

Глава 2.5. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ

2.5.1. Настоящая глава Правил распространяется на ВЛ выше 1 кВ и до 500 кВ, выполняемые неизолированными проводами. Настоящая глава не распространяется на электрические воздушные линии, сооружение которых определяется специальными правилами, нормами и постановлениями (контактные сети электрифицированных железных дорог, трамвая, троллейбуса, сигнальные линии автоблокировки и т. д.). Кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.3 и 2.5.69.

2.5.2. Воздушной линией электропередачи выше 1 кВ называется устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам и стойкам на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и т. п.).

За начало и конец ВЛ принимаются линейные порталы или линейные вводы распределительных устройств, а для ответвлений - ответвительная опора и линейный портал или линейный ввод распределительного устройства.

2.5.3. Нормальным режимом ВЛ выше 1 кВ называется состояние ВЛ при необорванных проводах и тросах.

Аварийным режимом ВЛ выше 1 кВ называется состояние ВЛ при оборванных одним или нескольких проводах или тросах.

Монтажным режимом ВЛ выше 1 кВ называется состояние в условиях монтажа опор, проводов и тросов.

Габаритным пролетом



называется пролет, длина которого определяется нормированным вертикальным габаритом от проводов до земли при устройстве опор на идеально ровной поверхности.

Ветровым пролетом



называется длина участка ВЛ, давление ветра на провода или тросы с которого воспринимается опорой.

Весовым пролетом



называется длина участка ВЛ, вес проводов или тросов которого воспринимается опорой.

Габаритной стрелой провеса провода называется наибольшая стрела провеса в габаритном пролете.

2.5.4. Населенной местностью называются земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков

городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов.

Ненаселенной местностью называются земли единого государственного земельного фонда, за исключением населенной и труднодоступной местности. К ненаселенной местности настоящие Правила относят незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, сельскохозяйственные угодья, огороды, сады, местности с отдельными редко стоящими строениями и временными сооружениями.

Труднодоступной местностью называется местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Застроенной местностью в настоящих Правилах называются территории городов, поселков и сельских населенных пунктов в границах фактической застройки, защищающие ВЛ с обеих сторон от поперечных ветров.

2.5.5. Большими переходами называются пересечения судоходных рек, судоходных проливов или каналов, на которых устанавливаются опоры высотой 50 м и более, а также пересечения любых водных пространств с пролетом пересечения более 700 м независимо от высоты опор ВЛ.

Общие требования

2.5.6. 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 нормативные нагрузки. Расчет опор и фундаментов ВЛ производится по методу расчетных предельных состояний. Применение других методов расчета в каждом отдельном случае должно быть обосновано в проекте.

В настоящей главе приведены условия для определения нормативных нагрузок. Указания по определению расчетных нагрузок, используемых в расчетах строительных конструкций ВЛ (опор и фундаментов), даны в приложении к настоящей главе.

Коэффициенты перегрузки и расчетные положения, касающиеся специфических условий расчета конструкций ВЛ, приводятся в приложении к настоящей главе.

2.5.7. На ВЛ 110-500 кВ длиной более 100 км для ограничения несимметрии токов и напряжений должен выполняться один полный цикл транспозиции. На двухцепных ВЛ схемы транспозиции должны быть одинаковыми. Шаг транспозиции по условию влияний на линии связи не нормируется.

В электрических сетях 110-500 кВ, содержащих несколько участков ВЛ длиной менее 100 км каждый, транспозиция проводов выполняется непосредственно на промежуточных подстанциях (на шинах, в пролете между концевой опорой и порталом подстанции или на концевой опоре). При этом транспозиция должна осуществляться так, чтобы суммарные длины участков ВЛ с различным чередованием фаз были примерно равны.

В электрических сетях до 35 кВ рекомендуется производить транспозицию фаз на подстанциях так, чтобы суммарные длины участков с различным чередованием фаз были примерно равны.

2.5.8. Обслуживание ВЛ должно предусматриваться с ремонтно-производственных баз (РПБ) и ремонтно-эксплуатационных пунктов (РЭП).

Размещение РПБ и РЭП, выбор их типа, оснащение средствами механизации работ и транспорта должны производиться на основании схем организации эксплуатации, утвержденных в установленном порядке, или действующих нормативов.

РПБ и РЭП должны оборудоваться средствами связи в соответствии со схемой организации эксплуатации, утвержденной в установленном порядке.

Кроме РПБ и РЭП для эксплуатации ВЛ в труднодоступной местности на трассе ВЛ должны быть предусмотрены упрощенные пункты обогрева, количество и расположение которых должны быть обоснованы в проекте.

2.5.9. При ремонтно-производственных базах предусматривается строительство производственно-жилой площади для оперативного и ремонтно-эксплуатационного персонала ВЛ. Объем строительства производственно-жилой площади определяется в соответствии со схемой организации эксплуатации энергосистемы, утвержденной в установленном порядке, или действующими нормативами.

Производственно-жилые помещения размещаются, как правило, на территории подстанций или РПБ и должны быть обеспечены местной телефонной или радиосвязью с возможностью выхода на ближайшую телефонную сеть, вызывной сигнализацией, а также средствами радиофикации.

2.5.10. Укомплектование сетевых предприятий и их структурных подразделений транспортными средствами и средствами механизации работ для эксплуатации и ремонта ВЛ производится в соответствии с перспективной схемой организации эксплуатации, утвержденной в установленном порядке, или действующими нормативами.

Автомшины и самоходные механизмы, предназначенные для эксплуатации и ремонта ВЛ, должны быть оборудованы средствами двусторонней радиосвязи с РПБ.

2.5.11. Численность персонала, объем производственно-жилых помещений РПБ и РЭП, а также количество транспортных средств и механизмов, необходимых для эксплуатации, определяются в соответствии с действующими нормативными документами.

2.5.12. К ВЛ 110 кВ и выше 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 указанных 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 лишь 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 не менее 0,4 м или насыпные земляные дорожки шириной не менее 0,8 м;

проходящих по территориям, занятым под садовые и другие ценные культуры и снегозащитные насаждения вдоль железных и шоссейных дорог.

2.5.13. Опоры ВЛ рекомендуется устанавливать вне зоны размыва берегов с учетом возможных перемещений русел и затопляемости района, а также вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, ледоходы (овраги, поймы рек и др.).

При невозможности установки опор ВЛ вне указанных опасных зон должны быть выполнены мероприятия по защите опор от повреждений (устройство специальных фундаментов, укрепление берегов, откосов, склонов, устройство водоотводных канав, ледорезов или иных сооружений и т. п.).

Установка опор в зоне предполагаемых грязекаменных селевых потоков запрещается.

Наибольший горизонт ледохода и уровня высоких (паводковых) вод принимается с обеспеченностью 2% (повторяемость 1 раз в 50 лет) для ВЛ 330 кВ и ниже 1% (повторяемость 1 раз в 100 лет) или по историческому наблюдаемому уровню при наличии соответствующих данных для ВЛ 500 кВ.

2.5.14. При прохождении ВЛ с деревянными опорами по лесам, сухим болотам и другим местам, где возможны низовые пожары, для защиты опор должна быть предусмотрена одна из следующих мер:

устройство вокруг каждой стойки опоры на расстоянии 2 м от нее канавы глубиной 0,4 и шириной 0,6 м;

уничтожение химическим или другим способом травы и кустарника и очистка от них площадки радиусом 2 м вокруг каждой опоры;

применение железобетонных приставок (пасынков); при этом расстояние от земли до нижнего торца стойки должно быть не менее 1 м.

Для районов многолетней мерзлоты в местах, где возможны низовые пожары, расстояние от деревянной опоры до канавы и размер зоны химической обработки растительности увеличиваются до 5 м.

Установка деревянных опор ВЛ 110 кВ и выше в местах, где возможны торфяные пожары, не рекомендуется.

2.5.15. На опорах ВЛ на высоте 2,5-3,0 м должны быть нанесены следующие постоянные знаки: порядковый номер - на всех опорах;

номер ВЛ или ее условное обозначение - на концевых опорах, первых опорах ответвлений от линии, на опорах в месте пересечения линий одного напряжения, на опорах, ограничивающих пролет пересечения с железными дорогами и автомобильными дорогами I-V категорий, а также на всех опорах участков трассы с параллельно идущими линиями, если расстояние между их осями - менее 200 м. На двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;

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, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи, - на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до кабелей связи;

информационные знаки, на которых указаны ширина охранной зоны ВЛ и номер телефона владельца ВЛ. (смотри в приложении "Требования к информационным знакам и их установке")

2.5.16. Металлические опоры и подножки, выступающие металлические части железобетонных опор и все металлические детали деревянных и железобетонных опор ВЛ должны быть защищены от коррозии путем оцинковки или окраски стойким покрытием. Очистка, грунтовка и окраска должны производиться только в заводских условиях. На трассе следует производить лишь повторную окраску поврежденных мест.

2.5.17. В соответствии с "Правилами маркировки и светоограждения высотных препятствий" на приаэродромных территориях и воздушных трассах в целях обеспечения безопасности полетов самолетов опоры ВЛ, которые по своему расположению или высоте представляют аэродромные или линейные препятствия для полетов самолетов, должны иметь сигнальное освещение (светоограждение) и дневную маркировку (окраску), выполненные в соответствии со следующими условиями:

1. Опоры ВЛ должны иметь световое ограждение на самой верхней части (точке) и ниже через каждые 45 м. Расстояния между промежуточными ярусами огней, как правило, должны быть одинаковыми.

2. В каждом ряду светоограждения опоры должно устанавливаться не менее двух огней, размещенных на двух внешних сторонах опоры и работающих одновременно или по одному при наличии надежного автоматического устройства для включения резервного огня при выходе из строя основного огня.
3. Заградительные огни должны быть установлены так, чтобы их можно было наблюдать со всех направлений и в пределах от зенита до 5° ниже горизонта.
4. Средства светового ограждения аэродромных препятствий по условиям электроснабжения относятся к электроприемникам I категории. В отдельных случаях допускается электроснабжение заградительных огней по одной линии электропередачи при полной надежности ее работы.
5. Включение и отключение светового ограждения препятствий в районе аэродрома должны производиться владельцами ВЛ и командно-диспетчерским пунктом аэродрома по заданному режиму работы.

Допускается применение надежных автоматических устройств для включения и отключения заградительных огней. На случай отказа в работе этих устройств следует предусматривать возможность включения заградительных огней вручную.

6. 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, имеющиеся на опорах ВЛ.
7. Для целей дневной маркировки опоры со световым ограждением должны быть окрашены в два цвета - красный (оранжевый) и белый - полосами шириной до 6 м в зависимости от высоты опоры. Число полос должно быть не менее трех, причем первую и последнюю полосы окрашивают в красный (оранжевый) цвет.
8. Определение того, к какому роду препятствий относится конкретная опора ВЛ, расчет высоты маркировки и светового ограждения, определение других требований, предъявляемых к выполнению светоограждения и дневной маркировки, а также согласование требований с органами гражданской авиации осуществляются в соответствии с "Правилами маркировки и светоограждения высотных препятствий".

2.5.18. Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше должны быть предусмотрены специальные приборы, устанавливаемые на подстанциях. При прохождении этих ВЛ в районах, где может быть гололед с толщиной стенки 15 мм и более, рекомендуется предусматривать устройства, сигнализирующие о появлении гололеда (см. также [2.5.19](#)).

2.5.19. Для ВЛ, проходящих в районах с толщиной стенки гололеда 20 мм и более, а также в местах с частыми образованиями гололеда или изморози в сочетании с сильными ветрами и в районах с частотой и интенсивной пляской проводов, рекомендуется предусматривать плавку гололеда на проводах. Плавка гололеда на тросах ВЛ должна предусматриваться в тех случаях, когда возможно опасное приближение освобождающихся от гололеда проводов к тросам, покрытым гололедом.

При обеспечении плавки гололеда без перерыва электроснабжения потребителей нормативная толщина стенки гололеда может быть снижена на 15 мм, при этом расчетная толщина стенки гололеда должна быть не менее 15 мм.

На ВЛ с плавкой гололеда должны быть предусмотрены устройства, сигнализирующие о появлении гололеда. При выборе установок сигнализатора гололеда следует учитывать

необходимое время от поступления сигнала до начала плавки в соответствии с расчетными условиями, принятыми для ВЛ.

2.5.20. Трасса ВЛ должна выбираться по возможности кратчайшей. В районах с большими отложениями гололеда, сильными ветрами, лавинами, оползнями, камнепадами, болотами и т. п. необходимо при проектировании предусматривать по возможности обходы особо неблагоприятных мест, что должно быть обосновано сравнительными технико-экономическими расчетами.

Климатические условия

2.5.21. Определение расчетных климатических условий, интенсивности грозовой деятельности и пляски проводов для расчета и выбора конструкций ВЛ должно производиться на основании карт климатического районирования с уточнением по региональным картам и материалам многих наблюдений гидрометеорологических станций и метеопостов управлений гидрометеослужбы и энергосистем за скоростью ветра, интенсивностью и плотностью гололедно-изморозевых отложений и температурой воздуха, грозовой деятельностью и пляской проводов в зоне трассы сооружаемой ВЛ.

При обработке данных наблюдений должно быть учтено влияние микроклиматических особенностей на интенсивность гололедообразования и на скорость ветра в результате действия как природных условий (пересеченный рельеф местности, высота над уровнем моря, наличие больших озер и водохранилищ, степень залесенности и т. д.), так и существующих или проектируемых инженерных сооружений (плотины и водосбросы, пруды-охладители, полосы сплошной застройки и т. п.).

Для ВЛ, сооружаемых в малоизученных районах*, значения скоростного напора ветра и толщины стенки гололеда рекомендуется принимать на район выше.

* К малоизученным районам относятся районы, где:

- 1) Отсутствуют метеостанции либо есть метеостанции, но их количество недостаточно или они нерепрезентативны.
- 2) Отсутствует опыт эксплуатации.

2.5.22. Максимальные нормативные скоростные напоры ветра и толщину гололедно-изморозевых отложений определяют, исходя из их повторяемости 1 раз в 15 лет для ВЛ 500 кВ, 1 раз в 10 лет для ВЛ 6-330 кВ и 1 раз в 5 лет для ВЛ 3 кВ и ниже.

2.5.23. Максимальные нормативные скоростные напоры для высоты до 15 м от земли принимаются по табл. 2.5.1 в соответствии с картой районирования территории СНГ по скоростным напорам ветра (рис. 2.5.1-2.5.4), но не ниже 40 даН/м^2

для ВЛ 6-330 кВ и 55 даН/м^2

и

для ВЛ 500 кВ.

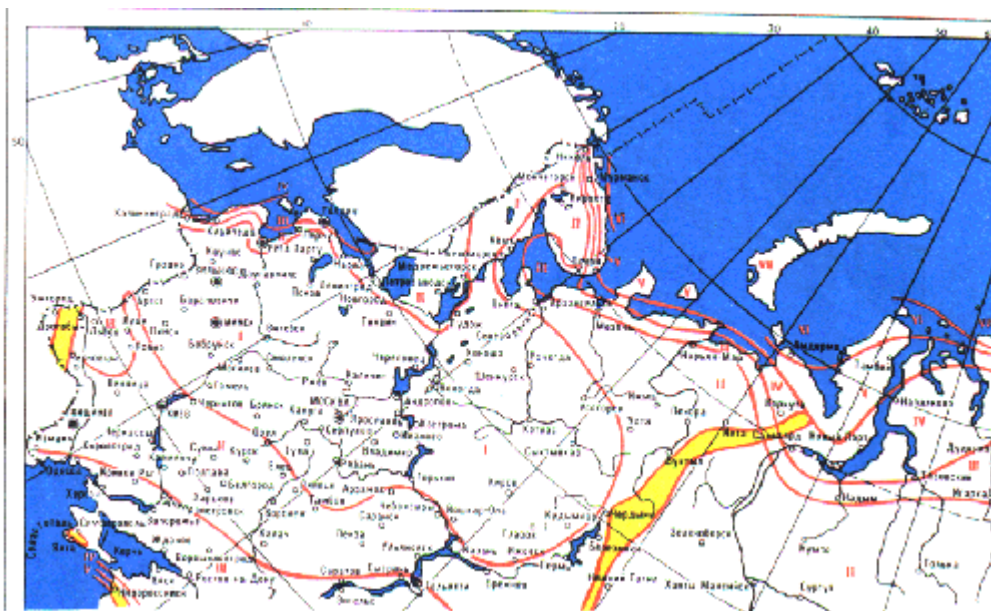


Рис. 2.5.1. Карта районирования территории СНГ по скоростным напорам ветра. Лист 1

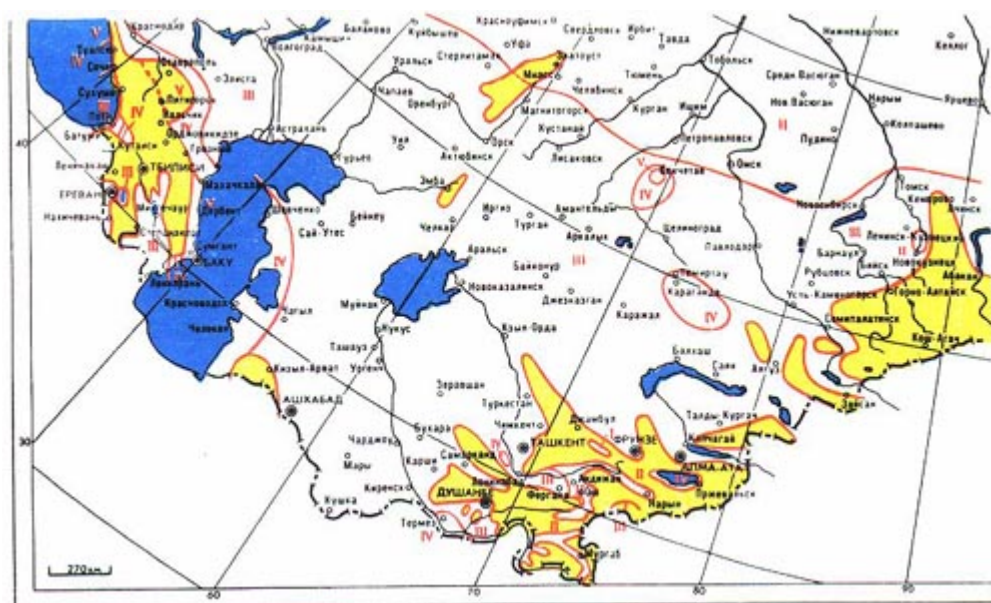


Рис. 2.5.2. Карта районирования территории СНГ по скоростным напорам ветра. Лист 2

III	45 (27)	50 (29)	55 (30)
IV	55 (30)	65 (32)	80 (36)
V	70 (33)	80 (36)	80 (36)
VI	85 (37)	100 (40)	100 (40)
VII	100 (40)	125 (45)	125 (45)

Примечания: 1. Для повторяемости 1 раз в 10 лет и 1 раз в 15 лет в таблице даны унифицированные значения скоростных напоров и скоростей ветра.

