - не менее 1,25 м.

2.4.73. Расстояние по вертикали от проводов ВЛ до 1 кВ до проводов или подвесных кабелей ЛС или ЛПВ при пересечении на общей опоре должно быть:

между СИП и ЛС или ЛПВ - не менее 0,5 м;

между неизолированным проводом ВЛ и ЛПВ - не менее 1,5 м.

2.4.74. Место пересечения проводов ВЛ с проводами или подвесными кабелями ЛС и ЛПВ в пролете должно находиться по возможности ближе к опоре ВЛ, но не менее 2 м от нее.

2.4.75. Пересечение ВЛ с ЛС и ЛПВ может быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1) проводами ВЛ и изолированными проводами ЛС и ЛПВ;

2) проводами ВЛ и подземным или подвесным кабелем ЛС и ЛПВ;

3) проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ;

4) подземной кабельной вставкой в ВЛ с изолированными и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.

2.4.76. При пересечении проводов ВЛ с изолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1) пересечение ВЛИ с ЛС и ЛПВ может выполняться в пролете и на опоре;

2) пересечение неизолированных проводов ВЛ с проводами ЛС, а также с проводами ЛПВ напряжением выше 360 В должно выполняться только в пролете. Пересечение неизолированных проводов ВЛ с проводами ЛПВ напряжением до 360 В может выполняться как в пролете, так и на общей опоре;

3) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и соединительными линиями СТС, а также ЛПВ напряжением выше 360 В, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и ЛПВ допускаются опоры ВЛ промежуточного типа, усиленные дополнительной приставкой или подкосом;

4) провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, неизолированные и изолированные провода ВЛ должны иметь двойное крепление, СИП закрепляется анкерными зажимами. Провода ЛС и ЛПВ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление. В городах и

поселках городского типа вновь строящиеся ЛС и ЛПВ допускается располагать над проводами ВЛ напряжением до 1 кВ.

2.4.77. При пересечении проводов ВЛ с подземным или подвесным кабелем ЛС и ЛПВ должны выполняться следующие требования:

1) расстояние от подземной части металлической или железобетонной опоры и заземлителя деревянной опоры до подземного кабеля ЛС и ЛПВ в населенной местности должно быть, как правило, не менее 3 м. В стесненных условиях допускается уменьшение этих расстояний до 1 м (при условии допустимости мешающих влияний на ЛС и ЛПВ); при этом кабель должен быть проложен в стальной трубе или покрыт швеллером или угловой сталью по длине в обе стороны от опоры не менее 3 м.

2) в ненаселенной местности расстояние от подземной части или заземлителя опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и ЛПВ должно быть не менее значений, приведенных в табл. 2.4.5;

Таблица 2.4.5

Наименьшее расстояние от подземной части и заземлителя опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и ЛПВ в ненаселенной местности

Эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м	Наименьшее расстояние, м, от подземного кабеля ЛС и ЛПВ	
	до заземлителя или подземной части железобетонной и металлической опоры	до подземной части деревянной опоры, не имеющей заземляющего устройства
До 100	10	5
Более 100 до 500	15	10
Более 500 до 1000	20	15
Более 1000	30	25

3) провода ВЛ должны располагаться, как правило, над подвесным кабелем ЛС и ЛПВ (см. также 2.4.76, п. 4);

4) соединение проводов ВЛ в пролете пересечения с подвесным кабелем ЛС и ЛПВ не допускается. Сечение несущей жилы СИП должно быть не менее 35 мм². Провода ВЛ должны быть многопроволочными сечением не менее: алюминиевые - 35 мм², сталеалюминиевые - 25 мм²; сечение жилы СИП со всеми несущими проводниками жгута - не менее 25 мм²;

5) металлическая оболочка подвесного кабеля и трос, на котором подвешен кабель, должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения;

6) расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проекции ближайшего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее наибольшей высоты опоры пролета пересечения.

2.4.78. При пересечении ВЛИ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1) пересечение ВЛИ с ЛС и ЛПВ может выполняться в пролете и на опоре;

2) опоры ВЛИ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС магистральных и внутризоновых сетей связи и с соединительными линиями СТС, должны быть анкерного типа. При пересечении всех остальных ЛС и ЛПВ на ВЛИ допускается применение промежуточных опор, усиленных дополнительной приставкой или подкосом;

3) несущая жила СИП или жгута со всеми несущими проводниками на участке пересечения должна иметь коэффициент запаса прочности на растяжение при наибольших расчетных нагрузках не менее 2,5;

4) провода ВЛИ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, несущие провода СИП должны закрепляться натяжными зажимами. Провода ВЛИ допускается располагать под проводами ЛПВ. При этом провода ЛПВ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление;

5) соединение несущей жилы и несущих проводников жгута СИП, а также проводов ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения не допускается.

2.4.79. При пересечении изолированных и неизолированных проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1) пересечение проводов ВЛ с проводами ЛС, а также проводами ЛПВ напряжением выше 360 В должно выполняться только в пролете.

Пересечение проводов ВЛ с абонентскими и фидерными линиями ЛПВ напряжением до 360 В допускается выполнять на опорах ВЛ;

2) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа;
3) провода ЛС, как стальные, так и из цветного металла, должны иметь коэффициент запаса прочности на растяжение при наибольших расчетных нагрузках не менее 2,2;

4) провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ. На опорах, ограничивающих пролет пересечения, провода ВЛ должны иметь двойное крепление. Провода ВЛ напряжением 380/220 В и ниже допускается располагать под проводами ЛПВ и линий ГТС. При этом провода ЛПВ и линий ГТС на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны иметь двойное крепление;

5) соединение проводов ВЛ, а также проводов ЛС и ЛПВ в пролетах пересечения не допускается. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечениями не менее: алюминиевые - 35 мм², сталеалюминиевые - 25 мм².

2.4.80. При пересечении подземной кабельной вставки в ВЛ с неизолированными и изолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

1) расстояние от подземной кабельной вставки в ВЛ до опоры ЛС и ЛПВ и ее заземлителя должно быть не менее 1 м, а при прокладке кабеля в изолирующей трубе - не менее 0,5 м;

2) расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ до проекции ближайшего провода ЛС и ЛПВ на горизонтальную плоскость должно быть не менее наибольшей высоты опоры пролета пересечения.

2.4.81. Расстояние по горизонтали между проводами ВЛИ и проводами ЛС и ЛПВ при параллельном прохождении или сближении должно быть не менее 1 м.

При сближении ВЛ с воздушными ЛС и ЛПВ расстояние по горизонтали между изолированными и неизолированными проводами ВЛ и проводами ЛС и ЛПВ должно быть не менее 2 м. В стесненных условиях это расстояние допускается уменьшить до 1,5 м. Во всех остальных случаях расстояние между линиями должно быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ, ЛС и ЛПВ.

При сближении ВЛ с подземными или подвесными кабелями ЛС и ЛПВ расстояния между ними должны приниматься в соответствии с 2.4.77 пп. 1 и 5.

2.4.82. Сближение ВЛ с антенными сооружениями передающих радиостанций, приемными радиостанциями, выделенными приемными пунктами проводного вещания и местных радиоточек не нормируется.

2.4.83. Провода от опоры ВЛ до ввода в здание не должны пересекаться с проводами ответвлений от ЛС и ЛПВ, и их следует располагать на одном уровне или выше ЛС и ЛПВ. Расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и проводами ЛС и ЛПВ, телевизионными кабелями и спусками от радиоантенн на вводах должно быть не менее 0,5 м для СИП и 1,5 м для неизолированных проводов ВЛ.

2.4.84. Совместная подвеска подвесного кабеля сельской телефонной связи и ВЛИ допускается при выполнении следующих требований:

1) нулевая жила СИП должна быть изолированной;

2) расстояние от СИП до подвесного кабеля СТС в пролете и на опоре ВЛИ должно быть не менее 0,5 м;

3) каждая опора ВЛИ должна иметь заземляющее устройство, при этом сопротивление заземления должно быть не более 10 Ом;

4) на каждой опоре ВЛИ должно быть выполнено повторное заземление PEN-проводника;

5) несущий канат телефонного кабеля вместе с металлическим сетчатым наружным покровом кабеля должен быть присоединен к заземлителю каждой опоры отдельным самостоятельным проводником (спуском).

2.4.85. Совместная подвеска на общих опорах неизолированных проводов ВЛ, ЛС и ЛПВ не допускается.

На общих опорах допускается совместная подвеска неизолированных проводов ВЛ и изолированных проводов ЛПВ. При этом должны соблюдаться следующие условия:

1) номинальное напряжение ВЛ должно быть не более 380 В;

2) номинальное напряжение ЛПВ должно быть не более 360 В;

3) расстояние от нижних проводов ЛПВ до земли, между цепями ЛПВ и их проводами должно соответствовать требованиям действующих правил Минсвязи России;

4) неизолированные провода ВЛ должны располагаться над проводами ЛПВ; при этом расстояние по вертикали от нижнего провода ВЛ до верхнего провода ЛПВ должно быть на опоре не менее 1,5 м, а в пролете - не менее 1,25 м; при расположении проводов ЛПВ на кронштейнах это расстояние принимается от нижнего провода ВЛ, расположенного на той же стороне, что и провода ЛПВ.

2.4.86. На общих опорах допускается совместная подвеска СИП ВЛИ с неизолированными или изолированными проводами ЛС и ЛПВ. При этом должны соблюдаться следующие условия:

- 1) номинальное напряжение ВЛИ должно быть не более 380 В;
- 2) номинальное напряжение ЛПВ должно быть не более 360 В;
- 3) номинальное напряжение ЛС, расчетное механическое напряжение в проводах ЛС, расстояния от нижних проводов ЛС и ЛПВ до земли, между цепями и их проводами должны соответствовать требованиям действующих правил Минсвязи России;
- 4) провода ВЛИ до 1 кВ должны располагаться над проводами ЛС и ЛПВ; при этом расстояние по вертикали от СИП до верхнего провода ЛС и ЛПВ независимо от их взаимного расположения должно быть не менее 0,5 м на опоре и в пролете. Провода ВЛИ и ЛС и ЛПВ рекомендуется располагать по разным сторонам опоры.

2.4.87. Совместная подвеска на общих опорах неизолированных проводов ВЛ и кабелей ЛС не допускается. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ напряжением не более 380 В и кабелей ЛПВ допускается при соблюдении условий, оговоренных в 2.4.85.

Оптические волокна ОКНН должны удовлетворять требованиям 2.5.192 и 2.5.193.

2.4.88. Совместная подвеска на общих опорах проводов ВЛ напряжением не более 380 В и проводов телемеханики допускается при соблюдении требований, приведенных в 2.4.85 и 2.4.86, а также если цепи телемеханики не используются как каналы проводной телефонной связи.

2.4.89. На опорах ВЛ (ВЛИ) допускается подвеска волоконно-оптических кабелей связи (ОК):

неметаллических самонесущих (ОКСН);

неметаллических, навиваемых на фазный провод или жгут СИП (ОКНН).

Механические расчеты опор ВЛ (ВЛИ) с ОКСН и ОКНН должны производиться для исходных условий, указанных в 2.4.11 и 2.4.12.

Опоры ВЛ, на которых подвешивают ОК, и их закрепления в грунте должны быть рассчитаны с учетом дополнительных нагрузок, возникающих при этом.

Расстояние от ОКСН до поверхности земли в населенной и ненаселенной местностях должно быть не менее 5 м.

Расстояния между проводами ВЛ до 1 кВ и ОКСН на опоре и в пролете должны быть не менее 0,4 м.

Пересечения и сближения ВЛ с инженерными сооружениями

2.4.90. При пересечении и параллельном следовании ВЛ с железными и автомобильными дорогами должны выполняться требования, изложенные в гл. 2.5.

Пересечения могут выполняться также при помощи кабельной вставки в ВЛ.

2.4.91. При сближении ВЛ с автомобильными дорогами расстояние от проводов ВЛ до дорожных знаков и их несущих тросов должно быть не менее 1 м. Несущие тросы должны быть заземлены с сопротивлением заземляющего устройства не более 10 Ом.

2.4.92. При пересечении и сближении ВЛ с контактными проводами и несущими тросами трамвайных и троллейбусных линий должны быть выполнены следующие требования:

1) ВЛ должны, как правило, располагаться вне зоны, занятой сооружениями контактных сетей, включая опоры.

В этой зоне опоры ВЛ должны быть анкерного типа, а неизолированные провода иметь двойное крепление;

2) провода ВЛ должны быть расположены над несущими тросами контактных проводов. Провода ВЛ должны быть многопроволочными с сечением не менее: алюминиевые - 35 мм², сталеалюминиевые - 25 мм², несущая жила СИП - 35 мм², сечение жилы СИП со всеми несущими проводниками жгута - не менее 25 мм². Соединение проводов ВЛ в пролетах пересечения не допускается;

3) расстояние от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 8 м до головки рельса трамвайной линии и 10,5 м до проезжей части улицы в зоне троллейбусной линии.

При этом во всех случаях расстояние от проводов ВЛ до несущего троса или контактного провода должно быть не менее 1,5 м;

4) пересечение ВЛ с контактными проводами в местах расположения поперечин запрещается;

5) совместная подвеска на опорах троллейбусных линий контактных проводов и проводов ВЛ напряжением не более 380 В допускается при соблюдении следующих условий: опоры

троллейбусных линий должны иметь механическую прочность, достаточную для подвески проводов ВЛ, расстояние между проводами ВЛ и кронштейном или устройством крепления несущего троса контактных проводов должно быть не менее 1,5 м.

2.4.93. При пересечении и сближении ВЛ с канатными дорогами и надземными металлическими трубопроводами должны выполняться следующие требования:

1) ВЛ должна проходить под канатной дорогой; прохождение ВЛ над канатной дорогой не допускается;

2) канатные дороги должны иметь снизу мостки или сетки для ограждения проводов ВЛ;

3) при прохождении ВЛ под канатной дорогой или под трубопроводом провода ВЛ должны находиться от них на расстоянии: не менее 1 м - при наименьшей стреле провеса проводов до мостков или ограждающих сеток канатной дороги или до трубопровода; не менее 1 м - при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении проводов до элементов канатной дороги или до трубопровода;

4) при пересечении ВЛ с трубопроводом расстояние от проводов ВЛ при их наибольшей стреле провеса до элементов трубопровода должно быть не менее 1 м. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с трубопроводом, должны быть анкерного типа. Трубопровод в пролете пересечения должен быть заземлен, сопротивление заземлителя - не более 10 Ом;

5) при параллельном следовании ВЛ с канатной дорогой или трубопроводом расстояние по горизонтали от проводов ВЛ до канатной дороги или трубопровода должно быть не менее высоты опоры, а на стесненных участках трассы при наибольшем отклонении проводов - не менее 1 м.

2.4.94. При сближении ВЛ с пожаро- и взрывоопасными установками и с аэродромами следует руководствоваться требованиями, приведенными в 2.5.278, 2.5.291 и 2.5.292.

2.4.95. Прохождение ВЛ до 1 кВ с изолированными и неизолированными проводами не допускается по территориям спортивных сооружений, школ (общеобразовательных и интернатов), технических училищ, детских дошкольных учреждений (детских яслей, детских садов, детских комбинатов), детских домов, детских игровых площадок, а также по территориям детских оздоровительных лагерей.

По вышеуказанным территориям (кроме спортивных и игровых площадок) допускается прохождение ВЛИ при условии, что нулевая жила СИП должна быть изолированной, а полная ее проводимость должна быть не менее проводимости фазной жилы СИП.

Глава 2.5

УТВЕРЖДЕНО
приказом Минэнерго России
От 20 мая 2003 г. № 187

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ

Вводится в действие с 1 октября 2003 г.

Область применения. Определения

2.5.1. Настоящая глава Правил распространяется на воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ и до 750 кВ, выполняемые неизолированными проводами (ВЛ), и напряжением выше 1 кВ и до 20 кВ, выполняемые проводами с защитной изолирующей оболочкой - защищенными проводами (ВЛЗ).

Требования к ВЛ с неизолированными проводами распространяются и на ВЛ соответствующего напряжения, выполняемые проводами с защитной изолирующей оболочкой, кроме требований, специально оговоренных в настоящих Правилах.

Настоящая глава не распространяется на электрические воздушные линии, сооружение которых определяется специальными правилами, нормами и постановлениями (контактные сети электрифицированных железных дорог, трамвая, троллейбуса; ВЛ для электроснабжения сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ); ВЛ напряжением 6-35 кВ, смонтированные на опорах контактной сети и т. п.).

Кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.124 и гл. 2.3.

2.5.2. Воздушная линия электропередачи выше 1 кВ - устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изолирующих конструкций и арматуры к опорам, несущим конструкциям, кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

За начало и конец ВЛ (ВЛЗ) принимаются:

у ЗРУ - место выхода провода из аппаратного зажима, присоединяемого к проходному изолятору;

у ОРУ с линейными порталами - место выхода провода из зажима натяжной гирлянды изоляторов на линейном портале в сторону ВЛ;

у КТП - место крепления провода к изолятору КТП или место выхода провода из аппаратного зажима;

у ТП с выносным разъединителем - место выхода провода из аппаратного зажима, присоединяемого к разъединителю.

2.5.3. Пролет ВЛ - участок ВЛ между двумя опорами или конструкциями, заменяющими опоры.

Длина пролета - горизонтальная проекция этого участка ВЛ.

Габаритный пролет $l_{\text{габ}}$ - пролет, длина которого определяется нормированным вертикальным расстоянием от проводов до земли при установке опор на идеально ровной поверхности.

Ветровой пролет $l_{\text{ветр}}$ - длина участка ВЛ, с которого давление ветра на провода и грозозащитные тросы* воспринимается опорой.

* Далее тросы.

Весовой пролет $l_{\text{вес}}$ - длина участка ВЛ, вес проводов (тросов) которого воспринимается опорой.

Стрела провеса провод f - расстояние по вертикали от прямой, соединяющей точки крепления провода, до провода.

Габаритная стрела провеса провода $f_{\text{габ}}$ - наибольшая стрела провеса провода в габаритном пролете.

Анкерный пролет - участок ВЛ между двумя ближайшими анкерными опорами.

Подвесной изолятор - изолятор, предназначенный для подвижного крепления токоведущих элементов к опорам, несущим конструкциям и различным элементам инженерных сооружений.

Гирлянда изоляторов - устройство, состоящее из нескольких подвесных изоляторов и линейной арматуры, подвижно соединенных между собой.

Тросовое крепление - устройство для прикрепления грозозащитных тросов к опоре; если в состав тросового крепления входит один или несколько изоляторов, то оно называется изолированным.

Штыревой изолятор - изолятор, состоящий из изоляционной детали, закрепляемой на штыре или крюке опоры.

Усиленное крепление провода с защитной оболочкой - крепление провода на штыревой изоляторе или к гирлянде изоляторов, которое не допускает проскальзывания проводов при возникновении разности тяжений в смежных пролетах в нормальном и аварийном режимах ВЛЗ.

Пляска проводов (тросов) - устойчивые периодические низкочастотные (0,2-2 Гц) колебания провода (троса) в пролете с односторонним или асимметричным отложением гололеда (мокрого снега, изморози, смеси), вызываемые ветром скоростью 3-25 м/с и образующие стоячие волны (иногда в сочетании с бегущими) с числом полуволн от одной до двадцати и амплитудой 0,3-5 м.

Вибрация проводов (тросов) - периодические колебания провода (троса) в пролете с частотой от 3 до 150 Гц, происходящие в вертикальной плоскости при ветре и образующие стоячие волны с размахом (двойной амплитудой), который может превышать диаметр провода (троса).

2.5.4. Состояние ВЛ в расчетах механической части:

нормальный режим - режим при необорванных проводах, тросах, гирляндах изоляторов и тросовых креплениях;

аварийный режим - режим при оборванных одном или нескольких проводах или тросах, гирляндах изоляторов и тросовых креплениях;

монтажный режим - режим в условиях монтажа опор, проводов и тросов.

2.5.5. Населенная местность - земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, курортные и пригородные зоны, зеленые зоны вокруг

городов и других населенных пунктов, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов, а также территории садово-огородных участков.

Труднодоступная местность - местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Ненаселенная местность - земли, не отнесенные к населенной и труднодоступной местности.

Застроенная местность - территории городов, поселков, сельских населенных пунктов в границах фактической застройки.

Трасса ВЛ в стесненных условиях - участки трассы ВЛ, проходящие по территориям, насыщенным надземными и (или) подземными коммуникациями, сооружениями, строениями.

2.5.6. По условиям воздействия ветра на ВЛ различают три типа местности:

А - открытые побережья морей, озер, водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой не менее 2/3 высоты опор;

С - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м, просеки в лесных массивах с высотой деревьев более высоты опор, орографически защищенные извилистые и узкие склоновые долины и ущелья.

Воздушная линия считается расположенной в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны ВЛ на расстоянии, равном тридцатикратной высоте опоры при высоте опор до 60 м и 2 км при большей высоте.

2.5.7. Большими переходами называются пересечения судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ, на которых устанавливаются опоры высотой 50 м и более, а также пересечения ущелий, оврагов, водных пространств и других препятствий с пролетом пересечения более 700 м независимо от высоты опор ВЛ.

Общие требования

2.5.8. Все элементы ВЛ должны соответствовать государственным стандартам, строительным нормам и правилам Российской Федерации и настоящей главе Правил.

При проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации ВЛ должны соблюдаться требования «Правил охраны электрических сетей напряжением свыше 1000 В» и действующих санитарно-эпидемиологических правил и нормативов.

2.5.9. Механический расчет проводов и тросов ВЛ производится по методу допускаемых напряжений, расчет изоляторов и арматуры - по методу разрушающих нагрузок. По обоим методам расчеты производятся на расчетные нагрузки.

Расчет строительных конструкций ВЛ (опор, фундаментов и оснований) производится по методу предельных состояний на расчетные нагрузки для двух групп предельных состояний (2.5.137) в соответствии с государственными стандартами и строительными нормами и правилами.

Применение других методов расчета в каждом отдельном случае должно быть обосновано в проекте.

2.5.10. Элементы ВЛ рассчитываются на сочетания нагрузок, действующих в нормальных, аварийных и монтажных режимах.

Сочетания климатических и других факторов в различных режимах работы ВЛ (наличие ветра, гололеда, значение температуры, количество оборванных проводов или тросов и пр.) определяются в соответствии с требованиями 2.5.71-2.5.74, 2.5.141, 2.5.144-2.5.147.

2.5.11. Основными характеристиками нагрузок являются их нормативные значения, которые устанавливаются настоящими Правилами, а для нагрузок, не регламентированных ими, - в соответствии со строительными нормами и правилами.

Расчетные значения нагрузок определяются как произведение их нормативных значений на коэффициенты надежности по нагрузке γ_f , надежности по ответственности γ_n , условий работы γ_d , региональные γ_p .

При расчете элементов ВЛ расчетные нагрузки могут дополнительно умножаться на коэффициент сочетаний.

Необходимость применения коэффициентов и их значения устанавливаются настоящими Правилами.

При отсутствии указаний о значениях коэффициентов они принимаются равными единице.

2.5.12. Нормативные значения нагрузок от веса оборудования, материалов, от тяжения проводов, грозозащитных тросов принимаются на основании государственных стандартов или в соответствии с указаниями настоящих Правил.

2.5.13. Основной характеристикой сопротивления материала элементов ВЛ являются: разрывное усилие (для проводов и тросов), механическая (электрохимическая) разрушающая нагрузка (для изоляторов), механическая разрушающая нагрузка (для линейной арматуры), указанные в стандартах или технических условиях на эти изделия;

нормативные и расчетные сопротивления материала опор и фундаментов, устанавливаемые нормами проектирования строительных конструкций.

2.5.14. На ВЛ 110 кВ и выше длиной более 100 км для ограничения несимметрии токов и напряжений должен выполняться один полный цикл транспозиции.

Двухцепные ВЛ 110 кВ и выше рекомендуется выполнять с противоположным чередованием фаз цепей (смежные фазы разных цепей должны быть разноименными). Схемы транспозиции обеих цепей рекомендуется выполнять одинаковыми.

Допускаются увеличение длины нетранспонированной ВЛ, выполнение неполных циклов транспозиции, различные длины участков в цикле и увеличение числа циклов. Вносимая при этом данной ВЛ расчетная несимметрия по условиям обеспечения надежной работы релейной защиты не должна превышать 0,5 % по напряжению и 2 % по току обратной последовательности.

Шаг транспозиции по условию влияния на линии связи не нормируется.

Для ВЛ с горизонтальным расположением фаз рекомендуется упрощенная схема транспозиции (в месте транспозиции поочередно меняются местами только две смежные фазы).

2.5.15. На ВЛ с горизонтальным расположением фаз и двумя тросами, используемыми для высокочастотной связи, для снижения потерь от токов в тросах в нормальном режиме рекомендуется выполнять скрещивание (транспозицию) тросов. Количество скрещиваний должно выбираться из условий самопогасания дуги сопровождающего тока промышленной частоты при грозовых перекрытиях искровых промежутков на изоляторах тросов.

Схема скрещивания должна быть симметрична относительно каждого шага транспозиции фаз и точек заземления тросов, при этом крайние участки рекомендуется принимать равными половине длины остальных участков.

2.5.16. Для ВЛ, проходящих в районах с толщиной стенки гололеда 25 мм и более, а также с частыми образованиями гололеда или изморози в сочетании с сильными ветрами и в районах с частой и интенсивной пляской проводов, рекомендуется предусматривать плавку гололеда на проводах и тросах.

Для сетевых предприятий, у которых свыше 50 % ВЛ проходят в указанных районах, рекомендуется разрабатывать общую схему плавки гололеда.

При обеспечении плавки гололеда без перерыва электроснабжения потребителей толщина стенки гололеда может быть снижена на 15 мм, при этом нормативная толщина стенки гололеда должна быть не менее 20 мм.

На ВЛ с плавкой гололеда должно быть организовано наблюдение за гололедом, при этом предпочтительно применение сигнализаторов появления гололеда и устройств контроля окончания плавки гололеда.

Требования настоящего параграфа не распространяются на ВЛЗ.

2.5.17. Интенсивность электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля, создаваемого ВЛ при максимальных рабочих параметрах (напряжении и токе) и при абсолютной максимальной температуре воздуха для населенной местности, не должна превышать предельно допустимых значений, установленных в действующих санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах.

Для ненаселенной и труднодоступной местности температура воздуха при предельно допустимой напряженности электрического поля принимается равной температуре воздуха теплого периода с обеспеченностью 0,99.

2.5.18. По окончании сооружения или реконструкции ВЛ необходимо выполнять:

землевание земель, отводимых в постоянное пользование;

рекультивацию земель, отводимых во временное пользование;

природоохранные мероприятия, направленные на минимальное нарушение естественных форм рельефа и сохранение зеленых насаждений и естественного состояния грунта;

противоэрозионные мероприятия.

Требования к проектированию ВЛ, учитывающие особенности их ремонта и технического обслуживания

2.5.19. Ремонт и техническое обслуживание ВЛ должны предусматриваться централизованно, специализированными бригадами с производственных баз предприятия (структурной единицы).

Размещение производственных баз, состав необходимых помещений, оснащение средствами механизации работ, транспортом и складами аварийного резерва, оборудование средствами связи должны производиться на основании перспективных схем организации эксплуатации с учетом существующей материальной базы энергопредприятия.

Обеспечение ВЛ аварийным запасом материалов и оборудования предусматривается в объеме действующих нормативов.

Для эксплуатации ВЛ в труднодоступной местности, участков ВЛ, доступ к которым наземным транспортом невозможен, а также ВЛ, проходящих в безлюдной местности с суровыми климатическими условиями, следует предусматривать пункты временного пребывания персонала или использование вертолетов. Расположение пунктов временного пребывания персонала и вертолетных площадок, состав помещений для персонала и экипажа вертолетов, механизмов обосновывается в проекте. Вертолетные площадки должны удовлетворять действующим нормативным требованиям.

2.5.20. Численность ремонтно-эксплуатационного персонала и площадь производственно-жилых помещений ремонтных баз, а также количество транспортных средств и механизмов, необходимых для эксплуатации ВЛ, определяются в соответствии с действующими нормативами.

2.5.21. При проектировании ВЛ должна быть предусмотрена технологическая связь между ремонтными бригадами и диспетчерскими пунктами, базами, с которых осуществляется ремонт и техническое обслуживание ВЛ, а также между бригадами и отдельными монтерами. Если ВЛ обслуживается с нескольких баз, необходимо предусмотреть связь между последними. Технологической связью должны быть обеспечены и пункты временного пребывания на трассе ВЛ.

2.5.22. К ВЛ должен быть обеспечен в любое время года подъезд на возможно близкое расстояние, но не далее чем на 0,5 км от трассы ВЛ. Для проезда вдоль трассы ВЛ и для подъезда к ним должна быть расчищена от насаждений, пней, камней и т. п. полоса земли шириной не менее 2,5 м.

Исключения допускаются на участках ВЛ, проходящих:

по топким болотам и сильно пересеченной местности, где проезд невозможен. В этих случаях необходимо выполнять вдоль трассы ВЛ пешеходные тропки с мостиками шириной 0,8-1,0 м, оборудованные перилами, или насыпные земляные дорожки шириной не менее 0,8 м;

по территориям, занятым под садовые и ценные сельскохозяйственные культуры, а также под насаждения защитных полос вдоль железных дорог, автомобильных дорог и запретных полос по берегам рек, озер, водохранилищ, каналов и других водных объектов.

На трассах ВЛ, проходящих по местности, пересеченной мелиоративными каналами, должны предусматриваться пешеходные мостики шириной 0,8-1,0 м, оборудованные перилами.

2.5.23. На опорах ВЛ на высоте 2-3 м должны быть нанесены следующие постоянные знаки:

порядковый номер опоры, номер ВЛ или ее условное обозначение - на всех опорах; на двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;

информационные знаки с указанием ширины охранной зоны ВЛ; расстояние между информационными знаками в населенной местности должно быть не более 250 м, при большей длине пролета знаки устанавливаются на каждой опоре; в ненаселенной и труднодоступной местности - 500 м, допускается более редкая установка знаков;

расцветка фаз - на ВЛ 35 кВ и выше на концевых опорах, опорах, смежных с транспозиционными, и на первых опорах ответвлений от ВЛ;

предупреждающие плакаты - на всех опорах ВЛ в населенной местности;

плакаты с указанием расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи - на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до кабелей связи.

Допускается совмещать на одном знаке всю информацию, устанавливаемую требованиями настоящего параграфа.

Плакаты и знаки должны устанавливаться с боку опоры поочередно с правой и с левой стороны, а на переходах через дороги плакаты должны быть обращены в сторону дороги.

На ВЛ 110 кВ и выше, обслуживание которых будет осуществляться с использованием вертолетов, в верхней части каждой пятой опоры устанавливаются номерные знаки, видимые с вертолета. При этом для ВЛ 500-750 кВ знаки должны быть эмалированными размером 400×500 мм.

2.5.24. Линейные разъединители, переключательные пункты, высокочастотные заградители, установленные на ВЛ, должны иметь соответствующие порядковые номера и диспетчерские наименования.

Защита ВЛ от воздействия окружающей среды

2.5.25. Металлические опоры и подножки, металлические детали железобетонных и деревянных опор, бетонные и железобетонные конструкции, а также древесина элементов деревянных опор должны быть защищены от коррозии с учетом требований строительных норм и правил по защите строительных конструкций от коррозии. В необходимых случаях следует предусматривать защиту от электрокоррозии.

Стальные опоры, а также стальные элементы и детали железобетонных и деревянных опор, как правило, должны защищаться от коррозии горячей оцинковкой.

Защита от коррозии должна производиться в заводских условиях. Допускается выполнение ее на специально оборудованных полигонах.

2.5.26. Стальные канаты, применяемые в качестве грозозащитных тросов, оттяжек и элементов опор, должны иметь коррозионно-стойкое исполнение с учетом вида и степени агрессивности среды в условиях эксплуатации.

На грозозащитный трос и оттяжки в процессе сооружения ВЛ должна быть нанесена защитная смазка.

2.5.27. На участках ВЛ в горных условиях в необходимых случаях должны быть предусмотрены:

- очистка склонов от опасных для ВЛ нависающих камней;
- расположение ВЛ вне зоны схода снежных лавин и камнепадов, а если это невозможно, то провода и тросы должны размещаться вне зоны действия воздушной волны лавины, а также расчетной траектории полета падающих камней.

2.5.28. Трассы ВЛ следует располагать вне зоны распространения оползневых процессов. При невозможности обхода таких зон должна предусматриваться инженерная защита ВЛ от оползней в соответствии со строительными нормами и правилами по защите территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.

2.5.29. При прохождении ВЛ в условиях пересеченной местности с солифлюкционными явлениями при размещении опор на косогорах подземная часть опор и фундаментов должна рассчитываться на дополнительную нагрузку от давления слоя сползающего грунта.

2.5.30. При прохождении ВЛ по просадочным грунтам опоры, как правило, должны устанавливаться на площадках с минимальной площадью водосбора с выполнением комплекса противопросадочных мероприятий. Нарушение растительности и почвенного покрова должно быть минимальным.

2.5.31. При прохождении ВЛ по полузакрепленным и незакрепленным пескам необходимо выполнение пескозакрепительных мероприятий. Нарушение растительного покрова должно быть минимальным.

2.5.32. Опоры ВЛ рекомендуется устанавливать на безопасном расстоянии от русла реки с интенсивным размывом берегов, с учетом прогнозируемых перемещений русла и затопляемости поймы, а также вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, ледоходы и т. п. При обоснованной невозможности установки опор в безопасных местах необходимо выполнить мероприятия по защите опор от повреждений (специальные фундаменты, укрепление берегов, откосов, склонов, устройство водоотвода, струенаправляющих дамб, ледорезов и иных сооружений).