2. Значения скоростных напоров при их уточнении на основании обработки фактически замеренных скоростей определяются по формуле

$$q_{\max} = (\alpha v_{\max})^{2/6}$$

,

где

v

- скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли (при двухминутном интервале усреднения), превышаемая в среднем один раз в 5, 10 или 15 лет;

$$\alpha = 0,75 + 5 / v_{\max}$$

- поправочный коэффициент к скоростям ветра, полученным из обработки наблюдений по флюгеру, принимается не более единицы; при использовании малоинерционных анемометров коэффициент

α

принимается равным единице.

Полученные значения применяются до высоты 15 м. Рекомендуется округлять их до ближайшего указанного в таблице значения.

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов

$h_{\text{цт}}$

определяется для габаритного пролета по формуле

$$h_{\text{цт}} = h_{\text{ср}} - \frac{2}{2} f$$

,

где

$h_{\text{ср}}$

- средняя высота крепления провода к изоляторам или средняя высота крепления тросов на опоре, отсчитываемая от отметки земли в местах установки опор, м;

f

- стрела провеса провода или троса, условно принимаемая наибольшей (при высшей температуре или гололеде без ветра), м.

Полученные значения скоростных напоров ветра должны быть округлены до целого числа.

2.5.25. Скоростной напор ветра на провода и тросы больших переходов через водные пространства определяется по указаниям 2.5.24, но с учетом следующих дополнительных

требований:

1. Для перехода, состоящего из одного пролета, высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов определяется по формуле

$$h_{\text{цп}} = \frac{h_{\text{сп1}} + h_{\text{сп2}}}{2} - \frac{2}{3} f$$

,

где

$$h_{\text{сп1}}, h_{\text{сп2}}$$

- высота крепления тросов или средняя высота крепления проводов к изоляторам на опорах перехода, отсчитываемая от меженного уровня реки или нормального горизонта пролива, канала, водохранилища, м;

$$f$$

- наибольшая стрела провеса провода или троса перехода, м.

Таблица 2.5.2. Поправочный коэффициент на возрастание скоростных напоров ветра по высоте

Высота, м	Коэффициент	Высота, м	Коэффициент
До 15	1,0	100	2,1
20	1,25	200	2,6
40	1,55	350 и выше	3.1
60	1,75		

Примечание. Для промежуточных высот значения поправочных коэффициентов определяются по линейной интерполяции.

2. Для перехода, состоящего из нескольких пролетов, скоростной напор ветра на провода или тросы определяется для высоты

$$h_{\text{цп}}$$

, соответствующей средневзвешенному значению высот приведенных центров тяжести проводов или тросов во всех пролетах перехода и вычисляемой по формуле

$$h_{\text{цп}} = \frac{h_{\text{цп1}} l_1 + h_{\text{цп2}} l_2 + \dots + h_{\text{цпn}} l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}$$

,

где

$$h_{\text{цп1}}, h_{\text{цп2}}, \dots, h_{\text{цпn}}$$

- высоты приведенных центров тяжести проводов или тросов над меженным уровнем реки или нормальным горизонтом пролива, канала, водохранилища в каждом из пролетов, 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;

$$l_1, l_2, \dots, l_n$$

- длины пролетов, входящих в переход, м.

2.5.26. Скоростной напор ветра на конструкции опор определяется с учетом его возрастания по высоте. Для отдельных зон высотой не более 15 м значение поправочных коэффициентов следует принимать постоянным, определяя его по высоте средних точек соответствующих зон, отсчитываемой от отметки земли в месте установки опоры.

2.5.27. Для участков ВЛ, сооружаемых в застроенной местности, максимальный нормативный скоростной напор ветра допускается уменьшать на 30% (скорость ветра - на 16%) по сравнению с принятым для района прохождения ВЛ, если средняя высота окружающих зданий составляет не менее 2/3 высоты опор. Такое же уменьшение скоростного напора ветра допускается для ВЛ, трасса которых защищена от поперечных ветров (например, в лесных массивах заповедников, в горных долинах и ущельях).

2.5.28. Для участков ВЛ, находящихся в местах с сильными ветрами (высокий берег большой реки, резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, долины и ущелья, открытые для сильных ветров, прибрежная полоса больших озер и водохранилищ в пределах 3-5 км), при отсутствии данных наблюдений максимальный скоростной напор следует увеличивать на 40% (скорость ветра - на 18%) по сравнению с принятым для данного района. Полученные цифры рекомендуется округлять до ближайшего значения, указанного в табл. 2.5.1.

2.5.29. При расчете проводов и тросов на ветровые нагрузки направление ветра следует принимать под углом 90°, 45° и 0° к ВЛ. При расчете опор следует принимать направление ветра под углом 90 и 45° к ВЛ.

2.5.30. Нормативная ветровая нагрузка P

, даН, на провода и тросы, действующая перпендикулярно проводу (тросу), для каждого расчетного режима определяется по формуле

$$P = \alpha K_z C_{pe} q_{lim}^2$$

,

где

α

- коэффициент, учитывающий неравномерность скоростного напора ветра по пролету ВЛ, принимаемый равным: 1 при скоростном напоре ветра до 27 даН/м

1

, 0,85 при 40 даН/м

1

, 0,75 при 55 даН/м

1

, 0,7 при 76 даН/м

1

и более (промежуточные значения определяются линейной интерполяцией);

K_z

- 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 при 250 м и более (промежуточные значения

K_z

определяются интерполяцией);

 C_X

- коэффициент лобового сопротивления, принимаемый равным: 1,1 для проводов и тросов диаметром 20 мм и более, свободных от гололеда, 1,2 для всех проводов и тросов, покрытых гололедом, и для проводов и тросов диаметром менее 20 мм, свободных от гололеда;

Q

- нормативный скоростной напор ветра в рассматриваемом режиме, даН/м

3

•

Ex-

- площадь диаметрального сечения провода, м

3

(при гололеде с учетом нормативной толщины стенки гололеда);

- угол между направлением ветра и осью ВЛ.

При измерении скорости ветра по приборам с 10-минутным интервалом осреднения в приведенную формулу следует вводить коэффициент 1,3.

2.5.31. Нормативная масса гололедных отложений на проводах и тросах определяется, исходя из цилиндрической формы отложений с плотностью 0,9 г/см³

Толщина стенки гололеда, приведенная к высоте 10 м от земли и к диаметру провода 10 мм при повторяемости 1 раз в 5 и 10 лет, определяется в соответствии с картой районирования территории СНГ по гололеду (рис. 2.5.5-2.5.10) и табл. 2.5.3. Толщина стенки гололеда может быть уточнена на основании обработки многолетних наблюдений.