Установка опор в зоне прохождения прогнозируемых грязекаменных селевых потоков не допускается.

2.5.33. Применение опор с оттяжками на участках ВЛ до 330 кВ, проходящих по обрабатываемым землям, не допускается.

2.5.34. На участках трассы, проходящих по обрабатываемым землям, в населенной местности и в местах стесненных подходов к электростанциям и подстанциям, рекомендуется применять двухцепные и многоцепные свободностоящие опоры.

2.5.35. При прохождении ВЛ с деревянными опорами по лесам, сухим болотам и другим местам, где возможны низовые пожары, должна быть предусмотрена одна из следующих мер:

- устройство канавы глубиной 0,4 м и шириной 0,6 м на расстоянии 2 м вокруг каждой стойки опоры;

- уничтожение травы и кустарника и очистка от них площадки радиусом 2 м вокруг каждой опоры;

применение железобетонных приставок, при этом расстояние от земли до нижнего торца стойки должно быть не менее 1 м.

Установка деревянных опор ВЛ 110 кВ и выше в местностях, где возможны низовые или торфяные пожары, не рекомендуется.

2.5.36. В районах расселения крупных птиц для предохранения изоляции от загрязнения, независимо от степени загрязнения окружающей среды (см. гл. 1.9), а также для предотвращения гибели птиц следует:

не использовать опоры ВЛ со штыревыми изоляторами;

на траверсах опор ВЛ 35-220 кВ, в том числе в местах крепления поддерживающих гирлянд изоляторов, а также на тросостойках для исключения возможности посадки или гнездования птиц предусматривать установку противоптичьих заградителей;

закрывать верхние отверстия полых стоек железобетонных опор наголовниками.

2.5.37. В районах сильноагрессивной степени воздействия среды, в районах солончаков, засоленных песков, песчаных пустынь, в прибрежных зонах морей и соленых озер площадью более 10 000 м², а также в местах, где в процессе эксплуатации установлено коррозионное разрушение металла изоляторов, линейной арматуры, проводов и тросов, заземлителей, следует предусматривать:

изоляторы и линейную арматуру в тропическом исполнении, при необходимости с дополнительными защитными мероприятиями;

коррозионно-стойкие провода (см. также 2.5.80), тросы и тросовые элементы опор (см. также 2.5.26);

увеличение сечения элементов заземляющих устройств, применение оцинкованных заземлителей.

Климатические условия и нагрузки

2.5.38. При расчете ВЛ и их элементов должны учитываться климатические условия - ветровое давление, толщина стенки гололеда, температура воздуха, степень агрессивного воздействия окружающей среды, интенсивность грозовой деятельности, пляска проводов и тросов, вибрация.

Определение расчетных условий по ветру и гололеду должно производиться на основании соответствующих карт климатического районирования территории РФ (рис. 2.5.1, 2.5.2) с уточнением при необходимости их параметров в сторону увеличения или уменьшения по региональным картам и материалам многолетних наблюдений гидрометеорологических станций и метеопостов за скоростью ветра, массой, размерами и видом гололедно-изморозевых отложений. В малоизученных районах* для этой цели могут организовываться специальные обследования и наблюдения.

* К малоизученным районам относятся горная местность и районы, где на 100 км трассы ВЛ для характеристики климатических условий имеется только одна репрезентативная метеорологическая станция.

При отсутствии региональных карт значения климатических параметров уточняются путем обработки соответствующих данных многолетних наблюдений согласно методическим указаниям (МУ) по расчету климатических нагрузок на ВЛ и построению региональных карт с повторяемостью 1 раз в 25 лет.

Основой для районирования по ветровому давлению служат значения максимальных скоростей ветра с 10-минутным интервалом осреднения скоростей на высоте 10 м с повторяемостью 1 раз в 25 лет. Районирование по гололеду производится по максимальной толщине стенки отложения гололеда цилиндрической формы при плотности 0,9 г/см³ на проводе диаметром 10 мм, расположенном на высоте 10 м над поверхностью земли, повторяемостью 1 раз в 25 лет.

Температура воздуха определяется на основании данных метеорологических станций с учетом положений строительных норм и правил и указаний настоящих Правил.

Интенсивность грозовой деятельности должна определяться по картам районирования территории РФ по числу грозových часов в году (рис. 2.5.3), региональным картам с уточнением при необходимости по данным метеостанций о среднегодовой продолжительности гроз.

Степень агрессивного воздействия окружающей среды определяется с учетом положений СНиПов и государственных стандартов, содержащих требования к применению элементов ВЛ, гл. 1.9 и указаний настоящей главы.

Определение районов по частоте повторяемости и интенсивности пляски проводов и тросов должно производиться по карте районирования территории РФ (рис. 2.5.4) с уточнением по данным эксплуатации.

По частоте повторяемости и интенсивности пляски проводов и тросов территория РФ делится на районы с умеренной пляской проводов (частота повторяемости пляски 1 раз в 5 лет и менее) и с частой и интенсивной пляской проводов (частота повторяемости более 1 раза в 5 лет).

2.5.39. При определении климатических условий должно быть учтено влияние на интенсивность гололедообразования и на скорость ветра особенностей микрорельефа местности (небольшие холмы и котловины, высокие насыпи, овраги, балки и т. п.), а в горных районах - особенностей микро- и мезорельефа местности (гребни, склоны, платообразные участки, днища долин, межгорные долины и т. п.).

2.5.40. Значения максимальных ветровых давлений и толщин стенок гололеда для ВЛ определяются на высоте 10 м над поверхностью земли с повторяемостью 1 раз в 25 лет (нормативные значения).

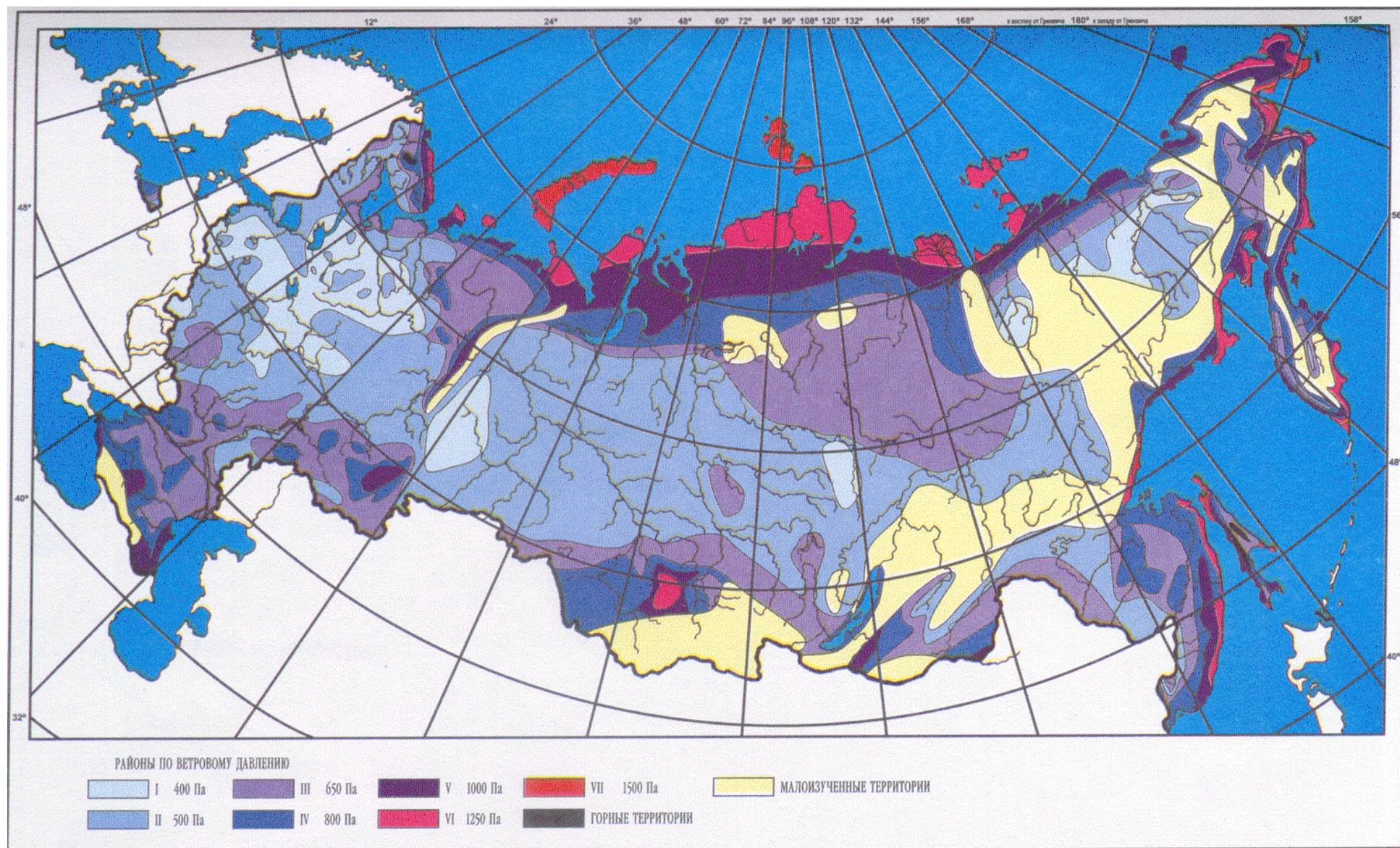


Рис. 2.5.1. Карта районирования территории РФ по ветровому давлению

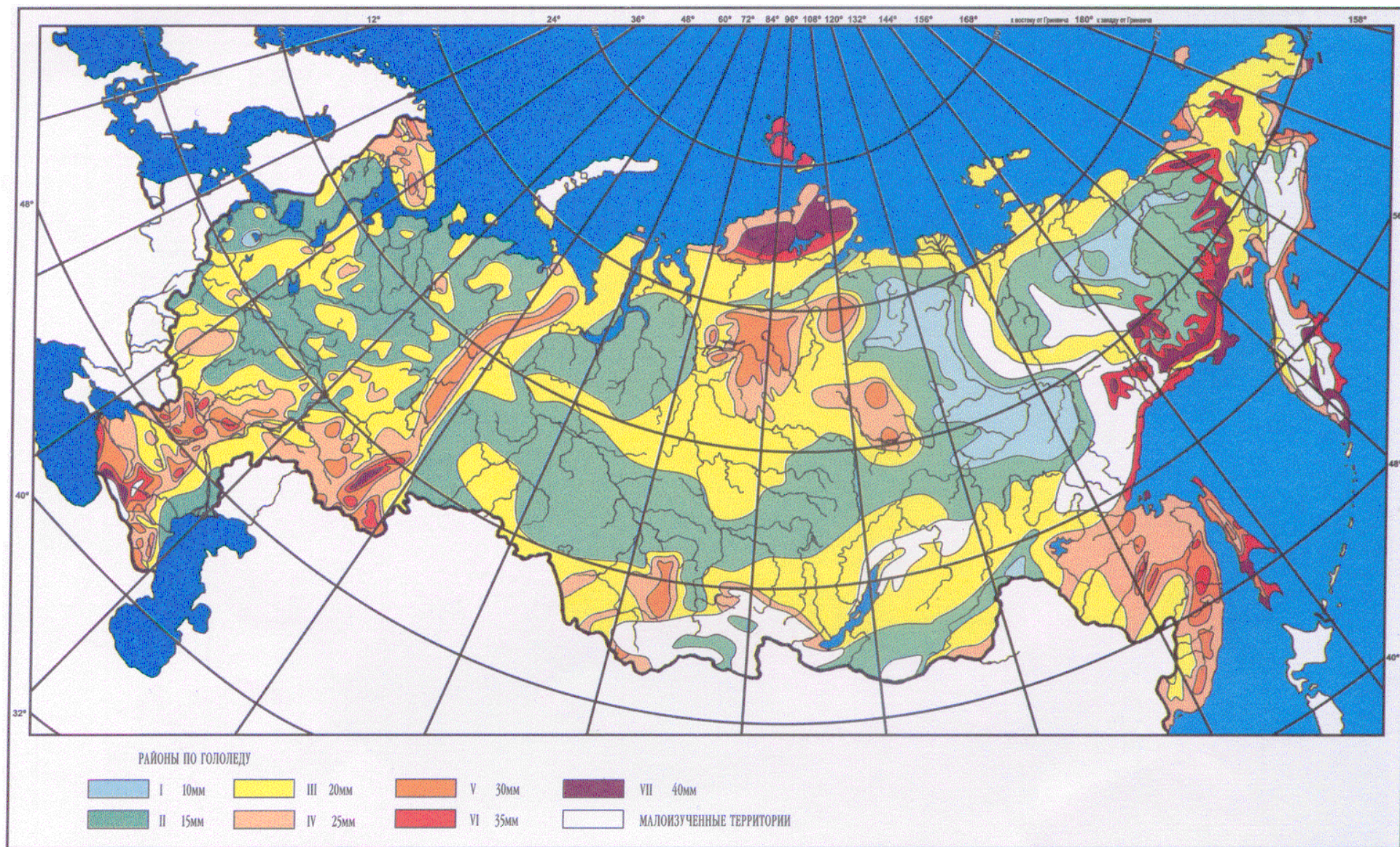


Рис. 2.5.2. Карта районирования территории РФ по толщине стенки гололеда

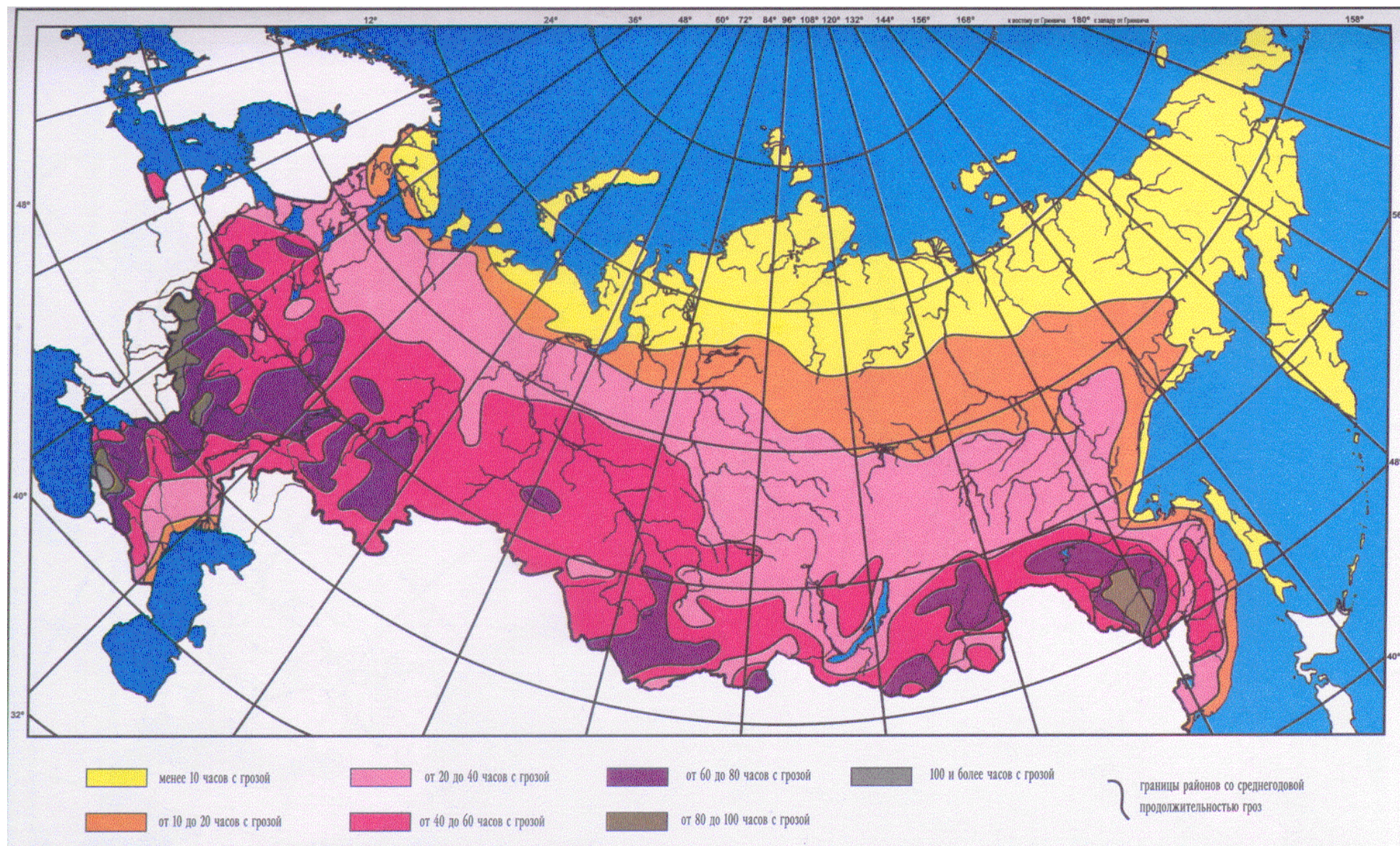


Рис. 2.5.3. Карта районирования территории РФ по среднегодовой продолжительности гроз в часах

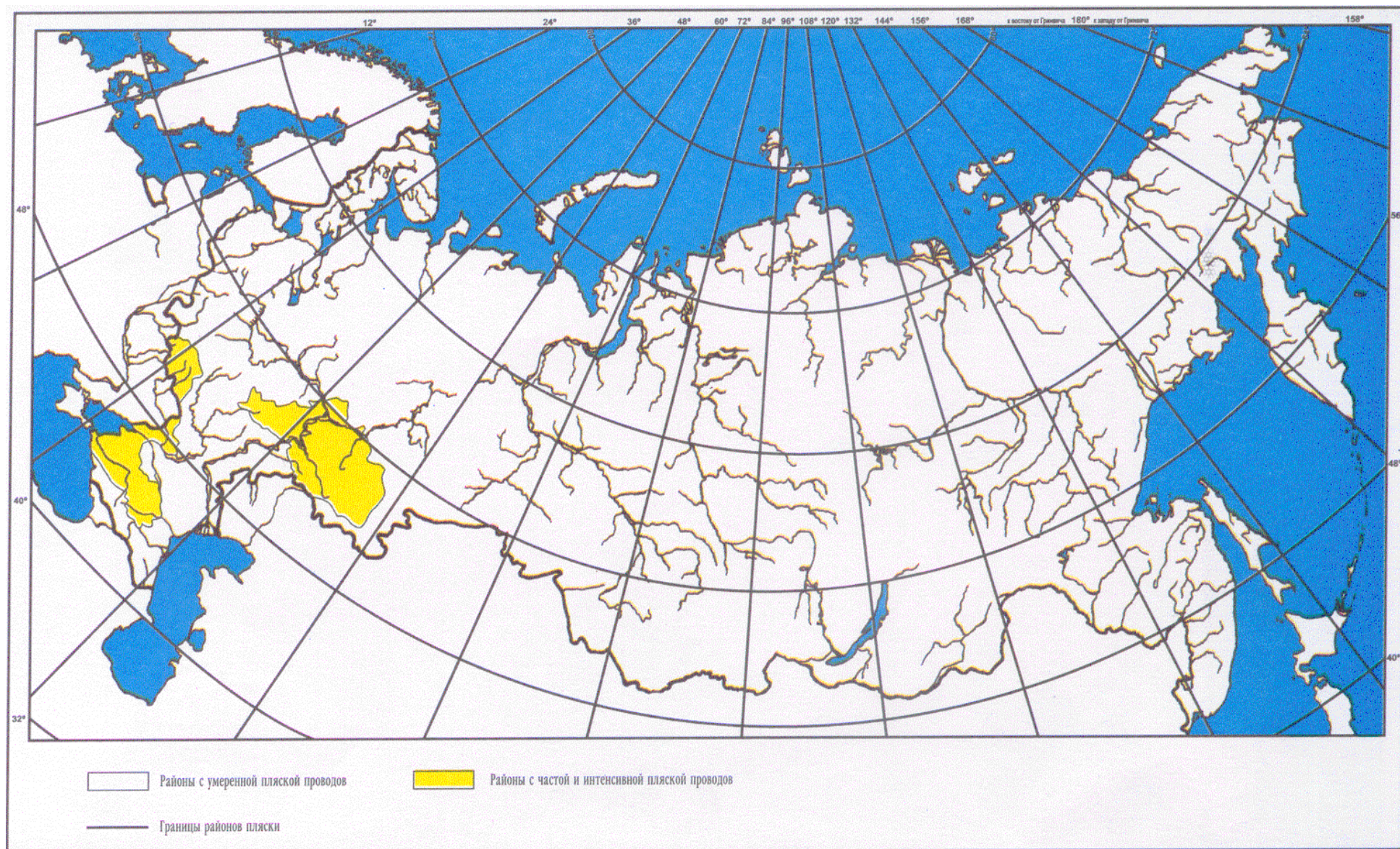


Рис. 2.5.4. Карта районирования территории РФ по пляске проводов

2.5.41. Нормативное ветровое давление W_0 , соответствующее 10-минутному интервалу осреднения скорости ветра (v_0), на высоте 10 м над поверхностью земли принимается по табл. 2.5.1 в соответствии с картой районирования территории России по ветровому давлению (рис. 2.5.1) или по региональным картам районирования.

Таблица 2.5.1

Нормативное ветровое давление W_0 на высоте 10 м над поверхностью земли

Район по ветру	Нормативное ветровое давление W_0 , Па (скорость ветра v_0 , м/с)
I	400 (25)
II	500 (29)
III	650 (32)
IV	800 (36)
V	1 000 (40)
VI	1 250 (45)
VII	1 500 (49)
Особый	Выше 1 500 (выше 49)

Полученное при обработке метеоданных нормативное ветровое давление следует округлять до ближайшего большего значения, приведенного в табл. 2.5.1.

Ветровое давление W определяется по формуле, Па

$$W = \frac{v^2}{1,6}.$$

Ветровое давление более 1500 Па должно округляться до ближайшего большего значения, кратного 250 Па.

Для ВЛ 110-750 кВ нормативное ветровое давление должно приниматься не менее 500 Па.

Для ВЛ, сооружаемых в труднодоступных местностях, ветровое давление рекомендуется принимать соответствующим району на один выше, чем принято для данного региона по региональным картам районирования или на основании обработки материалов многолетних наблюдений.

2.5.42. Для участков ВЛ, сооружаемых в условиях, способствующих резкому увеличению скоростей ветра (высокий берег большой реки, резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, гребневые зоны хребтов, межгорные долины, открытые для сильных ветров, прибрежная полоса морей и океанов, больших озер и водохранилищ в пределах 3-5 км), при отсутствии данных наблюдений нормативное ветровое давление следует увеличивать на 40 % по сравнению с принятым для данного района. Полученные значения следует округлять до ближайшего значения, указанного в табл. 2.5.1.

2.5.43. Нормативное ветровое давление при гололеде W_r с повторяемостью 1 раз в 25 лет определяется по формуле 2.5.41, по скорости ветра при гололеде v_r .

Скорость ветра v_r принимается по региональному районированию ветровых нагрузок при гололеде или определяется по данным наблюдений согласно методическим указаниям по расчету климатических нагрузок. При отсутствии региональных карт и данных наблюдений $W_r = 0,25 W_0$. Для ВЛ до 20 кВ нормативное ветровое давление при гололеде должно приниматься не менее 200 Па, для ВЛ 330-750 кВ - не менее 160 Па.

Нормативные ветровые давления (скорости ветра) при гололеде округляются до ближайших следующих значений, Па (м/с): 80 (11), 120 (14), 160 (16), 200 (18), 240 (20), 280 (21), 320 (23), 360 (24).

Значения более 360 Па должны округляться до ближайшего значения, кратного 40 Па.

2.5.44. Ветровое давление на провода ВЛ определяется по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, на тросы - по высоте расположения центра тяжести тросов, на конструкции опор ВЛ - по высоте расположения средних точек зон, отсчитываемых от отметки поверхности земли в месте установки опоры. Высота каждой зоны должна быть не более 10 м.

Для различных высот расположения центра тяжести проводов, тросов, а также средних точек зон конструкции опор ВЛ ветровое давление определяется умножением его значения на коэффициент K_w , принимаемый по табл. 2.5.2.

Таблица 2.5.2

Изменение коэффициента K_w по высоте в зависимости от типа местности

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор ВЛ над поверхностью земли, м	Коэффициент K_w для типов местности		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
До 15	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80
60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80
250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20
350 и выше	2,75	2,75	2,35

Примечание. Типы местности соответствуют определениям, приведенным в 2.5.6.

Полученные значения ветрового давления должны быть округлены до целого числа.

Для промежуточных высот значения коэффициентов K_w определяются линейной интерполяцией.

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов $h_{пр}$ для габаритного пролета определяется по формуле, м

$$h_{пр} = h_{ср} - \frac{2}{3} f ,$$

где $h_{ср}$ - среднеарифметическое значение высоты крепления проводов к изоляторам или среднеарифметическое значение высоты крепления тросов к опоре, отсчитываемое от отметок земли в местах установки опор, м;

f - стрела провеса провода или троса в середине пролета при высшей температуре, м.

2.5.45. При расчете проводов и тросов ветер следует принимать направленным под углом 90° к оси ВЛ.

При расчете опор ветер следует принимать направленным под углом 0°, 45° и 90° к оси ВЛ, при этом для угловых опор за ось ВЛ принимается направление биссектрисы внешнего угла поворота, образованного смежными участками линии.

2.5.46. Нормативную толщину стенки гололеда b , плотностью 0,9 г/см³ следует принимать по табл. 2.5.3 в соответствии с картой районирования территории России по толщине стенки гололеда (см. рис. 2.5.2) или по региональным картам районирования.

Таблица 2.5.3

Нормативная толщина стенки гололеда b , для высоты 10 м над поверхностью земли

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда b , мм
I	10
II	15
III	20
IV	25
V	30
VI	35
VII	40
Особый	Выше 40

Полученные при обработке метеоданных нормативные толщины стенок гололеда рекомендуется округлять до ближайшего большего значения, приведенного в табл. 2.5.3.

В особых районах по гололеду следует принимать толщину стенки гололеда, полученную при обработке метеоданных, округленную до 1 мм.

Для ВЛ 330-750 кВ нормативная толщина стенки гололеда должна приниматься не менее 15 мм.

Для ВЛ, сооружаемых в труднодоступных местностях, толщину стенки гололеда рекомендуется принимать соответствующей району на один выше, чем принято для данного региона по региональным картам районирования или на основании обработки метеоданных.

2.5.47. При отсутствии данных наблюдений для участков ВЛ, проходящих по плотинам и дамбам гидротехнических сооружений, вблизи прудов-охладителей, башенных градирен, брызгальных бассейнов в районах с низшей температурой выше минус 45 °С, I нормативную толщину стенки гололеда b_3 следует принимать на 5 мм больше, чем для прилегающих участков ВЛ, а для районов с низшей температурой минус 45° и ниже - на 10 мм.

2.5.48. Нормативная ветровая нагрузка при гололеде на провод (трос) определяется по 2.5.52 с учетом условной толщины стенки гололеда b_v , которая принимается по региональному районированию ветровых нагрузок при гололеде или рассчитывается согласно методическим указаниям по расчету климатических нагрузок. При отсутствии региональных карт и данных наблюдений $b_v = b_3$.

2.5.49. Толщина стенки гололеда (b_z , b_y) на проводах ВЛ определяется на высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов, на тросах - на высоте расположения центра тяжести тросов. Высота приведенного центра тяжести проводов и тросов определяется в соответствии с 2.5.44.

Толщина стенки гололеда на проводах (тросах) при высоте расположения приведенного их центра тяжести более 25 м определяется умножением ее значения на коэффициенты K_i и K_d , принимаемые по табл. 2.5.4. При этом исходную толщину стенки гололеда (для высоты 10 м и диаметра 10 мм) следует принимать без увеличения, предусмотренного 2.5.47. Полученные значения толщины стенки гололеда округляются до 1 мм.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов до 25 м поправки на толщину стенки гололеда на проводах и тросах в зависимости от высоты и диаметра проводов и тросов не вводятся.

Таблица 2.5.4

Коэффициенты K_i и K_d учитывающие изменение толщины стенки гололеда

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор над поверхностью земли, м	Коэффициент K_i , учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте над поверхностью земли	Диаметр провода (троса), мм	Коэффициент K_d , учитывающий изменение толщины стенки гололеда в зависимости от диаметра провода (троса)
25	1,0	10	1,0
30	1,4	20	0,9
50	1,6	30	0,8
70	1,8	50	0,7
100	2,0	70	0,6

Примечание. Для промежуточных высот и диаметров значения коэффициентов K_i и K_d определяются линейной интерполяцией.

2.5.50. Для участков ВЛ, сооружаемых в горных районах по орографически защищенным извилистым и узким склоновым долинам и ущельям, независимо от высот местности над уровнем моря, нормативную толщину стенки гололеда b_3 рекомендуется принимать не более 15 мм. При этом не следует учитывать коэффициент K_i .

2.5.51. Температуры воздуха - среднегодовая, низшая, которая принимается за абсолютно минимальную, высшая, которая принимается за абсолютно максимальную, - определяются по строительным нормам и правилам и по данным наблюдений с округлением до значений, кратных пяти.

Температуру воздуха при нормативном ветровом давлении W_0 следует принимать равной минус 5 °С, за исключением районов со среднегодовой температурой минус 5 °С и ниже, для которых ее следует принимать равной минус 10 °С.

Температуру воздуха при гололеде для территории с высотными отметками местности до 1000 м над уровнем моря следует принимать равной минус 5 °С, при этом для районов со

среднегодовой температурой минус 5 °С и ниже температуру воздуха при гололеде следует принимать равной минус 10 °С. Для горных районов с высотными отметками выше 1000 м и до 2000 м температуру следует принимать равной минус 10 °С, более 2000 м - минус 15 °С. В районах, где при гололеде наблюдается температура ниже минус 15 °С, ее следует принимать по фактическим данным.

2.5.52. Нормативная ветровая нагрузка на провода и тросы P_W^H , Н, действующая перпендикулярно проводу (тросу), для каждого рассчитываемого условия определяется по формуле

$$P_W^H = \alpha_w K_l K_w C_x W F \sin^2 \varphi,$$

где α_w - коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ, принимаемый равным:

Ветровое давление, Па	До 200	240	280	300	320	360	400	500	580 и более
Коэффициент α_w	1	0,94	0,88	0,85	0,83	0,80	0,76	0,71	0,70

Промежуточные значения α_w определяются линейной интерполяцией;

K_l - коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,2 при длине пролета до 50 м, 1,1 - при 100 м, 1,05 - при 150 м, 1,0 - при 250 м и более (промежуточные значения K_l определяются интерполяцией);

K_w - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности, определяемый по табл. 2.5.2;

C_x - коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным: 1,1 - для проводов и тросов, свободных от гололеда, диаметром 20 мм и более; 1,2 - для всех проводов и тросов, покрытых гололедом, и для всех проводов и тросов, свободных от гололеда, диаметром менее 20 мм;

W - нормативное ветровое давление, Па, в рассматриваемом режиме:

$W = W_0$ - определяется по табл. 2.5.1 в зависимости от ветрового района;

$W = W_r$ - определяется по 2.5.43;

F - площадь продольного диаметрального сечения провода, м² (при гололеде с учетом условной толщины стенки гололеда b_v);

φ - угол между направлением ветра и осью ВЛ.

Площадь продольного диаметрального сечения провода (троса) F определяется по формуле, м²

$$F = (d + 2K_l K_d b_v) l \cdot 10^{-3},$$

где d - диаметр провода, мм;

K_l и K_d - коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда по высоте и в зависимости от диаметра провода и определяемые по табл. 2.5.4;

b_v - условная толщина стенки гололеда, мм, принимается согласно 2.5.48;

l - длина ветрового пролета, м.

2.5.53. Нормативная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода и трос P_r^H определяется по формуле, Н/м

$$P_r^H = \pi K_l K_d b_3 (d + K_l K_d b_3) \rho g \cdot 10^{-3},$$

где K_l , K_d - коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда по высоте и в зависимости от диаметра провода и принимаемые по табл. 2.5.4;

b_3 - толщина стенки гололеда, мм, по 2.5.46;

d - диаметр провода, мм;

ρ - плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см³;

g - ускорение свободного падения, принимаемое равным 9,8 м/с².

2.5.54. Расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы) P_{W_n} при механическом расчете проводов и тросов по методу допускаемых напряжений определяется по формуле, Н

$$P_{W_n} = P_W^H \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f$$

где P_W^H - нормативная ветровая нагрузка по 2.5.52;

γ_{nw} - коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным: 1,0 - для ВЛ до 220 кВ; 1,1 - для ВЛ 330-750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах независимо от напряжения, а также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;

γ_p - региональный коэффициент, принимаемый от 1 до 1,3. Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование ВЛ;

γ_f - коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,1.

2.5.55. Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода (троса) $P_{г.л}$ при механическом расчете проводов и тросов по методу допускаемых напряжений определяется по формуле, Н/м

$$P_{г.л} = P_{г}^H \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f \gamma_d,$$

где $P_{г}^H$ - нормативная линейная гололедная нагрузка, принимаемая по 2.5.53;

γ_{nw} - коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным: 1,0 - для ВЛ до 220 кВ; 1,3 - для ВЛ 330-750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах независимо от напряжения, а также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;

γ_p - региональный коэффициент, принимаемый равным от 1 до 1,5. Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование ВЛ;

γ_f - коэффициент надежности по гололедной нагрузке, равный 1,3 для районов по гололеду I и II; 1,6 — для районов по гололеду III и выше;

γ_d - коэффициент условий работы, равный 0,5.

2.5.56. При расчете приближений токоведущих частей к сооружениям, насаждениям и элементам опор расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы) определяется по 2.5.54.

2.5.57. При определении расстояний от проводов до поверхности земли и до пересекаемых объектов и насаждений расчетная линейная гололедная нагрузка на провода принимается по 2.5.55.

2.5.58. Нормативная ветровая нагрузка на конструкцию опоры определяется как сумма средней и пульсационной составляющих.

2.5.59. Нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки на опору Q_c^H определяется по формуле, Н

$$Q_c^H = K_w W C_x A,$$

где K_w - принимается по 2.5.44; W - принимается по 2.5.52; C_x - аэродинамический коэффициент, определяемый в зависимости от вида конструкции, согласно строительным нормам и правилам;

A - площадь проекции, ограниченная контуром конструкции, ее части или элемента с наветренной стороны на плоскость перпендикулярно ветровому потоку, вычисленная по наружному габариту, м².

Для конструкций опор из стального проката, покрытых гололедом, при определении A учитывается обледенение конструкции с толщиной стенки гололеда b_v при высоте опор более 50 м, а также для районов по гололеду V и выше независимо от высоты опор.

Для железобетонных и деревянных опор, а также стальных опор с элементами из труб обледенение конструкций при определении нагрузки Q_c^H не учитывается.

2.5.60. Нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки Q_n^H для опор высотой до 50 м принимается:

для свободностоящих одностоечных стальных опор:

$$Q_n^H = 0,5 Q_c^H ;$$

для свободностоящих порталных стальных опор:

$$Q_n^H = 0,6 Q_c^H ;$$

для свободностоящих железобетонных опор (портальных и одностоечных) на центрифугированных стойках:

$$Q_n^H = 0,5 Q_c^H ;$$

для свободностоящих одностоечных железобетонных опор ВЛ до 35 кВ:

$$Q_n^H = 0,8 Q_c^H ;$$

для стальных и железобетонных опор с оттяжками при шарнирном креплении к фундаментам:

$$Q_n^H = 0,6 Q_c^H .$$

Нормативное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки для свободностоящих опор высотой более 50 м, а также для других типов опор, не перечисленных

выше, независимо от их высоты определяется в соответствии со строительными нормами и правилами на нагрузки и воздействия.

В расчетах деревянных опор пульсационная составляющая ветровой нагрузки не учитывается.

2.5.61. Нормативная гололедная нагрузка на конструкции металлических опор J^H определяется по формуле, Н

$$J^H = K_i b_s \mu_r g A_0,$$

где K_i , b_s , ρ , g - принимаются согласно 2.5.53;

μ_r - коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной поверхности элемента и принимаемый равным:

0,6 - для районов по гололеду до IV при высоте опор более 50 м и для районов по гололеду V и выше, независимо от высоты опор;

A_0 - площадь общей поверхности элемента, м².

Для районов по гололеду до IV при высоте опор менее 50 м гололедные отложения на опорах не учитываются.

Для железобетонных и деревянных опор, а также стальных опор с элементами из труб гололедные отложения не учитываются.

Гололедные отложения на траверсах рекомендуется определять по вышеприведенной формуле с заменой площади общей поверхности элемента на площадь горизонтальной проекции консоли траверсы.

2.5.62. Расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы), воспринимаемая опорами P_{w_o} , определяется по формуле, Н

$$P_{w_o} = P_w^H \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f,$$

где P_w^H - нормативная ветровая нагрузка по 2.5.52;

γ_{nw} , γ_p - принимается согласно 2.5.54;

γ_f - коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный для проводов (тросов), покрытых гололедом и свободных от гололеда:

1,3 - при расчете по первой группе предельных состояний;

1,1 - при расчете по второй группе предельных состояний.

2.5.63. Расчетная ветровая нагрузка на конструкцию опоры Q , Н, определяется по формуле

$$Q = (Q_c^H + Q_n^H) \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f,$$

где Q_c^H - нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки, принимаемая по 2.5.59;

Q_n^H - нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки, принимаемая по 2.5.60;

γ_{nw} , γ_p - принимаются согласно 2.5.54;

γ_f - коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный:

1,3 - при расчете по первой группе предельных состояний;

1,1 - при расчете по второй группе предельных состояний.

2.5.64. Расчетная ветровая нагрузка на гирлянду изоляторов P_n , Н, определяется по формуле

$$P_n = \gamma_{nw} \gamma_p K_w C_x F_n W_0 \gamma_f,$$

где γ_{nw} , γ_p - принимаются согласно 2.5.54;

K_w - принимается согласно 2.5.44;

C_x - коэффициент лобового сопротивления цепи изоляторов, принимаемый равным 1,2;

γ_f - коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,3;

W_0 - нормативное ветровое давление (см. 2.5.41);

F_n - площадь диаметрального сечения цепи гирлянды изоляторов, м², определяется по формуле

$$F_n = 0,7 D_n H_n n N \cdot 10^{-6},$$

где D_n - диаметр тарелки изоляторов, мм;

H_n - строительная высота изолятора, мм;

n - число изоляторов в цепи;

N - число цепей изоляторов в гирлянде.

2.5.65. Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода (троса) $P_{г.о}$, Н/м, воспринимаемая опорами, определяется по формуле

$$P_{г.о} = P_{г.}^H \gamma_{nw} \gamma_p \gamma_f \gamma_d,$$

где $P_{г.}^H$ - нормативная линейная гололедная нагрузка, принимается по 2.5.53;

$\gamma_{\text{пр}}, \gamma_{\text{р}}$ - принимаются согласно 2.5.55;

γ_f - коэффициент надежности по гололедной нагрузке при расчете по первой и второй группам предельных состояний, принимается равным 1,3 для районов по гололеду I и II; 1,6 для районов по гололеду III и выше;

γ_d - коэффициент условий работы, равный:

1,0 - при расчете по первой группе предельных состояний;

0,5 - при расчете по второй группе предельных состояний.

2.5.66. Гололедная нагрузка от проводов и тросов, приложенная к точкам их крепления на опорах, определяется умножением соответствующей линейной гололедной нагрузки (2.5.53, 2.5.55, 2.5.65) на длину весового пролета.

2.5.67. Расчетная гололедная нагрузка на конструкции опор J, H , определяется по формуле

$$J = J^{\text{н}} \gamma_{\text{пр}} \gamma_{\text{р}} \gamma_f \gamma_d,$$

где $J^{\text{н}}$ - нормативная гололедная нагрузка, принимаемая по 2.5.61;

$\gamma_{\text{пр}}, \gamma_{\text{р}}$ - принимаются согласно 2.5.55;

γ_f, γ_d - принимаются согласно 2.5.65.

2.5.68. В районах по гололеду III и выше обледенение гирлянд изоляторов учитывается увеличением их веса на 50 %. В районах по гололеду II и менее обледенение не учитывается.

Воздействие ветрового давления на гирлянды изоляторов при гололеде не учитывается.

2.5.69. Расчетная нагрузка на опоры ВЛ от веса проводов, тросов, гирлянд изоляторов, конструкций опор по первой и второй группам предельных состояний определяется при расчетах как произведение нормативной нагрузки на коэффициент надежности по весовой нагрузке γ_f , принимаемый равным для проводов, тросов и гирлянд изоляторов 1,05, для конструкций опор - с указаниями строительных норм и правил на нагрузки и воздействия.

2.5.70. Нормативные нагрузки на опоры ВЛ от тяжения проводов и тросов определяются при расчетных ветровых и гололедных нагрузках по 2.5.54 и 2.5.55.

Расчетная горизонтальная нагрузка от тяжения проводов и тросов, T_{max} , свободных от гололеда или покрытых гололедом, при расчете конструкций опор, фундаментов и оснований определяется как произведение нормативной нагрузки от тяжения проводов и тросов на коэффициент надежности по нагрузке от тяжения γ_f , равный:

1,3 - при расчете по первой группе предельных состояний;

1,0 - при расчете по второй группе предельных состояний.

2.5.71. Расчет ВЛ по нормальному режиму работы необходимо производить для сочетания следующих условий:

1. Высшая температура t_+ , ветер и гололед отсутствуют.

2. Низшая температура t_- , ветер и гололед отсутствуют.

3. Среднегодовая температура $t_{\text{ср}}$, ветер и гололед отсутствуют.

4. Провода и тросы покрыты гололедом по 2.5.55, температура при гололеде по 2.5.51, ветер отсутствует.

5. Ветер по 2.5.54, температура при W_0 по 2.5.51, гололед отсутствует.

6. Провода и тросы покрыты гололедом по 2.5.55, ветер при гололеде на провода и тросы по 2.5.54, температура при гололеде по 2.5.51.

7. Расчетная нагрузка от тяжения проводов по 2.5.70.

2.5.72. Расчет ВЛ по аварийному режиму работы необходимо производить для сочетания следующих условий:

1. Среднегодовая температура $t_{\text{ср}}$, ветер и гололед отсутствуют.

2. Низшая температура t_- , ветер и гололед отсутствуют.

3. Провода и тросы покрыты гололедом по 2.5.55, температура при гололеде по 2.5.51, ветер отсутствует.

4. Расчетная нагрузка от тяжения проводов по 2.5.70.

2.5.73. При расчете приближения токоведущих частей к кронам деревьев, элементам опор ВЛ и сооружений необходимо принимать следующие сочетания климатических условий:

1) при рабочем напряжении: расчетная ветровая нагрузка по 2.5.54, температура при W_0 по 2.5.51, гололед отсутствует;

2) при грозовых и внутренних перенапряжениях: температура +15 °С, ветровое давление, равное 0,06 W_0 , но не менее 50 Па;

3) для обеспечения безопасного подъема на опору при наличии напряжения на линии: для ВЛ 500 кВ и ниже - температура минус 15 °С, гололед и ветер отсутствуют; для ВЛ 750 кВ - температура минус 15 °С, ветровое давление 50 Па, гололед отсутствует.

При расчете приближений угол отклонения у поддерживающей гирлянды изоляторов от вертикали определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma = (K_g P + P_{\text{и}} \pm P_o) / (G_{\text{пр}} + 0,5 G_r),$$

где P - расчетная ветровая нагрузка на провода фазы, направленная поперек оси ВЛ (или по биссектрисе угла поворота ВЛ), Н;

K_g - коэффициент инерционности системы «гирлянда - провод в пролете», при отклонениях под давлением ветра принимается равным:

Ветровое давление, Па	До 310	350	425	500	От 615
Коэффициент K_g	1	0,95	0,9	0,85	0,8

Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией;

P_o - горизонтальная составляющая от тяжения проводов на поддерживающую гирлянду промежуточно-угловой опоры (принимается со знаком плюс, если ее направление совпадает с направлением ветра, и со знаком минус, если она направлена в наветренную сторону), Н;

$G_{\text{пр}}$ - расчетная нагрузка от веса провода, воспринимаемая гирляндой изоляторов, Н;

G_r - расчетная нагрузка от веса гирлянды изоляторов, Н;

$P_{\text{и}}$ - расчетная ветровая нагрузка на гирлянды изоляторов, Н, принимаемая по 2.5.64.

2.5.74. Проверку опор ВЛ по условиям монтажа необходимо производить по первой группе предельных состояний на расчетные нагрузки при следующих климатических условиях: температура минус 15 °С, ветровое давление на высоте 15 м над поверхностью земли 50 Па, гололед отсутствует.

Провода и грозозащитные тросы

2.5.75. Воздушные линии могут выполняться с одним или несколькими проводами в фазе, во втором случае фаза называется расщепленной.

Провода расщепленной фазы могут быть изолированы друг от друга.

Диаметр проводов, их сечение и количество в фазе, а также расстояние между проводами расщепленной фазы определяются расчетом.

2.5.76. На проводах расщепленной фазы в пролетах и петлях анкерных опор должны быть установлены дистанционные распорки. Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете на расщепленной фазе из двух или трех проводов, не должны превышать 60 м, а при прохождении ВЛ по местности типа А (2.5.6) - 40 м. Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете на расщепленной фазе из четырех и более проводов, не должны превышать 40 м. При прохождении ВЛ по местности типа С эти расстояния допускается увеличивать до 60 м.

2.5.77. На ВЛ должны применяться многопроволочные провода и тросы. Минимально допустимые сечения проводов приведены в табл. 2.5.5.

Таблица 2.5.5

Минимально допустимые сечения проводов по условиям механической прочности

Характеристика ВЛ	Сечение проводов, мм ²			
	алюминиевых и из нетермо-обработанного алюминиевого сплава	из термо-обработанного алюминиевого сплава	сталеалю-миниевых	стальных
ВЛ без пересечений в районах по гололеду:				
до II	70	50	35/6,2	35
в III-IV	95	50	50/8	35
в V и более	-	-	70/11	35
Пересечения ВЛ с судоходными реками и инженерными сооружениями в районах по гололеду:				
до II	70	50	50/8	35
в III-IV	95	70	50/8	50
в V и более	-	-	70/11	50
ВЛ, сооружаемые на двухцепных или многоцепных опорах:				
до 20 кВ	-	-	70/11	-
35 кВ и выше	-	-	120/19	-

Примечания: 1. В пролетах пересечений с автомобильными дорогами, троллейбусными и трамвайными линиями, железными дорогами необщего пользования допускается применение проводов таких же сечений, как на ВЛ без пересечений.

2. В районах, где требуется применение проводов с антикоррозионной защитой, минимально допустимые сечения проводов принимаются такими же, как и сечения соответствующих марок без антикоррозионной защиты.

2.5.78. Для снижения потерь электроэнергии на перемагничивание стальных сердечников в сталеалюминиевых проводах и в проводах из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником рекомендуется применять провода с четным числом повивов алюминиевых проволок.

2.5.79. В качестве грозозащитных тросов следует, как правило, применять стальные канаты, изготовленные из оцинкованной проволоки для особо жестких агрессивных условий работы (ОЖ) и по способу свивки нераскручивающиеся (Н) сечением не менее:

35 мм² - на ВЛ 35 кВ без пересечений;

35 мм² - на ВЛ 35 кВ в пролетах пересечений с железными дорогами общего пользования и электрифицированными в районах по гололеду I-II;

50 мм² - в остальных районах и на ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах;

50 мм² - на ВЛ 110-150 кВ;

70 мм² - на ВЛ 220 кВ и выше.

Сталеалюминиевые провода или провода из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником в качестве грозозащитного троса рекомендуется применять:

1) на особо ответственных переходах через инженерные сооружения (электрифицированные железные дороги, автомобильные дороги категории IA (2.5.256), судоходные водные преграды и т. п.);

2) на участках ВЛ, проходящих в районах с повышенным загрязнением атмосферы (промышленные зоны с высокой химической активностью уносов, зоны интенсивного земледелия с засоленными почвами и водоемами, побережья морей и т. п.), а также проходящих по населенной и труднодоступной местностям;

3) на ВЛ с большими токами однофазного короткого замыкания по условиям термической стойкости и для уменьшения влияния ВЛ на линии связи.

При этом для ВЛ, сооружаемых на двухцепных или многоцепных опорах, независимо от напряжения суммарное сечение алюминиевой (или алюминиевого сплава) и стальной частей троса должно быть не менее 120 мм².

При использовании грозозащитных тросов для организации многоканальных систем высокочастотной связи при необходимости применяются одиночные или сдвоенные изолированные друг от друга тросы или тросы со встроенным оптическим кабелем связи (2.5.178-2.5.200). Между составляющими сдвоенного троса в пролетах и петлях анкерных опор должны быть установлены дистанционные изолирующие распорки.

Расстояния между распорками в пролете не должны превышать 40 м.

2.5.80. Для сталеалюминиевых проводов с площадью поперечного сечения алюминиевых проволок A и стальных проволок C рекомендуются следующие области применения:

1) районы с толщиной стенки гололеда 25 мм и менее:

A до 185 мм² - при отношении A/C от 6,0 до 6,25;

A от 240 мм² и более - при отношении A/C более 7,71;

2) районы с толщиной стенки гололеда более 25 мм:

A до 95 мм² - при отношении A/C 6,0;

A от 120 до 400 мм² - при отношении A/C от 4,29 до 4,39;

A от 450 мм² и более - при отношении A/C от 7,71 до 8,04;

3) на больших переходах с пролетами более 700 м - отношение A/C более 1,46.

Выбор марок проводов из других материалов обосновывается расчетами.

При сооружении ВЛ в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение проводов от коррозии (побережья морей, соленых озер, промышленные районы и районы засоленных песков, прилежащие к ним районы с атмосферой воздуха типа II и III, а также в местах, где на основании данных изысканий возможны такие разрушения, следует применять провода, которые в соответствии с государственными стандартами и техническими условиями предназначены для указанных условий.

На равнинной местности при отсутствии данных эксплуатации ширину прибрежной полосы, к которой относится указанное требование, следует принимать равной 5 км, а полосы от химических предприятий - 1,5 км.

2.5.81. При выборе конструкции ВЛ, количества составляющих и площади сечения проводов фазы и их расположения необходимо ограничение напряженности электрического поля на поверхности проводов до уровней, допустимых по короне и радиопомехам (см. гл. 1.3).

По условиям короны и радиопомех при отметках до 1 000 м над уровнем моря рекомендуется применять на ВЛ провода диаметром не менее указанных в табл. 2.5.6.

При отметках более 1 000 м над уровнем моря для ВЛ 500 кВ и выше рекомендуется рассматривать целесообразность изменения конструкции средней фазы по сравнению с крайними фазами.

2.5.82. Сечение грозозащитного троса, выбранное по механическому расчету, должно быть проверено на термическую стойкость в соответствии с указаниями гл. 1.4 и 2.5.193, 2.5.195, 2.5.196.

Таблица 2.5.6

Минимальный диаметр проводов ВЛ по условиям короны и радиопомех, мм

Напряжение ВЛ, кВ	Фаза с проводами	
	одиночными	два и более
110	11,4 (AC 70/11)	-
150	15,2 (AC 120/19)	-
220	21,6 (AC 240/32) 24,0 (AC 300/39)	-
330	33,2 (AC 600/72)	2 × 21,6 (2 × AC 240/32) 3 × 15,2 (3 × AC 120/19) 3 × 17,1 (3 × AC 150/24)
500	-	2 × 36,2 (2 × AC 700/86) 3 × 24,0 (3 × AC 300/39) 4 × 18,8 (4 × AC 185/29)
750	-	4 × 29,1 (4 × AC 400/93) 5 × 21,6 (5 × AC 240/32)

Примечания: 1. Для ВЛ 220 кВ минимальный диаметр провода 21,6 мм относится к горизонтальному расположению фаз, а в остальных случаях допустим с проверкой по радиопомехам.

2. Для ВЛ 330 кВ минимальный диаметр провода 15,2 мм (три провода в фазе) относится к одноцепным опорам.

2.5.83. Провода и тросы должны рассчитываться на расчетные нагрузки нормального, аварийного и монтажного режимов ВЛ для сочетаний условий, указанных в 2.5.71-2.5.74.

При этом напряжения в проводах (тросах) не должны превышать допустимых значений, приведенных в табл. 2.5.7.

Указанные в табл. 2.5.7 напряжения следует относить к той точке провода на длине пролета, в которой напряжение наибольшее. Допускается указанные напряжения принимать для низшей точки провода при условии превышения напряжения в точках подвеса не более 5 %.

Таблица 2.5.7

**Допустимое механическое напряжение в проводах
и тросах ВЛ напряжением выше 1 кВ**

Провода и тросы	Допустимое напряжение, % предела прочности при растяжении		Допустимое напряжение, Н/мм ²	
	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре
Алюминиевые с площадью поперечного сечения, мм ² :				
70-95	35	30	56	48
120-240	40	30	64	51
300-750	45	30	72	51
Из нетермообработанного алюминиевого сплава площадью поперечного сечения, мм ² :				
50-95	40	30	83	62
120-185	45	30	94	62
Из термообработанного алюминиевого сплава площадью поперечного сечения, мм ² :				
50-95	40	30	114	85
120-185	45	30	128	85
Сталеалюминиевые площадью поперечного сечения алюминиевой части провода, мм ² :				
400 и 500 при A/C 20,27 и 18,87	45	30	104	69
400, 500 и 1000 при A/C 17,91, 18,08 и 17,85	45	30	96	64
330 при A/C 11,51	45	30	117	78
150-800 при A/C от 7,8 до 8,04	45	30	126	84
35-95 при A/C от 5,99 до 6,02	40	30	120	90
185 и более при A/C от 6,14 до 6,28	45	30	135	90
120 и более при A/C от 4,29 до 4,38	45	30	153	102
500 при A/C 2,43	45	30	205	137
185, 300 и 500 при A/C 1,46	45	30	254	169
70 при A/C 0,95	45	30	272	204
95 при A/C 0,65	40	30	308	231
Из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником площадью поперечного сечения алюминиевого сплава, мм ² :				

500 при A/C 1,46	45	30	292	195
70 при A/C 1,71	45	30	279	186
Стальные провода	50	35	310	216
Стальные канаты	50	35	По стандартам и техническим условиям	
Защищенные провода	40	30	114	85

2.5.84. Расчет монтажных напряжений и стрел провеса проводов (тросов) должен выполняться с учетом остаточных деформаций (вытяжки).

В механических расчетах проводов (тросов) следует принимать физико-механические характеристики, приведенные в табл. 2.5.8.

Таблица 2.5.8

Физико-механические характеристики проводов и тросов

Провода и тросы	Модуль упругости, 10^4 Н/мм ²	Температурный коэффициент линейного удлинения, 10^{-6} град ⁻¹	Предел прочности при растяжении σ_p^* , Н/мм ² , провода и троса в целом
Алюминиевые	6,30	23,0	16
Сталеалюминиевые с отношением площадей поперечных сечений A/C :			
20,27	7,04	21,5	210
16,87-17,82	7,04	21,2	220
11,51	7,45	21,0	240
8,04-7,67	7,70	19,8	270
6,28-5,99	8,25	19,2	290
4,36-4,28	8,90	18,3	340
2,43	10,3	16,8	460
1,46	11,4	15,5	565
0,95	13,4	14,5	690
0,65	13,4	14,5	780
Из нетермообработанного алюминиевого сплава	6,3	23,0	208
Из термообработанного алюминиевого сплава	6,3	23,0	285
Из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с отношением площадей поперечных сечений A/C :			
1,71	11,65	15,83	620
1,46	12,0	15,5	650
Стальные канаты	18,5	12,0	1200**
Стальные провода	20,0	12,0	620
Защищенные провода	6,25	23,0	294

*Предел прочности при растяжении σ_p определяется отношением разрывного усилия провода (троса) P_p , нормированного государственным стандартом или техническими условиями, к площади поперечного сечения s_n , $\sigma_p = P_p/s_n$. Для сталеалюминиевых проводов $s_n = s_A + s_C$.

**Принимается по соответствующим стандартам, но не менее 1200 Н/мм²

2.5.85. Защищать от вибрации следует:

одиночные провода и тросы при длинах пролетов, превышающих значения, приведенные в табл. 2.5.9, и механических напряжениях при среднегодовой температуре, превышающих приведенные в табл. 2.5.10;

Таблица 2.5.9

Длины пролетов для одиночных проводов и тросов, требующих защиты от вибрации

Провода, тросы	Площадь сечения*, мм ²	Пролеты длиной более, м, в местности типа	
		<i>A</i>	<i>B</i>
Сталеалюминиевые, из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником и без него*	35-95	80	95
	120-240	100	120
	300 и более	120	145
Алюминиевые и из нетермообработанного алюминиевого сплава	50-95	60	95
	120-240	100	120
	300 и более	120	145
Стальные	25 и более	120	145

* Приведены площади сечения алюминиевой части.

Таблица 2.5.10

Механические напряжения, Н/мм², одиночных проводов и тросов при среднегодовой температуре $t_{ср}$, требующих защиты от вибрации

Провода, тросы	Тип местности	
	<i>A</i>	<i>B</i>
Сталеалюминиевые марок АС при А/С:		
0,65-0,95	Более 70	Более 85
1,46	» 60	» 70
4,29-4,39	» 45	» 55
6,0-8,05	» 40	» 45
11,5 и более	» 35	» 40
Алюминиевые и из нетермообработанного алюминиевого сплава всех марок	» 35	» 40
Из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником и без него всех марок	» 40	» 45
Стальные всех марок	» 170	» 195

расщепленные провода и тросы из двух составляющих при длинах пролетов, превышающих 150 м, и механических напряжениях, превышающих приведенные в табл. 2.5.11;

Таблица 2.5.11

Механические напряжения, Н/мм², расщепленных проводов и тросов из двух составляющих, при среднегодовой температуре $t_{ср}$, требующих защиты от вибрации

Провода, тросы	Тип местности	
	<i>A</i>	<i>B</i>
Сталеалюминиевые марок АС при А/С:		
0,65-0,95	Более 75	Более 85
1,46	» 65	» 70
4,29-4,39	» 50	» 55
6,0-8,05	» 45	» 50
11,5 и более	» 40	» 45
Алюминиевые и из нетермообработанного алюминиевого сплава всех марок	» 40	» 45
Из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником и без него всех марок	» 45	» 50
Стальные всех марок	» 195	» 215

провода расщепленной фазы из трех и более составляющих при длинах пролетов, превышающих 700 м;

провода ВЛЗ при прохождении трассы на местности типа А, если напряжение в проводе при среднегодовой температуре превышает 40 Н/мм².

В табл. 2.5.9, 2.5.10 и 2.5.11 тип местности принимается согласно 2.5.6.

При длинах пролетов менее указанных в табл. 2.5.9 и в местности типа С защита от вибрации не требуется.

Защищать от вибрации рекомендуется:

провода алюминиевые и из нетермообработанного алюминиевого сплава площадью сечения до 95 мм², из термообработанного алюминиевого сплава и сталеалюминиевые провода площадью сечения алюминиевой части до 70 мм², стальные тросы площадью сечения до 35 мм² - гасителями вибрации петлевого типа (демпфирующие петли) или армирующими спиральными прутками, протекторами, спиральными вязками;

провода (тросы) большего сечения - гасителями вибрации типа Стокбриджа;

провода ВЛЗ в местах их крепления к изоляторам - гасителями вибрации спирального типа с полимерным покрытием.

Гасители вибрации следует устанавливать с обеих сторон пролета.

Для ВЛ, проходящих в особых условиях (районы Крайнего Севера, орографически незащищенные выходы из горных ущелий, отдельные пролеты в местности типа С и др.), защита от вибрации должна производиться по специальному проекту.

Защита от вибрации больших переходов выполняется согласно 2.5.163.

Расположение проводов и тросов и расстояния между ними

2.5.86. На ВЛ может применяться любое расположение проводов на опоре: горизонтальное, вертикальное, смешанное. На ВЛ 35 кВ и выше с расположением проводов в несколько ярусов предпочтительной является схема со смещением проводов соседних ярусов по горизонтали; в районах по гололеду IV и более рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов.

2.5.87. Расстояния между проводами ВЛ, а также между проводами и тросами должны выбираться:

1) по условиям работы проводов (тросов) в пролетах согласно 2.5.88-2.5.94;

2) по допустимым изоляционным расстояниям: между проводами согласно 2.5.126; между проводами и элементами опоры согласно 2.5.125;

3) по условиям защиты от грозовых перенапряжений согласно 2.5.120 и 2.5.121;

4) по условиям короны и допустимых уровней радиопомех и акустических шумов согласно гл. 1.3, 2.5.81, государственным стандартам, строительным нормам и правилам.

Расстояния между проводами, а также между проводами и тросами выбираются по стрелам провеса, соответствующим габаритному пролету; при этом стрела провеса троса должна быть не более стрелы провеса провода.

В отдельных пролетах (не более 10 % общего количества), полученных при расстановке опор и превышающих габаритные пролеты не более чем на 25 %, увеличения расстояний, вычисленных для габаритного пролета, не требуется.

Для пролетов, превышающих габаритные более чем на 25 %, следует производить проверку расстояний между проводами и между проводами и тросами согласно указаниям 2.5.88-2.5.90, 2.5.92-2.5.95, 2.5.120 и 2.5.121, при этом допускается не учитывать требования таблиц приложения.

При различии стрел провеса, конструкций проводов и гирлянд изоляторов в разных фазах ВЛ дополнительно должны проверяться расстояния между проводами (тросами) в пролете. Проверка производится при наиболее неблагоприятных статических отклонениях при нормативном ветровом давлении W_0 , направленном перпендикулярно оси пролета данной ВЛ. При этом расстояния между проводами или проводами и тросами в свету для условий наибольшего рабочего напряжения должны быть не менее указанных в 2.5.125 и 2.5.126.

2.5.88. На ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов при горизонтальном расположении проводов минимальное расстояние между проводами в пролете определяется по формуле

$$d_{\text{гор}} = d_{\text{эл}} + K_{\text{в}} \sqrt{f + \lambda} - \delta,$$

где $d_{\text{гор}}$ - расстояние по горизонтали между неотклоненными проводами (для расщепленных проводов - между ближайшими проводами разных фаз), м;

$d_{\text{эл}}$ - расстояние согласно 2.5.126 для условий внутренних перенапряжений, м;

K_b – коэффициент, значение которого принимается по табл. 2.5.12;
 f - наибольшая стрела провеса при высшей температуре или при гололеде без ветра, соответствующая действительному пролету, м;
 λ - длина поддерживающей гирлянды изоляторов, м:
для пролета, ограниченного анкерными опорами $\lambda = 0$; для пролетов с комбинированными гирляндами изоляторов λ , принимается равной ее проекции на вертикальную плоскость;
для пролетов с различной конструкцией гирлянд изоляторов λ принимается равной полусумме длин гирлянд изоляторов смежных опор;
 δ - поправка на расстояние между проводами, м, принимается равной 0,25 на ВЛ 35 кВ и 0,5 на ВЛ 110 кВ и выше в пролетах, ограниченных анкерными опорами, в остальных случаях $\delta = 0$.

Таблица 2.5.12

Значение коэффициента K_b

$P_{\text{вп}}/P_1$	0,5	1	2	3	5	7	10 и более
K_b	0,65	0,70	0,73	0,75	0,77	0,775	0,78

$P_{\text{вп}}$ - расчетная ветровая нагрузка на провод согласно 2.5.54, Н;
 P_1 - расчетная нагрузка от веса провода, Н.
Для промежуточных значений $P_{\text{вп}}/P_1$, указанных в табл. 2.5.12, K_b определяется линейной интерполяцией.
2.5.89. На ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов при вертикальном расположении проводов минимальное расстояние между неотклоненными проводами в середине пролета определяется по формуле

$$d_{\text{верт}} = (d_{\text{эл}} + K_r \sqrt{f + \lambda} - \delta) / \cos \theta,$$

где $d_{\text{верт}}$ - расстояние между неотклоненными проводами (для расщепленных проводов - между ближайшими проводами разноименных фаз) по вертикали, м;
 $d_{\text{эл}}, f, \lambda, \delta$ - то же, что и в 2.5.88;
 K_r - коэффициент, значение которого принимается по табл. 2.5.13;
 θ - угол наклона прямой, соединяющей точки крепления проводов (тросов), к горизонтали; при углах наклона до 10° допускается принимать $\cos \theta = 1$.

Таблица 2.5.13

Значение коэффициента K_r

Значение стрел провеса, м	Значение коэффициента K_r при отношении $P_{\text{г.п}}/P_1$							
	0,5	1	2	3	4	5	7	10 и более
Менее 12	0,4	0,7	0,9	1,1	1,2	1,25	1,3	1,4
От 12 до 20	0,5	0,85	1,15	1,4	1,5	1,6	1,75	1,9
Выше 20	0,55	0,95	1,4	1,75	2,0	2,1	2,3	2,4

$P_{\text{г.п}}$ - расчетная гололедная нагрузка на провод, Н/м, определяется по 2.5.55;
 P_1 - то же, что и в 2.5.88.
Для промежуточных значений $P_{\text{г.п}}/P_1$, указанных в табл.2.5.13, K_r определяется линейной интерполяцией.
2.5.90. На ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов при смешанном расположении проводов (имеются смещения проводов друг относительно друга как по горизонтали, так и по вертикали) минимальное смещение по горизонтали $d_{\text{гор}}$ (при заданном расстоянии между проводами по вертикали) или минимальное расстояние по вертикали $d_{\text{верт}}$ (при заданном смещении по горизонтали) определяется в середине пролета в зависимости от наименьших расстояний между проводами ВЛ $d_{\text{гор}}$ и $d_{\text{верт}}$, рассчитанных согласно 2.5.88 и 2.5.89 для фактических условий, и принимается в соответствии с табл. 2.5.14 (при $d_{\text{гор}} < d_{\text{верт}}$) или табл. 2.5.15 (при $d_{\text{гор}} > d_{\text{верт}}$).

Таблица 2.5.14

**Соотношения между горизонтальным и вертикальным смещениями проводов
при $d_{гор} < d_{верт}$**

Горизонтальное смещение	0	$0,25d_{гор}$	$0,50d_{гор}$	$0,75d_{гор}$	$d_{гор}$
Вертикальное расстояние	$d_{верт}$	$0,95d_{верт}$	$0,85d_{верт}$	$0,65d_{верт}$	0

Таблица 2.5.15

**Соотношения между горизонтальным и вертикальным смещениями проводов
при $d_{гор} > d_{верт}$**

Вертикальное расстояние	0	$0,25d_{верт}$	$0,50d_{верт}$	$0,75d_{верт}$	$d_{верт}$
Горизонтальное смещение	$d_{гор}$	$0,95d_{гор}$	$0,85d_{гор}$	$0,65d_{гор}$	0

Промежуточные значения смещений и расстояний определяются линейной интерполяцией.
Расстояния, определенные по 2.5.88, 2.5.89, 2.5.90, допускается округлять до 0,1 м для стрел провеса до 4 м, до 0,25 м для стрел провеса 4-12 м и до 0,5 м при стрелах более 12 м.