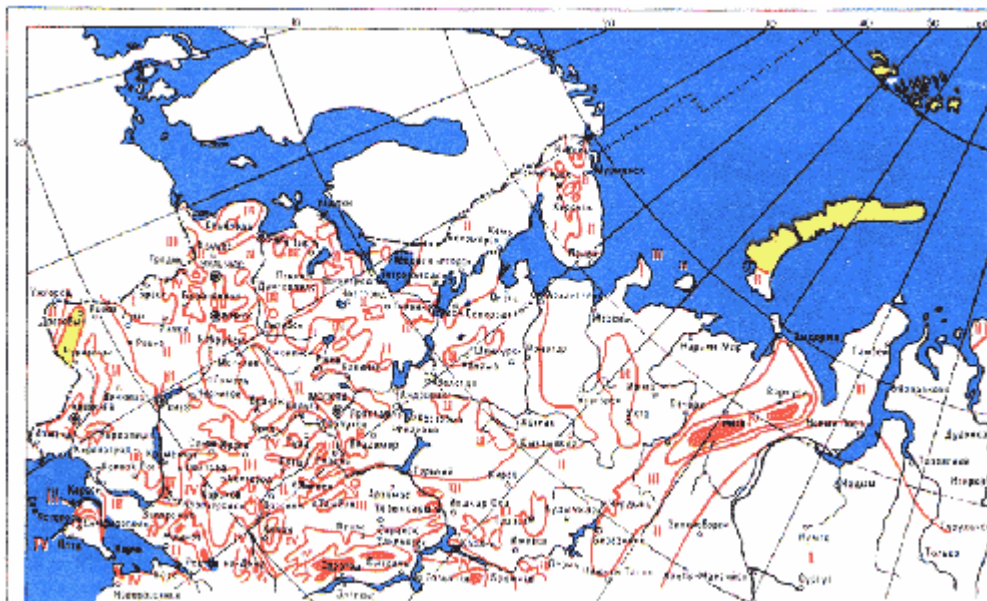


Рис. 2.5.5. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 1

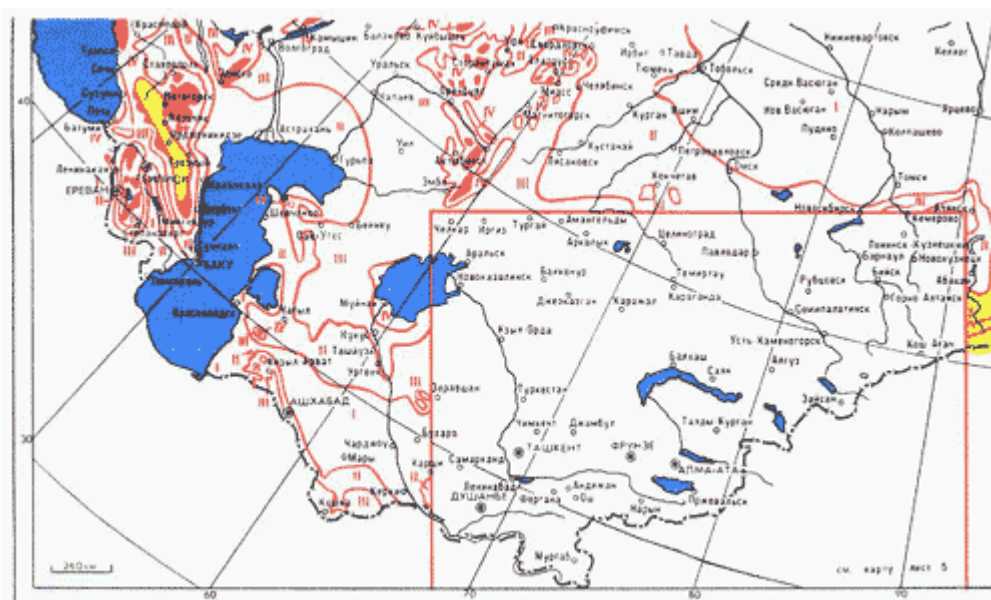


Рис. 2.5.6. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 2

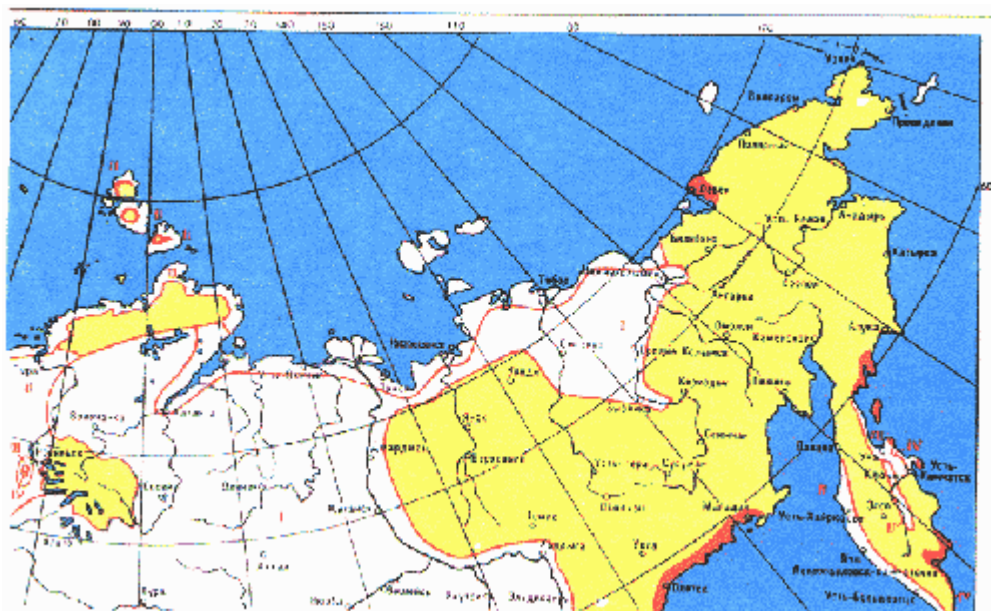


Рис. 2.5.7. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 3

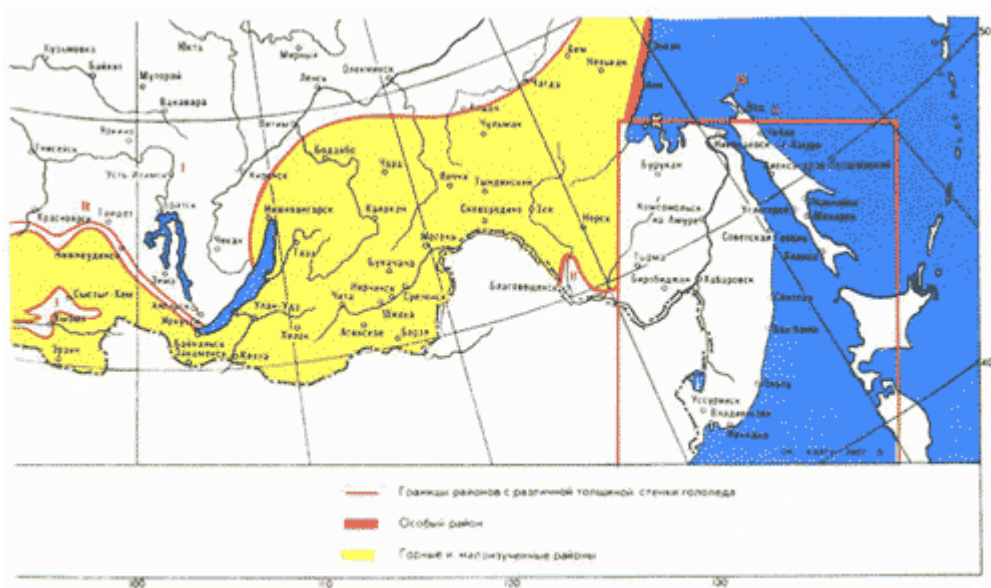


Рис. 2.5.8. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 4

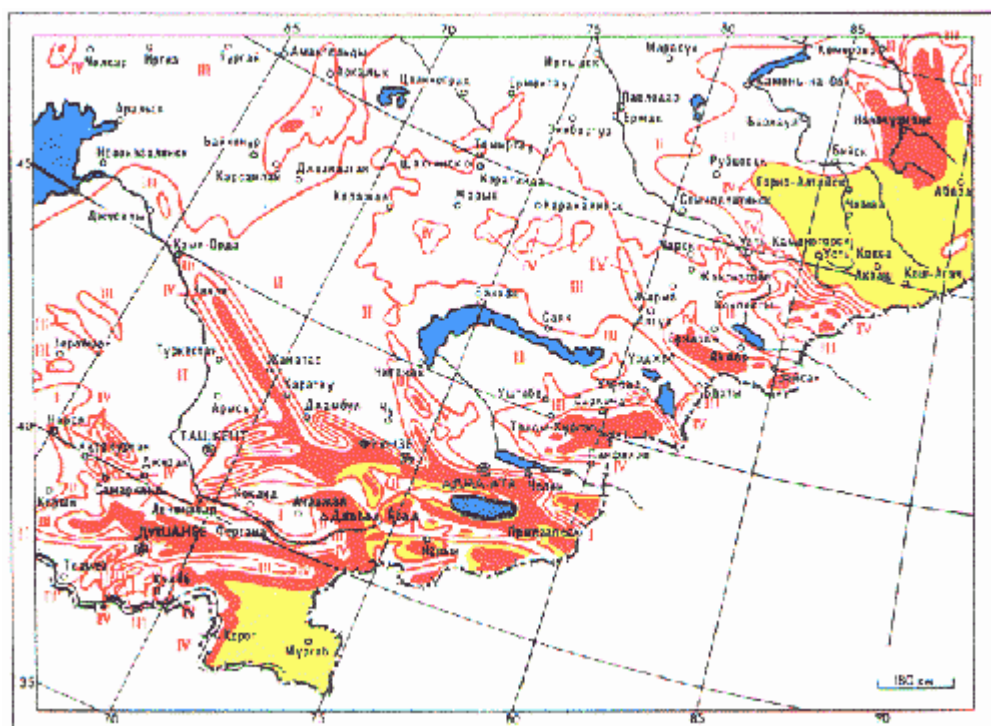


Рис. 2.5.9. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 5

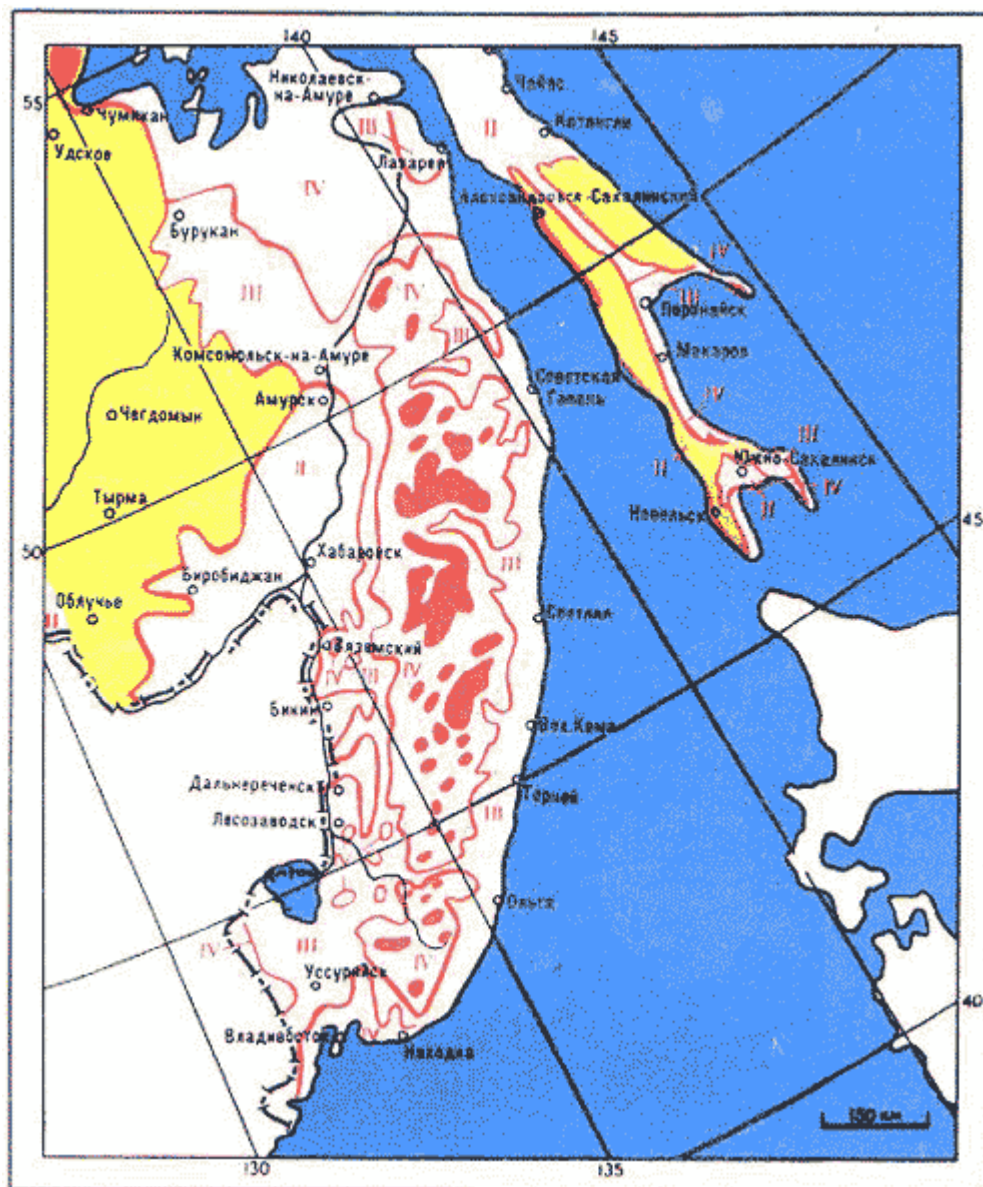


Рис. 2.5.10. Карта районирования территории СНГ по толщине стенки гололеда. Лист 6

Таблица 2.5.3. Нормативная толщина стенки гололеда для высоты 10 м над поверхностью земли

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда, мм, с повторяемостью	
	1 раз в 5 лет	1 раз в 10 лет
I	5	5
II	5	10
III	10	15
IV	15	20
Особый	20 и более	Более 22

Толщина стенки гололеда с повторяемостью 1 раз в 15 лет в I-IV районах по гололеду, а также с любой повторяемостью в особых районах по гололеду должна приниматься на основании обработки данных фактических наблюдений.

Принимаемая в расчетах толщина стенки гололеда для повторяемости один раз в 5 и 10 лет должна быть не менее 5 мм, а для повторяемости 1 раз в 15 лет - не менее 10 мм.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов до 25 м поправки на толщину стенки гололеда в зависимости от высоты и диаметра проводов и тросов не вводятся.

При высоте расположения приведенного центра тяжести проводов более 25 м толщина стенки гололеда вычисляется в соответствии со СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" Госстроя России, причем высота для определения поправочного коэффициента принимается в соответствии с указаниями 2.5.25 такой же, как для вычисления скоростного напора ветра. При этом исходную толщину стенки гололеда (для высоты 10 м и диаметра 10 мм) следует принимать без увеличения, предусмотренного 2.5.32.

Толщина стенки гололеда до 22 мм округляется до ближайшего значения, кратного 5 мм, а толщина более 22 мм - до 1 мм.

2.5.32. Для участков ВЛ, проходящих по плотинам гидроэлектростанций и вблизи прудов-охладителей, при отсутствии данных наблюдений следует принимать толщину стенки гололеда на 5 мм больше, чем для всей линии.

2.5.33. Расчетные температуры воздуха принимаются одинаковыми для ВЛ всех напряжений по данным фактических наблюдений и округляются до значений, кратных пяти.

2.5.34. Расчет ВЛ по нормальному режиму работы необходимо производить для следующих сочетаний климатических условий:

1) высшая температура, ветер и гололед отсутствуют.

2) низшая температура, ветер и гололед отсутствуют.

3) среднегодовая температура

$t_{\text{ср}}$

, ветер и гололед отсутствуют.

4) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5°C, ветер отсутствует.

5) максимальный нормативный скоростной напор ветра

q_{max}

, температура минус 5°C, гололед отсутствует.

6) провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5°C, скоростной напор ветра 0,25

q_{max}

(скорость ветра 0,5

v_{max}

). В районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более скоростной напор ветра при гололеде должен быть не менее 14 даН/м

1

(скорость ветра - не менее 15 м/с).

7) Фактические сочетания скоростных напоров ветра и размеров отложений гололеда на проводах и тросах при температуре минус 5° С в режимах:

7.1. Максимальное отложение гололеда на проводах и тросах и скоростной напор ветра при этом отложении.

7.2. Максимальный скоростной напор ветра и отложения гололеда на проводах и тросах при этом скоростном напоре.

Нагрузки по пунктам 7.1. и 7.2 определяются по региональным картам гололедно-ветровых нагрузок. При отсутствии региональных карт значения нагрузок определяются путем обработки соответствующих метеоданных по "Методике расчета и построения региональных карт результирующей гололедно-ветровой нагрузки ВЛ" и по "Методике разработки региональных карт нормативных районов ветровых нагрузок при гололеде для проектирования и эксплуатации ВЛ", разработанных ВНИИЭ и утвержденных Главтехуправлением Минэнерго СССР, при условии, что для характеристики климатических условий на 100 км ВЛ имеется 2 и более репрезентативных метеорологических станций с рядами наблюдений за фактическими сочетаниями отложений и наблюдаемых при них скоростей ветра.

В тех случаях, когда определение нагрузок не представляется возможным, расчет ВЛ на воздействие гололедно-ветровых нагрузок следует производить на условия согласно пункту 6. При этом скоростной напор ветра при гололеде следует принимать не более 30 даН/м

2

($V=22$ м/с).

При расчете ВЛ по пп.6 и 7.1 в районах с нормативной толщиной стенки гололеда до 10 мм соответствующий скоростной напор ветра при гололеде должен быть не менее 6,25 даН/м

2

($V = 10$ м/с), а в районах с нормативной толщиной стенки гололеда 15 мм и более - не менее 14,0 даН/м

2

($V = 15$ м/с).

Для районов со среднегодовой температурой минус 5° С и ниже температуру в пп. 4, 5, 6 и 7 следует принимать равной минус 10° С.

2.5.35. Расчет ВЛ по аварийному режиму работы необходимо производить для следующих сочетаний климатических условий:

1. Среднегодовая температура

$t_{\text{ср}}$

, ветер и гололед отсутствуют.

2. Низшая температура

t_{min}

, ветер и гололед отсутствуют.

3. Провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5°С, ветер отсутствует.

4. Провода и тросы покрыты гололедом, температура минус 5°С, скоростной напор ветра 0,25

G_{max}

.

2.5.36. При проверке опор ВЛ по условиям монтажа необходимо принимать следующие сочетания климатических условий: температура минус 15°С, скоростной напор ветра на высоте до 15 м от

земли 6,25 даН/м²
, гололед отсутствует.

2.5.37. При расчете приближений токоведущих частей к элементам опор ВЛ и сооружений необходимо принимать следующие сочетания климатических условий:

1. При рабочем напряжении: максимальный нормативный скоростной напор ветра

$$q_{\max}$$

, температура минус 5°C (см. также 2.5.34).

2. При грозových и внутренних перенапряжениях: температура плюс 15°C, скоростной напор

$$q = 0,1 q_{\max}$$

(

$$v \approx 0,3 v_{\max}$$

), но не менее 6,25 даН/м

2

.

3. Для обеспечения безопасного подъема на опору под напряжением: температура минус 15°C, ветер и гололед отсутствуют.

Значение

$$q_{\max}$$

принимается таким же, как для определения ветровой нагрузки на провода.

Расчет приближений по п. 2 должен производиться также при отсутствии ветра.

Угол отклонения проводов и тросов определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma = k P / (G_{np} + 0,5 G_r)$$

,

где

$$k$$

- коэффициент, учитывающий динамику колебаний провода при его отклонениях и принимаемый равным: 1 при скоростном напоре ветра до 40 даН/м

1

, 0,95 при 45 даН/м

1

, 0,9 при 55 даН/м

1

, 0,85 при 65 даН/м

1

, 0,8 при 80 даН/м

1

и более (промежуточные значения определяются линейной интерполяцией);

$$P$$

- нормативная ветровая нагрузка на провод, даН;

$G_{\text{в}}$

- нагрузка на гирлянду от веса провода, даН;

$G_{\text{г}}$

- вес гирлянды изоляторов, даН.

Провода и грозозащитные тросы

2.5.38. ВЛ могут выполняться с одним или несколькими проводами в фазе; во втором случае фаза называется расщепленной.

Диаметр проводов, их сечение и количество в фазе, а также расстояние между проводами расщепленной фазы определяются расчетом.

2.5.39. По условиям механической прочности на ВЛ должны применяться многопроволочные алюминиевые и сталеалюминиевые провода и провода из алюминиевого сплава АЖ и многопроволочные тросы.

Минимальные допустимые сечения проводов:

алюминиевых	240 мм
сталеалюминиевых проводов с отношением А : С = 6 в районах с нормативной толщиной стенки гололеда:	
до 10 мм.	35 мм
15 и 20 мм.	50 мм
более 20 мм.	70 мм
проводов из алюминиевого сплава АЖ	120 мм

Минимальные допустимые сечения проводов приведены в табл. 2.5.4.

Таблица 2.5.4. Минимальное допустимое сечение сталеалюминиевых проводов ВЛ по условиям механической прочности

Характеристика ВЛ	Сечение сталеалюминиевых проводов, мм
ВЛ без пересечений, переходы	
ВЛ через судоходные реки и каналы, пролеты пересечений	
ВЛ с инженерными сооружениями (линиями связи, надземными трубопроводами и канатными дорогами), железными дорогами и другими инженерными сооружениями при толщине стенки гололеда, мм:	
до 10 мм	35
15 и 20 мм	50
более 20	70

На ВЛ 10 кВ и ниже, проходящих в ненаселенной местности с расчетной толщиной стенки гололеда до 10 мм, в пролетах без пересечений с инженерными сооружениями допускается применять однопроволочные стальные провода марок, разрешенных к применению специальными указаниями.

В качестве грозозащитных тросов следует использовать стальные канаты сечением не менее 35 мм

из проволок с пределом прочности не менее 120 даН/мм

1

. На особо ответственных переходах и в зонах химического воздействия, а также при использовании грозозащитного троса для высокочастотной связи и в случаях, когда это необходимо по условиям термической стойкости (см. 2.5.42), в качестве грозозащитного троса следует применять сталеалюминиевые провода общего применения или специальные.

В пролетах пересечений с надземными трубопроводами и канатными дорогами допускается применение стальных грозозащитных тросов. В пролетах пересечений с трубопроводами, не предназначенными для транспортировки горючих жидкостей и газов, допускается применение стальных проводов сечением 25 мм

1

и более.

В пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами в качестве грозозащитных тросов следует применять стальные канаты с пределом прочности не менее 120 даН/мм

1

сечением не менее 35 мм

1

в I и II районах по гололеду и не менее 50 мм

1

в остальных районах по гололеду.

Для снижения потерь электроэнергии на перемагничивание стальных сердечников в сталеалюминиевых проводах рекомендуется при прочих равных условиях применять провода с четным числом повивов алюминиевых проволок.

Таблица 2.5.5. Наибольший допустимый пролет ВЛ с алюминиевыми, сталеалюминиевыми и стальными проводами и проводами из алюминиевых сплавов малых сечений

Марка провода	Предельный пролет, м, при толщине стенки гололеда		
	до 10 мм	15 мм	20 мм
Алюминиевые:			
A 35	140	-	-
A 50	160	90	60
A 70	190	115	75
A 95	215	135	90
A 120	270	150	110
A 150	335	165	130
Из алюминиевых сплавов:			
АН 35	210	115	75
АН 50	265	155	100
АН 70	320	195	130
АН 95	380	235	160
АН 120	435	270	185
АН 150	490	290	205

АЖ 35	280	175	120
АЖ 50	350	220	140
АЖ 70	430	270	180
АЖ 95	500	330	230
АЖ 120	550	370	260
АЖ 150	605	400	290
Сталеалюминиевые:			
АС 25/4,2	230	-	-
АС 35/6,2	320	200	140
АС 50/8,0	360	240	160
АС 70/11	430	290	200
АС 95/16, АС 95/15	525	410	300
АС 120/19	660	475	350
Стальные ПС 25	520	220	150

Примечания: 1. Указанные значения предельных пролетов действительны для алюминиевых проводов из проволоки АТ и АТп.

2. Значения предельных пролетов вычислены из условия достижения 80% предела прочности в точках его подвеса, расположенных на одинаковой высоте, при удвоенном весе гололеда и допускаемых напряжениях по табл. 2.5.7.

2.5.40. Для сталеалюминиевых проводов рекомендуются следующие области применения:

1. В районах с толщиной стенки гололеда до 20 мм: при сечениях до 185 мм

■

- с отношением $A : C = 6,0$

÷

6,25, при сечениях 240 мм

■

и более - с отношением $A : C = 7,71$

÷

8,04.

2. В районах с толщиной стенки гололеда более 20 мм: при сечениях до 95 мм

■

- с отношением $A : C = 6,0$, при сечениях 120-400 мм

■

- с отношением $A : C = 4,29$

÷

4,39, при сечениях 450 мм

■

и более - с отношением $A : C = 7,71$

÷

8,04

3. На больших переходах с пролетами более 800 м - с отношением $A : C = 1,46$.

Выбор других марок проводов обосновывается технико-экономическими расчетами.

4. При сооружении ВЛ в местах, где опытом эксплуатации установлено разрушение сталеалюминиевых проводов от коррозии (побережья морей, соленых озер, промышленные районы и районы засоленных песков, прилежащие к ним районы с атмосферой воздуха типов II и III), а также в местах, где такое разрушение ожидается на основании данных изысканий, следует применять сталеалюминиевые провода марок АСКС, АСКП, АСК в соответствии с ГОСТ 839-80, а алюминиевые провода - марки АКП.

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.

2.5.41. По условиям короны при отметках до 1000 м над уровнем моря рекомендуется применять на ВЛ провода диаметром не менее указанных в табл. 2.5.6.

Таблица 2.5.6. Минимальный диаметр проводов ВЛ по условиям короны, мм

Напряжение ВЛ, кВ	Фаза с проводами	
	одиночными	расщепленными
110	11,4 (АС 70/11)	-
150	15,2 (АС 120/19)	-
220	21,6 (АС 240/39)	-
330	33,2 (АС 600/72)	3х17,1 (3хАС 150/24) 2х21,6 (2хАС 240/39)
500	-	3х24,5 (3хАС 300/66) 2х36,2 (2хАС 700/86)

При выборе конструкции ВЛ и количества проводов в фазе, а также междуфазных расстояний ВЛ необходимо ограничивать напряженность электрического поля на поверхности проводов до уровней, допустимых по короне (см. гл. 1.3) и уровню радиопомех.

2.5.42. Сечение грозозащитного троса, выбранное по механическому расчету, должно быть проверено на термическую стойкость в соответствии с указаниями гл. 1.4. На участках с изолированным креплением троса (см. 2.5.67) проверка на термическую стойкость не производится.

2.5.43. Механический расчет проводов и тросов ВЛ выше 1 кВ должен производиться на основании следующих исходных условий:

- 1) при наибольшей внешней нагрузке;
- 2) при низшей температуре и отсутствии внешних нагрузок;
- 3) при среднегодовой температуре и отсутствии внешних нагрузок.

Допустимые механические напряжения в проводах и тросах при этих условиях приведены в табл. 2.5.7.

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, даН/мм, для проводов из алюминиевой проволоки	
		АТ	АТп

	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре
Алюминиевые А, АКП сечением, мм:						
16-35	35	30	5,6	4,8	6,0	5,1
50 и 70	40	30	6,4	4,8	6,8	5,1
95	40	30	6,0	4,5	6,4	4,8
120 и более	45	30	7,2	4,8	7,6	5,1
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм:						
16-25	35	30	10,2	8,7	10,5	9,0
35-95 при А : С= 6,0 и 6,13 70 при А : С= 0,95 95 при А : С = 0,65 120 и более при А: С = 6,11 25	40	30	11,6 26,8 30,4 13,0	8,7 20,1 22,8 8,7	12,0 27,2 30,8 13,5	9,0 20,4 23,1 9,0
120 и более при А : С = 4,29 4,39 150 и более при А : С = 7,71 8,04 185, 300 и 500 при А : С= 1,46 330 при А : С= 12,22 400 и 500 при А : С = 17,93 и 18,09	45	30	14,9 12,2 25,0 10,8 9,7	9,9 8,1 16,5 7,2 6,5	15,3 12,6 25,2 11,7 10,4	10,2 8,4 16,8 7,8 6,9
Стальные:						
ПС всех сечений тросы ТК всех сечений	50	35	31 По ГОСТ или ТУ**	21,6 -	- -	- -
Из алюминиевого сплава сечением, мм:					-	-
16-95 из сплава АН 16-95 из сплава АЖ	40	30	8,3 11,4	6,2 8,5	- -	- -
120 и более из сплава АН 120 и более из сплава АЖ	45	30	9,4 12,8	6,2 8,5	- -	- -

** В зависимости от разрывного усилия троса в целом

2.5.44. В механических расчетах проводов и тросов ВЛ следует принимать физико-механические характеристики, приведенные в табл. 2.5.8.

Область применения (минимальные допустимые сечения и т. п.) проводов из алюминиевого сплава марки АН соответствует области применения алюминиевых проводов, а проводов из алюминиевого сплава марки АЖ - области применения сталеалюминиевых проводов.

2.5.45. Механические напряжения, возникающие в высших точках подвески алюминиевых и стальных проводов, не должны превышать 105% значений, приведенных в табл. 2.5.7. Напряжения в высших точках подвески сталеалюминиевых проводов на всех участках ВЛ, в том числе и на больших переходах, должны составлять не более 110% значений, указанных в табл. 2.5.7.

2.5.46. На ВЛ должны быть защищены от вибрации:

1. Одиночные алюминиевые и сталеалюминиевые провода и провода из алюминиевого сплава сечением до 95 мм

1

в пролетах длиной более 80 м, сечением 120-240 мм

1

в пролетах более 100 м, сечением 300 мм

1

и более в пролетах более 120 м, стальные многопроволочные провода и тросы всех сечений в пролетах более 120 м - при прохождении ВЛ по открытой ровной или малопересеченной местности, если механическое напряжение при среднегодовой температуре составляет более, даН/мм

1

:

для алюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АН	3,5
для сталеалюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АЖ	4,0
для стальных проводов и тросов	18,0

При прохождении ВЛ по сильно пересеченной или застроенной местности, а также по редкому или низкорослому (ниже высоты подвеса проводов) лесу длина пролетов и значения механических напряжений, при превышении которых необходима защита от вибрации, увеличиваются на 20%.

2. Провода расщепленной фазы, состоящей из двух проводов, соединенных распорками, в пролетах длиной более 150 м - при прохождении ВЛ по открытой ровной или слабо пересеченной местности, если механическое напряжение в проводах при среднегодовой температуре составляет более, даН/мм

1

:

для алюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АН	4,0
для сталеалюминиевых проводов и проводов из алюминиевого сплава АЖ	4,5

При прохождении ВЛ по сильно пересеченной или застроенной местности, а также по редкому или низкорослому (ниже высоты подвеса проводов) лесу значения механических напряжений, при превышении которых необходима защита от вибрации, увеличиваются на 10%.

При применении расщепленной фазы, состоящей из трех или четырех проводов с групповой установкой распорок, защита от вибрации не требуется (кроме случаев, указанных в п. 3).

3. Провода и тросы при пересечении рек, водоемов и других водных преград с пролетами более 500 м - независимо от числа проводов в фазе и значения механического напряжения; при этом защите от вибрации подлежат все пролеты участка перехода.

Таблица 2.5.8. Физико-механические характеристики проводов и тросов

Провода и тросы	Приведенная нагрузка от собственного веса, 10 даН/ (м·мм)	Модуль упругости, 10даН/мм	Температурный коэффициент линейного удлинения, 10 град	Предел прочности при растяжении, даН/мм, провода и троса в целом		
				из проволоки		из стали и сплавов
				АТ	АТп	
Алюминиевые А, АКП сечением, мм :						
до 400, за исключением 95 и 240	2,75	6,3	23,0	16	17	-
450 и более, а также 95 и 240	2,75	6,3	23,0	15	16	-
Сталеалюминиевые АС, АСКС, АСКП, АСК сечением, мм:						
10 и более при А : С = 6,0 6,25	3,46	8,25	19,2	29	30	-
70 при А : С = 0,95	5,37	13,4	14,5	67	68	-
95 при А : С = 0,65	5,85	14,6	13,9	76	77	-
120 и более при А : С = 4,29 4,39	3,71	8,9	18,3	33	34	-
150 и более при А : С = 7,71 8,04	3,34	7,7	19,8	27	28	-
185 и более при А : С = 1,46	4,84	11,4	15,5	55	56	-
330 при А : С= 12,22	3,15	6,65	21,2	24	26	-
400 и 500 при А : С = 17,93 и 18,09	3,03	6,65	21.2	21,5	23	-
Стальные:						
ПС всех сечений	8,0	20,0	12,0	-	-	62
тросы ТК всех сечений	8,0	20,0	12,0	-	-	*
из алюминиевого сплава АН	2,75	6,5	23,0	-	-	20,8
из алюминиевого сплава АЖ	2,75	6,5	23,0	-	-	28,5

* Принимается по соответствующим ГОСТ, но не менее 120 даН/мм

1

На участках ВЛ, защищенных от поперечных ветров, при прохождении по лесному массиву с высотой деревьев более высоты подвеса проводов, вдоль горной долины и т. п. защита проводов и тросов от вибрации не требуется.

2.5.47. Для защиты от вибрации алюминиевых проводов и проводов из алюминиевых сплавов АЖ и АН сечением до 95 мм³ и сталеалюминиевых проводов сечением до 70 мм

1

рекомендуется применять гасители вибрации петлевого типа, а для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов большего сечения и стальных проводов и тросов - гасители вибрации обычного типа.

2.5.48. На проводах расщепленной фазы в пролетах и петлях анкерных опор должны быть установлены дистанционные распорки. Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете, не должны превышать 75 м.

Расположение проводов и тросов и расстояния между ними

2.5.49. На ВЛ может применяться любое расположение проводов на опоре. На ВЛ 35 кВ и выше с расположением проводов в несколько ярусов, как правило, должно быть предусмотрено смещение проводов соседних ярусов по горизонтали (см. также 2.5.52).

В районах с толщиной стенки гололеда 15 и 20 мм, а также в районах с частой пляской проводов при прочих равных условиях рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов.

При толщине стенки гололеда более 20 мм на ВЛ 35 кВ и выше следует применять только горизонтальное расположение проводов. На ВЛ 20 кВ и ниже в районах с толщиной стенки гололеда более 20 мм допускается смешанное расположение проводов (треугольник с креплением верхнего провода на стойке).

На ВЛ 500 кВ рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов независимо от толщины стенки гололеда.

2.5.50. Расстояния между проводами ВЛ должны выбираться по условиям работы проводов, а также по допустимым изоляционным расстояниям между проводами и элементами опоры, принимаемым в соответствии с 2.5.37 и 2.5.71.

Выбор расстояний между проводами, а также между проводами и тросами из условий работы в пролете и защиты от грозových перенапряжений производится по стрелам провеса, соответствующим габаритному пролету, согласно указаниям 2.5.51-2.5.54, 2.5.65 и 2.5.66; при этом стрела провеса троса должна быть не более стрелы провеса провода. В отдельных пролетах, выбранных 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 согласно указаниям 2.5.51-2.5.53, а между проводами и тросами - по указаниям 2.5.54, 2.5.65 и 2.5.66. При этом допускается определять расстояния между проводами по формулам, приведенным в 2.5.51-2.5.53, без учета требований табл. 2.5.10-2.5.12.

2.5.51. На ВЛ 35 кВ и выше с подвесными изоляторами при горизонтальном расположении проводов минимальное расстояние между проводами d

, м, по условиям их сближения в пролете определяется в зависимости от номинального напряжения линии и габаритной стрелы провеса по формуле

$$d = 1,0 + U / 110 + 0,6\sqrt{f}$$

,

где

U

- напряжение ВЛ, кВ;

f

- наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету, м.

При определении расстояний между проводами ВЛ с пролетами более 500 м расстояния между проводами определяются по наибольшей стреле провеса переходного пролета. Расстояния между проводами при стрелах провеса до 16 м, вычисленные по приведенной выше формуле с допуском округления до значений, кратных 0,25 м, приводятся в табл. 2.5.9.

Таблица 2.5.9. Наименьшее допустимое расстояние между проводами ВЛ с подвесными изоляторами при горизонтальном расположении проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Наименьшее расстояние между проводами, м, при стрелах провеса, м						
	3	4	5	6	8	12	16
35	2,5	2,5	2,75	2,75	3,0	3,25	3,75
110	3,0	3,25	3,5	3,5	3,75	4,0	4,5
150	3,5	3,5	3,75	3,75	4,0	4,5	4,75
220	-	-	4,25	4,5	4,75	5,0	5,5
330	-	-	-	5,5	5,75	6,0	6,5
500	-	-	-	7,0	7,25	7,5	8,0

При расстояниях

d

>8 м допускается округление до значений, кратных 0,5 м, а при

d

>12 м - до значений, кратных 1 м.

2.5.52. На ВЛ 35-330 кВ с подвесными изоляторами при негоризонтальном (смешанном или вертикальном) расположении проводов расстояния между проводами по условиям их работы в пролете определяются следующим образом:

1. На промежуточных опорах при стрелах провеса до 16 м:

а) в районе I (с редкой пляской проводов, рис. 2.5.11 и 2.5.12) - по табл. 2.5.10, а в районе II (с умеренной пляской проводов, рис. 2.5.11 и 2.5.12) - по табл. 2.5.11. При этом в районах с толщиной стенки гололеда 5-10 мм дополнительной проверки по условиям гололеда не требуется.