2.5.91. Выбранные согласно 2.5.89, 2.5.90 расстояния между проводами должны быть также проверены на условия пляски (см. табл. П1-П8 приложения). Из двух расстояний следует принимать наибольшее.

2.5.92. На ВЛ 35 кВ и выше с подвесными изоляторами при непараллельном расположении проводов минимальные расстояния между ними следует определять:

- 1) в середине пролета - в соответствии с 2.5.88-2.5.91;
- 2) на опоре: горизонтальные расстояния $d_{гор}$ - согласно 2.5.88 при стреле провеса провода $f/16$, длине поддерживающей гирлянды изоляторов $\lambda/16$ и $K_b = 1$; вертикальные расстояния $d_{верт}$ - согласно 2.5.89 при стреле провеса $f = 0$ и $K_r = 1$.

Расстояния между проводами ВЛ с металлическими и железобетонными опорами должны также удовлетворять требованиям: на одноцепных опорах - 2.5.125, 2.5.126, на двухцепных опорах - 2.5.95, а на ВЛ с деревянными опорами - требованиям 2.5.123;

- 3) на расстоянии от опоры 0,25 длины пролета: горизонтальные расстояния $d_{гор}$ определяются интерполяцией расстояния на опоре и в середине пролета; вертикальные расстояния $d_{верт}$ принимаются как для середины пролета.

При изменении взаимного расположения проводов в пролете наименьшее расстояние между проводами определяется линейной интерполяцией минимальных расстояний $d_{гор}$ или $d_{верт}$, рассчитанных в точках, ограничивающих первую или вторую четверти пролета от опоры, в которой имеется пересечение.

2.5.93. Расстояния между проводами и тросами определяются согласно 2.5.88—2.5.90 дважды: по параметрам провода и параметрам троса, и из двух расстояний выбирается наибольшее. При этом допускается определять расстояния по фазному напряжению ВЛ.

Выбор расстояний между проводами и тросами по условиям пляски производится по стрелам провеса провода при среднегодовой температуре (см. приложение).

При двух и более тросах на ВЛ выбор расстояний между ними производится по параметрам тросов.

2.5.94. На ВЛ 35 кВ и ниже со штыревыми и стержневыми изоляторами при любом расположении проводов расстояние между ними по условиям их сближения в пролете должно быть не менее значений, определенных по формуле, м,

$$d = d_{эл} + 0,6f,$$

где $d_{эл}$ - то же, что и в 2.5.88;

f - стрела провеса при высшей температуре после вытяжки провода в действительном пролете, м.

При $f > 2$ м расстояние d допускается определять согласно 2.5.88 и 2.5.89 при $\delta = 0$.

Расстояние между проводами на опоре и в пролете ВЛЗ независимо от расположения проводов на опоре и района по гололеду должно быть не менее 0,4 м.

2.5.95. На двухцепных опорах расстояние между ближайшими проводами разных цепей по условию работы проводов в пролете должно удовлетворять требованиям 2.5.88-2.5.91, 2.5.96; при этом указанные расстояния должны быть не менее: 2 м - для ВЛ до 20 кВ со штыревыми и 2,5 м с подвесными изоляторами; 2,5 м - для ВЛ 35 кВ со штыревыми и 3 м с подвесными изоляторами; 4 м - для ВЛ 110 кВ; 5 м - для ВЛ 150 кВ; 6 м - для ВЛ 220 кВ; 7 м - для ВЛ 330 кВ; 8,5 м - для ВЛ 500 кВ и 10 м - для ВЛ 750 кВ.

На двухцепных опорах ВЛЗ расстояние между ближайшими проводами разных цепей должно быть не менее 0,6 м для ВЛЗ со штыревыми изоляторами и 1,5 м - с подвесными изоляторами.

2.5.96. Провода ВЛ разных напряжений выше 1 кВ могут быть подвешены на общих опорах. Допускается подвеска на общих опорах проводов ВЛ до 10 кВ и ВЛ до 1 кВ при соблюдении следующих условий:

- 1) ВЛ до 1 кВ должны выполняться по расчетным условиям ВЛ высшего напряжения;
- 2) провода ВЛ до 10 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1 кВ, причем расстояние между ближайшими проводами ВЛ разных напряжений на опоре, а также в середине пролета при температуре окружающего воздуха плюс 15 °С без ветра должно быть не менее 2 м;
- 3) крепление проводов высшего напряжения на штыревых изоляторах должно быть двойным.

В сетях до 35 кВ с изолированной нейтралью, имеющих участки совместной подвески с ВЛ более высокого напряжения, электромагнитное и электростатическое влияние последних не должно вызывать смещение нейтрали при нормальном режиме сети более 15 % фазного напряжения.

К сетям с заземленной нейтралью, подверженным влиянию ВЛ более высокого напряжения, специальных требований в отношении наведенного напряжения не предъявляется.

Провода ВЛЗ могут быть подвешены на общих опорах с проводами ВЛ 6-20 кВ, а также с проводами ВЛ и ВЛИ* до 1 кВ.

* Здесь и далее ВЛИ - воздушная линия электропередачи с самонесущими изолированными проводами.

Расстояние по вертикали между ближайшими проводами ВЛЗ и ВЛ 6-20 кВ на общей опоре и в пролете при температуре плюс 15 °С без ветра должно быть не менее 1,5 м.

При подвеске на общих опорах проводов ВЛЗ 6-20 кВ и ВЛ до 1 кВ или ВЛИ должны соблюдаться следующие требования:

- 1) ВЛ до 1 кВ или ВЛИ должны выполняться по расчетным условиям ВЛЗ;
- 2) провода ВЛЗ 6-20 кВ должны располагаться выше проводов ВЛ до 1 кВ или ВЛИ;
- 3) расстояние по вертикали между ближайшими проводами ВЛЗ 6-20 кВ и проводами ВЛ до 1 кВ или ВЛИ на общей опоре и в пролете при температуре плюс 15 °С без ветра должно быть не менее 0,4 м для ВЛИ и 1,5 м для ВЛ;
- 4) крепление проводов ВЛЗ 6-20 кВ на штыревых и подвесных изоляторах должно выполняться усиленным.

Изоляторы и арматура

2.5.97. На ВЛ 110 кВ и выше должны применяться подвесные изоляторы, допускается применение стержневых и опорно-стержневых изоляторов.

На ВЛ 35 кВ должны применяться подвесные или стержневые изоляторы. Допускается применение штыревых изоляторов.

На ВЛ 20 кВ и ниже должны применяться:

- 1) на промежуточных опорах - любые типы изоляторов;
- 2) на опорах анкерного типа - подвесные изоляторы, допускается применение штыревых изоляторов в районе по гололеду I и в ненаселенной местности.

2.5.98. Выбор типа и материала (стекло, фарфор, полимерные материалы) изоляторов производится с учетом климатических условий (температуры и увлажнения) и условий загрязнения.

На ВЛ 330 кВ и выше рекомендуется применять, как правило, стеклянные изоляторы; на ВЛ 35 - 220 кВ - стеклянные, полимерные и фарфоровые, преимущество должно отдаваться стеклянным или полимерным изоляторам.

На ВЛ, проходящих в особо сложных для эксплуатации условиях (горы, болота, районы Крайнего Севера и т. п.), на ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах, на ВЛ, питающих тяговые подстанции электрифицированных железных дорог, и на больших переходах независимо от напряжения следует применять стеклянные изоляторы или, при наличии соответствующего обоснования, полимерные.

2.5.99. Выбор количества изоляторов в гирляндах производится в соответствии с гл. 1.9.

2.5.100. Изоляторы и арматура выбираются по нагрузкам в нормальных и аварийных режимах работы ВЛ при климатических условиях, указанных в 2.5.71 и 2.5.72 соответственно.

Горизонтальная нагрузка в аварийных режимах поддерживающих гирлянд изоляторов определяется согласно 2.5.141, 2.5.142 и 2.5.143.

Расчетные усилия в изоляторах и арматуре не должны превышать значений разрушающих нагрузок (механической или электромеханической для изоляторов и механической для арматуры), установленных государственными стандартами и техническими условиями, деленных на коэффициент надежности по материалу γ_m .

Для ВЛ, проходящих в районах со среднегодовой температурой минус 10 °С и ниже или в районах с низшей температурой минус 50 °С и ниже, расчетные усилия в изоляторах и арматуре умножаются на коэффициент условий работы $\gamma_d = 1,4$, для остальных ВЛ $\gamma_d = 1,0$.

2.5.101. Коэффициенты надежности по материалу γ_m для изоляторов и арматуры должны быть не менее:

- 1) в нормальном режиме:
 - при наибольших нагрузках2,5
 - при среднеэксплуатационных нагрузках для изоляторов
 - для поддерживающих гирлянд5,0
 - для натяжных гирлянд6,0
- 2) в аварийном режиме:
 - для ВЛ 500 кВ и 750 кВ2,0
 - для ВЛ 330 кВ и ниже1,8
- 3) в нормальном и аварийных режимах:
 - для крюков и штырей1,1

2.5.102. В качестве расчетного аварийного режима работы двух- и многоцепных поддерживающих и натяжных гирлянд изоляторов с механической связкой между цепями изоляторов (2.5.111) следует принимать обрыв одной цепи. При этом расчетные нагрузки от проводов и тросов принимаются для климатических условий, указанных в 2.5.71 в режимах, дающих наибольшие значения нагрузок, а расчетные усилия в оставшихся в работе цепях изоляторов не должны превышать 90 % механической (электромеханической) разрушающей нагрузки изоляторов.

2.5.103. Конструкции поддерживающих и натяжных гирлянд изоляторов должны обеспечивать возможность удобного производства строительно-монтажных и ремонтных работ.

2.5.104. Крепление проводов к подвесным изоляторам и крепление тросов следует производить при помощи глухих поддерживающих или натяжных зажимов.

Крепление проводов к штыревым изоляторам следует производить проволочными вязками или специальными зажимами.

2.5.105. Радиопомехи, создаваемые гирляндами изоляторов и арматурой при наибольшем рабочем напряжении ВЛ, не должны превышать значения, нормируемые государственными стандартами.

2.5.106. Поддерживающие гирлянды изоляторов ВЛ 750 кВ должны выполняться двухцепными с отдельным креплением к опоре.

2.5.107. Поддерживающие гирлянды изоляторов для промежуточно-угловых опор ВЛ 330 кВ и выше должны выполняться двух-цепными.

2.5.108. На ВЛ 110 кВ и выше в условиях труднодоступной местности рекомендуется применение двухцепных поддерживающих и натяжных гирлянд изоляторов с отдельным креплением к опоре.

2.5.109. В двухцепных поддерживающих гирляндах изоляторов цепи следует располагать вдоль оси ВЛ.

2.5.110. Для защиты проводов шлейфов (петель) от повреждений при соударении с арматурой натяжных гирлянд изоляторов ВЛ с фазами, расщепленными на три провода и более, на них должны быть установлены предохранительные муфты в местах приближения проводов шлейфа к арматуре гирлянды.

2.5.111. Двух- и трехцепные натяжные гирлянды изоляторов следует предусматривать с отдельным креплением к опоре. Допускается натяжные гирлянды с количеством цепей более трех крепить к опоре не менее чем в двух точках.

Конструкции натяжных гирлянд изоляторов расщепленных фаз и их узел крепления к опоре должны обеспечивать отдельный монтаж и демонтаж каждого провода, входящего в расщепленную фазу.

2.5.112. На ВЛ 330 кВ и выше в натяжных гирляндах изоляторов с отдельным креплением цепей к опоре должна быть предусмотрена механическая связка между всеми цепями гирлянды, установленная со стороны проводов.

2.5.113. В натяжных гирляндах изоляторов ВЛ 330 кВ и выше со стороны пролета должна быть установлена экранная защитная арматура.

2.5.114. В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод и трос.

В пролетах пересечения ВЛ с улицами (проездами), инженерными сооружениями, перечисленными в 2.5.231-2.5.268, 2.5.279, водными пространствами одно соединение на провод (трос) допускается:

при сталеалюминиевых проводах с площадью сечения по алюминию 240 мм^2 и более независимо от содержания стали;

при сталеалюминиевых проводах с отношением $A/C \leq 1,49$ для любой площади сечения алюминия;

при стальных тросах с площадью сечения 120 мм^2 и более;

при расщеплении фазы на три сталеалюминиевых провода с площадью сечения по алюминию 150 мм^2 и более.

Не допускается соединение проводов (тросов) в пролетах пересечения ВЛ между собой на пересекающихся (верхних) ВЛ, а также в пролетах пересечения ВЛ с надземными и наземными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов.

2.5.115. Прочность заделки проводов и тросов в соединительных и натяжных зажимах должна составлять не менее 90 % разрывного усилия проводов и канатов при растяжении.

Защита от перенапряжений, заземление

2.5.116. Воздушные линии 110-750 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине.

Сооружение ВЛ 110-500 кВ или их участков без тросов допускается:

1) в районах с числом грозových часов в году менее 20 и в горных районах с плотностью разрядов на землю менее $1,5$ на 1 км^2 в год;

2) на участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами ($\rho > 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$);

3) на участках трассы с расчетной толщиной стенки гололеда более 25 мм;

4) для ВЛ с усиленной изоляцией провода относительно заземленных частей опоры при обеспечении расчетного числа грозových отключений линии, соответствующего расчетному числу грозových отключений ВЛ такого же напряжения с тросовой защитой.

Число грозových отключений линии для случаев, приведенных в пп. 1-3, определенное расчетом с учетом опыта эксплуатации, не должно превышать без усиления изоляции трех в год для ВЛ 110-330 кВ и одного в год - для ВЛ 500 кВ.

Воздушные линии 110-220 кВ, предназначенные для электроснабжения объектов добычи и транспорта нефти и газа, должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине (независимо от интенсивности грозовой деятельности и удельного эквивалентного сопротивления земли).

2.5.117. Защита подходов ВЛ к подстанциям должна выполняться в соответствии с требованиями гл. 4.2.

2.5.118. Для ВЛ до 35 кВ применение грозозащитных тросов не требуется.

На ВЛЗ 6-20 кВ рекомендуется устанавливать устройства защиты изоляции проводов при грозových перекрытиях.

Воздушные линии 110 кВ на деревянных опорах в районах с числом грозových часов до 40, как правило, не должны защищаться тросами, а в районах с числом грозových часов более 40 защита их тросами обязательна.

На ВЛ 6-20 кВ на деревянных опорах по условиям молниезащиты применение металлических траверс не рекомендуется.

2.5.119. Гирлянды изоляторов единичных металлических и железобетонных опор, а также крайних опор участков с такими опорами и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ с деревянными опорами должны защищаться защитными аппаратами, в качестве которых могут использоваться вентильные разрядники (РВ), ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН), трубчатые разрядники (РТ) и искровые промежутки (ИП). Устанавливаемые ИП должны соответствовать требованиям, приведенным в гл. 4.2.

2.5.120. При выполнении защиты ВЛ от грозových перенапряжений тросами необходимо руководствоваться следующим:

1) одностоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более 30° , а опоры с двумя тросами - не более 20° ;

2) на металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам для ВЛ 110-330 кВ должен быть не более 20°, для ВЛ 500 кВ - не более 25°, для ВЛ 750 кВ - не более 22°. В районах по гололеду IV и более и в районах с частой и интенсивной пляской проводов для ВЛ 110-330 кВ допускается угол защиты до 30°;

3) на железобетонных и деревянных опорах порталного типа допускается угол защиты по отношению к крайним проводам не более 30°;

4) при защите ВЛ двумя тросами расстояние между ними на опоре должно быть не более 5-кратного расстояния по вертикали от тросов до проводов, а при высоте подвеса тросов на опоре более 30 м расстояние между тросами должно быть не более 5-кратного расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре, умноженного на коэффициент, равный $5,5/\sqrt{h}$, где h - высота подвеса троса на опоре.

2.5.121. Расстояния по вертикали между тросом и проводом ВЛ в середине пролета без учета отклонения их ветром по условиям защиты от грозовых перенапряжений должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.16 и не менее расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре.

При промежуточных значениях длин пролетов расстояния определяются интерполяцией.

2.5.122. Крепление тросов на всех опорах ВЛ 220-750 кВ должно быть выполнено при помощи изоляторов, шунтированных ИП размером не менее 40 мм.

На каждом анкерном участке длиной до 10 км тросы должны быть заземлены в одной точке путем устройства специальных перемычек на анкерной опоре. При большей длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирается таким, чтобы при наибольшем значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при коротком замыкании (КЗ) на ВЛ, не происходил пробой ИП.

Изолированное крепление троса рекомендуется выполнять стеклянными подвесными изоляторами.

Таблица 2.5.16

Наименьшие расстояния между тросом и проводом в середине пролета

Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м	Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м
100	2,0	700	11,5
150	3,2	800	13,0
200	4,0	900	14,5
300	5,5	1000	16,0
400	7,0	1200	18,0
500	8,5	1500	21,0
600	10,0		

На подходах ВЛ 220-330 кВ к подстанциям на длине 1-3 км и на подходах ВЛ 500-750 кВ на длине 3-5 км, если тросы не используются для емкостного отбора, плавки гололеда или связи, их следует заземлять на каждой опоре (см. также 2.5.192).

На ВЛ 150 кВ и ниже, если не предусмотрена плавка гололеда или организация каналов высокочастотной связи на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах.

На участках ВЛ с неизолированным креплением троса и током КЗ на землю, превышающим 15 кА, а также на подходах к подстанциям заземление троса должно быть выполнено с установкой перемычки, шунтирующей зажим.

При использовании тросов для устройства каналов высокочастотной связи они изолируются от опор на всем протяжении каналов высокочастотной связи и заземляются на подстанциях и усилительных пунктах через высокочастотные заградители.

Количество изоляторов в поддерживающем тросовом креплении Должно быть не менее двух и определяться условиями обеспечения требуемой надежности каналов высокочастотной связи. Количество изоляторов в натяжном тросовом креплении следует принимать удвоенным по сравнению с количеством изоляторов в поддерживающем тросовом креплении.

Изоляторы, на которых подвешен трос, должны быть шунтированы искровым промежутком. Размер ИП выбирается минимально возможным по следующим условиям:

штыревых подвесных	20 20	30 35	40 40	- 100	- 130	- 180	- 260	- 320	- Не нормируется
Внутренние перенапряжения	10	15	30	80	110	160	215	300	450/500*
Обеспечение безопасного подъема на опору без отключения ВЛ	-	-	150	150	200	250	350	450	540/580*
Рабочее напряжение	-	7	10	25	35	55	80	115	160

* В знаменателе - промежуток «провод шлейфа - стойка анкерно-угловой опоры», в числителе - все промежутки, кроме промежутка «провод - опора» для средней фазы, который должен быть не менее 480 см.

При других, более низких значениях расчетной кратности внутренних перенапряжений допустимые изоляционные расстояния по ним пересчитываются пропорционально.

Изоляционные расстояния по воздуху между токоведущими частями и деревянной опорой, не имеющей заземляющих спусков, допускается уменьшать на 10 %, за исключением расстояний, выбираемых по условию безопасного подъема на опору.

При прохождении ВЛ в горных районах наименьшие изоляционные расстояния по рабочему напряжению и по внутренним перенапряжениям должны быть увеличены по сравнению с приведенными в табл. 2.5.17 на 1 % на каждые 100 м выше 1000 м над уровнем моря.

2.5.126. Наименьшие расстояния на опоре между проводами ВЛ в месте их пересечения между собой при транспозиции, ответвлениях, переходе с одного расположения проводов на другое должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.18.

2.5.127. Дополнительные требования к защите от грозových перенапряжений ВЛ при пересечении их между собой и при пересечении ими различных сооружений приведены в 2.5.229, 2.5.238, 2.5.267.

Таблица 2.5.18

Наименьшее расстояние между фазами на опоре

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ							
	До 10	20	35	110	150	220	330	500
Грозовые перенапряжения	20	45	50	135	175	250	310	400
Внутренние перенапряжения	22	33	44	100	140	200	280	420
Наибольшее рабочее напряжение	10	15	20	45	60	95	140	200

* При значениях расчетной кратности внутренних перенапряжений менее 2,1 допустимые изоляционные расстояния пересчитываются пропорционально.

2.5.128. На двухцепных ВЛ 110 кВ и выше, защищенных тросом, для снижения количества двухцепных грозových перекрытий допускается усиление изоляции одной из цепей на 20-30 % по сравнению с изоляцией другой цепи.

2.5.129. На ВЛ должны быть заземлены:

- 1) опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства молниезащиты;
- 2) железобетонные и металлические опоры ВЛ 3-35 кВ;
- 3) опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другие аппараты;
- 4) металлические и железобетонные опоры ВЛ 110-500 кВ без тросов и других устройств молниезащиты, если это необходимо по условиям обеспечения работы релейной защиты и автоматики.

Деревянные опоры и деревянные опоры с металлическими траверсами ВЛ без грозозащитных тросов или других устройств молниезащиты не заземляются.

Сопrotивления заземляющих устройств опор, приведенных в п. 1, при их высоте до 50 м должны быть не более приведенных в табл. 2.5.19; при высоте опор более 50 м - в 2 раза ниже по сравнению с приведенными в табл. 2.5.19. На двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, независимо от напряжения линии и высоты опор, рекомендуется снижать сопротивления заземляющих устройств в 2 раза по сравнению с приведенными в табл. 2.5.19.

Таблица 2.5.19

Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ

Удельное эквивалентное сопротивление грунта ρ , Ом·м	Наибольшее сопротивление заземляющего устройства, Ом
До 100	10
Более 100 до 500	15
Более 500 до 1000	20
Более 1000 до 5000	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

Допускается превышение сопротивлений заземления части опор по сравнению с нормируемыми значениями, если имеются опоры с пониженными значениями сопротивлений заземления, а ожидаемое число грозových отключений не превышает значений, получаемых при выполнении требований табл. 2.5.19 для всех опор ВЛ.

Для опор горных ВЛ, расположенных на высотах более 700 м над уровнем моря, указанные в табл. 2.5.19 значения сопротивлений заземления могут быть увеличены в 2 раза. Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в п. 2 для ВЛ 3-20 кВ, проходящих в населенной местности, а также всех ВЛ 35 кВ должны быть не более приведенных в табл. 2.5.19: для ВЛ 3-20 кВ в ненаселенной местности в грунтах с удельным сопротивлением ρ до 100 Ом·м - не более 30 Ом, а в грунтах с ρ выше 100 Ом·м - не более $0,3 \rho$ Ом.

Сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 110 кВ и выше, указанных в п. 3, должны быть не более приведенных в табл. 2.5.19, а для ВЛ 3-35 кВ не должны превышать 30 Ом.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в п. 4, определяются при проектировании ВЛ.

Для ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, выполненных по условиям молниезащиты, должны обеспечиваться при отсоединенном тросе, а по остальным условиям - при неотсоединенном тросе.

Сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ должны обеспечиваться и измеряться при токах промышленной частоты в период их наибольших значений в летнее время. Допускается производить измерение в другие периоды с корректировкой результатов путем введения сезонного коэффициента, однако не следует производить измерение в период, когда на значение сопротивления заземляющих устройств оказывает существенное влияние промерзание грунта.

Место присоединения заземляющего устройства к железобетонной опоре должно быть доступно для выполнения измерений.

2.5.130. Железобетонные фундаменты опор ВЛ 110 кВ и выше могут быть использованы в качестве естественных заземлителей (исключение 2.5.131 и 2.5.253) при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента и отсутствии гидроизоляции железобетона полимерными материалами.

Битумная обмазка на железобетонных опорах и фундаментах не влияет на их использование в качестве естественных заземлителей.

2.5.131. При прохождении ВЛ 110 кВ и выше в местности с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и тому подобными грунтами с удельным сопротивлением $\rho \leq 1000$ Ом·м следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков в качестве естественных заземлителей без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой искусственных заземлителей. В грунтах с более высоким удельным сопротивлением естественная проводимость железобетонных фундаментов не должна учитываться, а требуемое значение сопротивления заземляющего устройства должно обеспечиваться только применением искусственных заземлителей.

Требуемые сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 35 кВ должны обеспечиваться применением искусственных заземлителей, а естественная проводимость фундаментов, подземных частей опор и пасынков (приставок) при расчетах не должна учитываться.

2.5.132. Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников следует использовать те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, металлические элементы которых соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю.

В качестве заземляющего проводника вне стойки или внутри может быть проложен при необходимости специальный проводник. Элементы арматуры, используемые для заземления, должны удовлетворять термической стойкости при протекании токов КЗ. За время КЗ стержни должны нагреваться не более чем на 60 °С.

Оттяжки железобетонных опор должны использоваться в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре.

Тросы, заземляемые согласно 2.5.122, и детали крепления гирлянд изоляторов к траверсе железобетонных опор должны быть металлически соединены с заземляющим спуском или заземленной арматурой.

2.5.133. Сечение каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛ должно быть не менее 35 мм², а для однопроволочных спусков диаметр должен быть не менее 10 мм (сечение 78,5 мм²). Количество спусков должно быть не менее двух.

Для районов со среднегодовой относительной влажностью воздуха 60 % и более, а также при средне- и сильноагрессивных степенях воздействия среды заземляющие спуски у места их входа в грунт должны быть защищены от коррозии в соответствии с требованиями строительных норм и правил.

В случае опасности коррозии заземлителей следует увеличивать их сечение или применять оцинкованные заземлители.

На ВЛ с деревянными опорами рекомендуется болтовое соединение заземляющих спусков; на металлических и железобетонных опорах соединение заземляющих спусков может быть выполнено как болтовым, так и сварным.

2.5.134. Заземлители опор ВЛ, как правило, должны находиться на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле - 1 м. В случае установки опор в скальных грунтах допускается прокладка лучевых заземлителей непосредственно под разборным слоем над скальными породами при толщине слоя не менее 0,1 м. При меньшей толщине этого слоя или его отсутствии рекомендуется прокладка заземлителей по поверхности скалы с заливкой их цементным раствором.

Опоры и фундаменты

2.5.135. Опоры ВЛ разделяются на два основных вида: анкерные опоры, полностью воспринимающие тяжение проводов и тросов в смежных с опорой пролетах, и промежуточные, которые не воспринимают тяжение проводов или воспринимают его частично. На базе анкерных опор могут выполняться концевые и транспозиционные опоры. Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми и угловыми.

В зависимости от количества подвешиваемых на них цепей опоры разделяются на одноцепные, двухцепные и многоцепные.

Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками.

Промежуточные опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции; анкерные опоры должны быть жесткими. Допускается применение анкерных опор гибкой конструкции для ВЛ до 35 кВ.

К опорам жесткой конструкции относятся опоры, отклонение верха которых (без учета поворота фундаментов) при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний не превышает 1/100 высоты опоры. При отклонении верха опоры более 1/100 высоты опоры относятся к опорам гибкой конструкции.

Опоры анкерного типа могут быть нормальной и облегченной конструкции (см. 2.5.145).

2.5.136. Анкерные опоры следует применять в местах, определяемых условиями работ на ВЛ при ее сооружении и эксплуатации, а также условиями работы конструкции опоры.

Требования к применению анкерных опор нормальной конструкции устанавливаются настоящей главой.

На ВЛ 35 кВ и выше расстояние между анкерными опорами должно быть не более 10 км, а на ВЛ, проходящих в труднодоступной местности и в местности с особо сложными природными условиями, - не более 5 км.

На ВЛ 20 кВ и ниже с проводами, закрепленными на штыревых изоляторах, расстояние между анкерными опорами не должно превышать 1,5 км в районах по гололеду I-III и 1 км в районах по гололеду IV и более.

На ВЛ 20 кВ и ниже с подвесными изоляторами расстояние между анкерными опорами не должно превышать 3 км.

На ВЛ, проходящих по горной или сильно пересеченной местности в районах по гололеду III и более, рекомендуется устанавливать опоры анкерного типа на перевалах и в других точках, резко возвышающихся над окружающей местностью.

2.5.137. Предельные состояния, по которым производится расчет опор, фундаментов и оснований ВЛ, подразделяются на две группы.

Первая группа включает предельные состояния, которые ведут к потере несущей способности элементов или к полной непригодности их в эксплуатации, т. е. к их разрушению любого характера. К этой группе относятся состояния при наибольших внешних нагрузках и при низшей температуре, т. е. при условиях, которые могут привести к наибольшим изгибающим или крутящим моментам на опоры, наибольшим сжимающим или растягивающим усилиям на опоры и фундаменты.

Вторая группа включает предельные состояния, при которых возникают недопустимые деформации, перемещения или отклонения элементов, нарушающие нормальную эксплуатацию, к этой группе относятся состояния при наибольших прогибах опор.

Метод расчета по предельным состояниям имеет целью не допускать, с определенной вероятностью, наступления предельных состояний первой и второй групп при эксплуатации, а также первой группы при производстве работ по сооружению ВЛ.

2.5.138. Нагрузки, воздействующие на строительные конструкции ВЛ, в зависимости от продолжительности действия подразделяются на постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые).

К постоянным нагрузкам относятся:

собственный вес проводов, тросов, строительных конструкций, гирлянд изоляторов, линейной арматуры; тяжение проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда; воздействие предварительного напряжения конструкций, а также нагрузки от давления воды на фундаменты в руслах рек.

К длительным нагрузкам относятся:

нагрузки, создаваемые воздействием неравномерных деформаций оснований, не сопровождающихся изменением структуры грунта, а также воздействием усадки и ползучести бетона.

К кратковременным нагрузкам относятся:

давление ветра на провода, тросы и опоры - свободные от гололеда и покрытые гололедом; вес отложений гололеда на проводах, тросах, опорах; тяжение проводов и тросов сверх их значений при среднегодовой температуре; нагрузки от давления воды на опоры и фундаменты в поймах рек и от давления льда; нагрузки, возникающие при изготовлении и перевозке конструкций, а также при монтаже строительных конструкций, проводов и тросов.

К особым нагрузкам относятся:

нагрузки, возникающие при обрыве проводов и тросов, а также нагрузки при сейсмических воздействиях.

2.5.139. Опоры, фундаменты и основания ВЛ должны рассчитываться на сочетания расчетных нагрузок нормальных режимов по первой и второй группам предельных состояний и аварийных и монтажных режимов ВЛ по первой группе предельных состояний.

Расчет опор, фундаментов и оснований фундаментов на прочность и устойчивость должен производиться на нагрузки первой группы предельных состояний.

Расчет опор, фундаментов и их элементов на выносливость и по деформациям производится на нагрузки второй группы предельных состояний.

Расчет оснований по деформациям производится на нагрузки второй группы предельных состояний без учета динамического воздействия порывов ветра на конструкцию опоры.

Опоры, фундаменты и основания должны рассчитываться также на нагрузки и воздействия внешней среды в конкретных условиях (воздействие размывающего действия воды, давления волн, навалов льда, давления грунта и т. п.), которые принимаются в соответствии со строительными нормами и правилами или другими нормативными документами.

Дополнительно учитывается следующее:

возможность временного усиления отдельных элементов конструкций в монтажных режимах;

расчет железобетонных опор и фундаментов по раскрытию трещин в нормальных режимах производится на нагрузки второй группы предельных состояний, причем кратковременные нагрузки снижаются на 10 %; при использовании опор и фундаментов в условиях агрессивной среды снижение кратковременных нагрузок не производится;

отклонение верха опоры при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний не должно приводить к нарушению установленных настоящими Правилами наименьших изоляционных расстояний от токоведущих частей (проводов) до заземленных элементов опоры и до поверхности земли и пересекаемых инженерных сооружений;

расчет опор гибкой конструкции производится по деформированной схеме (с учетом дополнительных усилий, возникавших от весовых нагрузок при деформациях опоры, для первой и второй групп предельных состояний);

расчет опор, устанавливаемых в районах с сейсмичностью свыше 6 баллов, на воздействие сейсмических нагрузок должен выполняться в соответствии со строительными нормами и правилами по строительству в сейсмических районах; при этом расчетные нагрузки от веса гололеда, от тяжения проводов и тросов в нормальных режимах умножаются на коэффициент сочетаний $\psi = 0,8$.

2.5.140. Опоры должны рассчитываться в нормальном режиме по первой и второй группам предельных состояний на сочетания условий, указанных в 2.5.71 пп. 4, 5, 6 и в 2.5.73 пп. 1, 2, 3.

Опоры анкерного типа и промежуточные угловые опоры должны рассчитываться также на условия 2.5.71 п. 2, если тяжение проводов или тросов в этом режиме больше, чем в режиме наибольших нагрузок.

Анкерные опоры должны быть рассчитаны на разность тяжений проводов и тросов, возникающую вследствие неравенства значений приведенных пролетов по обе стороны опоры. При этом условия для расчета разности тяжений устанавливаются при разработке конструкции опор.

Концевые опоры должны рассчитываться также на одностороннее тяжение всех проводов и тросов.

Двухцепные опоры во всех режимах должны быть рассчитаны также для условий, когда смонтирована только одна цепь.

2.5.141. Промежуточные опоры ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов и глухими зажимами должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на расчетные условные горизонтальные статические нагрузки $T_{ав}$.