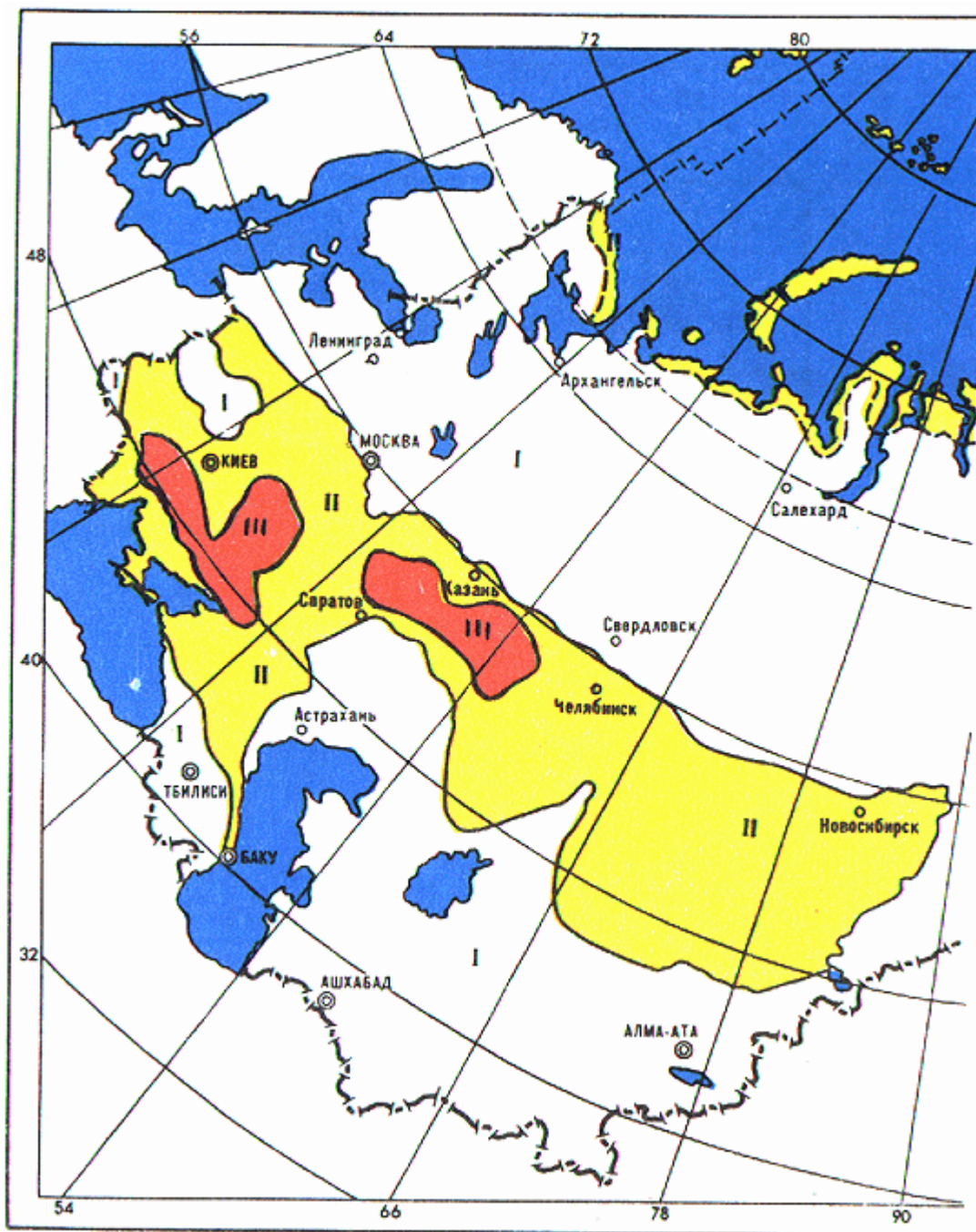


Рис. 2.5.11. Карта районирования территории СНГ по пляске проводов. Лист 1

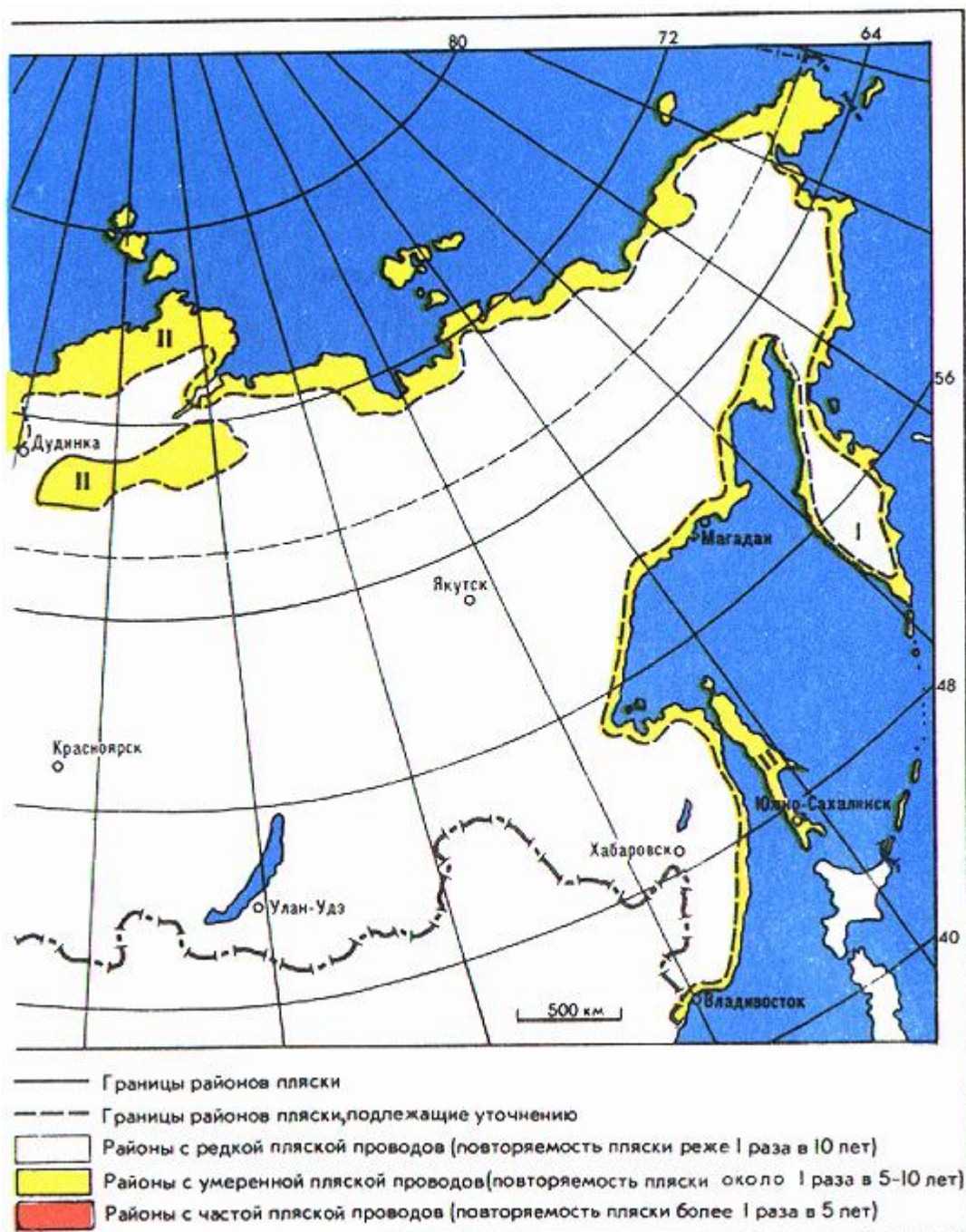


Рис. 2.5.12. Карта районирования территории СНГ по пьске проводов. Лист 2

В случаях, когда расстояние не может быть определено по табл. 2.5.10 и 2.5.11 (например, при расстояниях по вертикали менее указанных в таблицах), расстояние между проводами по прямой должно быть не менее требуемого при горизонтальном расположении проводов (см. 2.5.51).

В районах с толщиной стенки гололеда 15-20 мм расстояния между проводами

d

, м, определяемые по табл. 2.5.10 и 2.5.11, подлежат дополнительной проверке по формуле

$$d = 1,0 + U/110 + 0,6\sqrt{f} + 0,15V$$

,

где

U

- напряжение ВЛ, кВ;

f

- наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету, м;

U

- расстояние между проводами по вертикали, м.

Из двух расстояний - по соответствующей таблице (2.5.10 или 2.5.11) и по приведенной выше формуле - следует принимать большее;

б) в районе III (с частой пляской проводов, см. рис. 2.5.11 и 2.5.12) - по табл. 2.5.12 без дополнительной проверки по условиям гололеда.

В случаях, когда расстояние между проводами не может быть определено по табл. 2.5.12, расстояние между проводами должно быть не менее определяемого по формуле, приведенной в п. 1, а;

в) при выборе расположения проводов и расстояний между ними по условиям пляски проводов для линий или их участков, проходящих во II и III районах интенсивности пляски, но защищенных от поперечных ветров рельефом местности, лесным массивом, постройками или сооружениями, высота которых составляет не менее

$\frac{2}{3}$

высоты опор, рекомендуется принимать I район пляски вместо II и II район вместо III.

Табл. 2.5.10#S исключить. Распространить требования к наименьшим смещениям проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах во II районе пляски на I район пляски.

(Изменение, по Приказу Министерства энергетики и электрификации СССР от 14.07.98 № 32-6/17-ЭТ)

Таблица 2.5.10. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах в районе I (с редкой пляской проводов)

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Смещение соседних проводов по горизонтали, м, При габаритных стрелах провеса, м							
		4	5	6	8	10	12	14	16
35	2,5	0,50	0,50	0,50	1,10	1,50	1,80	2,00	2,10
	3,0	0,50	0,50	0,50	0,80	1,30	1,65	1,85	2,05
	3,5	0	0,50	0,50	0,50	1,20	1,60	1,80	2,00
	4,0	0	0,50	0,50	0,50	1,00	1,50	1,70	1,95
	4,5	0	0	0,50	0,50	0,60	1,30	1,60	1,90
	5,0	0	0	0	0,50	0,50	1,10	1,50	1,80
	5,5	0	0	0	0,50	0,50	0,50	1,40	1,75
	6,0	0	0	0	0	0,50	0,50	1,10	1,60
	6,5	0	0	0	0	0	0,50	0,60	1,40
	7,0	0	0	0	0	0	0,50	0,50	1,10
110	3,0	0,70	0,70	0,70	1,20	1,70	1,90	2,15	2,30
	3,5	0,70	0,70	0,70	1,00	1,50	1,90	2,10	2,20
	4,0	0	0,70	0,70	0,70	1,20	1,70	2,00	2,15
	4,5	0	0	0,70	0,70	1,00	1,50	1,90	2,10

	5,0	0	0	0	0,70	0,70	1,30	1,70	2,00
	5,5	0	0	0	0,70	0,70	1,00	1,60	1,95
	6,0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,40	1,80
	6,5	0	0	0	0	0	1,70	1,10	1,60
	7,0	0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,50
150	3,5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,60	2,00	2,20	2,35
	4,0	0	1,00	1,00	1,00	1,40	1,80	2,10	2,30
	4,5	0	0	1,00	1,00	1,10	1,70	2,00	2,25
	5,0	0	0	0	1,00	1,00	1,50	1,90	2,20
	5,5	0	0	0	1,00	1,00	1,10	1,70	2,10
	6,0	0	0	0	0	1,00	1,00	1,50	2,00
	6,5	0	0	0	0	0	1,00	1,20	1,80
	7,0	0	0	0	0	0	1,00	1,00	1,60
220	5,0	0	0	1,50	1,50	1,50	1,80	2,20	2,50
	5,5	0	0	1,50	1,50	1,50	1,50	2,10	2,30
	6,0	0	0	0	0	1,50	1,50	1,90	2,20
	6,5	0	0	0	0	0	1,50	1,70	2,10
	7,0	0	0	0	0	0	1,50	1,50	1,85
330	5,5	0	0	2,00	2,00	2,20	2,55	2,80	3,15
	6,0	0	0	0	2,00	2,10	2,45	2,75	3,10
	6,5	0	0	0	0	2,00	2,35	2,65	3,05
	7,0	0	0	0	0	2,00	2,20	2,60	3,00
	7,5	0	0	0	0	2,00	2,00	2,50	2,95
	8,0	0	0	0	0	2,00	2,00	2,40	2,90
	8,5	0	0	0	0	2,00	2,00	2,30	2,70

Таблица 2.5.11. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах в районе II (с умеренной пляской проводов)

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Смещение соседних проводов по горизонтали, м, при габаритных стрелах провеса, м							
		4	5	6	8	10	12	14	16
35	2,5	0,70	0,70	1,00	1,60	2,00	2,30	2,50	2,60
	3,0	0,70	0,70	0,70	1,30	1,80	2,15	2,35	2,55
	3,5	0	0,70	0,70	1,00	1,70	2,10	2,30	2,50
	4,0	0	0,70	0,70	0,70	1,50	2,00	2,20	2,45
	4,5	0	0	0,70	0,70	1,10	1,80	2,10	2,40
	5,0	0	0	0	0,70	0,70	1,60	2,00	2,30
	5,5	0	0	0	0,70	0,70	1,00	1,90	2,25
	6,0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,60	2,10
	6,5	0	0	0	0	0	0,70	1,10	1,90
	7,0	0	0	0	0	0	0,70	0,70	1,60
110	3,0	1,20	1,20	1,20	1,70	2,20	2,40	2,65	2,80
	3,5	1,20	1,20	1,20	1,50	2,00	2,40	2,60	2,70

	4,0	0	1,20	1,20	1,20	1,70	2,20	2,50	2,65
	4,5	0	0	1,20	1,20	1,50	2,00	2,40	2,60
	5,0	0	0	0	1,20	1,20	1,80	2,30	2,50
	5,5	0	0	0	1,20	1,20	1,50	2,10	2,45
	6,0	0	0	0	0	1,20	1,20	1,90	2,30
	6,5	0	0	0	0	0	1,20	1,60	2,10
	7,0	0	0	0	0	0	1,20	1,20	2,00
150	3,5	1,50	1,50	1,50	1,50	2,10	2,50	2,70	2,85
	4,0	0	1,50	1,50	1,50	1,90	2,30	2,60	2,80
	4,5	0	0	1,50	1,50	1,60	2,20	2,50	2,75
	5,0	0	0	0	1,50	1,50	2,00	2,40	2,70
	5,5	0	0	0	1,50	1,50	1,60	2,20	2,60
	6,0	0	0	0	0	1,50	1,50	2,00	2,50
	6,5	0	0	0	0	0	1,50	1,70	2,30
	7,0	0	0	0	0	0	1,50	1,50	2,10
220	5,0	0	0	2,00	2,00	2,00	2,30	2,70	3,00
	5,5	0	0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,60	2,80
	6,0	0	0	0	0	2,00	2,00	2,40	2,70
	6,5	0	0	0	0	0	2,00	2,20	2,60
	7,0		0	0	0	0	2,00	2,00	2,35
330	5,5	0	0	2,50	2,50	2,70	3,05	3,30	3,65
	6,0	0	0	0	2,50	2,60	2,95	3,25	3,60
	6,5	0	0	0	0	2,50	2,85	3,15	3,55
	7,0	0	0	0	0	2,50	2,70	3,10	3,50
	7,5	0	0	0	0	2,50	2,50	3,00	3,45
	8,0	0	0	0	0	2,50	2,50	2,90	3,40
	8,5	0	0	0	0	2,50	2,50	2,80	3,20

Таблица 2.5.12. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах в районе III (с частой пляской проводов)

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Смещение соседних проводов по горизонтали, м, при габаритных стрелах провеса, м							
		4	5	6	8	10	12	14	16
35	3,0	0,70	1,25	1,55	2,05	2,35	2,65	2,95	3,20
	3,5	0	0,70	1,30	1,90	2,30	2,65	2,95	3,20
	4,0	0	0,70	0,70	1,70	2,20	2,60	2,90	3,20
	4,5	0	0	0,70	1,30	2,05	2,50	2,85	3,15
	5,0	0	0	0	0,70	1,80	2,35	2,75	3,10
	5,5	0	0	0	0,70	1,40	2,20	2,65	3,05
	6,0	0	0	0	0	0,70	1,90	2,50	2,95
	6,5	0	0	0	0	0,70	1,40	2,30	2,85
	7,0	0	0	0	0	0	0,70	2,00	2,65
110	3,0	1,20	1,35	1,85	2,35	2,65	2,95	3,25	3,50

	3,5	1,20	1,20	1,50	2,20	2,60	2,95	3,25	3,50
	4,0	0	1,20	1,20	2,00	2,50	2,90	3,20	3,50
	4,5	0	0	1,20	1,65	2,35	2,80	3,15	3,45
	5,0	0	0	0	1,20	2,10	2,65	3,05	3,40
	5,5	0	0	0	1,20	1,70	2,50	2,95	3,35
	6,0	0	0	0	0	1,20	2,20	2,80	3,25
	6,5	0	0	0	0	1,20	1,70	2,60	3,15
	7,0	0	0	0	0	0	1,20	2,30	2,95
150	3,5	1,50	1,50	1,70	2,30	2,80	3,10	3,35	3,60
	4,0	0	1,50	1,50	2,10	2,60	3,00	3,30	3,60
	4,5	0	0	1,50	1,75	2,45	2,90	3,25	3,55
	5,0	0	0	0	1,50	2,20	2,75	3,15	3,50
	5,5	0	0	0	1,50	1,80	2,60	3,05	3,45
	6,0	0	0	0	0	1,50	2,30	2,90	3,35
	6,5	0	0	0	0	0	1,80	2,70	3,25
	7,0	0	0	0	0	0	1,50	2,40	3,05
220	5,0	0	0	2,00	2,00	2,50	3,05	3,45	3,80
	5,5	0	0	2,00	2,00	2,10	2,90	3,35	3,75
	6,0	0	0	0	0	2,00	2,60	3,20	3,65
	6,5	0	0	0	0	2,00	2,10	3,00	3,55
	7,0	0	0	0	0	0	2,00	2,70	3,35
330	6,0	0	0	2,50	2,90	3,45	3,85	4,15	4,40
	6,5	0	0	2,50	2,70	3,35	3,80	4,10	4,40
	7,0	0	0	0	2,50	3,20	3,75	4,10	4,40
	7,5	0	0	0	2,50	3,05	3,65	4,05	4,40
	8,0	0	0	0	2,50	2,85	3,55	4,00	4,35
	8,5	0	0	0	2,50	2,50	3,40	3,90	4,30
	9,0	0	0	0	2,50	2,50	3,25	3,80	4,25
	10,0	0	0	0	0	2,50	2,65	3,55	4,10

Таблица 2.5.13. Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на опорах анкерного типа

Напряжение ВЛ, кВ	Наименьшее смещение, м, при толщине стенки гололеда, мм	
	5-10	15-20
35	0,5	0,7
110	0,7	1,2
150	1,0	1,5
220	1,5	2,0
330	2,0	2,5

2. На промежуточных опорах при стрелах провеса проводов более 16 м расстояния между проводами определяются по формуле, приведенной в п. 1, а.

3. На всех опорах анкерного типа расстояния между проводами определяются по формуле, приведенной в 2.5.51.

На опорах анкерного типа наименьшие смещения проводов соседних ярусов по горизонтали, как правило, должны быть не менее указанных в табл. 2.5.13.

4. На опорах всех типов горизонтальное смещение проводов не требуется, если расстояние между проводами по вертикали превышает

$$0,8f + U / 250$$

при одиночных и

$$f + U / 250$$

при расщепленных проводах.

Формулы, приведенные в п. 1 и 4, действительны также для ВЛ 500 кВ. При этом смещения проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах должны быть не менее указанных в табл. 2.5.14.

На линиях, проходящих в районах с отсутствием гололеда, расстояние между проводами по прямой на опорах всех типов определяется по формуле, приведенной в 2.5.51, а горизонтальные смещения проводов не требуются.

При применении устройств защиты ВЛ от пляски проводов допускается принимать расстояние между проводами по условиям пляски согласно формуле, приведенной в 2.5.51, и горизонтальное смещение проводов соседних ярусов - согласно табл. 2.5.13.

2.5.53. На ВЛ 6-20 кВ при любом расположении проводов расстояние между проводами d , по условиям их сближения в пролете должно быть не менее значений, определяемых по формуле

$$d = 0,75f + \lambda$$

где

$$f$$

- наибольшая стрела провеса, соответствующая габаритному пролету,

$$\lambda$$

- длина гирлянды изоляторов.

2.5.54. Расстояния между тросом и проводом по вертикали на опорах ВЛ 35-330 кВ с одним тросом определяются для габаритных пролетов по условиям защиты от перенапряжений и в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.65 и 2.5.66.

В отдельных пролетах, выбранных при расстановке опор по профилю и превышающих габаритные пролеты, допускается применение опор с расстоянием между проводами и тросами, выбранными по габаритным пролетам.

На опорах ВЛ 35-330 кВ с горизонтальным расположением проводов и двумя тросами горизонтальные смещения между тросом и ближайшим проводом должны быть не менее: 1 м на ВЛ 35 кВ, 1,75 м на ВЛ 110 кВ, 2 м на ВЛ 150 кВ, 2,3 м на ВЛ 220 кВ и 2,75 м на ВЛ 330 кВ.

На ВЛ 220 кВ с деревянными опорами допускается уменьшение смещений между тросом и проводом по горизонтали до 2 м.

На промежуточных опорах ВЛ 500 кВ горизонтальные смещения между тросом и ближайшим проводом принимаются по табл. 2.5.14.

На опорах анкерного типа ВЛ 35-500 кВ допускается подвеска троса над проводом без горизонтального смещения при условии, что количество таких опор не превышает в среднем 0,5 на 1 км линии.

2.5.55. На двухцепных опорах расстояние между ближайшими проводами разных цепей по условию работы проводов в пролете должно быть не менее: 2 м для ВЛ до 20 кВ со штыревыми 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 и 8,5 м для ВЛ 500 кВ. Расстояния между ближайшими проводами разных цепей должны также удовлетворять требованиям [2.5.51-2.5.53](#).

2.5.56. 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 для 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°C без ветра должно быть не менее 2 м.

Таблица 2.5.14. Наименьшее смещение проводов и тросов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ 500 кВ

Расстояние между проводами и тросом по вертикали, м	Наименьшее смещение, м, при габаритной стреле провеса, м			
	10	12	14	16
9,0	2,0	3,5	4,0	4,0
10,0	2,0	3,0	4,0	4,0
11,0	2,0	2,0	3,0	3,5
12,0	2,0	2,0	2,5	3,0

3. Крепление проводов ВЛ 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 смещения 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.

Изоляция

2.5.57. На ВЛ 110 кВ и выше должны применяться только подвесные изоляторы; на ВЛ 35 кВ и ниже могут применяться подвесные и штыревые (в том числе опорно-стержневые) изоляторы.

2.5.58. Количество подвесных и тип штыревых изоляторов для ВЛ напряжением 6 кВ и выше выбираются из условия обеспечения надежной работы их в соответствии с "Инструкцией по проектированию изоляции в районах с чистой и загрязненной атмосферой".

Таблица 2.5.15. Минимальное мокроразрядное напряжение штыревых изоляторов

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	6	10	20	35
Действующее мокроразрядное напряжение, кВ	28	34	57	80

Таблица 2.5.16. Расчетное коммутационное перенапряжение, принимаемое при выборе изоляции ВЛ

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Расчетная кратность коммутационных перенапряжений , наиб. раб	Коммутационные перенапряжения, кВ
110	3,0	312
150	3,0	422
220	3,0	620
330	2,7	800
500	2,5	1070

2.5.59. При применении подвесных изоляторов с отношением длины пути утечки к строительной высоте более 2,3 гирлянда, выбранная по рабочему напряжению, проверяется по условию воздействия коммутационных перенапряжений, расчетные значения которых приведены в табл. 2.5.17.

2.5.60. На переходных опорах высотой более 40 м количество подвесных изоляторов в гирлянде следует увеличивать по сравнению с принятыми на остальных опорах этой ВЛ на один изолятор на каждые 10 м высоты опоры сверх 40 м.

2.5.61. Коэффициенты запаса прочности изоляторов, т. е. отношение механической нагрузки, разрушающей штыревые и опорно-стержневые изоляторы, или электромеханической разрушающей нагрузки подвесных изоляторов к наибольшей нормативной нагрузке, действующей на изоляторы, должны составлять: при работе ВЛ в нормальном режиме - не менее 2,7; при среднегодовой температуре, отсутствии гололеда и ветра - не менее 5,0; в аварийном режиме для подвесных изоляторов ВЛ 500 кВ - не менее 2,0, а напряжением 330 кВ и ниже - не менее 1,8. Нагрузки, действующие на изоляторы в аварийном режиме, определяются в соответствии с 2.5.89-2.5.91 и 2.5.93.

Таблица 2.5.17. Количество изоляторов в поддерживающих гирляндах ВЛ 110-500 кВ с металлическими и железобетонными опорами

Тип изолятора	Количество изоляторов, шт., при номинальном напряжении ВЛ, кВ				
	110	150	220	330	500
ПФ6-А (П-4,5)	7	9	13	19	-
ПФ6-Б (ПМ-4,5)	7	10	14	20	27
ПФ6-В (ПФЕ-4,5)	7	9	13	19	26
ПФ6-В (со Знаком качества)	7	9	12	18	25
ПФ16-А	6	8	11	17	23
ПФ20-А(ПФЕ-16)	-	-	10	14	20
П-8,5	6	8	11	16	22
П-11	6	8	11	15	21
ПФЕ-11	6	8	11	16	21
ПС6-А (ПС-4,5)	8	10	14	21	29
ПС6-Б	8	10	14	21	29
ПС-11 (ПС-8,5)	7	8	12	17	24
ПС12-А	7	9	13	19	26
ПС16-А(ЛС-16)	6	8	11	16	22

ПС16-Б (со Знаком качества)	6	8	12	17	24
ПС22-А	-	-	10	15	21
ПС30-А (ЛС-30)	-	-	11	16	22
ПС30-Б	-	-	11	16	22

Защита от перенапряжений, заземление

2.5.62. ВЛ 110-500 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине линии.

Сооружение ВЛ 110-500 кВ без тросов допускается:

- 1) в районах с числом грозových часов в году менее 20;
- 2) на отдельных участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами (

$$\rho \geq 10^3$$

Ом·м);

- 3) на участках трассы с расчетной толщиной стенки гололеда более 20 мм.

Усиления изоляции для случаев, приведенных в п. 1-3, не требуется.

При отсутствии данных о среднегодовой продолжительности гроз можно пользоваться картой районирования территории СНГ по числу грозových часов в году (рис. 2.5.13-2.5.15).

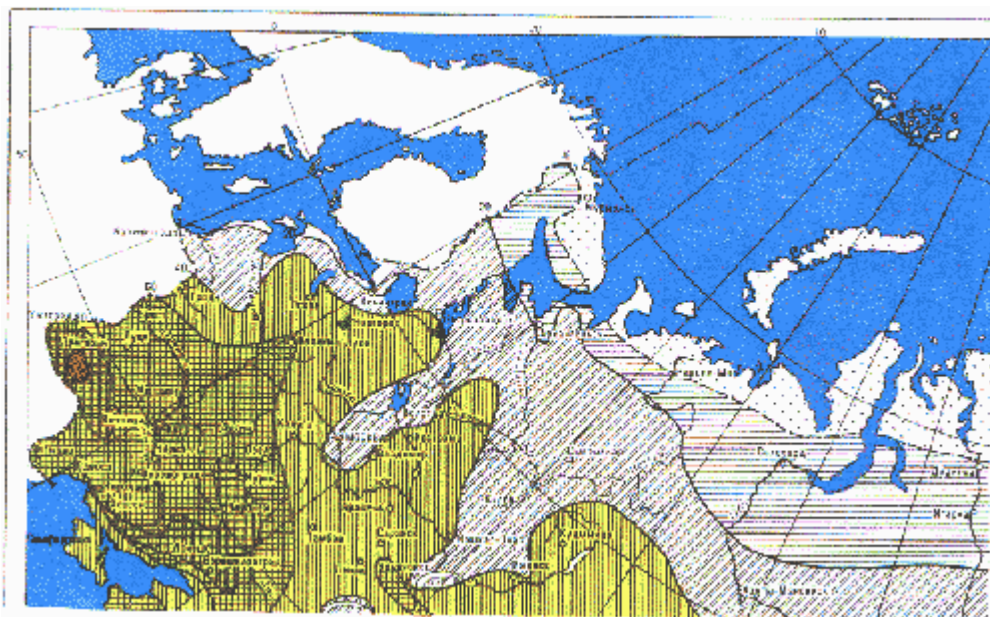


Рис. 2.5.13. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 1

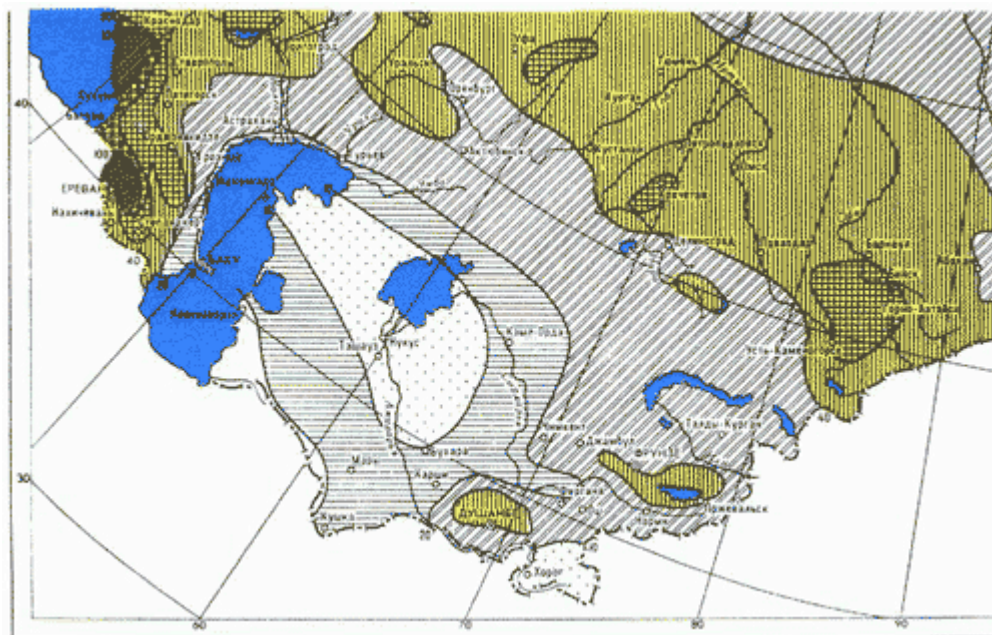


Рис. 2.5.14. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 2

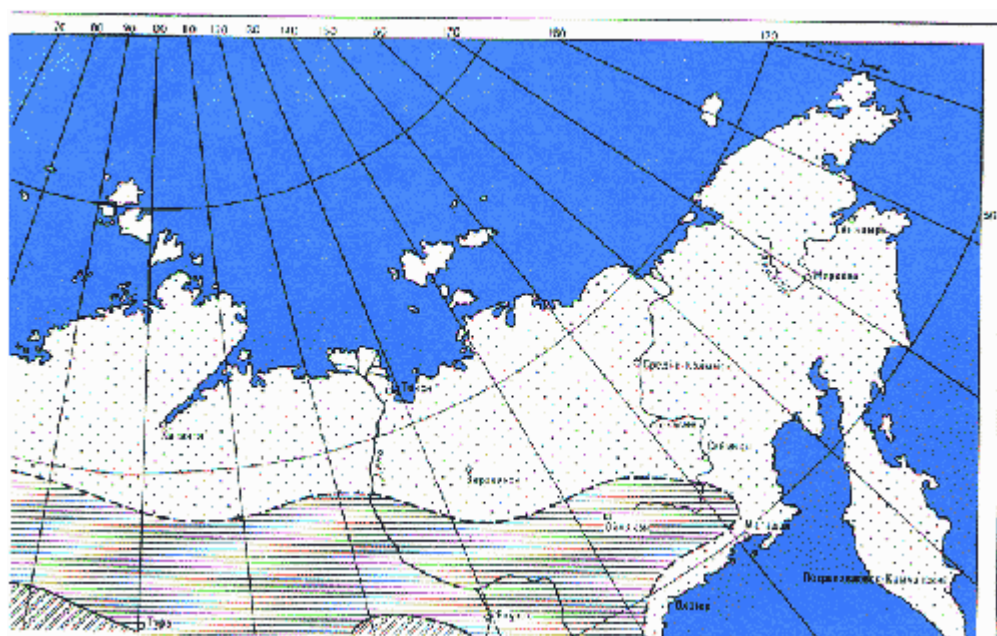


Рис. 2.5.15. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 3

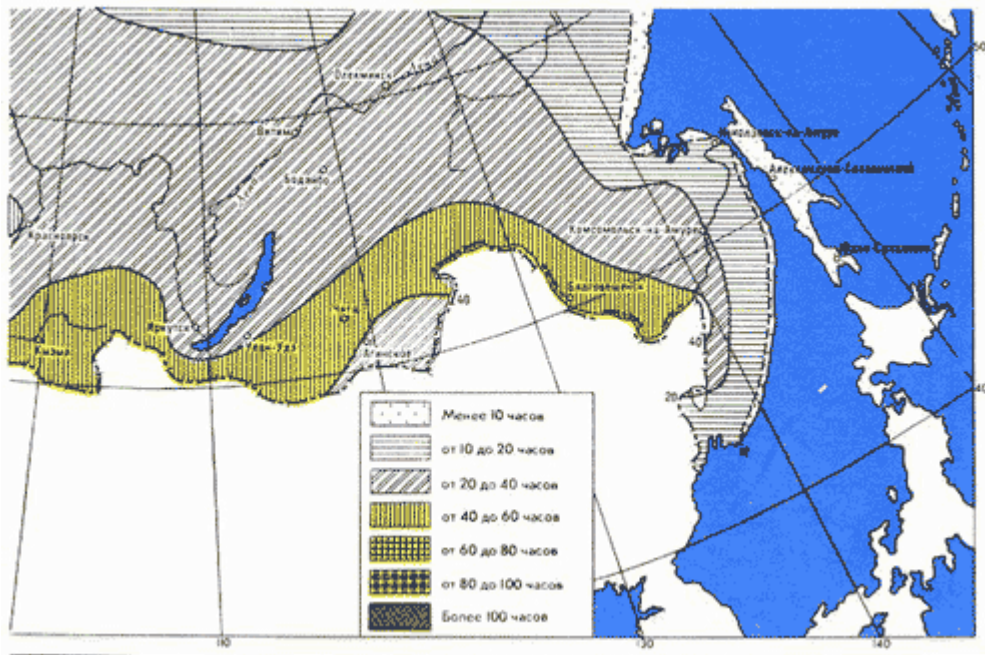


Рис. 2.5.16. Карта среднегодовой продолжительности гроз. Лист 4

Защита подходов ВЛ к подстанциям должна выполняться в соответствии с требованиями гл. 4.2.

2.5.63. Для ВЛ до 35 кВ применения грозозащитных тросов не требуется. ВЛ 110 кВ на деревянных опорах, как правило, не должны защищаться тросами.

2.5.64. Единичные металлические и железобетонные опоры и другие места с ослабленной изоляцией на ВЛ 35 кВ с деревянными опорами должны защищаться трубчатыми разрядниками или, при наличии АПВ, защитными промежутками, а на ВЛ 110-220 кВ - трубчатыми разрядниками. При отсутствии трубчатых разрядников 110-220 кВ необходимых параметров допускается устанавливать вместо них защитные промежутки.

2.5.65. При выполнении защиты ВЛ от грозовых перенапряжений тросами необходимо руководствоваться следующим:

1. Одностоечные металлические и железобетонные опоры с одним тросом должны иметь угол защиты не более 30° , а с двумя тросами для целей грозозащиты - не более 20° .
2. На металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам должен быть не более 20° ; в III, IV и особом районах по гололеду, а также в районах с частой пляской проводов допускается угол защиты до 30° .
3. На железобетонных и деревянных опорах portalного типа угол защиты по отношению к крайним проводам допускается не более 30° .
4. При защите ВЛ двумя тросами расстояние между ними должно быть не более пятикратного расстояния по вертикали от тросов до проводов.

2.5.66. 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. 2.5.18 и не менее расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре.

При промежуточных значениях длин пролетов расстояния определяются интерполяцией.

2.5.67. Крепление тросов на всех опорах ВЛ 220-500 кВ должно быть выполнено при помощи изолятора, шунтированного искровым промежутком размером 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 большой длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирается таким, чтобы при наибольшем значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при КЗ на ВЛ, не происходил пробой искровых промежутков на ВЛ.

Изолированное крепление троса рекомендуется выполнять стеклянными изоляторами.

В случае подвески тросов на нескольких изоляторах, например для плавки гололеда на тросах или для связи, размер искрового промежутка должен быть скоординирован с электрической прочностью гирлянды, на которой подвешен трос.

На подходах ВЛ 220-330 кВ к подстанциям на длине 2-3 км и на подходе ВЛ 500 кВ на длине не менее 5 км, если тросы не используются для емкостного отбора, плавки гололеда или связи, их следует заземлять на каждой опоре.

На ВЛ 150 кВ и ниже, если не предусмотрена плавка гололеда на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах. Если такая плавка предусмотрена, то изолированное крепление троса должно быть выполнено по всей длине ВЛ.

Таблица 2.5.18. Наименьшее расстояние между тросом и проводом в середине пролета

Длина пролета, м	Наименьшее расстояние между тросом и проводом по вертикали, м
100	2,0
150	3,2
200	4,0
300	5,5
400	7,0
500	8,5
600	10,0
700	11,5
800	13,0
900	14,5
1000	16,0
1200	18,0
1500	21,0

2.5.68. На ВЛ с деревянными опорами portalного типа расстояние между фазами по дереву должно быть не менее 5 м для ВЛ напряжением 220 кВ, 4,5 м для ВЛ 150 кВ, 4 м для ВЛ 110 кВ, 3 м для ВЛ 35 кВ.

В отдельных случаях для ВЛ 110-220 кВ при наличии обоснований (небольшие токи КЗ, районы со слабой грозовой деятельностью, реконструкция и т.п.), допускается уменьшение указанных расстояний до значения, рекомендованного для ВЛ напряжением на одну ступень ниже.

На одностоечных деревянных опорах допускаются следующие расстояния между фазами по дереву: 2,5 м для ВЛ 35 кВ, 0,75 м для ВЛ 3-20 кВ при условии соблюдения расстояний в пролете согласно [2.5.53](#).

Применение металлических траверс на деревянных опорах не рекомендуется.

Таблица 2.5.19. Наименьшее допустимое изоляционное расстояние по воздуху от токоведущих до заземленных частей ВЛ

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Грозовые перенапряжения для изоляторов:								
штыревых	15	25	35	-	-	-	-	-
подвесных	20	35	40	100	130	180	260	320
Внутренние перенапряжения	10	15	30	80	110	160	215	300
Рабочее напряжение	-	7	10	25	35	55	80	115
Обеспечение безопасного подъема на опору	-	-	150	150	200	250	350	450

2.5.69. Кабельные вставки в ВЛ при их длине менее 1,5 км должны быть защищены по обоим концам кабеля от грозовых перенапряжений трубчатыми или вентильными разрядниками. Заземляющий зажим разрядника, металлические оболочки кабеля, а также корпус кабельной муфты должны быть соединены между собой по кратчайшему пути. Заземляющий зажим разрядника должен быть соединен с заземлителем отдельным спуском.