Расчет производится при следующих условиях:

1) оборваны провод или провода одной фазы одного пролета (при любом числе проводов на опоре), тросы не оборваны;

2) оборван один трос пролета (для расщепленного троса - все его составляющие), провода не оборваны.

Условные нагрузки прикладываются в местах крепления той фазы или того троса, при обрыве которых усилия в рассчитываемых элементах получаются наибольшими. При этом принимаются сочетания условий, указанных в 2.5.72 п. 1.

2.5.142. Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка $T_{ав}$ от проводов на опоры принимается равной:

1) на ВЛ с нерасщепленными фазами:

для свободностоящих металлических опор, опор из любого материала на оттяжках, А-образных и других типов жестких опор с проводами площадью сечения алюминиевой части до $185 \text{ мм}^2 - 0,5T_{\max}$, площадью сечения алюминиевой части 205 мм^2 и более - $0,4T_{\max}$;

для железобетонных свободностоящих опор с проводами площадью сечения алюминиевой части до $185 \text{ мм}^2 - 0,3T_{\max}$, площадью сечения алюминиевой части 205 мм^2 и более - $0,25T_{\max}$;

для деревянных свободностоящих опор с проводами площадью сечения алюминиевой части до $185 \text{ мм}^2 - 0,25T_{\max}$; сечения алюминиевой части 205 мм^2 и более $0,2T_{\max}$,

где T_{\max} - наибольшая расчетная нагрузка от тяжения проводов (см. 2.5.70);

для других типов опор (опор из новых материалов, металлических гибких опор и т.п.) - в зависимости от гибкости рассчитываемых опор в пределах, указанных выше;

2) на ВЛ напряжением до 330 кВ с расщепленными фазами путем умножения значений, указанных в п. 1 для нерасщепленных фаз, на дополнительные коэффициенты: 0,8 - при расщеплении на два провода; 0,7 - на три провода и 0,6 - на четыре провода.

На ВЛ 500 кВ с расщеплением на три и более проводов в фазе - $0,15T_{\max}$, но не менее 18 кН.

На ВЛ 750 кВ с расщеплением на четыре и более проводов в фазе - 27 кН.

В расчетах допускается учитывать поддерживающее действие необорванных проводов и тросов при среднегодовой температуре без гололеда и ветра. При этом расчетные условные нагрузки следует определять как в п. 1 настоящего параграфа, а механические напряжения, возникающие в поддерживающих проводах и тросах, не должны превышать 70 % их разрывного усилия.

При применении средств, ограничивающих передачу продольной нагрузки на промежуточную опору (многороликовые подвесы, а также другие средства), расчет следует производить на нагрузки, возникающие при использовании этих средств, но не более расчетных условных нагрузок, принимаемых при подвеске проводов в глухих зажимах.

2.5.143. Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка на промежуточные опоры $T_{ав}$ от тросов принимается равной:

- 1) от одиночного троса - $0,5T_{max}$;
- 2) от расщепленного троса (из двух составляющих) - $0,4 T_{max}$, но не менее 20 кН, где T_{max} - наибольшая расчетная нагрузка от тяжения тросов (см. 2.5.70).

2.5.144. Промежуточные опоры со штыревыми изоляторами должны рассчитываться в аварийном режиме на обрыв одного провода, дающего наибольшие усилия в элементах опоры с учетом гибкости опор и поддерживающего действия необорванных проводов. Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка $T_{ав}$ для стоек и приставок принимается равной $0,3T_{max}$, но не менее 3 кН; для остальных элементов опоры - $0,15T_{max}$, но не менее 1,5 кН, где T_{max} - то же, что и в 2.5.142.

2.5.145. Опоры анкерного типа должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на обрыв техпроводов и тросов, при обрыве которых усилия в рассматриваемых элементах получаются наибольшими.

Расчет производится на следующие условия:

1) для опор ВЛ с алюминиевыми и стальными проводами всех сечений, проводами из алюминиевых сплавов всех сечений, сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с площадью сечения алюминиевой части для обоих типов проводов до 150 мм^2 :

а) оборваны провода двух фаз одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные нормальные опоры);

б) оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные облегченные и концевые опоры);

2) для опор ВЛ со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником площадью сечения алюминиевой части для обоих типов проводов 185 мм^2 и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов: оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные нормальные и концевые опоры);

3) для опор ВЛ независимо от марок и сечений подвешиваемых проводов: оборван один трос одного пролета (при расщепленном тросе - все составляющие), провода не оборваны. Сочетания климатических условий принимаются согласно 2.5.72 пп. 2 и 3.

2.5.146. Опоры анкерного типа должны проверяться в монтажном режиме по первой группе предельных состояний на следующие условия:

1) в одном пролете смонтированы все провода и тросы, в другом пролете провода и тросы не смонтированы. Тяжение в смонтированных проводах и тросах принимается равным $0,6T_{max}$, где T_{max} - наибольшее расчетное горизонтальное тяжение проводов и тросов (см. 2.5.70). При этом сочетания климатических условий принимаются по 2.5.74.

В этом режиме металлические опоры и их крепления должны иметь требуемую нормами прочность без установки временных оттяжек;

2) в одном из пролетов при любом числе проводов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются провода одной цепи, тросы не смонтированы;

3) в одном из пролетов при любом числе тросов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются тросы, провода не смонтированы.

При проверках по пп. 2 и 3 допускается предусматривать временное усиление отдельных элементов опор и установку временных оттяжек.

2.5.147. Опоры ВЛ должны проверяться на расчетные нагрузки, соответствующие способу монтажа, принятому проектом, с учетом составляющих от усилий тягового троса, веса монтируемых проводов (тросов), изоляторов, монтажных приспособлений и монтера с инструментами.

Узел крепления каждого провода (проушина, диафрагма и др.) при раздельном креплении проводов расщепленной фазы должен рассчитываться с учетом перераспределения нагрузки от оборванной цепи подвески на оставшиеся провода фазы.

Элементы опоры должны выдерживать вертикальную нагрузку от веса монтера с инструментами, расчетное значение которой равно 1,3 кН в сочетании с нагрузками нормального режима от проводов и тросов, свободных от гололеда, при среднегодовой температуре, а также с нагрузками аварийного и монтажного режимов.

Расчетные нагрузки на опоры от веса монтируемых проводов (тросов) при климатических условиях согласно 2.5.74 и гирлянд изоляторов в условиях равнинной местности рекомендуется принимать:

1) на промежуточных опорах - равными удвоенному весу пролета проводов (тросов) без гололеда и гирлянды изоляторов, исходя из возможности подъема монтируемых проводов (тросов) и гирлянды через один блок;

2) на анкерных опорах и промежуточных опорах, при ограничении последними монтажного участка, - с учетом усилия в тяговом тросе, определяемого из условия расположения тягового механизма на расстоянии $2,5h$ от опоры, где h - высота подвеса провода средней фазы на опоре.

При установке тягового механизма в условиях пересеченной местности необходимо дополнительно учитывать усилие от наклона тягового троса с учетом разности высотных отметок точки подвеса провода и тягового механизма.

Расчетная вертикальная нагрузка от веса монтера и монтажных приспособлений, прикладываемая в месте крепления гирлянд изоляторов, для опор ВЛ 500 - 750 кВ принимается равной 3,25 кН, для опор анкерного типа ВЛ до 330 кВ с подвесными изоляторами - 2,6 кН, для промежуточных опор ВЛ до 330 кВ с подвесными изоляторами - 1,95 кН, для опор со штыревыми изоляторами - 1,3 кН.

2.5.148. Конструкции опор должны обеспечивать на отключенной ВЛ, а на ВЛ 110 кВ и выше и при наличии на ней напряжения:

1) производство их технического обслуживания и ремонтных работ; 2) удобные и безопасные подъем персонала на опору от уровня земли до вершины опоры и его перемещение по элементам опоры (стойкам, траверсам, тросостойкам, подкосам и др.). На опоре и ее элементах должна предусматриваться возможность крепления специальных устройств и приспособлений для выполнения эксплуатационных и ремонтных работ.

2.5.149. Для подъема персонала на опору должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

1) на каждой стойке металлических опор высотой до вершины до 20 м при расстояниях между точками крепления решетки к поясам стойки (ствола) более 0,6 м или при наклоне решетки к горизонтали более 30° , а для опор высотой более 20 и менее 50 м независимо от расстояний между точками крепления решетки и угла ее наклона должны быть выполнены специальные ступеньки (степ-болты) на одном поясе или лестницы без ограждения, достигающие до отметки верхней траверсы.

Конструкция тросостойки на этих опорах должна обеспечивать удобный подъем или иметь специальные ступеньки (степ-болты);

2) на каждой стойке металлических опор высотой до вершины опоры более 50 м должны быть установлены лестницы с ограждениями, достигающие до вершины опоры. При этом через каждые 15 м по вертикали должны быть выполнены площадки (трапы) с ограждениями. Трапы с ограждениями должны выполняться также на траверсах этих опор. На опорах со шпренгельными траверсами должна быть обеспечена возможность держаться за тягу при перемещении по траверсе;

3) на железобетонных опорах любой высоты должна быть обеспечена возможность подъема на нижнюю траверсу с телескопических вышек, по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств. Для подъема по железобетонной центрифугированной стойке выше нижней траверсы на опорах ВЛ 35-750 кВ должны быть предусмотрены стационарные лазы (лестницы без ограждений и т. п.).

Для подъема по железобетонной вибрированной стойке ВЛ 35 кВ и ниже, на которой установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты, должна быть предусмотрена возможность крепления инвентарных лестниц или специальных инвентарных подъемных устройств. На железобетонные вибрированные стойки, на которых вышеуказанное электрооборудование не устанавливается, это требование не распространяется.

Удобный подъем на тросостойки и металлические вертикальные части стоек железобетонных опор ВЛ 35-750 кВ должны обеспечивать их конструкция или специальные ступеньки (степ-болты);

4) железобетонные опоры, не допускающие подъема по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств (опоры с оттяжками или внутренними связями, закрепленными на стойке ниже нижней траверсы и т.п.), должны быть снабжены стационарными лестницами без ограждений, достигающими до нижней траверсы.

Выше нижней траверсы должны быть выполнены устройства, указанные в первом абзаце п. 3).

Большие переходы

2.5.150. Участок большого перехода должен быть ограничен концевыми опорами (концевыми устройствами в виде бетонных якорей и др.), выделяющими большой переход в самостоятельную часть ВЛ, прочность и устойчивость которой не зависят от влияния смежных участков ВЛ.

2.5.151. В зависимости от типа крепления проводов опоры, устанавливаемые между концевыми (К) опорами (устройствами), могут быть:

1) промежуточными (П) - с креплением всех проводов на опоре с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов;

2) анкерными (А) - с креплением всех проводов на опоре с помощью натяжных гирлянд изоляторов;

3) комбинированными (ПА) - со смешанным креплением проводов на опоре с помощью как поддерживающих, так и натяжных гирлянд изоляторов.

2.5.152. Переходные опоры, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными концевыми. Допускается применение промежуточных опор и анкерных опор облегченного типа для переходов со сталеалюминиевыми проводами или проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с сечением алюминиевой части для обоих типов проводов 120 мм^2 и более или стальными канатами типа ТК в качестве проводов с сечением канатов 50 мм^2 и более. При этом количество промежуточных опор между концевыми опорами должно соответствовать требованиям 2.5.153.

2.5.153. В зависимости от конкретных условий могут применяться следующие схемы переходов:

1) однопролетные на концевых опорах К-К;

2) двухпролетные с опорами К-П-К, К-ПА-К;

3) трехпролетные с опорами К-П-П-К, К-ПА-ПА-К;

4) четырехпролетные с опорами К-П-П-П-К, К-ПА-ПА-ПА-К (только для нормативной толщины стенки гололеда 15 мм и менее и длин переходных пролетов не более 1100 м);

5) многопролетные с опорами К-А...А-К;

6) при применении опор П или ПА переход должен быть разделен опорами А на участки с числом опор П или ПА на каждом участке не более двух, т. е. К-П-П-А...А-П-П-К, К-ПА-ПА-А...А-ПА-ПА-К (или не более трех по п. 4).

2.5.154. Ветровое давление на провода и тросы больших переходов через водные пространства определяется согласно 2.5.44, но с учетом следующих дополнительных требований.

1. Для перехода, состоящего из одного пролета, высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов определяется по формуле

$$h_{\text{пр}} = \frac{h_{\text{ср1}} + h_{\text{ср2}}}{2} - \frac{2}{3} f,$$

где $h_{\text{ср1}}$, $h_{\text{ср2}}$ - высота крепления тросов или средняя высота крепления проводов к изоляторам на опорах перехода, отсчитываемая от меженного уровня реки, нормального горизонта пролива, канала, водохранилища, а для пересечений ущелий, оврагов и других препятствий - от отметки земли в местах установки опор, м;

f - стрела провеса провода или троса при высшей температуре в середине пролета, м.

2. Для перехода, состоящего из нескольких пролетов, ветровое давление на провода или тросы определяется для высоты $h_{\text{пр}}$, соответствующей средневзвешенной высоте приведенных центров тяжести проводов или тросов во всех пролетах и вычисляемой по формуле

$$h_{\text{пр}} = \frac{h_{\text{пр1}}l_1 + h_{\text{пр2}}l_2 + \dots + h_{\text{прn}}l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где $h_{\text{пр1}}$, $h_{\text{пр2}}$, ..., $h_{\text{прn}}$ - высоты приведенных центров тяжести проводов или тросов над меженным уровнем реки, нормальным горизонтом пролива, канала, водохранилища в каждом из пролетов, а для пересечений ущелий, оврагов и других препятствий - над среднеарифметическим значением отметок земли в местах установки опор, м.

При этом, если пересекаемое водное пространство имеет высокий незатопляемый берег, на котором расположены как переходные, так и смежные с ними опоры, то высоты приведенных центров тяжести в пролете, смежном с переходным, отсчитываются от отметки земли в этом пролете;

l_1 , l_2 , ..., l_n - длины пролетов, входящих в переход, м.

Нормативное ветровое давление на провода, тросы и конструкции опор больших переходов, сооружаемых в местах, защищенных от поперечных ветров, уменьшать не допускается.

2.5.155. Переходы могут выполняться одноцепными и двухцепными.

Двухцепными рекомендуется выполнять переходы в населенной местности, в районах промышленной застройки, а также при потребности в перспективе второго перехода в ненаселенной или труднодоступной местности.

2.5.156. На одноцепных переходах для ВЛ 330 кВ и ниже рекомендуется применять треугольное расположение фаз, допускается горизонтальное расположение фаз; для ВЛ 500-750 кВ следует, как правило, применять горизонтальное расположение фаз.

2.5.157. На двухцепных переходах ВЛ до 330 кВ рекомендуется расположение проводов в трех ярусах, допускается также расположение проводов в двух ярусах. На двухцепных переходах ВЛ 500 кВ рекомендуется применение опор анкерного типа с расположением проводов в одном (горизонтальном) или в двух ярусах.

2.5.158. Расстояния между проводами, а также между проводами и тросами из условий работы в пролете должны выбираться в соответствии с 2.5.88 - 2.5.92 с учетом дополнительных требований:

1) значение коэффициента K_r в табл. 2.5.13 необходимо увеличивать на: 0,2 - при отношении нагрузок $P_{г.п}/P_I$ в интервале от 2 до 6,99; 0,4 - при отношении нагрузок $P_{г.п}/P_I$ равном 7 и более;

2) расстояния между ближайшими фазами одноцепных и двухцепных ВЛ должны также удовлетворять требованиям 2.5.159, 2.5.160.

2.5.159. Для обеспечения нормальной работы проводов в пролете в любом районе по пляске проводов, при расположении их в разных ярусах, расстояния между соседними ярусами промежуточных переходных опор высотой более 50 м и смещение по горизонтали должны быть:

Расстояния, м, не менее	7,5	8	9	11	14	18
Смещение по горизонтали, м, не менее	2	2	2,5	3,5	5	7
ВЛ натяжением, кВ	35-110	150	220	330	500	750

2.5.160. На двухцепных опорах расстояние между осями фаз разных цепей должно быть не менее указанных ниже:

Расстояние между осями фаз, м	8	9	10	12	15	19
ВЛ напряжением, кВ	35-110	150	220	330	500	750

2.5.161. На переходах с пролетами, превышающими пролеты основной линии не более чем в 1,5 раза, рекомендуется проверять целесообразность применения провода той же марки, что и на основной линии. На переходах ВЛ до 110 кВ рекомендуется проверять целесообразность применения в качестве проводов стальных канатов, если это позволяет электрический расчет проводов.

На переходах с расщепленными фазами рекомендуется рассматривать фазы с меньшим количеством проводов больших сечений с проверкой проводов на нагрев.

2.5.162. В качестве грозозащитных тросов следует применять стальные канаты и сталеалюминиевые провода по 2.5.79.

В случае использования грозозащитных тросов для организации каналов высокочастотной связи рекомендуется применение в качестве тросов проводов из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником и сталеалюминиевых проводов, а также тросов со встроенными оптическими кабелями.

2.5.163. Одиночные и расщепленные провода и тросы должны быть защищены от вибрации установкой с каждой стороны переходного пролета длиной до 500 м - одного гасителя вибрации на каждом проводе и тросе и длиной от 500 до 1500 м - не менее двух разнотипных гасителей вибрации на каждом проводе и тросе.

Защита от вибрации проводов и тросов в пролетах длиной более 1500 м, а также независимо от длины пролета для проводов диаметром более 38 мм и проводов с тяжением при среднегодовой температуре более 180 кН должна производиться по специальному проекту.

2.5.164. На переходах ВЛ должны применяться, как правило, стеклянные изоляторы.

2.5.165. Количество изоляторов в гирляндах переходных опор определяется в соответствии с гл. 1.9.

2.5.166. Поддерживающие и натяжные гирлянды изоляторов следует предусматривать с количеством цепей не менее двух с отдельным креплением к опоре. Многоцепные натяжные гирлянды должны крепиться к опоре не менее чем в двух точках.

2.5.167. Конструкция гирлянд изоляторов расщепленных фаз и крепление их к опоре должны, по возможности, обеспечивать отдельный монтаж и демонтаж каждого из проводов, входящих в расщепленную фазу.

2.5.168. Для крепления проводов и тросов к гирляндам изоляторов на переходных опорах рекомендуется применять глухие поддерживающие зажимы или поддерживающие устройства специальной конструкции (роликовые подвесы).

2.5.169. При выполнении защиты переходов ВЛ 110-750 кВ от грозовых перенапряжений необходимо руководствоваться следующим:

- 1) все переходы следует защищать от прямых ударов молнии тросами;
- 2) количество тросов должно быть не менее двух с углом защиты по отношению к крайним проводам не более 20°.

При расположении перехода за пределами длины защищаемого подхода ВЛ к РУ и подстанциям с повышенным защитным уровнем в районах по гололеду III и более, а также в районах с частой и интенсивной пляской проводов допускается угол защиты до 30°;

- 3) рекомендуется установка защитных аппаратов (2.5.119) на переходах с пролетами длиной выше 1000 м или с высотой опор выше 100 м;

- 4) горизонтальное смещение троса от центра крайней фазы должно быть не менее: 1,5 м – для ВЛ 110 кВ; 2 м – для ВЛ 150 кВ; 2,5 м – для ВЛ 220 кВ; 3,5 м – для ВЛ 330 кВ и 4 м – для ВЛ 500-750 кВ;

- 5) выбор расстояния между тросами производится согласно 2.5.93 и 2.5.120 п. 4.

2.5.170. Крепление тросов на всех опорах перехода должно быть выполнено при помощи изоляторов с разрушающей механической нагрузкой не менее 120 кН.

С целью уменьшения потерь электроэнергии в изолирующем тросовом креплении должно быть не менее двух изоляторов. Их количество определяется с учетом доступности местности и высоты опор.

При использовании тросов для устройства каналов высокочастотной связи или для плавки гололеда количество изоляторов, определенное по условиям обеспечения надежности каналов связи или по условиям обеспечения плавки гололеда, должно быть увеличено на два.

Изоляторы, на которых подвешен трос, должны быть шунтированы искровым промежутком, размер которого выбирается в соответствии с 2.5.122 без учета установки дополнительных изоляторов.

2.5.171. Подвеска грозозащитных тросов для защиты переходов ВЛ 35 кВ и ниже не требуется. На переходных опорах должны устанавливаться защитные аппараты. Размер ИП при использовании их в качестве защитных аппаратов рекомендуется принимать в соответствии с гл. 4.2. При увеличении количества изоляторов из-за высоты опоры электрическая прочность ИП должна быть скорректирована с электрической прочностью гирлянд.

2.5.172. Для обеспечения безопасного перемещения обслуживающего персонала по траверсам переходных опор высотой более 50 м с расположением фаз в разных ярусах наименьшее допустимое изоляционное расстояние по воздуху от токоведущих до заземленных частей опор должно быть не менее: 3,3 м – для ВЛ до 110 кВ; 3,8 м – для ВЛ 150 кВ; 4,3 м – для ВЛ 220 кВ; 5,3 м – для ВЛ 330 кВ; 6,3 м – для ВЛ 500 кВ; 7,6 м – для ВЛ 750 кВ.

2.5.173. Сопротивление заземляющих устройств опор должно выбираться в соответствии с табл. 2.5.19 и 2.5.129.

Сопротивление заземляющего устройства опор с защитными аппаратами должно быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении земли не выше 1000 Ом·м и не более 15 Ом при более высоком удельном сопротивлении.

2.5.174. При проектировании переходов через водные пространства необходимо провести следующие расчеты по гидрологии поймы реки:

- 1) гидрологический расчет, устанавливающий расчетный уровень воды, уровень ледохода, распределение расхода воды между руслом и поймами и скорости течения воды в руслах и по поймам;

- 2) русловой расчет, устанавливающий размер отверстия перехода и глубины после размыва у опор перехода;

- 3) гидравлический расчет, устанавливающий уровень воды перед переходом, струенаправляющими дамбами и насыпями, высоту волн на поймах;

- 4) расчет нагрузок на фундаменты, находящиеся в русле и пойме реки с учетом воздействия давления льда и навалов судов.

Высота фундаментов опор, находящихся в русле и пойме реки, должна превышать уровень ледохода на 0,5 м.

Заглубление фундаментов опор переходов мелкого и глубокого заложения при возможности размыва грунта должно быть не менее 2,5 м (считая от отметки грунта после размыва). Глубина погружения свай в грунт при свайном основании должна быть не менее 4 м от уровня размыва.

2.5.175. Промежуточные и комбинированные опоры (П и ПА) с креплением проводов с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на следующие условия:

1) оборваны одиночный провод или все провода одной фазы одного пролета, тросы не оборваны (одноцепные опоры);

2) оборваны провода двух фаз одного пролета, тросы не оборваны (двухцепные опоры, а также одноцепные со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов до 150 мм²);

3) оборван один трос одного пролета (при расщеплении троса - все его составляющие), провода независимо от марок и сечений не оборваны.

В расчетах опор расчетная горизонтальная статическая нагрузка от проводов принимается равной:

а) при нерасщепленной фазе и креплении ее в глухом зажиме - редуцированному тяжению, возникающему при обрыве фазы. При этом принимаются сочетания условий согласно 2.5.72 п.3.

При расщепленной фазе и креплении ее в глухих зажимах значения для нерасщепленных фаз умножаются на дополнительные коэффициенты: 0,8 - при расщеплении на 2 провода; 0,7 - на три провода; 0,6 - на четыре провода и 0,5 - на пять и более;

б) при нерасщепленной и расщепленной фазах провода и креплении их в поддерживающем устройстве специальной конструкции - условной нагрузке, равной 25 кН при одном проводе в фазе; 40 кН при двух проводах в фазе; 60 кН при трех и более проводах в фазе.

Расчетная нагрузка от троса, закрепленного в глухом зажиме, принимается равной наибольшему расчетному горизонтальному тяжению троса при сочетании условий, указанных в 2.5.72 п. 3.

При этом для тросов, расщепленных на две составляющие, тяжение следует умножать на 0,8.

Расчетная нагрузка от троса, закрепленного в поддерживающем устройстве специальной конструкции, принимается равной 40 кН. Нагрузки прикладываются в местах крепления проводов тех фаз или того троса, при обрыве которых усилия в рассчитываемых элементах получаются наибольшими.

2.5.176. Опоры анкерного типа должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на обрыв тех фаз или того троса, при обрыве которых усилия в рассматриваемых элементах получаются наибольшими. Расчет производится на следующие условия:

1) оборваны провод или провода одной фазы одного пролета, тросы не оборваны (одноцепные опоры со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов 185 мм² и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов);

2) оборваны провода двух фаз одного пролета, тросы не оборваны (двухцепные опоры, а также одноцепные опоры со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов до 150 мм²);

3) оборван один трос одного пролета (при расщеплении троса - все его составляющие), провода независимо от марок и сечений не оборваны.

Расчетные нагрузки от проводов и тросов принимаются равными наибольшему расчетному горизонтальному тяжению провода или троса при сочетании условий согласно 2.5.72 пп. 2 и 3.

При определении усилий в элементах опоры учитываются условные нагрузки или неуравновешенные тяжения, возникающие при обрывах тех проводов или тросов, при которых эти усилия имеют наибольшие значения.

2.5.177. Опоры большого перехода должны иметь дневную маркировку (окраску) и сигнальное освещение в соответствии с 2.5.292.

Подвеска волоконно-оптических линий связи на ВЛ

2.5.178. Волоконно-оптической линией связи на воздушных линиях электропередачи (ВОЛС-ВЛ) называется линия связи, для передачи информации по которой служит оптический кабель (ОК), размещаемый на элементах ВЛ.

2.5.179. Требования 2.5.180-2.5.200 распространяются на размещение на ВЛ оптических кабелей следующих типов:

- 1) ОКГТ - оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос;
- 2) ОКФП - оптический кабель, встроенный в фазный провод;
- 3) ОКСН - оптический кабель самонесущий неметаллический;
- 4) ОКНН - оптический кабель неметаллический, прикрепляемый или навиваемый на грозозащитный трос или фазный провод.

2.5.180. Все элементы ВОЛС-ВЛ должны соответствовать условиям работы ВЛ.

2.5.181. Для сооружения конкретной линии связи допускается использование нескольких ВЛ различного напряжения, совпадающих по направлению с ее трассой.

2.5.182. При сооружении вводов ОК на регенерационные пункты и узлы связи энергообъектов на отдельных самостоятельных опорах конструктивное выполнение и требования к параметрам и характеристикам вводов определяются в проекте.

2.5.183. Элементы ВОЛС-ВЛ, включая вводы ОК на регенерационные пункты, узлы связи энергообъектов должны проектироваться на те же климатические условия, что и ВЛ, на которой эта ВОЛС размещается, и соответствовать требованиям 2.5.38-2.5.74.

2.5.184. Оптические кабели, размещаемые на элементах ВЛ, должны удовлетворять требованиям:

- 1) механической прочности;
- 2) термической стойкости;
- 3) стойкости к воздействию грозовых перенапряжений;
- 4) обеспечения нагрузок на оптические волокна, не превышающих допускаемые;
- 5) стойкости к воздействию электрического поля.

2.5.185. Механический расчет ОКГТ, ОКФП, ОКСН должен производиться на расчетные нагрузки по методу допускаемых напряжений с учетом вытяжки кабелей и допустимых нагрузок на оптическое волокно.

2.5.186. Механический расчет грозозащитного троса или фазного провода, на которых размещается ОКНН, должен производиться с учетом дополнительных весовых и ветровых нагрузок от ОК во всех режимах, указанных в 2.5.71-2.5.74.

2.5.187. Механический расчет ОК всех типов следует выполнять для исходных условий по 2.5.71-2.5.74.

Значения физико-механических параметров, необходимых для механического расчета ОК, и данные по вытяжке должны приниматься по техническим условиям на ОК или по данным изготовителей кабелей.

2.5.188. Оптические кабели должны быть защищены от вибрации в соответствии с условиями их подвески и требованиями изготовителя ОК.

2.5.189. При подвеске на ВЛ ОКГТ и ОКФП их расположение должно удовлетворять требованиям 2.5.86 - 2.5.96 и 2.5.121.

2.5.190. Независимо от напряжения ВЛ ОКГТ должен, как правило, быть заземлен на каждой опоре. Сопротивление заземляющих устройств опор, на которых подвешен ОКГТ, должно соответствовать табл. 2.5.19. Допускается увеличение этих сопротивлений при обеспечении термической стойкости ОК.

При наличии плавки гололеда на грозозащитных тросах допускается изолированное крепление ОКГТ при условии, что стойкость оптических волокон по температурному режиму удовлетворяет условиям работы в режиме плавки гололеда и режиму протекания токов на этом участке (см. также 2.5.192, 2.5.193, 2.5.195).

2.5.191. Необходимость заземления (или возможность изолированной подвески) троса, на котором подвешен ОКНН, обосновывается в проекте.

2.5.192. Оптические кабели ОКГТ, ОКФП и ОКНН должны быть проверены на работоспособность по температурному режиму при протекании максимального полного тока КЗ, определяемого с учетом времени срабатывания резервных защит, дальнего резервирования, действия УРОВ и АПВ и полного времени отключения выключателей. Допускается не учитывать дальнее резервирование.

2.5.193. Оптические кабели ОКФП и ОКНН (при подвеске его на фазном проводе) следует проверять на работоспособность по температурному режиму при температурах провода, возникающих при его нагреве наибольшим рабочим током линии.

2.5.194. Напряженность электрического поля в точке подвеса ОКСН должна рассчитываться с учетом реального расположения кабеля, транспозиции фаз ВЛ, вероятности отключения одной цепи в случае двухцепной ВЛ, а также конструкции зажима (протектора).

2.5.195. Оптический кабель типа ОКНН следует проверять:

1) при подвеске его на фазном проводе - на стойкость при воздействии электрического поля проводов;

2) при подвеске его на грозозащитном тросе - на стойкость к воздействию электрического напряжения, наведенного на тросе, и прямых ударов молнии в трос.

2.5.196. Токи КЗ, на которые производится проверка ОК (ОКГТ ОКФП, ОКНН) на термическую стойкость, должны определяться с учетом перспективы развития энергосистемы.

2.5.197. Место крепления ОКСН на опоре с учетом его вытяжки в процессе эксплуатации определяется, исходя из условий:

1) стойкости оболочки к воздействию электрического поля;

2) обеспечения наименьшего расстояния до поверхности земли не менее 5 м независимо от напряжения ВЛ и вида местности;

3) обеспечения расстояний от ОКСН до фазных проводов на опоре не менее 0,6 м для ВЛ до 35 кВ; 1 м - 110 кВ; 1,5 м - 150 кВ; 2 м - 220 кВ; 2,5 м - 330 кВ; 3,5 м - 500 кВ; 5 м - 750 кВ при отсутствии гололеда и ветра.

С учетом указанных условий ОКСН может размещаться как выше фазных проводов, так и между фазами или ниже фазных проводов.

2.5.198. При креплении ОКНН к фазному проводу должны быть обеспечены следующие наименьшие расстояния от провода с прикрепленным или навитым ОК:

1) до конструкции опоры при отклонении от воздействия ветра в соответствии с табл. 2.5.17;

2) до земли и инженерных сооружений и естественных препятствий в соответствии с табл. 2.5.20-2.5.25, 2.5.30, 2.5.31, 2.5.34-2.5.40.

2.5.199. При подвеске на ВЛ ОК любого типа должна быть выполнена проверка опор и их креплений в грунте с учетом дополнительных нагрузок, возникающих при этом.

2.5.200. Соединение строительных длин ОК выполняется в специальных соединительных муфтах, которые рекомендуется размещать на анкерных опорах.

Высота расположения соединительных муфт на опорах ВЛ должна быть не менее 5 м от основания опоры.

К опорам ВЛ, на которых размещаются соединительные муфты ОК, должен быть обеспечен в любое время года подъезд транспортных средств со сварочным и измерительным оборудованием.

На опорах ВЛ при размещении на них муфт ОК дополнительно к 2.5.23 должны быть нанесены следующие постоянные знаки:

условное обозначение ВОЛС;

номер соединительной муфты.

Прохождение ВЛ по ненаселенной и труднодоступной местности

2.5.201. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местностях в нормальном режиме ВЛ должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.20.

Наименьшие расстояния определяются при наибольшей стреле провеса провода без учета его нагрева электрическим током:

при высшей температуре воздуха для ВЛ 500 кВ и ниже;

при температуре воздуха по 2.5.17 при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля для ВЛ 750 кВ;

при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.57 и температуре воздуха при гололеде согласно 2.5.51.

Таблица 2.5.20

Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности

Характеристика местности	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 20	35-110	150	220	330	500	750	ВЛЗ
Ненаселенная местность; районы	6	6	6,5	7	7,5	8	12	5

тундры, степей с почвами, непригодными для земледелия, и пустыни								
Труднодоступная местность	5	5	5,5	6	6,5	7	10	5
Недоступные склоны гор, скалы, утесы и т. п.	3	3	3,5	4	4,5	5	7,5	3

2.5.202. При прохождении ВЛ всех классов напряжений рекомендуется не занимать земли, орошаемые дождевальными установками. Допускается прохождение ВЛ по этим землям при условии выполнения требований строительных норм и правил на мелиоративные системы и сооружения.

2.5.203. В местах пересечения ВЛ со скотопрогонами наименьшее расстояние по вертикали от проводов до поверхности земли должно быть не менее, чем при пересечении с автомобильными дорогами (см. 2.5.258).

2.5.204. В местах пересечения ВЛ с мелиоративными каналами наименьшее расстояние по вертикали от проводов при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током до подъемной или выдвижной частей землеройных машин, располагаемых на дамбе или берме каналов, в рабочем положении или до габаритов землесосов при наибольшем уровне высоких вод должно быть не менее: 2 м - для ВЛ до 20 кВ; 4 м - для ВЛ 35-110 кВ; 5 м - для ВЛ 150-220 кВ; 6 м - для ВЛ 330 кВ; 9 м - для ВЛ 500-750 кВ.

Опоры должны располагаться вне полосы отвода земель в постоянное пользование для мелиоративных каналов.

При параллельном следовании ВЛ с мелиоративными каналами крайние провода ВЛ при неотклоненном их положении должны располагаться вне полосы отвода земель в постоянное пользование для мелиоративных каналов.

2.5.205. Шпалерная проволока для подвески винограда, хмеля и других аналогичных сельскохозяйственных культур, пересекаемая ВЛ 110 кВ и выше под углом менее 70°, должна быть заземлена через каждые 50-70 м ее длины в пределах охранной зоны ВЛ.

Соппротивление заземления не нормируется.

Прохождение ВЛ по насаждениям*

2.5.206. Следует, как правило, избегать прокладки ВЛ по лесам I группы**.

2.5.207. Для прохождения ВЛ по насаждениям должны быть прорублены просеки.

Ширина просек в насаждениях должна приниматься в зависимости от высоты*** насаждений с учетом их перспективного роста в течение 25 лет с момента ввода ВЛ в эксплуатацию и группы лесов.

* Под насаждениями понимаются естественные и искусственные древостой и кустарники, а также сады и парки.

** Деление лесов на группы приведено в «Лесном кодексе Российской Федерации».

*** Здесь и далее под высотой насаждения понимается увеличенная на 10 % средняя высота преобладающей по запасам породы, находящейся в верхнем ярусе насаждения. В разновозрастных насаждениях под ней понимается увеличенная на 10 % средняя высота преобладающего по запасу поколения.

1. В насаждениях с перспективной высотой пород до 4 м ширина просек принимается равной расстоянию между крайними проводами ВЛ плюс по 3 м в каждую сторону от крайних проводов. При прохождении ВЛ по территории фруктовых садов вырубка просек не обязательна.

2. При прохождении ВЛ в насаждениях лесов I группы, парках и фруктовых садах ширина просеки рассчитывается по формуле

$$A = D + 2(B + a + K),$$

где A - ширина просеки, м;

D - расстояние по горизонтали между крайними, наиболее удаленными проводами фаз, м;

B - наименьшее допустимое расстояние по горизонтали между крайним проводом ВЛ и кроной деревьев, м (эти расстояния должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.21);

a - горизонтальная проекция стрелы провеса провода и поддерживающей гирлянды изоляторов, м, при наибольшем их отклонении согласно 2.5.73 (п. 1) с учетом типа местности согласно 2.5.6;

K - радиус горизонтальной проекции кроны с учетом перспективного роста в течение 25 лет с момента ввода ВЛ в эксплуатацию, м.

Таблица 2.5.21

Наименьшее расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и кронами деревьев

Напряжение ВЛ, кВ	До 20	35-110	150-220	330-500	750
Наименьшее расстояние, м	3	4	5	6	7

Радиусы проекций крон деревьев основных лесообразующих пород принимаются равными, м:

сосна, лиственница.....	7,0
ель, пихта.....	5,0
дуб, бук.....	9,0
липа	4,5
береза.....	4,5
осина.....	5,0

Для других пород деревьев радиусы проекций крон определяются при конкретном проектировании по данным владельца насаждений.

3. В лесах II и III групп ширина просеки принимается равной большему из двух значений, рассчитанных по формуле, приведенной в п. 2, и по формуле

$$A = D + 2H,$$

где H — высота насаждений с учетом перспективного роста, м.

4. Для ВЛЗ ширина просек в насаждениях должна приниматься не менее расстояния между крайними проводами плюс 1,25 м в каждую сторону независимо от высоты насаждений. При прохождении ВЛЗ по территории фруктовых садов с деревьями высотой более 4 м расстояние от крайних проводов до деревьев должно быть не менее 2 м.

5. Отдельные деревья или группы деревьев, растущие вне просеки и угрожающие падением на провода или опоры ВЛ, должны вырубаться.

2.5.208. В понижениях рельефа, на косогорах и в оврагах просека прорубается с учетом перспективной высоты насаждений, при этом, если расстояние по вертикали от верха крон деревьев до провода ВЛ более 9 м, просека прорубается только под ВЛ по ширине, равной расстоянию между крайними проводами плюс по 2 м в каждую сторону.

После окончания монтажа места нарушения склонов на просеках должны быть засажены кустарниковыми породами.

2.5.209. По всей ширине просеки по трассе ВЛ должны быть произведены ее очистка от вырубленных деревьев и кустарников, корчевка пней или срезка их под уровень земли и рекультивация.

Прохождение ВЛ по населенной местности

2.5.210. Прохождение ВЛ по населенной местности следует выполнять в соответствии с требованиями строительных норм и правил. «Градостроительство. Планировка зданий и застройка городских и сельских поселений» (ВЛ 110 кВ и выше следует размещать за пределами селитебной территории).

Угол пересечения с улицами (проездами) не нормируется. При прохождении ВЛ вдоль улицы допускается расположение проводов над проезжей частью.

Для предотвращения вынужденных наездов транспортных средств на опоры ВЛ, устанавливаемые в пределах городских и сельских улиц и дорог, их следует ограждать в соответствии с требованиями строительных норм и правил.

2.5.211. Крепление проводов ВЛ на штыревых изоляторах должно быть двойным. При применении подвесных и полимерных изоляторов крепление проводов на промежуточных опорах должно выполняться глухими зажимами.

Крепление проводов ВЛЗ на штыревых изоляторах должно выполняться усиленным с применением спиральных пружинных вязок с полимерным покрытием; при применении

поддерживающих гирлянд изоляторов крепление проводов следует выполнять с помощью глухих поддерживающих зажимов.

2.5.212. Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в населенной местности в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.22.

Наименьшие расстояния определяются при наибольшей стреле провеса провода без учета его нагрева электрическим током:

при высшей температуре воздуха для ВЛ 220 кВ и ниже;

при температуре воздуха по 2.5.17 при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля для ВЛ 330 кВ и выше;

при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.57 и температуре воздуха при гололеде согласно 2.5.51.

2.5.213. В местах пересечения ВЛ с улицами, проездами и т. п. расстояния по вертикали от проводов площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм² до поверхности земли должны быть проверены также на обрыв провода в смежном пролете при среднегодовой температуре воздуха, без учета нагрева проводов электрическим током. Эти расстояния должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.22.

Таблица 2.5.22

Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до поверхности земли, производственных зданий и сооружений в населенной местности

Условия работы ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ							
	ВЛЗ	до 35	110	150	220	330	500	750
Нормальный режим:								
до поверхности земли	6	7	7	7,5	8	11	15,5	23
до производственных зданий и сооружений	3	3	4	4	5	7,5	8	12
Обрыв провода в смежном пролете до поверхности земли	5,0	5,5	5,5	5,5	5,5	6	-	-

При прохождении ВЛ в пределах специально отведенных в городской черте коридоров, а также для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 185 мм² и более проверка вертикальных расстояний при обрыве проводов не требуется.

2.5.214. Расстояние по горизонтали от основания опоры ВЛ до кювета или бортового камня проезжей части улицы (проезда) должно быть не менее 2,0 м; расстояние до тротуаров и пешеходных дорожек не нормируется.

2.5.215. Прохождение ВЛ над зданиями и сооружениями, как правило, не допускается.

Допускается прохождение ВЛ над производственными зданиями и сооружениями промышленных предприятий I и II степени огнестойкости в соответствии со строительными нормами и правилами по пожарной безопасности зданий и сооружений с кровлей из негорючих материалов (для ВЛ 330-750 кВ только над производственными зданиями электрических станций и подстанций). При этом расстояние по вертикали от проводов ВЛ до вышеуказанных зданий и сооружений при наибольшей стреле провеса должно быть не менее приведенных в табл. 2.5.22.

Металлические кровли, над которыми проходят ВЛ, должны быть заземлены. Сопротивление заземления должно быть не более указанного в табл. 2.5.19.

Для ВЛ 330 кВ и выше должна быть обеспечена защита персонала, находящегося внутри производственных зданий электрических станций и подстанций, от влияния электрического поля, а заземление металлической кровли должно выполняться не менее чем в двух точках.

2.5.216. Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ до 220 кВ при наибольшем их отклонении до ближайших частей производственных, складских, административно-бытовых и общественных зданий и сооружений должны быть не менее: 2 м - для ВЛ до 20 кВ, 4 м - для ВЛ 35-110 кВ, 5 м - для ВЛ 150 кВ и 6 м - для ВЛ 220 кВ.

Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ 330 кВ и выше должны быть не менее:

до ближайших частей непроизводственных и производственных зданий и сооружений электрических станций и подстанций при наибольшем отклонении проводов: 8 м - для ВЛ 330 кВ, 10 м - для ВЛ 500-750 кВ;

до ближайших частей производственных, складских, административно-бытовых и общественных зданий и сооружений (кроме электрических станций и подстанций) при неотклоненном положении проводов: 20 м - для ВЛ 330 кВ, 30 м - для ВЛ 500 кВ, 40 м - для ВЛ 750 кВ.

Прохождение ВЛ по территориям стадионов, учебных и детских учреждений не допускается.

2.5.217. Расстояния от отклоненных проводов ВЛ, расположенных вдоль улиц, в парках и садах, до деревьев, а также до тросов подвески дорожных знаков должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.21.

Расстояния по горизонтали от крайних проводов вновь сооружаемых ВЛ при неотклоненном их положении до границ земельных участков жилых и общественных зданий, до детских игровых площадок, площадок отдыха и занятий физкультурой, хозяйственных площадок или до ближайших выступающих частей жилых и общественных зданий при отсутствии земельных участков со стороны прохождения ВЛ, а также до границ приусадебных земельных участков индивидуальных домов и коллективных садовых участков должно быть не менее расстояний для охраняемых зон ВЛ соответствующих напряжений.

Допускается принимать для ВЛ до 20 кВ расстояние по горизонтали от крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до границ приусадебных земельных участков индивидуальных домов и коллективных садовых участков не менее 2 м.

2.5.218. Если при расстояниях, указанных в 2.5.216 и 2.5.217, от ВЛ до зданий и сооружений, имеющих приемную радио- или телевизионную аппаратуру, радиопомехи превышают значения, нормируемые государственными стандартами, и соблюдение требований стандартов не может быть достигнуто специальными мероприятиями (выносными антеннами, изменением конструкции ВЛ и др.) или эти мероприятия нецелесообразны, расстояния от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до ближайших частей этих зданий и сооружений должны быть приняты не менее: 10 м - для ВЛ до 35 кВ, 50 м - для ВЛ 110-220 кВ и 100 м - для ВЛ 330 кВ и выше.

Расчет уровня радиопомех должен выполняться с учетом гл. 1.3 и 2.5.81.

2.5.219. Расстояния от заземлителей опор ВЛ до проложенных в земле силовых кабелей должны приниматься в соответствии с гл. 2.1 и 2.3.

Пересечение и сближение ВЛ между собой

2.5.220. Угол пересечения ВЛ (ВЛЗ) выше 1 кВ между собой и с ВЛ (ВЛИ) до 1 кВ не нормируется.

2.5.221. Место пересечения должно выбираться возможно ближе к опоре верхней (пересекающей) ВЛ (ВЛЗ). Расстояния от проводов нижней (пересекаемой) ВЛ до опор верхней (пересекающей) ВЛ по горизонтали и от проводов верхней (пересекающей) ВЛ до опор нижней (пересекаемой) ВЛ в свету должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.23, а также не менее 1,5 м для ВЛЗ и 0,5 м для ВЛИ.

Таблица 2.5.23

Наименьшее расстояние между проводами и опорами пересекающихся ВЛ

Напряжение ВЛ, кВ	Наименьшее расстояние от проводов до ближайшей части опоры, м	
	при наибольшем отклонении проводов	при неотклоненном положении проводов
До 330	3	6
500	4	10
750	6	15

Допускается выполнение пересечений ВЛ и ВЛЗ между собой и с ВЛ (ВЛИ) до 1 кВ на общей опоре.

2.5.222. Опоры ВЛ 500-750 кВ, ограничивающие пролет пересечения с ВЛ 500-750 кВ, должны быть анкерного типа.

Пересечения ВЛ 500-750 кВ с ВЛ 330 кВ и ниже, а также ВЛ 330 кВ и ниже между собой допускается осуществлять в пролетах, ограниченных как промежуточными, так и анкерными опорами.

Одностоечные деревянные опоры пересекающей ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, как правило, должны быть с железобетонными приставками. Допускается применение одностоечных деревянных опор без приставок и, как исключение, повышенных деревянных опор с деревянными приставками.

2.5.223. При пересечении ВЛ 500-750 кВ с ВЛ 6-20 кВ и ВЛ (ВЛИ) до 1 кВ опоры пересекаемых ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа, провода пересекаемых ВЛ в пролете пересечения должны быть:

сталеалюминиевыми площадью сечения не менее 70 мм^2 по алюминию - для ВЛ 6-20 кВ;
сталеалюминиевыми площадью сечения по алюминию не менее 70 мм^2 или из термоупрочненного алюминиевого сплава площадью сечения не менее 70 мм^2 - для ВЛЗ 6-20 кВ;
алюминиевыми площадью сечения не менее 50 мм^2 - для ВЛ до 1 кВ;
жгут СИП без несущего нулевого провода с площадью сечения фазной жилы не менее 25 мм^2 или с несущим проводом из термообработанного алюминиевого сплава площадью сечения не менее 50 мм^2 .

Провода в пролетах пересечений должны крепиться на опорах с помощью:

подвесных стеклянных изоляторов - для ВЛ (ВЛЗ) 6-20 кВ;

штыревых изоляторов с двойным креплением к ним - для ВЛ до 1 кВ;

натяжных анкерных зажимов - для ВЛИ.

2.5.224. На промежуточных опорах пересекающей ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов провода должны быть подвешены в глухих зажимах, а на опорах со штыревыми изоляторами должно применяться двойное крепление провода.

На промежуточных опорах существующей ВЛ 750 кВ, ограничивающих пролет пересечения с вновь сооружаемыми под ней ВЛ до 330 кВ, а также на существующих ВЛ до 500 кВ при площади сечения алюминиевой части проводов 300 мм^2 и более при сооружении под ними других ВЛ допускается оставлять зажимы с ограниченной прочностью заделки и выпадающие зажимы.

2.5.225. Провода ВЛ более высокого напряжения, как правило, должны быть расположены выше проводов пересекаемых ВЛ более низкого напряжения. Допускается, как исключение, прохождение ВЛ 35 кВ и выше с проводами площадью сечения алюминиевой части 120 мм^2 и более над проводами ВЛ более высокого напряжения, но не выше 220 кВ.* При этом прохождение ВЛ более низкого напряжения над проводами двухцепных ВЛ более высокого напряжения не допускается.

* В городах и поселках городского типа допускается прохождение ВЛИ или ВЛ с изолированными проводами напряжением до 1 кВ над проводами ВЛ напряжением до 20 кВ.

2.5.226. Пересечение ВЛ 35-500 кВ с двухцепными ВЛ тех же напряжений, служащими для электроснабжения потребителей, не имеющих резервного питания, или с двухцепными ВЛ, цепи которых являются взаиморезервирующими, должно, как правило, осуществляться в разных пролетах пересекающей ВЛ, разделенных анкерной опорой. Пересечение ВЛ 750 кВ с такими ВЛ допускается выполнять в одном пролете, ограниченном как анкерными, так и промежуточными опорами.

На участках стесненной трассы пересечение ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 120 мм^2 и более с двухцепными ВЛ допускается осуществлять в одном пролете пересекающей ВЛ, ограниченном промежуточными опорами. При этом на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны быть применены двухцепные поддерживающие гирлянды изоляторов с раздельным креплением цепей к опоре.

2.5.227. Наименьшие расстояния между ближайшими проводами (или проводами и тросами) пересекающихся ВЛ должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.24 при температуре воздуха плюс 15°C без ветра.

Для промежуточных длин пролетов соответствующие расстояния определяются линейной интерполяцией.

Расстояние между ближайшими проводами пересекающей и пересекаемой ВЛ 6-20 кВ при условии, что хотя бы одна из них выполнена с защищенными проводами, при температуре плюс 15°C без ветра должно быть не менее 1,5 м.

Таблица 2.5.24

Наименьшее расстояние между проводами или проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств

Длина пролета пересекающей ВЛ, м	Наименьшее расстояние, м, при расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ, м					
	30	50	70	100	120	150
<i>При пересечении ВЛ 750 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</i>						
До 200	6,5	6,5	6,5	7,0	-	-
300	6,5	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
450	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
500	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
<i>При пересечении ВЛ 500-330 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</i>						
До 200	5,0	5,0	5,0	5,5	-	-
300	5,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
450	5,0	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0
<i>При пересечении ВЛ 220-150 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</i>						
До 200	4	4	4	4	-	-
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
<i>При пересечении ВЛ 110-20 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</i>						
До 200	3	3	3	4	-	-
300	3	3	4	4,5	5	-
<i>При пересечении ВЛ 10 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения</i>						
До 100	2	2	-	-	-	-
150	2	2,5	2,5	-	-	-

Расстояние по вертикали между ближайшими проводами пересекающей ВЛЗ и пересекаемой ВЛИ при температуре воздуха плюс 15 °С без ветра должно быть не менее 1 м.

Допускается сохранение опор пересекаемых ВЛ до 110 кВ под проводами пересекающих ВЛ до 500 кВ, если расстояние по вертикали от проводов пересекающей ВЛ до верха опоры пересекаемой ВЛ на 4 м больше значений, приведенных в табл. 2.5.24.

Допускается сохранение опор пересекаемых ВЛ до 150 кВ под проводами пересекающих ВЛ 750 кВ, если расстояние по вертикали от проводов ВЛ 750 кВ до верха опоры пересекаемой ВЛ не менее 12 м при высшей температуре воздуха.

2.5.228. Расстояния между ближайшими проводами (или между проводами и тросами) пересекающихся ВЛ 35 кВ и выше подлежат дополнительной проверке на условия отклонения проводов (тросов) одной из пересекающихся ВЛ в пролете пересечения при ветровом давлении согласно 2.5.56, направленном перпендикулярно оси пролета данной ВЛ, и неотклоненном положении провода (троса) другой. При этом расстояния между проводами и тросами или проводами должны быть не менее указанных в табл. 2.5.17 или 2.5.18 для условий наибольшего рабочего напряжения, температура воздуха для неотклоненных проводов принимается по 2.5.51.

2.5.229. На ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, на опорах, ограничивающих пролеты пересечения, должны устанавливаться защитные аппараты на обеих пересекающихся ВЛ. Расстояния между проводами пересекающихся ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.24.

На опорах ВЛ 35 кВ и ниже при пересечении их с ВЛ 750 кВ и ниже допускается применять ИП. При этом для ВЛ 35 кВ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение. Искровые промежутки на одностоечных и А-образных опорах с деревянными траверсами выполняются в виде одного заземляющего спуска и заканчиваются бандажами на расстоянии 75 см (по дереву) от точки крепления нижнего изолятора. На П- и АП-образных опорах заземляющие спуски прокладываются по двум стойкам опор до траверсы.

На ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, при пересечении их с ВЛ 750 кВ металлические детали для крепления проводов (крюки, штыри, оголовки) должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения, а количество подвесных изоляторов в гирляндах должно соответствовать изоляции для металлических опор. При этом на опорах ВЛ 35-220 кВ должны быть установлены защитные аппараты.

Если расстояние от места пересечения до ближайших опор пересекающихся ВЛ составляет более 40 м, допускается защитные аппараты не устанавливать, а заземление деталей крепления проводов на опорах ВЛ 35 кВ и выше не требуется.

Установка защитных аппаратов на опорах пересечения не требуется:
для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами;
для ВЛ с деревянными опорами при расстояниях между проводами пересекающихся ВЛ, не менее: 9 м - при напряжении 750 кВ; 7 м - при напряжении 330-500 кВ; 6 м - при напряжении 150-220 кВ; 5 м - при напряжении 35-110 кВ; 4 м - при напряжении до 20 кВ.

Сопротивления заземляющих устройств деревянных опор с защитными аппаратами должны приниматься в соответствии с табл. 2.5.19.

2.5.230. При параллельном следовании и сближении ВЛ одного напряжения между собой или с ВЛ других напряжений расстояния по горизонтали должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.25 и приниматься по ВЛ более высокого напряжения. Указанные расстояния подлежат дополнительной проверке:

1) на непревышение смещения нейтрали более 15 % фазного напряжения в нормальном режиме работы ВЛ до 35 кВ с изолированной нейтралью за счет электромагнитного и электростатического влияния ВЛ более высокого напряжения;

2) на исключение возможности развития в отключенном положении ВЛ 500-750 кВ, оборудованных компенсирующими устройствами (шунтирующими реакторами, синхронными или тиристорными статическими компенсаторами и др.), резонансных перенапряжений. Степень компенсации рабочей емкости линии, расстояния между осями ВЛ и длины участков сближений должны определяться расчетами.

Таблица 2.5.25

Наименьшее расстояние по горизонтали между ВЛ

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ								ВЛЗ
	До 20	35	110	150	220	330	500	750	
Участки нестесненной трассы, между осями ВЛ	Высота наиболее высокой опоры*								3
Участки стесненной трассы, подходы к подстанциям: между крайними проводами в неотклоненном положении;	2,5	4	5	6	7	10	15	20**	2
от отклоненных проводов одной ВЛ до ближайших частей опор другой ВЛ	2	4	4	5	6	8	10	10	2

* Не менее 50 м для ВЛ 500 кВ и не менее 75 м для ВЛ 750 кВ.

** Для двух и более ВЛ 750 кВ фазировка смежных крайних фаз должна быть разноименной.

**Пересечение и сближение ВЛ с сооружениями связи,
сигнализации и проводного вещания**

2.5.231. Пересечение ВЛ напряжением до 35 кВ с ЛС и ЛПВ должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

- 1) проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС* и ЛПВ;
- 2) проводами ВЛ и воздушным кабелем ЛС и ЛПВ;
- 3) подземной кабельной вставкой в ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ;
- 4) проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.

* В данной главе к кабелям связи относятся металлические и оптические кабели с металлическими элементами.

2.5.232. Пересечение ВЛ напряжением до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ может применяться в следующих случаях:

- 1) если невозможно проложить ни подземный кабель ЛС и ЛПВ, ни кабель ВЛ;
- 2) если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС;
- 3) если при применении кабельной вставки в ЛПВ общая длина кабельных вставок в линию превышает допустимые значения;
- 4) если на ВЛ применены подвесные изоляторы. При этом ВЛ на участке пересечения с неизолированными проводами ЛС и ПВ выполняются с повышенной механической прочностью проводов и опор (см. 2.5.240).

2.5.233. Пересечение ВЛ 110-500 кВ с ЛС и ЛПВ должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

- 1) проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и ЛПВ;
- 2) проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.

2.5.234. Пересечение ВЛ 750 кВ с ЛС и ЛПВ выполняется подземным кабелем ЛС и ЛПВ. При невозможности прокладки подземного кабеля ЛС и ЛПВ в условиях стесненной, труднопроходимой горной местности допускается выполнять пересечение ЛС и ЛПВ с ВЛ 750 кВ неизолированными проводами, но расстояние в свету от вершин опор ЛС и ЛПВ до неотклоненных проводов ВЛ должно быть не менее 30 м.

2.5.235. При пересечении ВЛ 110-500 кВ с воздушными проводами ЛС и ЛПВ применять кабельные вставки не следует, если:

1) применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного усилительного пункта на ЛС, а отказ от применения этой кабельной вставки не приведет к увеличению мешающего влияния ВЛ на ЛС сверх допустимых норм;

2) применение кабельной вставки в ЛППВ приведет к превышению суммарной допустимой длины кабельных вставок в линии, а отказ от этой кабельной вставки не приведет к увеличению мешающего влияния ВЛ на ЛППВ сверх допустимого значения.

2.5.236. В пролете пересечения ЛС и ЛППВ с ВЛ до 750 кВ, на которых предусматриваются каналы высокочастотной связи и телемеханики с аппаратурой, работающей в совпадающем с аппаратурой ЛС и ЛППВ спектре частот и имеющей мощность на один канал:

1) более 10 Вт - ЛС и ЛППВ должны быть выполнены подземными кабельными вставками. Длина кабельной вставки определяется по расчету мешающего влияния, при этом расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛППВ до проекции крайнего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее 100 м;

2) от 5 до 10 Вт - необходимость применения кабельной вставки в ЛС и ЛППВ или принятия других средств защиты определяется по расчету мешающего влияния. При этом, в случае применения кабельной вставки, расстояние в свету от неотклоненных проводов ВЛ до 500 кВ до вершин кабельных опор ЛС и ЛППВ должно быть не менее 20 м, а от неотклоненных проводов ВЛ 750 кВ до вершин кабельных опор ЛС и ЛППВ - не менее 30 м;

3) менее 5 Вт или если высокочастотная аппаратура ВЛ работает в несовпадающем спектре частот, или ЛС и ЛППВ не уплотнена ВЧ аппаратурой - применение кабельной вставки при пересечении с ВЛ до 750 кВ по условиям мешающего влияния не требуется. Если кабельная вставка в ЛС и ЛППВ оборудуется не по условиям мешающего влияния от высокочастотных каналов ВЛ, то расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛППВ до проекции на горизонтальную плоскость крайнего неотклоненного провода ВЛ до 330 кВ должно быть не менее 15 м. Для ВЛ 500 кВ расстояние в свету от крайних неотклоненных проводов ВЛ до вершины кабельных опор ЛС и ЛППВ должно быть не менее 20 м, а для ВЛ 750 кВ - не менее 30 м.

2.5.237. Пересечения проводов ВЛ с воздушными линиями городской телефонной связи не допускаются; эти линии в пролете пересечения с проводами ВЛ должны выполняться только подземными кабелями.

2.5.238. При пересечении ВЛ с подземным кабелем связи и ПВ (или с подземной кабельной вставкой) должны соблюдаться следующие требования:

1) угол пересечения ВЛ до 500 кВ с ЛС и ЛППВ не нормируется, угол пересечения ВЛ 750 кВ с ЛС и ЛППВ должен быть по возможности близок к 90°, но не менее 45°;

2) расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛППВ до ближайшего заземлителя опоры ВЛ напряжением до 35 кВ или ее подземной металлической или железобетонной части должно быть не менее:

в населенной местности – 3 м;

в ненаселенной местности - расстояний, приведенных в табл. 2.5.26.

Таблица 2.5.26

**Наименьшие расстояния от подземных кабелей ЛС (ЛППВ)
до ближайшего заземлителя опоры ВЛ и ее подземной части**

Эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	До 35	110-500	750
До 100	10	10	15
Более 100 до 500	15	25	25
Более 500 до 1000	20	35	40
Более 1000	30	50	50

Расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛППВ до подземной части незаземленной деревянной опоры ВЛ напряжением до 35 кВ должно быть не менее:

в населенной местности - 2 м, в стесненных условиях указанное расстояние может быть уменьшено до 1 м при условии прокладки кабеля в полиэтиленовой трубе на длине в обе стороны от опоры не менее 3 м;

в ненаселенной местности: 5 м - при эквивалентном удельном сопротивлении земли до 100 Ом·м; 10 м - при эквивалентном удельном сопротивлении земли от 100 до 500 Ом·м; 15 м - при

эквивалентном удельном сопротивлении земли от 500 до 1000 Ом·м; 25 м - при эквивалентном удельном сопротивлении земли более 1000 Ом·м;

3) расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до ближайшего заземлителя опоры ВЛ 110 кВ и выше и ее подземной части должно быть не менее значений, приведенных в табл. 2.5.26;

4) при прокладке подземного кабеля (кабельной вставки) в стальных трубах, или при покрытии его швеллером, уголком, или при прокладке его в полиэтиленовой трубе, закрытой с обеих сторон от попадания земли, на длине, равной расстоянию между проводами ВЛ плюс 10 м с каждой стороны от крайних проводов для ВЛ до 500 кВ и 15 м для ВЛ 750 кВ, допускается уменьшение указанных в табл. 2.5.26 расстояний до 5 м для ВЛ до 500 кВ и до 10 м для 750 кВ.

Металлические покровы кабеля в этом случае следует соединять с трубой или другими металлическими защитными элементами. Это требование не относится к оптическим кабелям и кабелям с внешним изолирующим шлангом, в том числе с металлической оболочкой. Металлические покровы кабельной вставки должны быть заземлены по концам. При уменьшении расстояний между кабелем и опорами ВЛ, указанных в табл. 2.5.26, помимо приведенных мер защиты необходимо устройство дополнительной защиты от ударов молнии путем оконтуровки опор тросами в соответствии с требованиями нормативной документации по защите кабелей от ударов молнии;

5) вместо применения швеллера, уголка или стальной трубы допускается при строительстве новой ВЛ использовать два стальных троса сечением 70 мм, прокладываемых симметрично на расстоянии не более 0,5 м от кабеля и на глубине 0,4 м. Тросы должны быть продлены с обеих сторон под углом 45° к трассе в сторону опоры ВЛ и заземлены на сопротивление не более 30 Ом. Соотношения между длиной отвода тросов l и сопротивлением R заземлителя должны соответствовать значениям K_i и K_d , приведенным в табл. 2.5.27;

Таблица 2.5.27

**Сопротивления заземлителей при защите кабеля ЛС и ЛПВ
на участке пересечения с ВЛ**

Удельное сопротивление земли, Ом·м	До 100	101-500	Более 500
Длина отвода, l , м	20	30	50
Сопротивление заземлителя, Ом	30	30	20

Примечание. Защита кабеля от ударов молнии путем оконтуровки опор ВЛ или прокладки защитного троса в этом случае также обязательна.

6) в пролете пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ крепление проводов ВЛ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должно осуществляться с помощью глухих зажимов, не допускающих падения проводов на землю в случае их обрыва в соседних пролетах.

2.5.239. При пересечении подземной кабельной вставки в ВЛ до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

- 1) угол пересечения подземной кабельной вставки ВЛ с ЛС и ЛПВ не нормируется;
- 2) расстояние от подземной кабельной вставки до незаземленной опоры ЛС и ЛПВ должно быть не менее 2 м, а до заземленной опоры ЛС (ЛПВ) и ее заземлителя - не менее 10 м;
- 3) расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ, неуплотненной и уплотненной в несовпадающем и совпадающем спектрах частот в зависимости от мощности высокочастотной аппаратуры, до проекции проводов ЛС и ЛПВ должно выбираться в соответствии с требованиями, изложенными в 2.5.236;

4) подземные кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.3 и 2.5.124.

2.5.240. При пересечении проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ необходимо соблюдать следующие требования:

1) угол пересечения проводов ВЛ с проводами ЛС и ЛПВ должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол не нормируется;

2) место пересечения следует выбирать по возможности ближе к опоре ВЛ. При этом расстояние по горизонтали от ближайшей части опоры ВЛ до проводов ЛС и ЛПВ должно быть не менее 7 м, а от опор ЛС и ЛПВ до проекции на горизонтальную плоскость ближайшего неотклоненного провода ВЛ должно быть не менее 15 м. Расстояние в свету от вершин опор ЛС и ПВ до неотклоненных проводов ВЛ должно быть не менее: 15м- для ВЛ до 330 кВ, 20 м - для ВЛ 500 кВ;

- 3) не допускается расположение опор ЛС и ЛПВ под проводами пересекающей ВЛ;
- 4) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС и ЛПВ, должны быть анкерного типа облегченной конструкции из любого материала как свободностоящие, так и на оттяжках. Деревянные опоры должны быть усилены дополнительными приставками или подкосами;
- 5) пересечения можно выполнять на промежуточных опорах при условии применения на ВЛ проводов с площадью сечения алюминиевой части не менее 120 мм²;
- 6) провода ВЛ должны быть расположены над проводами ЛС и ЛПВ и должны быть многопроволочными сечениями не менее приведенных в табл. 2.5.5;
- 7) провода ЛС и ЛПВ в пролете пересечения не должны иметь соединений;
- 8) в пролете пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ на промежуточных опорах ВЛ крепление проводов на опорах должно осуществляться только с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов с глухими зажимами;
- 9) изменение места установки опор ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, допускается при условии, что отклонение средней длины элемента скрещивания на ЛС и ЛПВ не будет превышать значений, указанных в табл. 2.5.28;

Таблица 2.5.28

**Допустимое изменение места установки опор ЛС и ЛПВ,
ограничивающих пролет пересечения с ВЛ**

Длина элемента скрещивания, м	35	40	50	60	70	80	100	125	170
Допустимое отклонение, м	±6	±6,5	±7	±8	±8,5	±9	±10	±11	±13

- 10) длины пролетов ЛС и ЛПВ в месте пересечения с ВЛ не должны превышать значений, указанных в табл. 2.5.29;

Таблица 2.5.29

Максимально допустимые длины пролетов ЛС и ПВ в месте пересечения с ВЛ

Марки проводов, применяемых на ЛС и ЛПВ	Диаметр провода, мм	Максимально допустимые длины пролета ЛС и ЛПВ, м, для линий типов			
		О	Н	У	ОУ
Сталеалюминиевые:					
АС 25/4,2	6,9	150	85	65	50
АС 16/2,7	5,6	85	65	40	35
АС 10/1,8	4,5	85	50	40	35
Биметаллические	4,0	180	125	100	85
(сталемедные)	3,0	180	100	85	65
БСМ-1, БСМ-2	2,0	150	85	65	40
	1,6	100	65	40	40
	1,2	85	35	-	-
Биметаллические	5,1	180	125	90	85
(сталеалюминиевые)	4,3	180	100	85	65
БСА-КПЛ					
Стальные	5,0	150	130	70	45
	4,0	150	85	50	40
	3,0	125	65	40	-
	2,5	100	40	30	-
	2,0	100	40	30	-
	1,5	100	40	-	-

Примечание. О - обычный, Н - нормальный, У - усиленный, ОУ - особо усиленный, типы линий - в соответствии с «Правилами пересечения воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей с линиями электропередачи».