2.5.70. На переходах ВЛ через реки, ущелья и т. п. при высоте опор более 40 м и отсутствии на опорах троса должны устанавливаться трубчатые разрядники.

2.5.71. Для ВЛ, проходящих на высоте до 1000 м над уровнем моря, изоляционные расстояния по воздуху от проводов и арматуры, находящейся под напряжением, до заземленных частей опор должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.19.

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. 2.5.19 на 1% на каждые 100 м и выше 1000 м над уровнем моря.

2.5.72. Наименьшие расстояния на опоре между проводами ВЛ в местах их пересечения между собой при транспозиции, ответвлениях, переходе с одного расположения проводов на другое должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.20.

2.5.73. Дополнительные требования к защите от грозовых перенапряжений ВЛ при пересечении их между собой и при пересечении ими различных сооружений приведены в 2.5.122, 2.5.129, 2.5.140 и 2.5.152.

Таблица 2.5.20. Наименьшее расстояние между фазами ВЛ на опоре

Расчетное условие	Наименьшее расстояние между фазами, 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
Рабочее напряжение	-	15	20	45	60	95	140	200

2.5.74. На ВЛ должны быть заземлены:

- 1) опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты;
- 2) железобетонные и металлические опоры ВЛ 3-35 кВ;

- 3) опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты;
- 4) металлические и железобетонные опоры ВЛ 110-500 кВ без тросов и других устройств грозозащиты, если это необходимо по условиям обеспечения надежной работы релейной защиты и автоматики.

2.5.75. Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 1, должны быть не более приведенных в табл. 2.5.21.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 2, должны быть: для ВЛ 3-20 кВ в населенной местности, а также для всех ВЛ 35 кВ - не более приведенных в табл. 2.5.21, 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

ρ

Ом.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 3, для ВЛ 110 кВ и выше должны быть не более приведенных в табл. 2.5.22, а для ВЛ 3-35 кВ должны выбираться в соответствии с требованиями 1.7.57 и 1.7.58.

Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 2.5.74, п. 4, определяются при проектировании ВЛ.

Для ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, выполняемых по условиям грозозащиты, должны обеспечиваться при отсоединенном тросе, а по остальным условиям - при неотсоединенном тросе.

Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, должны быть в 2 раза меньше по сравнению с приведенными в табл. 2.5.21.

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.

Таблица 2.5.21. Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ

Удельное эквивалентное сопротивление земли , 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	6·10

2.5.76. При прохождении ВЛ 110 кВ и выше в местностях с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и тому подобными грунтами с удельным сопротивлением $\rho \leq$

500 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.

Значения сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 3-35 кВ должны обеспечиваться применением искусственных заземлителей, а естественная проводимость фундаментов, подземных частей опор и пасынков (приставок) при расчетах не должна учитываться.

2.5.77. Железобетонные фундаменты опор ВЛ могут быть использованы в качестве естественных заземлителей (исключение см. в 2.5.76 и 2.5.142) при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента.

Наличие битумной обмазки на железобетонных опорах и фундаментах, используемых в качестве естественных заземлителей, не должно учитываться.

Измерение проводимости железобетонных фундаментов, подземных частей опор и пасынков должно производиться не ранее чем через 2 месяца после их установки.

2.5.78. Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников следует использовать все те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, которые металлически соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю. Стержни арматуры, используемые для заземления, должны быть проверены на термическую стойкость при прохождении токов КЗ. За время КЗ стержни должны нагреваться не более чем на 60°C.

Оттяжки железобетонных опор должны использоваться в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре. При этом свободный конец тросов оттяжек должен присоединяться к рабочей части оттяжек при помощи специального зажима.

Тросы и детали крепления изоляторов к траверсе железобетонных опор должны быть металлически соединены с заземляющим спуском или заземленной арматурой.

2.5.79. 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. Допускается применение стальных оцинкованных однопроволочных спусков диаметром не менее 6 мм.

На ВЛ с деревянными опорами рекомендуется болтовое соединение заземляющих спусков; на металлических и железобетонных опорах соединение заземляющих спусков может быть выполнено как сварным, так и болтовым.

2.5.80. Заземлители 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.

Арматура

2.5.81. Крепление проводов к подвесным изоляторам и крепление тросов следует производить при помощи поддерживающих или натяжных зажимов. Из натяжных зажимов предпочтение следует

отдавать зажимам, не требующим разрезания провода. Крепление проводов к штыревым изоляторам следует производить проволочными вязками или специальными зажимами.

2.5.82. Поддерживающие зажимы для подвески проводов могут быть глухими или с заделкой ограниченной прочности. По условию надежности рекомендуется применение глухих зажимов. Подвеску грозозащитных тросов на опорах следует осуществлять только в глухих зажимах. На больших переходах могут применяться многороликовые подвесы и специальные зажимы.

2.5.83. Соединения проводов и тросов следует производить при помощи соединительных зажимов, сварки, а также при помощи зажимов и сварки в совокупности. В одном пролете ВЛ допускается не более одного соединения на каждый провод или трос.

В пролетах, пересекающих инженерные сооружения, перечисленные в [2.5.118-2.5.160](#) и [2.6.163-2.5.167](#), одно соединение на провод (трос) допускается: при сталеалюминиевых проводах с отношением $A : C$

$\geq$

4,29 - сечением 240 мм

и

и более, с отношением $A : C$

$\geq$

1,46 - любого сечения, при стальных тросах - сечением 120 мм

и

и более, а также при расщеплении фазы на три сталеалюминиевых провода с отношением $A : C$

$\geq$

4,29 - сечением 150 мм

и

и более.

Минимальное расстояние от соединительного зажима до зажима с ограниченной прочностью заделки должно быть не менее 25 м.

2.5.84. Прочность заделки проводов и тросов в соединительных и натяжных зажимах должна составлять не менее 90% предела прочности провода или троса.

2.5.85. Коэффициенты запаса прочности линейной арматуры, т. е. отношение минимальной разрушающей нагрузки к нормативной нагрузке, воспринимаемой арматурой, должны быть не менее 2,5 при работе ВЛ в нормальном режиме и не менее 1,7 в аварийном режиме.

На линиях с механическим напряжением в проводах, превышающим 42% предела прочности при наибольшей нагрузке, до освоения арматуры новых типов допускается уменьшение коэффициентов запаса прочности линейной арматуры в нормальном режиме до 2,3.

Коэффициенты запаса прочности крюков и штырей должны быть не менее 2,0 в нормальном режиме и не менее 1,3 в аварийном режиме.

Нагрузки, действующие на арматуру, крюки и штыри в аварийном режиме, определяются в соответствии с [2.5.89-2.5.91](#) и [2.5.93](#).

Опоры

2.5.86. Опоры ВЛ выше 1 кВ 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 т. д.

Промежуточные опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции, опоры анкерного типа должны быть жесткими. Опоры анкерного типа могут быть нормальной и облегченной конструкции.

Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками.

Проектирование опор, фундаментов и оснований должно производиться с учетом указаний, приведенных в приложении к настоящей главе.

2.5.87. Опоры должны рассчитываться на нагрузки нормальных и аварийных режимов ВЛ.

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 конструкций опор.

Двухцепные опоры во всех режимах должны быть рассчитаны на условия, когда смонтирована только одна цепь.

Опоры должны быть проверены на условия их сборки и установки, а также на условия монтажа проводов и тросов.

2.5.88. Опоры на ВЛ должны рассчитываться на следующие условия нормальных режимов:

1. Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда, скоростной напор ветра

q_{max}

, температура минус 5°C.

2. Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом, скоростной напор ветра 0,25

q_{max}

, температура минус 5°C (см. также [2.5.34](#)).

Анкерные опоры и промежуточные угловые опоры должны рассчитываться также на условия низшей температуры без ветра, если тяжение проводов или тросов в этом режиме больше, чем в режиме наибольших нагрузок.

Концевые опоры должны рассчитываться также на одностороннее тяжение всех проводов и тросов (провода и тросы со стороны подстанции или пролета, смежного с большим переходом, не смонтированы).

2.5.89. Промежуточные опоры ВЛ с поддерживающими гирляндами и глухими зажимами должны рассчитываться на условные горизонтальные статические нагрузки аварийных режимов.

Расчет производится при следующих условиях:

1. Оборваны провод или провода одной фазы (при любом числе проводов на опоре); тросы не оборваны.

2. Оборван один трос; провода не оборваны.

Условные нагрузки прилагаются в местах крепления того провода или троса, при обрыве которого усилия в рассчитываемых элементах опоры получаются наибольшими.

Нагрузки от проводов и тросов следует принимать по среднеэксплуатационным условиям (в режиме без гололеда и без ветра).

В расчетах опор ВЛ с нерасщепленными фазами условные нагрузки от провода принимаются:

А. Для свободностоящих металлических опор и опор из любого материала на оттяжках с проводами сечением до 185 мм

1

0,5

T_{max}

; сечением 205 мм

1

и более 0,4

T_{max}

;

Б. Для железобетонных свободностоящих опор с проводами сечением до 185 мм

1

0,3

T_{max}

; сечением 205 мм

1

и более 0,25

T_{max}

.

В. Для деревянных свободностоящих опор с проводами сечением до 185 мм

1

0,25

T_{max}

; сечением 205 мм

1

и более 0,2

T_{max}

, где

T_{max}

- наибольшее нормативное тяжение провода или проводов одной фазы.

Г. Для других опор (опор из новых материалов, металлических гибких опор и т. п.) - в зависимости от гибкости рассчитываемых опор в пределах, указанных в п. А - В.

В расчетах опор ВЛ до 330 кВ с расщепленными фазами нормативная нагрузка определяется путем умножения значений, указанных в п. А - В для нерасщепленных фаз, на дополнительные коэффициенты: 0,8 при расщеплении на два провода, 0,7 - на три провода и 0,6 - на четыре провода.

В расчетах опор ВЛ 500 кВ с расщепленными фазами нормативная условная нагрузка, прилагаемая в месте крепления одной фазы, принимается равной 0,15

T_{max}

, но не менее 18 кН.

При применении средств, ограничивающих передачу продольной нагрузки на промежуточную опору (зажимы с ограниченной прочностью заделки, подвеска на блоках, а также другие средства), расчет следует производить на нормативные нагрузки, возникающие при использовании этих средств, но не более условных нагрузок, принимаемых при подвеске проводов в глухих зажимах.

Условная горизонтальная нагрузка от троса принимается равной 0,5

T_{max}

.

Для гибких опор (железобетонных и деревянных опор без оттяжек) допускается определять нормативную нагрузку от обрыва троса с учетом гибкости опор.

В расчетах допускается учитывать поддерживающее действие необорванных проводов и тросов в режиме среднегодовой температуры без гололеда и ветра. При этом нормативные условные нагрузки следует принимать как для металлических свободностоящих опор и опор из любого материала на оттяжках, а механические напряжения, возникающие в поддерживающих проводах и тросах, не должны превышать 70% предела прочности.

2.5.90. Промежуточные опоры ВЛ с креплением проводов на штиревых изоляторах при помощи проволоочной вязки должны быть рассчитаны в аварийном режиме с учетом гибкости опор на обрыв одного провода, дающего наибольшие усилия в элементах опоры. Условная нормативная горизонтальная нагрузка вдоль линии от тяжения оборванного провода при расчете стойки

должна приниматься равной $0,5 T_{\text{max}}$

, но не менее 3,0 кН, где

T_{max}

- наибольшее нормативное тяжение провода.

Для расчета конструкций опор (кроме стойки) следует принимать условную нагрузку от тяжения оборванного провода, равную 0,25

T_{max}

, но не менее 1,5 кН.

Климатические условия должны приниматься по п. 4 § 2.5.35.

2.5.91. Опоры анкерного типа должны рассчитываться по аварийному режиму на обрыв тех проводов и тросов, при обрыве которых возникают наибольшие усилия в рассматриваемых элементах опоры.

Расчет производится на следующие условия:

1. Для опор ВЛ с алюминиевыми проводами всех сечений, стальными проводами ПС и ПМС всех сечений и сталеалюминиевыми проводами сечением до 150 мм

1

:

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 опоры).

2. Для опор со сталеалюминиевыми проводами сечением 185 мм

1

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 опоры).

3. Для анкерных опор независимо от марок и сечений подвешиваемых проводов: оборван один трос в одном пролете при необорванных проводах.

Нагрузки от проводов и тросов принимаются равными тяжению проводов или тросов в режиме гололеда без ветра при температуре минус 5°C или в режиме низшей температуры, если тяжение в последнем режиме больше, чем при гололеде без ветра.

2.5.92. Опоры анкерного типа должны проверяться на следующие монтажные 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 условно равным 2/3 максимального, а климатические условия - по 2.5.36. В этом режиме опора и ее закрепление в грунте 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 п. 2 и 3 допускается предусматривать временное усиление отдельных элементов опор и установку временных оттяжек.

2.5.93. В расчетах по аварийному режиму промежуточных опор больших переходов с нерасщепленными проводами, подвешиваемыми в глухих зажимах, нормативная нагрузка принимается равной редуцированному тяжению, возникающему при обрыве провода в режиме гололеда без ветра. При расщепленных проводах на нормативную нагрузку вводятся понижающие коэффициенты: 0,8 при расщеплении на два провода, 0,7 - на три провода и 0,6 - на четыре провода.

При подвеске проводов и тросов на роликах условная нагрузка по аварийному режиму, направленная вдоль линии, принимается: при одном проводе в фазе 20 кН, при двух проводах в фазе 35 кН, при трех и более проводах в фазе 50 кН.

Расчет одноцепных промежуточных опор больших переходов производится на обрыв провода или проводов одной фазы, а двухцепных - на обрыв проводов двух фаз, при обрыве которых усилия в рассчитываемых элементах опоры получаются наибольшими. При этом тросы считаются необорванными.

Нормативная нагрузка на промежуточные опоры больших переходов от троса, закрепленного в глухом зажиме, принимается равной наибольшему тяжению троса. Провода считаются необорванными.

Одноцепные анкерные опоры больших переходов со сталеалюминиевыми проводами сечением 185 мм

1

и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов, рассчитываются на обрыв провода или проводов одной фазы. Одноцепные анкерные опоры больших переходов со сталеалюминиевыми проводами сечением до 150 мм

1

, а также все двухцепные анкерные опоры с проводами любого сечения рассчитываются на обрыв проводов двух фаз. Тросы считаются необорванными.

Нормативная нагрузка на анкерные опоры больших переходов от троса принимается равной наибольшему тяжению троса. Провода не оборваны.

При определении усилий в элементах опоры учитываются те условные нагрузки или неуравновешенные тяжения, возникающие при обрывах проводов или тросов, при которых эти усилия имеют наибольшие значения.

2.5.94. Опоры ВЛ выше 1 кВ должны проверяться на нагрузки, соответствующие способу монтажа, принятому проектом, с учетом составляющих от усилий тягового троса и массы монтируемых проводов (или грозозащитных тросов) и изоляторов, а также на дополнительные нагрузки от массы монтажных приспособлений и монтера с инструментом.

Нормативные нагрузки от веса монтируемых проводов (или тросов) и гирлянд рекомендуется принимать:

1) на промежуточных опорах - с учетом удвоенного веса пролета проводов (тросов) без гололеда и гирлянды, исходя из возможности подъема монтируемых проводов (тросов) и гирлянды через один блок;

2) на анкерных опорах - с учетом усилия в тяговом тросе, определяемого из условия расположения тягового механизма на расстоянии 2,5

$\frac{l}{2}$

от опоры, где

$\frac{l}{2}$

- высота подвеса провода средней фазы на опоре.

Нормативная нагрузка от веса монтера и монтажных приспособлений, прилагаемая в месте крепления изоляторов, принимается равной: для опор ВЛ 500 кВ 2,5 кН, для опор анкерного типа ВЛ до 330 кВ с подвесными изоляторами 2 кН, для промежуточных опор ВЛ до 330 кВ с подвесными изоляторами 1,5 кН, для опор со штыревыми изоляторами 1 кН.

В конструкциях траверс должны быть предусмотрены места для крепления такелажа.

2.5.95. Двух- и трехцепные натяжные гирлянды следует предусматривать с отдельным креплением к опоре. Натяжные гирлянды с количеством цепей более трех, а также гирлянды опор больших переходов должны крепиться к опоре не менее чем в двух точках.

На ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленными проводами сечением 120 мм

и более на пересечениях с железными дорогами, автомобильными дорогами I категории, улицами городов с трамвайными и троллейбусными линиями натяжные гирлянды должны быть двухцепными с отдельным креплением каждой цепи к опорам анкерного типа.

На ВЛ со штыревыми изоляторами в населенной местности и на пересечениях с сооружениями, перечисленными в 2.5.118- 2.5.170, должно быть предусмотрено двойное крепление проводов.

2.5.96. На ВЛ 110 кВ и выше конструкции опор должны допускать производство ремонтных работ без снятия напряжения (см. 2.5.71).