- 11) опоры ЛС и ЛПВ, ограничивающие пролет пересечения или смежные с ним и находящиеся на обочине автомобильной дороги, должны быть защищены от наездов транспортных средств;

12) провода на опорах ЛС и ЛППВ, ограничивающие пролет пересечения с ВЛ, должны иметь двойное крепление: при траверсном профиле - только на верхней траверсе, при крюковом профиле - на двух верхних цепях;

13) расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов ЛС и ЛППВ в нормальном режиме ВЛ и при обрыве проводов в смежных пролетах ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.30.

Расстояния по вертикали определяются в нормальном режиме при наибольшей стреле провеса проводов (без учета их нагрева электрическим током). В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм² при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 185 мм² и более проверка по аварийному режиму не требуется.

При разности высот точек крепления проводов ЛС и ЛППВ на опорах, ограничивающих пролет пересечения (например, на косогорах) с ВЛ 35 кВ и выше, вертикальные расстояния, определяемые по табл. 2.5.30, подлежат дополнительной проверке на условия отклонения проводов ВЛ при ветровом давлении, определенном согласно 2.5.56, направленном перпендикулярно оси ВЛ, и при неотклоненном положении проводов ЛС и ЛППВ.

Расстояния между проводами следует принимать для наиболее неблагоприятного случая.

При применении на ВЛ плавки гололеда следует проверять габариты до проводов ЛС и ЛППВ в режиме плавки гололеда. Эти габариты проверяются при температуре провода в режиме плавки гололеда и должны быть не меньше, чем при обрыве провода ВЛ в смежном пролете;

14) на деревянных опорах ВЛ без грозозащитного троса, ограничивающих пролет пересечения с ЛС и ЛППВ, при расстояниях между проводами пересекающихся линий менее указанных в п. б) табл. 2.5.30 на ВЛ должны устанавливаться защитные аппараты. Защитные аппараты должны устанавливаться в соответствии с требованиями 2.5.229. При установке ИП на ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение;

Таблица 2.5.30

Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов ЛС и ЛППВ

Расчетный режим ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 10	20-110	150	220	330	500
Нормальный режим:						
а) ВЛ на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств, а также на металлических и железобетонных опорах	2	3	4	4	5	5
б) ВЛ на деревянных опорах при отсутствии грозозащитных устройств	4	5	6	6	-	-
Обрыв проводов в смежных пролетах	1	1	1,5	2	2,5	3,5

15) на деревянных опорах ЛС и ЛППВ, ограничивающих пролет пересечения, должны устанавливаться молниеотводы в соответствии с требованиями, предъявляемыми в нормативной документации на ЛС и ЛППВ.

2.5.241. Совместная подвеска проводов ВЛ и проводов ЛС и ЛППВ на общих опорах не допускается. Это требование не распространяется на специальные оптические кабели, которые подвешиваются на конструкциях ВЛ. Эти кабели должны соответствовать требованиям настоящей главы и правил проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи.

2.5.242. При сближении ВЛ с ЛС и ЛППВ расстояния между их проводами и мероприятия по защите от влияния определяются в соответствии с правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи.

2.5.243. При сближении ВЛ с воздушными ЛС и ЛППВ наименьшие расстояния от крайних неотклоненных проводов ВЛ до опор ЛС и ЛППВ должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ, а на участках стесненной трассы расстояние от крайних проводов ВЛ при наибольшем отклонении их ветром расстояния должны быть не менее значений, указанных в табл. 2.5.31. При этом расстояние в свету от ближайшего неотклоненного провода ВЛ до вершин опор ЛС и ЛППВ должно быть не менее: 15 м - для ВЛ до 330 кВ, 20 м - для ВЛ 500 кВ, 30 м - для ВЛ 750 кВ.

Шаг транспозиции ВЛ по условию влияния на ЛС и ЛПВ не нормируется.

Таблица 2.5.31

Наименьшие расстояния между проводами ВЛ при наибольшем отклонении их ветром и опорами ЛС и ЛПВ в условиях стесненной трассы

Напряжение ВЛ, кВ	До 20	35-110	150	220	330	500-750
Наименьшее расстояние, м	2	4	5	6	8	10

Опоры ЛС и ЛПВ должны быть укреплены дополнительными подпорами или устанавливаться сдвоенными в случае, если при их падении возможно соприкосновение между проводами ЛС и ЛПВ и проводами ВЛ.

2.5.244. При сближении ВЛ со штыревыми изоляторами на участках, имеющих углы поворота, с воздушными ЛС и ЛПВ расстояния между ними должны быть такими, чтобы провод, сорвавшийся с угловой опоры ВЛ, не мог оказаться от ближайшего провода ЛС и ЛПВ на расстояниях менее приведенных в табл. 2.5.31. При невозможности выполнить это требование провода ВЛ, отходящие с внутренней стороны поворота, должны иметь двойное крепление.

2.5.245. При сближении ВЛ с подземными кабелями ЛС и ЛПВ наименьшие расстояния между ними и меры защиты определяются в соответствии с правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи и рекомендациями по защите оптических кабелей с металлическими элементами от опасного влияния линий электропередачи, электрифицированных железных дорог переменного тока и энергоподстанций.

Наименьшие расстояния от заземлителя и подземной части опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и ЛПВ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.26.

2.5.246. Расстояния от ВЛ до антенных сооружений передающих радиопередатчиков должны приниматься по табл. 2.5.32.

Таблица 2.5.32

Наименьшие расстояния от ВЛ до антенных сооружений передающих радиопередатчиков

Антенные сооружения	Расстояния, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	До 110	150-750
Средневолновые и длинноволновые передающие антенны	За пределами высокочастотного заземляющего устройства, но не менее 100	
Коротковолновые передающие антенны:		
в направлении наибольшего излучения	200	300
в остальных направлениях	50	50
Коротковолновые передающие слабонаправленные и ненаправленные антенны	150	200

2.5.247. Наименьшие расстояния сближения ВЛ со створом радиорелейной линии и радиорелейными станциями вне зоны направленности антенны должны приниматься по табл. 2.5.33. Возможность пересечения ВЛ со створом радиорелейной линии устанавливается при проектировании ВЛ.

2.5.248. Расстояния от ВЛ до границ приемных радиопередатчиков и выделенных приемных пунктов радиосвязи и местных радиоузлов должны приниматься по табл. 2.5.33.

В случае прохождения трассы проектируемой ВЛ в районе расположения особо важных приемных радиоустройств допустимое сближение устанавливается в индивидуальном порядке в процессе проектирования ВЛ.

Если соблюдение расстояний, указанных в табл. 2.5.33, затруднительно, то в отдельных случаях допускается их уменьшение (при условии выполнения мероприятий на ВЛ, обеспечивающих соответствующее уменьшение помех). Для каждого случая в процессе проектирования ВЛ должен быть составлен проект мероприятий по соблюдению норм радиопомех.

**Наименьшие расстояния от ВЛ до границ приемных радиоцентров,
радиорелейных КВ и УКВ станций, выделенных приемных пунктов радиофикации
и местных радиоузлов**

Радиоустройства	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	До 35	110-220	330-750
Магистральные, областные, районные, связные радиоцентры и радиорелейные станции в диаграмме направленности антенны	500	1000	2000
Радиолокационные станции, радиотехнические системы ближней навигации	1000	1000	1000
Автоматические ультракоротковолновые радиопеленгаторы	800	800	800
Коротковолновые радиопеленгаторы	700	700	700
Станции проводного вещания	200	300	400
Радиорелейные станции вне зоны направленности их антенн и створы радиорелейных линий	100	200	250

Расстояния от ВЛ до телецентров и радиодомов должны быть не менее: 400 м - для ВЛ до 20 кВ, 700 м - для ВЛ 35-150 кВ, 1000 м - для ВЛ 220-750 кВ.

Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами

2.5.249. Пересечение ВЛ с железными дорогами следует выполнять, как правило, воздушными переходами. На железных дорогах с особо интенсивным движением* и в некоторых технически обоснованных случаях (например, при переходе через насыпи, на железнодорожных станциях или в местах, где устройство воздушных переходов технически затруднено) переходы ВЛ следует выполнять кабелем.

* К особо интенсивному движению поездов относится такое движение, при котором количество пассажирских и грузовых поездов в сумме по графику на двухпутных участках составляет более 100 пар в сутки и на однопутных — 48 пар в сутки.

Пересечение ВЛ с железными дорогами в горловинах железнодорожных станций и в местах сопряжения анкерных участков контактной сети запрещается.

Угол пересечения ВЛ с электрифицированными* или подлежащими электрификации** железными дорогами, а также угол пересечения ВЛ 750 кВ с железными дорогами общего пользования должен быть близким к 90°, но не менее 65°.

В случае непараллельного прохождения воздушной ЛС МПС относительно железной дороги угол пересечения воздушной ЛС с ВЛ должен определяться расчетом опасного и мешающего влияний.

* К электрифицированным железным дорогам относятся все электрифицированные дороги независимо от рода тока и значения напряжения контактной сети.

** К дорогам, подлежащим электрификации, относятся дороги, которые будут электрифицированы в течение 10 лет, считая от года строительства ВЛ, намечаемого проектом.

2.5.250. При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами расстояния от основания опоры ВЛ до габарита приближения строений* на неэлектрифицированных железных дорогах или до оси опор контактной сети электрифицированных или подлежащих электрификации дорог должны быть не менее высоты опоры плюс 3 м. На участках стесненной трассы допускается эти расстояния принимать не менее: 3 м - для ВЛ до 20 кВ, 6 м - для ВЛ 35-150 кВ, 8 м - для ВЛ 220-330 кВ, 10 м - для ВЛ 500 кВ и 20 м - для ВЛ 750 кВ.

Защита пересечений ВЛ с контактной сетью защитными аппаратами осуществляется в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.229.

* Габаритом приближения строений называется предназначенное для пропуска подвижного состава предельное поперечное перпендикулярное пути очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не могут заходить никакие части строений, сооружений и устройств.

провода, подвешенного с полевой стороны опоры контактной сети, по горизонтали То же, но при отсутствии проводов с полевой стороны опор контактной сети	Как при сближении ВЛ с сооружениями в соответствии с 2.5.216
---	--

2.5.252. При пересечении ВЛ электрифицированных и подлежащих электрификации железных дорог общего пользования опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. На участках с особо интенсивным и интенсивным движением* поездов эти опоры должны быть металлическими.

* К интенсивному движению поездов относится такое движение, при котором количество пассажирских и грузовых поездов в сумме по графику на двухпутных участках составляет более 50 и до 100 пар в сутки, а на однопутных - более 24 и до 48 пар в сутки.

Допускается в пролете этого пересечения, ограниченного анкерными опорами, установка промежуточной опоры между путями, не предназначенными для прохождения регулярных пассажирских поездов, а также промежуточных опор по краям железнодорожного полотна путей любых дорог. Указанные опоры должны быть металлическими или железобетонными. Крепление проводов на этих опорах должно осуществляться поддерживающими двухцепными гирляндами изоляторов с глухими зажимами.

Применение опор из любого материала с оттяжками и деревянных одностоечных опор не допускается. Деревянные промежуточные опоры должны быть П-образными (с Х- или Z-образными связями) или А-образными.

При пересечении железных дорог необщего пользования допускается применение анкерных опор облегченной конструкции и промежуточных опор. Крепление проводов на промежуточных опорах должно осуществляться поддерживающими двухцепными гирляндами изоляторов с глухими зажимами. Опоры всех типов, устанавливаемых на пересечении железных дорог необщего пользования, могут быть свободностоящими или на оттяжках.

2.5.253. На ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленным проводом в фазе натяжные гирлянды изоляторов для провода должны быть двухцепными с отдельным креплением каждой цепи к опоре. Крепление натяжных гирлянд изоляторов для расщепленного провода в фазе должно выполняться в соответствии с 2.5.112. Применение штыревых изоляторов в пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами не допускается.

Использование в качестве заземлителей арматуры железобетонных опор и железобетонных приставок у опор, ограничивающих пролет пересечения, не допускается.

2.5.254. При пересечении ВЛ с железной дорогой, имеющей лесозащитные насаждения, следует руководствоваться требованиями 2.5.207.

2.5.255. Минимальные расстояния от ВЛ до мостов железных дорог с пролетом 20 м и менее следует принимать такими же, как до соответствующих железных дорог по табл. 2.5.34, а с пролетом более 20 м устанавливаются при проектировании ВЛ.

Пересечение и сближение ВЛ с автомобильными дорогами

2.5.256. Требования, приведенные в 2.5.256-2.5.263, распространяются на пересечения и сближения с автомобильными дорогами:

общего пользования и подъездными к промпредприятиям (категорий IА, IБ, II-V по строительным нормам и правилам на автомобильные дороги);

внутрихозяйственными в сельскохозяйственных предприятиях (категорий I-С - III-С по строительным нормам и правилам на внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях).

Пересечение и сближение ВЛ с федеральными дорогами общего пользования должны также соответствовать требованиям правил установления и использования придорожных полос федеральных автомобильных дорог общего пользования.

Угол пересечения с автомобильными дорогами не нормируется.

2.5.257. При пересечении автомобильных дорог категорий IА и IБ опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа нормальной конструкции.

На ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленным проводом в фазе с площадью сечения алюминиевой части 120 мм² и более натяжные гирлянды изоляторов для провода должны быть двухцепными с отдельным креплением каждой цепи к опоре.

Натяжные многоцепные гирлянды изоляторов для расщепленной фазы, состоящие из двух-пяти цепей, следует предусматривать с отдельным креплением каждой цепи к опоре.

Допускается в пролете пересечения дорог категорий IА и IБ, ограниченном анкерными опорами, установка промежуточных опор за пределами водопропускной канавы у подошвы дорожного полотна с учетом требований 2.5.262. Крепление проводов на этих опорах должно осуществляться поддерживающими двухцепными гирляндами изоляторов с глухими зажимами.

При пересечении автомобильных дорог категорий II-V, I-C - III-C опоры, ограничивающие пролет пересечения, могут быть анкерного типа облегченной конструкции или промежуточными.

На промежуточных опорах с поддерживающими гирляндами изоляторов провода должны быть подвешены в глухих зажимах, на опорах со штыревыми изоляторами должно применяться двойное крепление проводов на ВЛ и усиленное крепление на ВЛЗ.

При сооружении новых автомобильных дорог всех категорий и прохождении их под действующими ВЛ 500-750 кВ переустройство ВЛ не требуется, если выдерживаются наименьшие расстояния в соответствии с табл. 2.5.35.

2.5.258. Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.35.

Таблица 2.5.35

**Наименьшие расстояния при пересечении и сближении ВЛ
с автомобильными дорогами**

Пересечение, сближение или параллельное следование	Наименьшие расстояния, м, при напряжении ВЛ, кВ						
	До 20	35-110	150	220	330	500	750
<i>Расстояние по вертикали:</i>							
а) от провода до покрытия проезжей части дорог всех категорий	7	7	7,5	8	8,5	9,5	16
б) то же, при обрыве провода в смежном пролете	5,5	5,5	5,5	5,5	6	-	-
<i>Расстояние по горизонтали:</i>	Высота опоры						
1. При пересечении дорог всех категорий, за исключением III-C и V:							
а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги	5	5	5	5	10	10	15
б) в стесненных условиях от основания или любой части опоры до подошвы насыпи или до наружной бровки кювета дорог категорий IА, IБ и II	2,0	2,5	2,5	2,5	5	5	15
в) то же, до дороги категорий III, IV, I-C, II-C							
2. При пересечении дороги категорий III-C и V:	Высота опоры						
а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги							
б) в стесненных условиях от основания или любой части опоры до подошвы насыпи, наружной бровки, выемки или боковой водоотводящей канавы	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5	15
3. При параллельном следовании с дорогами всех категорий:	Высота опоры плюс 5 м						
а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги							
б) от крайнего неотклоненного провода до бровки земляного полотна	10	15	15	15	20*	30*	40*
в) то же, в стесненных условиях	2	4	5	6	8	10	15

* С учетом предельно допустимых уровней напряженности электрического поля.

Во всех случаях сближения с криволинейными участками автодорог, проходящих по насыпям, минимальные расстояния от проводов ВЛ до бровки земляного полотна должны быть не менее расстояний по вертикали, указанных в табл. 2.5.35.

Наименьшие расстояния по вертикали в нормальном режиме работы ВЛ от проводов до проезжей части дорог должны приниматься:

без учета нагрева провода электрическим током при высшей температуре воздуха для ВЛ 500 кВ и ниже, при температуре воздуха по 2.5.17 при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля для ВЛ 750 кВ;

при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.55 и температуре воздуха при гололеде согласно 2.5.51.

2.5.259. Расстояния по вертикали от проводов ВЛ с площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм^2 в местах пересечения с автомобильными дорогами должны быть проверены на обрыв провода в смежном пролете при среднегодовой температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током. Эти расстояния должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.35.

2.5.260. В местах пересечения ВЛ с автомобильными дорогами с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки в соответствии с требованиями государственного стандарта.

В местах пересечения ВЛ 330 кВ и выше с автомобильными дорогами с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки, запрещающие остановку транспорта в охранных зонах этих линий.

Подвеска дорожных знаков на тросах-растяжках в пределах охранных зон ВЛ не допускается.

2.5.261. При сближении или пересечении зеленых насаждений, расположенных вдоль автомобильных дорог, следует руководствоваться 2.5.207.

2.5.262. Для предотвращения наездов транспортных средств на опоры ВЛ, расположенные на расстоянии менее 4 м от кромки проезжей части, должны применяться дорожные ограждения I группы*.

* Определение дорожных ограждений I группы приведено в строительных нормах и правилах на автомобильные дороги.

2.5.263. Минимальные расстояния от ВЛ до мостов автомобильных дорог с пролетом 20 м и менее следует принимать такими же, как до соответствующих автомобильных дорог по табл. 2.5.35, а с пролетом более 20 м - устанавливаются при проектировании ВЛ.

Пересечение, сближение или параллельное следование ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями

2.5.264. Угол пересечения ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями следует принимать близким 90° , но не менее 60° .

2.5.265. При пересечении троллейбусных и трамвайных линий опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции.

Для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 120 мм^2 и более или со стальными канатами типа ТК сечением 50 мм^2 и более допускаются также промежуточные опоры с подвеской проводов в глухих зажимах или с двойным креплением на штыревых изоляторах.

В случае применения анкерных опор на ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленным проводом в фазе с площадью сечения алюминиевой части 120 мм^2 и более натяжные гирлянды изоляторов для провода должны быть двухцепными с раздельным креплением каждой цепи к опоре.

При сооружении новых троллейбусных и трамвайных линий и прохождении их под действующими ВЛ 500 кВ переустройство ВЛ не требуется, если выдерживаются наименьшие расстояния в соответствии с табл. 2.5.36.

Для ВЛЗ с проводами площадью сечения алюминиевой части 120 мм^2 и более допускается применение промежуточных опор с усиленным креплением защищенных проводов.

2.5.266. Наименьшие расстояния от проводов ВЛ при пересечении, сближении или параллельном следовании с троллейбусными и трамвайными линиями в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.36:

при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током;

при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.55 и температуре воздуха при гололеде согласно 2.5.51.

Расстояния по вертикали от проводов ВЛ площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм² в местах пересечения с проводами или несущими тросами троллейбусной или трамвайной линии должны быть проверены в аварийном режиме на обрыв провода ВЛ в смежном пролете при среднегодовой температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током. При этом расстояния должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.36.

Таблица 2.5.36

Наименьшие расстояния от проводов ВЛ при пересечении, сближении или параллельном следовании с троллейбусными и трамвайными линиями

Пересечение, сближение или параллельное следование	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	До 20	35-110	150-220	330	500
<i>Расстояние по вертикали</i> от проводов ВЛ:					
а) при пересечении с троллейбусной линией в нормальном режиме ВЛ:					
до высшей отметки проезжей части	11	11	12	13	13
до проводов контактной сети или несущих тросов	3	3	4	5	5
б) при пересечении с трамвайной линией в нормальном режиме ВЛ:					
до головки рельса	9,5	9,5	10,5	11,5	11,5
до проводов контактной сети или несущих тросов	3	3	4	5	5
в) при обрыве провода ВЛ в смежном пролете до проводов или несущих тросов троллейбусной или трамвайной линии	1	1	2	2,5	-
<i>Расстояние по горизонтали</i> при сближении или параллельном следовании:	Не менее высоты опоры				
а) от крайних неотклоненных проводов ВЛ до опор троллейбусной и трамвайной контактных сетей					
б) от крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до опор троллейбусной и трамвайной контактных сетей на участках стесненной трассы	3	4	6	8	10
в) от крайних неотклоненных проводов ВЛ до остановочных пунктов трамваев и троллейбусов, разворотных колец с путями рабочими, отстоя, обгона и ремонта	10	20	25	30	30

При сближении ВЛ 110 кВ и выше с троллейбусными и трамвайными линиями расстояния между их проводами и мероприятия по защите от влияния должны быть определены в соответствии со строительными нормами и правилами на трамвайные и троллейбусные линии.

2.5.267. Защита пересечений ВЛ с контактной сетью осуществляется защитными аппаратами в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.229.

Допускается размещение проводов пересекающей ВЛ над опорами контактной сети при расстояниях по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее: 7 м - для ВЛ напряжением до 110 кВ, 8 м - для ВЛ 150-220 кВ, 9 м - для ВЛ 330-500 кВ.

Пересечение ВЛ с водными пространствами

2.5.268. Угол пересечения ВЛ с водными пространствами (реками, каналами, озерами, водохранилищами и др.) не нормируется.

Следует избегать, по возможности, пересечения ВЛ мест длительной стоянки судов (затонов, портов и других отстойных пунктов).

Прохождение ВЛ над шлюзами не допускается.

2.5.269. При пересечении судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ независимо от длины пролета пересечения, а также несудоходных участков водных пространств с пролетом пересечения более 700 м (большие переходы) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными концевыми.

Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с площадью сечения алюминиевой части для

обоих типов проводов 120 мм² и более или стальными канатами типа ТК площадью сечения 50 мм² и более допускается применение промежуточных опор и анкерных опор облегченного типа; при этом количество промежуточных опор между концевыми опорами должно соответствовать требованиям 2.5.153.

При применении в пролете пересечения промежуточных опор провода и тросы должны крепиться к ним глухими или специальными зажимами (например, многороликовыми подвесами).

На пересечениях ВЛ с судоходными водными пространствами, выполненных на промежуточных опорах с креплением проводов в глухих зажимах, расстояния по вертикали от проводов ВЛ площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм² до судов должны быть проверены на обрыв провода в соседнем пролете при среднегодовой температуре воздуха без ветра и гололеда без учета нагрева проводов электрическим током. При площади сечения алюминиевой части 185 мм² и более проверка в аварийном режиме не требуется.

2.5.270. Расстояние от нижней точки провеса проводов ВЛ в нормальном и аварийном режимах до уровня высоких (паводковых) вод на судоходных участках рек, каналов, озер и водохранилищ определяется как сумма максимального габарита судов и наименьшего расстояния от проводов ВЛ до габарита судов по табл. 2.5.37.

Стрела провеса провода при этом определяется при высшей температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током.

Уровень высоких (паводковых) вод принимается с вероятностью превышения (обеспеченностью) 0,01 (повторяемость 1 раз в 100 лет) для ВЛ 500-750 кВ и 0,02 (повторяемость 1 раз в 50 лет) - для ВЛ 330 кВ и ниже.

Расстояния от нижней точки провеса провода ВЛ до уровня льда должны быть не менее указанных в табл. 2.5.37. Стрела провеса провода при этом определяется при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.55 и температуре воздуха при гололеде согласно 2.5.51.

При пересечении ВЛ 330 кВ и выше мест длительной стоянки судов (затонов, портов и других отстойных пунктов) должно быть обеспечено наименьшее расстояние до верхних рабочих площадок обслуживания судов согласно табл. 2.5.37. Стрела провеса провода при этом определяется при температуре воздуха по 2.5.17 без учета нагрева провода электрическим током при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля.

Таблица 2.5.37

Наименьшее расстояние при пересечении ВЛ с водными пространствами

Расстояние	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	До 110	150	220	330	500	750
<i>Для судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ от проводов по вертикали:</i>						
до максимального габарита судов или сплава в нормальном режиме ВЛ	2	2,5	3,0	3,5	4,0	5,5
то же, но при обрыве провода в соседнем пролете	0,5	1,0	1,0	1,5	-	-
до верхних рабочих площадок обслуживания судов (крыша рубки и т.д.) в затонах, портах и других отстойных пунктах	-	-	-	11,0	15,5	23,0
до уровня льда	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	12,0
<i>Для несудоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ от проводов по вертикали:</i>						
до уровня высоких вод*	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	10,0
до уровня льда	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	12,0

* Наименьшее расстояние обеспечивает пропуск плавающих средств высотой до 3,5 м.

2.5.271. Расстояния от нижней точки провеса проводов ВЛ в нормальном режиме до уровня высоких (паводковых) вод на несудоходных участках рек, канатов, озер и водохранилищ

должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.37. Стрела провеса провода при этом определяется при температуре воздуха 15 °С без учета нагрева проводов электрическим током.

Расстояния от нижней точки провеса проводов ВЛ до уровня льда должны быть не менее указанных в табл. 2.5.37. Стрела провеса провода при этом определяется при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.55 и температуре воздуха при гололеде согласно 2.5.51.

2.5.272. Места пересечения ВЛ с судоходными и сплавными реками, озерами, водохранилищами и каналами должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками в соответствии с правилами плавания по внутренним водным путям.

Знаки «Соблюдай надводный габарит» устанавливаются по одному на каждом берегу на расстоянии 100 м выше или ниже (по течению) оси воздушного перехода. При ширине реки до 100 м щиты знаков устанавливаются непосредственно на опоре ВЛ на высоте не менее 5 м.

Предупреждающие навигационные знаки устанавливают владельцы ВЛ. Размеры знака, цвет и режим горения огней должны соответствовать государственным стандартам.

Прохождение ВЛ по мостам

2.5.273. Прокладка ВЛ 1 кВ и выше на всех мостах, как правило, не допускается.

При обоснованной необходимости допускается прохождение ВЛ по мостам, выполненным из негорючих материалов, при этом опоры или поддерживающие устройства, ограничивающие пролеты с берега на мост и через разводную часть моста, должны быть анкерными нормальной конструкции, все прочие поддерживающие устройства на мостах могут быть промежуточного типа, на этих устройствах с поддерживающими гирляндами изоляторов провода должны быть подвешены в глухих зажимах. Применение штыревых изоляторов не допускается, кроме ВЛЗ, где допускается их применение с креплением проводов спиральными пружинными вязками.

2.5.274. На металлических железнодорожных мостах с ездой по низу, снабженных на всем протяжении верхними связями, провода допускается располагать непосредственно над пролетным строением моста выше связей или за его пределами; располагать провода в пределах габарита приближения строений, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог, не допускается. Расстояния от проводов ВЛ до всех линий МПС, проложенных по конструкции моста, принимаются по 2.5.251, как для стесненных участков трассы.

На городских и шоссейных мостах провода допускается располагать как за пределами пролетного строения, так и в пределах ширины пешеходной и проезжей частей моста.

На охраняемых мостах допускается располагать провода ВЛ ниже отметки пешеходной части.

2.5.275. Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до различных частей мостов должны приниматься в соответствии с требованиями организаций, в ведении которых находится данный мост. При этом определение наибольшей стрелы провеса проводов производится путем сопоставления стрел провеса при высшей температуре воздуха и при гололеде.

Прохождение ВЛ по плотинам и дамбам

2.5.276. При прохождении ВЛ по плотинам, дамбам и т. п. любые расстояния от неотклоненных и отклоненных проводов до различных частей плотин или дамб в нормальном режиме ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.38.

Расстояния по вертикали в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее приведенных в табл. 2.5.38:

при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током для ВЛ 500 кВ и ниже;

при температуре воздуха по 2.5.17 без учета нагрева проводов электрическим током при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля для ВЛ 750 кВ;

при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.55 и температуре воздуха при гололеде согласно 2.5.51.

Таблица 2.5.38

Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до различных частей плотин и дамб

Части плотин и дамб	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	До 110	150	220	330	500	750
Гребень и бровка откоса	6	6,5	7	7,5	8	12
Наклонная поверхность откоса	5	5,5	6	6,5	7	9
Поверхность переливающейся через плотину воды	4	4,5	5	5,5	6	7

2.5.277. При прохождении ВЛ по плотинам и дамбам, по которым проложены пути сообщения, ВЛ должна удовлетворять также требованиям, предъявляемым к ВЛ при пересечении и сближении с соответствующими объектами путей сообщения.

При этом расстояния по горизонтали от любой части опоры до путей сообщения должны приниматься как для ВЛ на участках стесненной трассы. Расстояния до пешеходных дорожек и тротуаров не нормируются.

Располагать провода в пределах габарита приближения строений, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог, не допускается.

Допускается располагать провода в пределах полотна автомобильной дороги, пешеходных дорожек и тротуаров.

Сближение ВЛ со взрыво- и пожароопасными установками

2.5.278. Сближение ВЛ со зданиями, сооружениями и наружными технологическими установками, связанными с добычей, транспортировкой, производством, изготовлением, использованием или хранением взрывоопасных, взрывопожароопасных и пожароопасных веществ, а также со взрыво- и пожароопасными зонами, должно выполняться в соответствии с нормами, утвержденными в установленном порядке.

Если нормы сближения не предусмотрены нормативными документами, то расстояния от оси трассы ВЛ до указанных зданий, сооружений, наружных установок и зон должны составлять не менее полуторакратной высоты опоры.

Пересечение и сближение ВЛ с надземными и наземными трубопроводами, сооружениями транспорта нефти и газа и канатными дорогами

2.5.279. Угол пересечения ВЛ с надземными и наземными газопроводами, нефтепроводами, нефтепродуктопроводами, трубопроводами сжиженных углеводородных газов, аммиакопроводами*, а также с пассажирскими канатными дорогами рекомендуется принимать близким к 90°.

Угол пересечения ВЛ с надземными и наземными трубопроводами для транспорта негорючих жидкостей и газов, а также с промышленными канатными дорогами не нормируется.

* Газопроводы, нефтепроводы, нефтепродуктопроводы, трубопроводы сжиженных углеводородных газов, аммиакопроводы в дальнейшем именуются трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов.

2.5.280. Пересечение ВЛ 110 кВ и выше с надземными и наземными магистральными и промысловыми трубопроводами* для транспорта горючих жидкостей и газов, как правило, не допускается.

Допускается пересечение этих ВЛ с действующими однопроволочными наземными магистральными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов при прокладке трубопроводов в насыпи.

В районах с вечномёрзлыми грунтами допускается пересечение ВЛ 110 кВ и выше с надземными и наземными магистральными нефтепроводами, а также с их техническими коридорами без прокладки нефтепроводов в насыпи. При этом нефтепроводы на расстоянии 1000 м в обе стороны от пересечения с ВЛ должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам трубопроводов категории I, а в пределах охранной зоны ВЛ 500 кВ и выше - категории В по строительным нормам и правилам магистральные трубопроводы.

Ограждения должны быть рассчитаны на нагрузки от воздействия проводов при их обрыве или при падении опор ВЛ, ограничивающих пролет пересечения, и на термическую стойкость при протекании токов КЗ.

* Магистральные и промысловые трубопроводы в дальнейшем именуются магистральные трубопроводы.

При сооружении новых трубопроводов и канатных дорог под действующими ВЛ 500 кВ и выше переустройство ВЛ не требуется, если выдерживается наименьшее расстояние в соответствии с табл. 2.5.39.

**Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до наземных, надземных трубопроводов,
канатных дорог**

[illegible]

помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок: компрессорных (КС) и газораспределительных (ГРС) станций: на газопроводах с давлением свыше 1,2 МПа	80	80	100	120	140	160	180	200
на газопроводах с давлением газа 1,2 МПа и менее	Не менее высоты опоры плюс 3 м							
нефтеперекачивающих станций (НПС)	40	40	60	80	100	120	150	150
2) при пересечении от основания опоры ВЛ до любой части: трубопровода, защитных устройств трубопровода или канатной дороги	Не менее высоты опоры							
то же, на участках трассы в стесненных условиях	3	4	4	4,5	5	6	6,5	15

* При прокладке трубопровода в насыпи расстояние до насыпи увеличивается на 1 м.

**Если высота надземного сооружения превышает высоту опоры ВЛ, расстояние между этим сооружением и ВЛ следует принимать не менее высоты этого сооружения.

Примечание. Приведенные в таблице расстояния принимаются до границы насыпи или защитного устройства.

В пролетах пересечения ВЛ с трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов провода и тросы не должны иметь соединений.

2.5.282. Провода ВЛ должны располагаться над надземными трубопроводами и канатными дорогами. В исключительных случаях допускается прохождение ВЛ до 220 кВ под канатными дорогами, которые должны иметь мостики или сетки для ограждения проводов ВЛ. Крепление мостиков и сеток на опорах ВЛ не допускается.

Расстояния по вертикали от ВЛ до мостиков, сеток и ограждений (2.5.280) должны быть такими же, как до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог (см. табл. 2.5.39).

2.5.283. В пролетах пересечения с ВЛ металлические трубопроводы, кроме проложенных в насыпи, канатные дороги, а также ограждения, мостики и сетки должны быть заземлены. Сопротивление, обеспечиваемое применением искусственных заземлителей, должно быть не более 10 Ом.

2.5.284. Расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.39*.

* Взаимное расположение трубопроводов, их зданий, сооружений и наружных установок и ВЛ, входящих в состав трубопроводов, определяется ведомственными нормами.

Расстояния по вертикали в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее значений, приведенных в табл. 2.5.39:

при высшей температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током расстояния должны приниматься как для ВЛ 500 кВ и ниже;

при температуре воздуха по 2.5.17 без учета нагрева провода электрическим током при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля - для ВЛ 750 кВ;

при расчетной линейной гололедной нагрузке по 2.5.55 и температуре воздуха при гололеде - согласно 2.5.51.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм² при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра; для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 185 мм² и более проверка при обрыве провода не требуется.

Трасса ВЛ напряжением 110 кВ и выше при параллельном следовании с техническими коридорами надземных и наземных магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов должна проходить, как правило, на местности с отметками рельефа выше отметок технических

коридоров магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. В районах Западной Сибири и Крайнего Севера* при параллельном следовании ВЛ 110 кВ и выше с техническими коридорами надземных и наземных магистральных газопроводов, нефтепроводов, нефтепродуктопроводов и аммиакопроводов расстояние от оси ВЛ до крайнего трубопровода должно быть не менее 1000 м.

* Здесь и далее к районам Западной Сибири относятся нефтегазодобывающие районы Тюменской и Томской областей и Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского округов и к районам Крайнего Севера - территория, включенная в это понятие Постановлением Совета Министров СССР от 10.10.67.

2.5.285. Расстояние от крайних неотклоненных проводов ВЛ до продувочных свечей, устанавливаемых на магистральных газопроводах, следует принимать не менее 300 м.

На участках стесненной трассы ВЛ это расстояние может быть уменьшено до 150 м, кроме многоцепных ВЛ, расположенных как на общих, так и на отдельных опорах.

2.5.286. На участках пересечения ВЛ с вновь сооружаемыми надземными и наземными магистральными трубопроводами последние на расстоянии по 50 м в обе стороны от проекции крайнего неотклоненного провода должны иметь для ВЛ до 20 кВ категорию, отвечающую требованиям строительных норм и правил, а для ВЛ 35 кВ и выше - на одну категорию выше.

Пересечение и сближение ВЛ с подземными трубопроводами

2.5.287. Угол пересечения ВЛ 35 кВ и ниже с подземными магистральными и промышленными газопроводами, нефтепроводами, нефтепродуктопроводами, трубопроводами сжиженных углеводородных газов и аммиакопроводами* не нормируется.

Угол пересечения ВЛ 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми подземными магистральными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов должен быть не менее 60°.

Угол пересечения ВЛ с подземными газопроводами с избыточным давлением газа 1,2 МПа и менее, немагистральными нефтепроводами, нефтепродуктопроводами, трубопроводами сжиженных углеводородных газов и аммиакопроводами, а также с подземными трубопроводами для транспорта негорючих жидкостей и газов не нормируется.

* Газопроводы, нефтепроводы, нефтепродуктопроводы, трубопроводы снижения углеводородных газов, аммиакопроводы в дальнейшем именуются трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов; магистральные и промышленные трубопроводы в дальнейшем именуются магистральными трубопроводами.

2.5.288. Расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании ВЛ с подземными трубопроводами должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.40*.

В исключительных случаях допускается в процессе проектирования уменьшение до 50 % расстояний (например, при прохождении ВЛ по территориям электростанций, промышленных предприятий, по улицам городов и т. п.), приведенных в п. 3 табл. 2.5.40 для газопроводов с давлением газа 1,2 МПа и менее.

* Взаимное расположение трубопроводов, их зданий, сооружений и наружных установок и ВЛ, входящих в состав трубопроводов, определяется ведомственными нормами.

Таблица 2.5.40

Наименьшие расстояния от ВЛ до подземных сетей

Пересечение, сближение или параллельное следование	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ							
	До 20	35	110	150	220	330	500	750
<i>Расстояние по горизонтали:</i> 1) при сближении и параллельном следовании от крайнего неотклоненного провода до любой части: магистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов, аммиакопроводов, газопроводов с давлением газа свыше 1,2	10	15	20	25	25	30	0	40

МПа (магистральные газопроводы) трубопроводов сжиженных углеводородных газов	Не менее 1 000 м							
2) при сближении и параллельном следовании в стесненных условиях и при пересечении от заземлителя или подземной части (фундаментов) опоры до любой части трубопроводов, указанных в п. 1	5	5	10	10	10	15	25	25
3) при пересечении, сближении и параллельном следовании от заземлителя или подземной части (фундаментов) опоры: до немагистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов, трубопроводов сжиженных углеводородных газов и аммиакопроводов и до газопроводов с давлением газа 1,2 МПа и менее до водопровода, канализации (напорной и самотечной), водостоков, дренажей тепловых сетей	5	5	10	10	10	10	10	25
	2	2	3	3	3	3	3	10

При этом следует предусматривать защиту фундаментов опор ВЛ от возможного их подмыва при повреждении указанных трубопроводов, а также защиту, предотвращающую вынос опасных потенциалов на металлические трубопроводы.

В районах Западной Сибири и Крайнего Севера при параллельном следовании ВЛ 110 кВ и выше с техническими коридорами подземных магистральных трубопроводов для транспорта горючих жидкостей и газов расстояние от оси ВЛ до крайнего трубопровода должно быть не менее 1000 м.

2.5.289. Расстояния от крайних неотклоненных проводов ВЛ до продувочных свечей, устанавливаемых на газопроводах с давлением газа свыше 1,2 МПа (магистральных газопроводах), и до помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок КС, ГРС и НПС следует принимать как для надземных и наземных трубопроводов по 2.5.285 и по табл. 2.5.39 соответственно.

2.5.290. Вновь сооружаемые подземные магистральные трубопроводы на участках сближения и параллельного следования с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в п. 1 табл. 2.5.40 должны иметь категорию:

- для газопроводов и ВЛ 500 кВ и выше - не менее II;
- для газопроводов и ВЛ 330 кВ и ниже - не менее III;
- для нефтепроводов и ВЛ выше 1 кВ - не менее III.

Вновь сооружаемые подземные магистральные трубопроводы при пересечении с ВЛ в пределах охранной зоны ВЛ должны соответствовать строительным нормам и правилам.

Вновь сооружаемые подземные магистральные трубопроводы, прокладываемые в районах Западной Сибири и Крайнего Севера, при пересечении с ВЛ на расстоянии 1000 м в обе стороны от пересечения должны быть не ниже II категории, а в пределах охранной зоны ВЛ 500 кВ и выше - I категории.

Сближение ВЛ с аэродромами и вертодромами

2.5.291. Размещение ВЛ в районах аэродромов, вертодромов и воздушных трасс производится в соответствии с требованиями строительных норм и правил на аэродромы и планировку и застройку городских и сельских поселений.

2.5.292. В соответствии с Руководством по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ) в целях обеспечения безопасности полетов воздушных судов опоры ВЛ, расположенные на приаэродромной территории и на местности в пределах воздушных трасс и нарушающие или ухудшающие условия безопасности полетов, а также опоры высотой 100 м и более независимо от места их расположения должны иметь дневную маркировку (окраску) и светоограждение.

Маркировку и светоограждение опор ВЛ должны выполнять предприятия и организации, которые их строят и эксплуатируют.

Необходимость и характер маркировки и светоограждения проектируемых опор ВЛ определяются в каждом конкретном случае соответствующими органами гражданской авиации при согласовании строительства.

Выполнение дневной маркировки и светоограждения опор ВЛ производится в соответствии с РЭГА РФ. При этом следует соблюдать следующие условия:

1) дневная маркировка должна иметь два маркировочных цвета: красный (оранжевый) и белый. Опоры высотой до 100 м маркируют от верхней точки на 1/3 высоты горизонтальными чередующимися по цвету полосами шириной 0,5-6 м. Число полос должно быть не менее трех, причем крайние полосы окрашивают в красный (оранжевый) цвет. На приаэродромной территории международных аэропортов и воздушных трассах международного значения опоры маркируются горизонтальными чередующимися по цвету полосами той же ширины сверху до основания.

Опоры высотой более 100 м маркируются от верха до основания чередующимися по цвету полосами шириной, определяемой РЭГА РФ, но не более 30м;

2) для светоограждения опор должны быть использованы заградительные огни, которые устанавливаются на самой верхней части (точке) и ниже через каждые 45 м. Расстояния между промежуточными ярусами, как правило, должны быть одинаковыми. Опоры, расположенные внутри застроенных районов, светоограждаются сверху вниз до высоты 45 м над средним уровнем высоты застройки;

3) в верхних точках опор устанавливается по два огня (основной и резервный), работающих одновременно или по одному при наличии устройства для автоматического включения резервного огня при выходе из строя основного. Автомат включения резервного огня должен работать так, чтобы в случае выхода его из строя остались включенными оба заградительных огня;

4) заградительные огни должны быть установлены так, чтобы их можно было наблюдать со всех направлений в пределах от зенита до 5° ниже горизонта;

5) заградительные огни должны быть постоянного излучения красного цвета с силой света во всех направлениях не менее 10 кд.

Для светоограждения опор, расположенных вне зон аэродромов и не имеющих вокруг себя посторонних огней, могут быть применены огни белого цвета, работающие в проблесковом режиме. Сила заградительного огня должна быть не менее 10 кд, а частота проблесков - не менее 60 1/мин.

При установке на опоре нескольких проблесковых огней должна быть обеспечена одновременность проблесков;

6) средства светового ограждения аэродромных препятствий по условиям электроснабжения относятся к потребителям I категории, и их электроснабжение должно осуществляться по отдельным линиям, подключенным к подстанциям.

Линии должны быть обеспечены аварийным (резервным) питанием.

Рекомендуется предусмотреть АВР;

7) включение и отключение светового ограждения препятствий в районе аэродрома производится владельцами ВЛ и диспетчерским пунктом аэродрома по заданному режиму работы. На случай отказа автоматических устройств для включения заградительных огней следует предусматривать возможность включения заградительных огней вручную;

8) для обеспечения удобного и безопасного обслуживания должны предусматриваться площадки у мест размещения сигнальных огней и оборудования, а также лестницы для доступа к этим площадкам.

Для этих целей следует использовать площадки и лестницы, предусматриваемые на опорах ВЛ.

Приложение 1
(обязательное)

Расстояния между проводами и между проводами и тросами по условиям пляски

Таблица П1

Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 35-220 кВ в районах с умеренной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре							
		До 4	5	6	8	12	16	20	30 и более
35	2,5	-	0,7	1,0	1,60	2,3	2,60	3,30	3,90
	3,0	-	-	0,7	1,30	2,15	2,55	3,20	3,85
	3,5	-	-	-	1,00	2,10	2,50	3,15	3,80
	4,0	-	-	-	0,70	2,00	2,45	3,10	3,80
	4,5	-	-	-	-	1,80	2,40	3,10	3,85
	5,0	-	-	-	-	1,60	2,30	3,05	3,80
	5,5	-	-	-	-	1,00	2,25	3,05	3,80
	6,0	-	-	-	-	0,70	2,10	3,00	3,75
	6,5	-	-	-	-	-	1,90	2,90	3,65
	7,0	-	-	-	-	-	1,60	2,60	3,40
	7,5	-	-	-	-	-	1,30	2,45	3,30
110	3,0	-	-	1,15	1,70	2,40	2,80	3,50	4,15
	3,5	-	-	-	1,50	2,40	2,70	3,40	4,10
	4,0	-	-	-	1,20	2,20	2,65	3,40	4,10
	4,5	-	-	-	-	2,00	2,60	3,35	4,05
	5,0	-	-	-	-	1,80	2,50	3,25	4,00
	5,5	-	-	-	-	1,50	2,45	3,30	4,10
	6,0	-	-	-	-	1,20	2,30	3,20	4,00
	6,5	-	-	-	-	-	2,10	3,05	3,80
	7,0	-	-	-	-	-	2,00	2,90	3,70
	7,5	-	-	-	-	-	1,60	2,75	3,65
	8,0	-	-	-	-	-	1,20	2,60	3,50
150	3,5	-	-	0,65	1,50	2,50	2,85	3,60	4,25
	4,0	-	-	-	1,50	2,30	2,80	3,55	4,25
	4,5	-	-	-	0,75	2,20	2,75	3,50	4,25
	5,0	-	-	-	-	2,00	2,70	3,50	4,25
	5,5	-	-	-	-	1,60	2,60	3,45	4,25
	6,0	-	-	-	-	1,50	2,50	3,40	4,25
	6,5	-	-	-	-	0,95	2,30	3,30	4,10
	7,0	-	-	-	-	-	2,10	3,15	4,05
	7,5	-	-	-	-	-	1,80	3,00	3,90
	8,0	-	-	-	-	-	1,45	2,80	3,80
	8,5	-	-	-	-	-	0,80	2,60	3,65
220	4,0	-	-	-	1,45	2,60	3,05	3,95	4,70
	4,5	-	-	-	1,10	2,45	3,00	3,90	4,65
	5,0	-	-	-	-	2,30	3,00	3,85	4,60
	5,5	-	-	-	-	2,00	2,80	3,65	4,40
	6,0	-	-	-	-	2,00	2,70	3,55	4,35
	6,5	-	-	-	-	1,75	2,60	3,55	4,35
	7,0	-	-	-	-	-	2,35	3,35	4,25
	7,5	-	-	-	-	-	2,10	3,25	4,15
	8,0	-	-	-	-	-	1,80	3,10	4,00
	8,5	-	-	-	-	-	1,40	2,85	3,90
	9,0	-	-	-	-	-	-	2,65	3,75

Таблица П2

**Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных
опорах ВЛ 330 кВ в районах с умеренной пляской проводов**

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре					
		До 4	5	6	8	12	16 и более
330	5,0	-	1,20	2,45	2,65	3,10	3,70
	5,5	-	-	1,85	2,50	3,05	3,65
	6,0	-	-	-	2,50	2,95	3,60
	6,5	-	-	-	-	2,85	3,55

	7,0	-	-	-	-	2,70	3,50
	7,5	-	-	-	-	2,50	3,45
	8,0	-	-	-	-	2,50	3,40
	8,5	-	-	-	-	2,50	3,20
	9,0	-	-	-	-	2,25	3,15
	9,5	-	-	-	-	1,95	3,00
	10,0	-	-	-	-	1,50	2,90

Таблица ПЗ

Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 500-750 кВ в районах с умеренной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре				
		До 4	5	6	8	12 и более
500	6,0	-	1,60	2,20	3,10	4,50
	6,5	-	1,25	1,90	2,95	4,40
	7,0	-	-	1,70	2,80	4,35
	7,5	-	-	1,35	2,70	4,25
	8,0	-	-	-	2,50	4,20
	8,5	-	-	-	2,25	4,10
	9,0	-	-	-	2,00	4,00
	9,5	-	-	-	1,50	3,90
	10,0	-	-	-	-	3,80
	10,5	-	-	-	-	3,60
	11,0	-	-	-	-	3,45
750	7,0	-	1,30	2,05	3,00	4,45
	7,5	-	0,60	1,80	2,90	4,40
	8,0	-	-	1,45	2,70	4,30
	8,5	-	-	0,70	2,55	4,25
	9,0	-	-	-	2,35	4,15
	9,5	-	-	-	2,05	4,05
	10,0	-	-	-	1,65	3,95
	10,5	-	-	-	-	3,65
	11,0	-	-	-	-	3,50
	11,5	-	-	-	-	3,30
	12,0	-	-	-	-	3,10
	12,5	-	-	-	-	2,80

Таблица П4

Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 35-220 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре							
		До 4	5	6	8	12	16	20	30 и более
35	2,5	-	0,7	1,20	1,90	3,10	4,15	5,20	6,25
	3,0	-	-	0,75	1,70	3,00	4,10	5,15	6,20
	3,5	-	-	-	1,45	2,85	4,05	5,10	6,20
	4,0	-	-	-	0,90	2,70	3,95	5,05	6,15
	4,5	-	-	-	-	2,50	3,80	4,95	6,10
	5,0	-	-	-	-	2,20	3,65	4,85	6,00
	5,5	-	-	-	-	1,80	3,50	4,75	5,90
	6,0	-	-	-	-	1,15	3,25	4,60	5,80
	6,5	-	-	-	-	-	2,95	4,45	5,65
	7,0	-	-	-	-	-	2,60	4,25	5,55
	7,5	-	-	-	-	-	2,15	4,00	5,40

110	3,0	-	-	1,15	2,0	3,25	4,35	5,40	6,45
	3,5	-	-	-	1,72	3,10	4,25	5,35	6,40
	4,0	-	-	-	1,30	2,95	4,15	5,30	6,35
	4,5	-	-	-	-	2,75	4,05	5,20	6,30
	5,0	-	-	-	-	2,50	3,95	5,10	6,25
	5,5	-	-	-	-	2,15	3,70	5,00	6,15
	6,0	-	-	-	-	1,60	3,50	4,85	6,05
	6,5	-	-	-	-	-	3,25	4,70	5,90
	7,5	-	-	-	-	-	2,50	4,25	5,65
	8,0	-	-	-	-	-	1,90	4,00	5,45
150	3,5	-	-	0,65	1,90	3,25	4,40	5,50	6,55
	4,0	-	-	-	1,50	3,10	4,30	5,45	6,50
	4,5	-	-	-	0,75	2,90	4,20	5,35	6,45
	5,0	-	-	-	-	2,85	4,05	5,25	6,40
	5,5	-	-	-	-	2,30	3,85	5,15	6,30
	6,0	-	-	-	-	1,85	3,65	5,00	6,20
	6,5	-	-	-	-	0,95	3,40	4,85	6,05
	7,0	-	-	-	-	-	3,10	4,65	5,95
	7,5	-	-	-	-	-	2,70	4,40	5,75
	8,0	-	-	-	-	-	2,15	4,15	5,60
220	8,5	-	-	-	-	-	1,15	3,85	5,40
	4,0	-	-	-	1,95	3,45	4,45	5,80	6,85
	4,5	-	-	-	1,45	3,25	4,55	5,70	6,80
	5,0	-	-	-	-	3,05	4,40	5,60	6,70
	5,5	-	-	-	-	2,75	4,25	5,50	6,65
	6,0	-	-	-	-	2,35	4,05	5,35	6,55
	6,5	-	-	-	-	1,75	3,80	5,20	6,40
	7,0	-	-	-	-	-	3,50	5,00	6,30
	7,5	-	-	-	-	-	3,15	4,80	6,15
	8,0	-	-	-	-	-	2,70	4,55	5,95
	8,5	-	-	-	-	-	2,05	4,25	5,75
	9,0	-	-	-	-	-	-	3,95	5,55

Таблица П5

Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 330 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре					
		До 4	5	6	8	12	16 и более
330	5,0	-	1,20	2,45	3,80	5,80	7,55
	5,5	-	-	1,85	3,55	5,70	7,45
	6,0	-	-	-	3,20	5,55	7,40
	6,5	-	-	-	2,80	5,40	7,30
	7,0	-	-	-	2,10	5,20	7,20
	7,5	-	-	-	-	4,95	7,05
	8,0	-	-	-	-	4,70	6,95
	8,5	-	-	-	-	4,35	6,75
	9,0	-	-	-	-	3,95	6,60
	9,5	-	-	-	-	3,40	6,35
	10,0	-	-	-	-	2,60	6,10

Таблица П6

Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 500-750 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре				
		До 4	5	6	8	12и более
500	6,0	-	2,90	3,95	5,50	8,00
	6,5	-	2,25	3,55	5,30	7,90
	7,0	-	-	3,10	5,05	7,80
	7,5	-	-	2,40	4,80	7,65
	8,0	-	-	-	4,45	7,55
	8,5	-	-	-	4,05	7,40
	9,0	-	-	-	3,55	7,20
	9,5	-	-	-	2,75	7,00
	10,0	-	-	-	-	6,80
	10,5	-	-	-	-	6,50
	11,0	-	-	-	-	6,20
750	7,0	-	2,50	3,90	5,70	8,40
	7,5	-	1,20	3,45	5,45	8,25
	8,0	-	-	2,75	5,15	8,15
	8,5	-	-	1,30	4,80	8,00
	9,0	-	-	-	4,40	7,80
	9,5	-	-	-	3,85	7,60
	10,0	-	-	-	3,10	7,40
	11,0	-	-	-	-	6,90
	11,5	-	-	-	-	6,55
	12,0	-	-	-	-	6,20
	12,5	-	-	-	-	5,80
	13,0	-	-	-	-	5,25

Таблица П7

Наименьшее смещение проводов и тросов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 35-750 кВ в районах с умеренной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса провода, м, при 0 °С						
		До 6	8	10	12	14	16	20
35	2,5	-	1,50	2,55	3,35	3,90	4,35	5,85
	3,0	-	0,55	1,80	2,75	3,40	4,00	5,55
	3,5	-	-	1,00	2,20	3,00	3,55	5,10
	4,0	-	-	0,60	1,55	2,45	3,15	4,75
	4,5	-	-	-	0,70	1,85	2,70	4,40
	5,0	-	-	-	-	1,15	2,15	3,90
	5,5	-	-	-	-	0,20	1,55	3,60
	6,0	-	-	-	-	-	0,80	3,10
	6,5	-	-	-	-	-	-	2,45
	7,0	-	-	-	-	-	-	1,70
	7,5	-	-	-	-	-	-	0,90
	8,0	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
110	3,0	-	0,85	2,05	2,95	3,65	4,25	5,80
	3,5	-	-	1,40	2,50	3,20	3,75	5,35
	4,0	-	-	0,40	1,75	2,65	3,35	5,0
	4,5	-	-	-	0,95	2,05	2,90	4,60
	5,0	-	-	-	-	1,35	2,35	4,15
	5,5	-	-	-	-	0,50	1,75	3,70

	6,0	-	-	-	-	-	1,05	3,25
	6,5	-	-	-	-	-	0,10	2,60
	7,0	-	-	-	-	-	-	1,95
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,15
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,20
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
150	3,5	-	-	1,45	2,60	3,30	3,90	5,50
	4,0	-	-	0,65	1,85	2,80	3,50	5,15
	4,5	-	-	-	1,15	2,25	3,05	4,80
	5,0	-	-	-	0,10	1,50	2,55	4,40
	5,5	-	-	-	-	0,65	1,95	3,95
	6,0	-	-	-	-	-	1,20	3,45
	6,5	-	-	-	-	-	0,25	2,80
	7,0	-	-	-	-	-	-	2,15
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,35
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,45
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
220	4,0	-	-	0,85	2,10	3,05	3,80	5,55
	4,5	-	-	-	1,40	2,45	3,30	5,15
	5,0	-	-	-	0,50	1,80	2,75	4,65
	5,5	-	-	-	-	1,00	2,10	4,05
	6,0	-	-	-	-	0,40	1,45	3,55
	6,5	-	-	-	-	-	0,65	3,05
	7,0	-	-	-	-	-	-	2,35
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,65
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,75
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
330	5,0	-	0,80	2,15	2,95	3,75	4,40	4,85
	5,5	-	-	1,60	2,60	3,45	4,10	4,55
	6,0	-	-	1,00	2,15	3,10	3,80	4,15
	6,5	-	-	0,05	1,65	2,70	3,50	3,85
	7,0	-	-	-	1,05	2,25	3,15	3,45
	7,5	-	-	-	0,30	1,80	2,80	3,10
	8,0	-	-	-	-	1,30	2,45	2,65
	8,5	-	-	-	-	0,65	1,95	2,05
	9,0	-	-	-	-	-	1,40	1,55
	9,5	-	-	-	-	-	0,80	0,90
	10,0	-	-	-	-	-	-	0,20
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
500	6,0	-	1,55	2,90	4,05	4,35	4,60	5,05
	6,5	-	1,05	2,55	3,75	4,05	4,25	4,70
	7,0	-	0,40	2,15	3,45	3,70	3,90	4,25
	7,5	-	-	1,70	3,15	3,35	3,50	3,70
	8,0	-	-	1,20	2,75	2,90	3,10	3,35
	8,5	-	-	0,50	2,30	2,45	2,60	2,80
	9,0	-	-	-	1,85	1,95	2,05	2,20
	9,5	-	-	-	1,30	1,35	1,45	1,60
	10,0	-	-	-	0,60	0,60	0,65	0,75
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
750	7,0	-	0,70	2,20	3,40	3,65	3,85	4,20
	7,5	-	0,35	1,85	3,10	3,30	3,50	3,80
	8,0	-	-	1,35	2,75	2,95	3,10	3,40
	8,5	-	-	0,80	2,40	2,55	2,70	2,90
	9,0	-	-	0,10	1,95	2,05	2,20	2,40
	9,5	-	-	-	1,50	1,55	1,65	1,80
	10,0	-	-	-	0,90	1,00	1,05	1,15
	10,5	-	-	-	0,25	0,25	0,25	0,30

	11,0	-	-	-	-	-	-	-
--	------	---	---	---	---	---	---	---

Таблица П8

**Наименьшее смещение проводов и тросов по горизонтали на промежуточных опорах
ВЛ 35-750 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов**

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса провода, м, при 0 °С						
		До 6	8	10	12	14	16	20
35	2,5	-	1,75	3,20	4,50	5,75	6,95	9,35
	3,0	-	0,70	2,40	3,80	5,10	6,40	8,85
	3,5	-	-	1,40	3,00	4,45	5,75	8,25
	4,0	-	-	0,80	2,10	3,65	5,05	7,65
	4,5	-	-	-	0,95	2,75	4,30	7,00
	5,0	-	-	-	-	1,70	3,40	6,30
	5,5	-	-	-	-	0,35	2,40	5,55
	6,0	-	-	-	-	-	1,20	4,70
	6,5	-	-	-	-	-	-	3,75
	7,0	-	-	-	-	-	-	2,70
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,45
	8,0	-	-	-	-	-	-	-
110	9,0	-	-	-	-	-	-	-
	3,0	-	1,00	2,60	3,95	5,30	6,55	8,95
	3,5	-	-	1,70	3,25	4,60	5,90	8,40
	4,0	-	-	0,50	2,35	3,85	5,25	7,80
	4,5	-	-	-	1,30	3,00	4,50	7,15
	5,0	-	-	-	-	2,00	3,65	6,45
	5,5	-	-	-	-	0,75	2,70	5,75
	6,0	-	-	-	-	-	1,55	4,90
	6,5	-	-	-	-	-	0,10	4,00
	7,0	-	-	-	-	-	-	3,00
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,80
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,35
150	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,5	-	-	-	-	-	-	-
	3,5	-	-	1,85	3,35	4,70	6,00	8,50
	4,0	-	-	0,75	2,50	4,00	5,35	7,90
	4,5	-	-	-	1,50	3,15	4,60	7,30
	5,0	-	-	-	0,15	2,20	3,80	6,60
	5,5	-	-	-	-	1,00	2,85	5,85
	6,0	-	-	-	-	-	1,75	5,05
	6,5	-	-	-	-	-	0,40	4,15
	7,0	-	-	-	-	-	-	3,15
	7,5	-	-	-	-	-	-	2,00
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,65
220	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
	4,0	-	-	1,15	2,80	4,25	5,55	8,10
	4,5	-	-	-	1,85	3,45	4,85	7,50
	5,0	-	-	-	0,65	2,55	4,05	6,80
	5,5	-	-	-	-	1,45	3,20	6,10
	6,0	-	-	-	-	0,50	2,15	5,35
	6,5	-	-	-	-	-	0,95	4,45
	7,0	-	-	-	-	-	-	3,50
	7,5	-	-	-	-	-	-	2,45
	8,0	-	-	-	-	-	-	1,15
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
330	9,0	-	-	-	-	-	-	-
	5,0	-	1,15	3,55	5,45	7,25	8,95	9,85

	5,5	-	-	2,65	4,80	6,65	8,40	9,25
	6,0	-	-	1,60	4,00	6,00	7,80	8,55
	6,5	-	-	0,10	3,10	5,30	7,20	7,90
	7,0	-	-	-	2,05	4,50	6,50	7,10
	7,5	-	-	-	0,65	3,55	5,75	6,30
	8,0	-	-	-	-	2,50	4,95	5,40
	8,5	-	-	-	-	1,20	4,05	4,35
	9,0	-	-	-	-	-	2,95	3,20
	9,5	-	-	-	-	-	1,70	1,85
	10,0	-	-	-	-	-	-	0,50
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
500	6,0	-	2,75	5,15	7,25	7,75	8,20	9,00
	6,5	-	1,90	4,55	6,75	7,20	7,60	8,35
	7,0	-	0,70	3,85	6,20	6,60	6,95	7,60
	7,5	-	-	3,05	5,60	5,95	6,25	6,65
	8,0	-	-	2,10	4,90	5,20	5,50	5,95
	8,5	-	-	0,90	4,15	4,40	4,65	5,05
	9,0	-	-	-	3,30	3,50	3,65	3,95
	9,5	-	-	-	2,30	2,40	2,55	2,85
	10,0	-	-	-	1,05	1,10	1,15	1,30
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
750	7,0	-	1,35	4,15	6,45	6,85	7,25	7,95
	7,5	-	0,70	3,45	5,85	6,25	6,60	7,20
	8,0	-	-	2,55	5,20	5,55	5,85	6,40
	8,5	-	-	1,55	4,50	4,80	5,05	5,50
	9,0	-	-	0,25	3,70	3,90	4,15	4,50
	9,5	-	-	-	2,80	2,95	3,15	3,401
	10,0	-	-	-	1,70	1,85	1,95	2,15
	10,5	-	-	-	0,40	0,40	0,45	0,55
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
	11,5	-	-	-	-	-	-	-

Приложение 2

Справочный материал к главе 2.5 ПУЭ. Перечень ссылочных нормативных документов

В соответствии с правилами оформления нормативных документов в тексте главы 2.5 приведены ссылки на строительные нормы и правила (СНиП) и Государственные стандарты (ГОСТ) в общем виде без указания их номеров и наименований.

Для обеспечения удобства пользования главой 2.5 и во избежание возникновения при этом ошибок ниже приводятся номера параграфов главы 2.5 и наименования и номера относящихся к ним СНиПов и ГОСТов.

Параграф	Нормативные документы	
2.5.9	ГОСТ 27751-88	«Надежность строительных конструкций и оснований».
	СНиП 2.03.01-84*	«Бетонные и ж/б конструкции».
	СНиП II-23-81**	«Стальные конструкции».
	СНиП 2.02.01-83	«Основания зданий и сооружений».
	СНиП II-25-80	«Деревянные конструкции»
2.5.11	СНиП 2.01.07-85*	«Нагрузки и воздействия»
2.5.17	СНиП 23-01-99	«Строительная климатология»
2.5.19	СНиП 32-03-96	«Аэродромы»
2.5.25	СНиП 2.03.11-85	«Защита строительных конструкций от коррозии»
2.5.28	СНиП 2.01.15-90	«Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов»
2.5.38	СНиП 23-01-99	«Строительная климатология»

2.5.51	СНиП 2.01.07-85* СНиП 23-01-99	«Нагрузки и воздействия». «Строительная климатология»
2.5.59	СНиП 2.01.07-85*	«Нагрузки и воздействия»
2.5.60	СНиП 2.01.07-85*	«Нагрузки и воздействия»
2.5.69	СНиП 2.01.07-85*	«Нагрузки и воздействия»
2.5.79	ГОСТ 3062-80-3064-80	«Канаты стальные»
2.5.80	ГОСТ 15150-69	«Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов категорий. Условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды»
2.5.87	ГОСТ 22012-82 СНиП II-12-77	«Радиопомехи промышленные от линий электропередачи и электрических подстанций». «Защита от шума»
2.5.133	СНиП 2.03.11-85	«Защита строительных конструкций от коррозии»
2.5.139	СНиП II-7-81*	«Строительство в сейсмических районах»
2.5.202	СНиП 2.06.03-85	«Мелиоративные системы и сооружения»
2.5.210	СНиП 2.07.01-89*	«Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»
2.5.215	СНиП 21-01-97	«Пожарная безопасность зданий и сооружений»
2.5.218	ГОСТ 22012-82	«Радиопомехи промышленные от линий электропередачи и электрических подстанций»
2.5.256	СНиП 2.05.02-85 СНиП 2.05.11-83	«Автомобильные дороги» «Внутрихозяйственные автодороги в колхозах, совхозах и др.»
2.5.260	ГОСТ 23457-86	«Технические средства организации дорожного движения»
2.5.262 сноска	СНиП 2.05.02-85	«Автомобильные дороги»
2.5.266	СНиП 2.05.09-90	«Трамвайные и троллейбусные линии»
2.5.272	ГОСТ 26600-98	«Знаки навигационных внутренних судоходных путей»
2.5.280	СНиП 2.05.06-85	«Магистральные трубопроводы»
2.5.286	СНиП 2.05.06-85	«Магистральные трубопроводы»
2.5.290	СНиП 2.05.06-85	«Магистральные трубопроводы»
2.5.291	СНиП 32-03-96 СНиП 2.07.01-89*	«Аэродромы». «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»