2.5.97. Конструкция опор ВЛ должна обеспечивать возможность удобного подъема обслуживающего персонала на опору. С этой целью должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

1. На металлических опорах высотой до 20 м при расстояниях между точками крепления решетки к поясам стойки (ствола) опоры более 0,6 м или при угле наклона решетки более 30° должны быть выполнены специальные ступеньки (степ-болты) на одном поясе стойки (ствола) опоры.
2. На металлических опорах высотой более 20 и менее 50 м должны быть выполнены специальные ступеньки или лестницы без ограждений на одном поясе стойки (ствола) опоры, достигающие до отметки верхней траверсы. На металлических двух- и многоцепных опорах высотой менее 50 м ступеньки (степ-болты) должны выполняться так, чтобы была обеспечена возможность подъема со стороны отключенной цепи.
3. На металлических опорах высотой 50 м и более должны быть установлены лестницы с ограждениями, достигающие до вершины опоры. При этом на каждой секции опор должны быть выполнены площадки с ограждениями. Ограждения должны выполняться также на траверсах этих опор.
4. На железобетонных опорах должна быть обеспечена возможность подъема на нижнюю траверсу с автовышек, по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств.

Для подъема по железобетонной стойке выше нижней траверсы на опорах ВЛ 35-500 кВ должны быть установлены специальные лазы (например, лестницы без ограждений). Это требование не распространяется на опоры ВЛ 35 кВ, которые изготавливаются с виброуплотнением бетона.

Для подъема на тросостойки и стальные части стоек железобетонных опор ВЛ 35-500 кВ следует предусматривать специальные ступеньки.

5. В местах, недоступных для подъезда автовышек (труднодоступная местность, участки с интенсивным землепользованием, закрепление опор в грунте с устройством банкетов и т. п.), железобетонные опоры, не допускающие подъема по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств (например, опоры с оттяжками или внутренними связями, закрепленными на стойке ниже нижней траверсы), должны быть снабжены стационарными лестницами без ограждений, достигающими до нижней траверсы. Выше нижней траверсы должны быть выполнены устройства, указанные в п. 4.

6. Конструкции опор должны обеспечивать возможность закрепления монтажных приспособлений с помощью унифицированных деталей и доступа обслуживающего персонала к узлам крепления гирлянд для производства работ по монтажу гирлянд, проводов и тросов.

Стационарные устройства для подъема на опору должны начинаться с высоты около 3 м от поверхности земли.

Элементы опоры следует проверять на нагрузку от веса человека, нормативное значение которой равно 1 кН.

2.5.98. На ВЛ 35 кВ и выше с проводами, подвешенными на промежуточных опорах в глухих зажимах или в зажимах с ограниченной прочностью заделки, расстояние между анкерными опорами не нормируется и устанавливается в зависимости от условий трассы.

На ВЛ 35 кВ и ниже со штыревыми изоляторами расстояние между анкерными опорами не должно превышать 10 км в районах с толщиной стенки гололеда до 10 мм и 5 км в районах с толщиной стенки гололеда 15 мм и более.

На ВЛ, проходящих по горной или сильно пересеченной местности с толщиной стенки гололеда 15 мм и более, рекомендуется устанавливать опоры анкерного типа на перевалах и других точках, резко возвышающихся над окружающей местностью.

2.5.99. Анкерные опоры следует применять в местах, определяемых условиями работы и монтажа ВЛ. Анкерные опоры облегченной конструкции могут применяться на углах поворота ВЛ и на пересечениях с различными объектами, когда по условиям эксплуатации ВЛ промежуточные опоры не обеспечивают необходимой надежности. Анкерные опоры нормальной конструкции применяются в случаях, предусмотренных в 2.5.119, 2.5.132, 2.5.142, 2.5.145, 2.5.150, 2.5.154, [2.5.157](#) и [2.5.164](#).

2.6.100. На стойках железобетонных опор несмываемой краской должны быть нанесены: заводская маркировка с указанием проектного шифра стойки и кольцевые полосы (выше уровня грунта) с указанием расстояния от полосы до заглубленного в грунт конца стойки.

2.5.101. Для изготовления деревянных опор ВЛ следует применять сосну и лиственницу. Для элементов опор ВЛ 35 кВ и ниже, кроме траверс и пасынков (приставок), допускается применение ели и пихты.

Для опор ВЛ необходимо применять бревна, пропитанные антисептиком. Допустимо применять непропитанные бревна из воздушносухой лиственницы влажностью не более 25%. Пасынки должны быть железобетонными. Допускается применение деревянных пасынков. Все горизонтально и наклонно расположенные торцы стоек и пасынков опор рекомендуется защищать от гниения (крышками, пастой и т. п.). элементы опор могут выполняться как из круглого, так и из пиленого леса.

Сопряжения элементов опор рекомендуется выполнять без врубок.

2.5.102. Для основных элементов деревянных опор (стоек, пасынков, траверс) диаметр бревен в верхнем отрубе должен быть не менее 18 см для ВЛ 110 кВ и выше, и не менее 16 см для ВЛ 35 кВ и ниже, однако диаметр пасынков опор ВЛ 35 кВ и ниже должен быть не менее 18 см. Для вспомогательных элементов опор ВЛ всех напряжений диаметр бревен в верхнем отрубе должен быть не менее 14 см. Конусность бревна от комля к верхнему отрубу (сбег бревна) при расчетах следует принимать 8 мм на 1 м длины, за исключением лиственницы, для которой сбег принимается 10 мм на 1 м длины бревна.

Прохождение ВЛ по ненаселенной и труднодоступной местности

2.5.103. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности при нормальном режиме работы ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. [2.5.23](#). Наименьшие расстояния определяются при наибольшей стреле провеса провода (при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током или при гололеде без

ветра).

2.5.104. Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до ближайших выступающих частей отдельно стоящих зданий и сооружений (охранная зона) должны быть не менее: 10 м для ВЛ до 20 кВ; 15 м для ВЛ 35 кВ; 20 м для ВЛ 110 кВ; 25 м для ВЛ 150-220 кВ; 30 м для ВЛ 330-500 кВ. В отдельных случаях, по согласованию с заинтересованными организациями, допускается уменьшение указанных расстояний, однако они должны быть не менее приведенных в 2.5.114. Кроме того, расстояния по горизонтали от проводов ВЛ до указанных зданий и сооружений по условиям защиты от радиопомех должны быть не менее указанных в 2.5.114.

Таблица 2.5.22. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности

Характеристика местности	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	до 110	150	220	330	500
Ненаселенная местность	6	6,5	7	7,5	8
Труднодоступная местность	5	5,5	6	6,5	7
Недоступные склоны гор, скалы, утесы и т. п.	3	3,5	4	4,5	5
Районы тундры, степей с почвами, непригодными для земледелия, и пустынь	6	6	6,5	6,5	7

Прохождение ВЛ по лесным массивам, зеленым насаждениям, пахотным и культурным землям

2.5.105. Для прохождения ВЛ по лесным массивам должны быть прорублены просеки. При определении ширины просеки должны учитываться условия эксплуатации ВЛ и лесного хозяйства с точки зрения опасности падения деревьев на ВЛ и возможности быстрой ликвидации повреждений (породы леса, характер грунтов, доступность трассы и пр.).

Необходимо избегать сооружения ВЛ в насаждениях, расположенных узкими полосами по направлению ВЛ.

Ширина просек для ВЛ в лесных массивах и зеленых насаждениях должна приниматься:

1. В насаждениях низкорослых пород высотой до 4 м - не менее расстояния между крайними проводами ВЛ плюс 6 м (по 3 м в каждую сторону от крайних проводов). При прохождении ВЛ по территории фруктовых садов с насаждениями высотой не более 4 м вырубка просек не обязательна.

2. В насаждениях высотой более 4 м:

а) для всех ВЛ 330-500 кВ, а также для радиальных ВЛ 220 кВ и ниже, служащих единственным источником питания потребителей, - не менее расстояния между крайними проводами плюс расстояния, равные высоте основного лесного массива, с каждой стороны от крайних проводов ВЛ; при этом отдельные деревья или группы деревьев, растущие на краю просеки для ВЛ, должны вырубаться, если их высота больше, чем расстояние по горизонтали от деревьев до проводов ВЛ;

б) для остальных ВЛ 220 кВ и ниже, отключение которых не вызывает прекращения питания потребителей, - не менее указанных в 2.5.106.

Если провода ВЛ, проходящих по косоогорам и оврагам, находятся выше верхушек деревьев более чем на 8 м, то просека вниз по склону прорубается с расстоянием по горизонтали 2 м крайнего

провода.

Высота основного лесного массива принимается с учетом его перспективного роста на 25 лет.

2.5.106. В парках, заповедниках, зеленых зонах вокруг населенных пунктов, ценных лесных массивах, защитных полосах вдоль железных и шоссейных дорог, водных пространств ширину просек для ВЛ следует предусматривать такой, чтобы расстояния от проводов при их наибольшем отклонении до кроны деревьев по горизонтали были не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ; 4 м для ВЛ 35-110 кВ; 5 м для ВЛ 150-220 кВ; 6 м для ВЛ 350-500 кВ.

Радиус кроны принимается с учетом ее перспективного роста на 25 лет.

2.5.107. При прохождении ВЛ по пахотным и культурным землям рекомендуется не занимать земли, орошаемые дождевальными установками.

Прохождение ВЛ по населенной местности

2.5.108. При прохождении ВЛ по населенной местности угол пересечения с улицами (проездами) не нормируется. При прохождении ВЛ вдоль улицы допускается расположение проводов над проезжей частью.

В населенной местности одностоечные деревянные опоры ВЛ должны быть с железобетонными пасынками; допускается применение одностоечных деревянных опор без пасынков, а также с деревянными пасынками, пропитанными заводским способом, в районах, где это обосновано технико-экономическими расчетами.

Опоры, устанавливаемые на перекрестках, поворотах улиц и проездов, должны быть защищены от наезда автотранспорта.

2.5.109. Крепление проводов на штыревых изоляторах должно быть двойным; при применении подвесных изоляторов крепление проводов должно выполняться глухими зажимами. При сечении проводов 300 мм² и более допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

В пролете пересечения ВЛ с улицами (проездами) провода и тросы не должны иметь соединений; как исключение допускается установка одного соединительного зажима на каждом проводе сечением не менее 240 мм²

1

.

2.5.110. Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли на населенной местности при наибольшей стреле провеса (без учета нагрева провода электрическим током) должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.24.

2.5.111. В местах пересечения ВЛ с улицами, проездами и т. п. расстояния по вертикали от проводов ВЛ сечением менее 185 мм² до поверхности земли должны быть проверены также на обрыв провода в соседнем пролете при среднегодовой температуре воздуха без ветра и гололеда, без учета нагрева проводов электрическим током. Эти расстояния должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.24.

При прохождении ВЛ в пределах специально отведенных в городской черте коридоров, а также для ВЛ с проводами сечением 185 мм²

1

и более проверка вертикальных расстояний при обрыве проводов не требуется.

2.5.112. Расстояние по горизонтали от основания опоры ВЛ до кювета или бордюрного камня проезжей части улицы (проезда) должно быть не менее 1,5 м; расстояние до тротуаров и пешеходных дорожек не нормируется.

2.5.113. Прохождение ВЛ над зданиями и сооружениями, за исключением выполненных из негорючих материалов производственных зданий и сооружений промышленных предприятий, запрещается.

Таблица 2.5.23. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли, зданий и сооружений на населенной местности

Условия работы ВЛ	Участок, сооружение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
		до 35	110	150	220	330	500
Нормальный режим	До поверхности земли	7	7	7.5	8	8	8
	До зданий или сооружений	3	4	4	5	6	-
Обрыв провода в соседнем пролете	До поверхности земли	4,5	4,5	5	5,5	6	-

Расстояния по вертикали от проводов ВЛ до производственного здания или сооружения, выполненного из негорючих материалов, при наибольшей стреле провеса должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.23.

Прохождение ВЛ 500 кВ над зданиями и сооружениями запрещается. В виде исключения допускается прохождение ВЛ 500 кВ над негорючими производственными зданиями электрических станций с расстоянием по вертикали от проводов до зданий не менее 7 м.

Металлические крыши, над которыми проходят ВЛ, должны быть заземлены. Сопротивление заземления крыш должно быть не более указанного в табл. 2.5.21.

Прохождение ВЛ по территориям стадионов и детских учреждений не допускается.

2.5.114. Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ до 220 кВ при наибольшем их отклонении до ближайших выступающих частей 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. Допускается уменьшение указанных расстояний при приближении ВЛ до 220 кВ к глухим стенам производственных зданий и сооружений, выполненных из негорючих материалов. При этом любое расстояние между отклоненным проводом и зданием (сооружением) должно быть не менее приведенного в 2.5.113.

Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ 330 и 500 кВ до:

- а) ближайших выступающих частей непроизводственных зданий и сооружений и производственных зданий и сооружений электрических станций и подстанций при наибольшем отклонении проводов должны быть не менее: 8 м для ВЛ 330 кВ и 10 м для ВЛ 500 кВ;
- б) выступающих частей жилых и общественных зданий, производственных зданий и сооружений (кроме электрических станций и подстанций) при неотклоненном положении проводов должны быть не менее: 20 м для ВЛ 330 кВ и 30 м для ВЛ 500 кВ.

Если при указанных расстояниях от ВЛ 35-220 кВ до зданий и сооружений, имеющих приемную радио- или телевизионную аппаратуру, не обеспечиваются требования ГОСТ 22012-82 "Радиопомехи промышленные от линий электропередачи и электрических подстанций" и если соблюдение требований ГОСТ 22012-82 не может быть достигнуто специальными мерами (применение выносных антенн, изменение конструкции ВЛ и др.) или эти меры экономически

нецелесообразны, расстояния от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до выступающих частей этих зданий и сооружений должны быть приняты в проекте не менее: 10 м для ВЛ 35 кВ, 50 м для ВЛ 110-220 кВ и 100 м для ВЛ 330 кВ и более.

Расчет уровня радиопомех должен выполняться с учетом [1.3.33](#) и [2.5.41](#).

2.5.115. Сближение ВЛ со зданиями и сооружениями, содержащими взрывоопасные и пожароопасные помещения, а также со взрывоопасными и пожароопасными наружными установками должно выполняться в соответствии с [2.5.162](#).

2.5.116. Расстояния от проводов ВЛ до деревьев, расположенных вдоль улиц, в парках и садах, а также до тросов подвески дорожных знаков должны приниматься не более указанных в [2.5.106](#).

2.5.117. Расстояния от заземленных частей опор ВЛ до проложенных в земле силовых кабельных линий должны приниматься в соответствии с [2.3.93](#).

Пересечение и сближение ВЛ между собой

2.5.118. Угол пересечения ВЛ выше 1 кВ между собой и с ВЛ до 1 кВ не нормируется.

Место пересечения должно выбираться возможно ближе к опоре верхней (пересекающей) ВЛ; при этом, однако, расстояние по горизонтали от этой опоры до проводов нижней (пересекаемой) ВЛ при наибольшем отклонении проводов должно быть не менее 6 м, а от опор нижней (пересекаемой) ВЛ до проводов верхней (пересекающей) ВЛ - не менее 5 м. Для анкерных опор ВЛ 500 кВ указанные расстояния должны быть не менее 10 м (см. также [2.5.121](#)).

Допускается в отдельных случаях выполнение пересечений ВЛ на опоре.

2.5.119. При пересечениях ВЛ 330-500 кВ между собой опоры пересекающей ВЛ должны быть анкерными нормальной конструкции. Пересечения ВЛ 330-500 кВ с ВЛ 220 кВ и ниже допускается выполнять на промежуточных опорах.

При сооружении ВЛ 300 кВ и ниже допускается прохождение их под действующими ВЛ 330-500 кВ в пролетах, ограниченных промежуточными опорами.

При пересечениях ВЛ 220 кВ и ниже между собой допускается применение на пересекающей ВЛ промежуточных опор.

Одностоечные деревянные опоры пересекающей ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть с железобетонными приставками; допускается применение одностоечных деревянных опор без приставок. Повышенные деревянные опоры допускается применять как исключение с деревянными приставками.

Провода пересекающей ВЛ на промежуточных опорах пролета пересечения должны иметь глухие зажимы или двойные крепления на штыревых изоляторах; при сечении провода 300 мм

и

и более допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки и оставление выпадающих зажимов на существующей ВЛ при сооружении под ней другой ВЛ.

2.5.120. Провода ВЛ более высокого напряжения, как правило, должны быть расположены над проводами ВЛ более низкого напряжения. Допускается как исключение прохождение ВЛ 35 кВ и выше с сечением проводов 120 мм² и более над проводами ВЛ более высокого напряжения, но не выше 220 кВ.

Таблица 2.5.24. Наименьшее расстояние между проводами или между проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств

Длина пролета ВЛ, м	Наименьшее расстояние, м, при расстоянии от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ, м					
	30	50	70	100	120	150
При пересечении ВЛ 500-330 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 200	5	5	5	5,5	-	-
300	5	5	5,5	6	6,5	7
450	5	5,5	6	7	7,5	8
При пересечении ВЛ 220-150 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 220	4	4	4	4	-	-
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
При пересечении ВЛ 110-20 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 220	3	3	3	4	-	-
300	3	3	4	4,5	4	-
При пересечении ВЛ 10 кВ между собой и с ВЛ более низкого напряжения						
До 100	2	2	-	-	-	-
150	2	2,5	2,5	-	-	-

2.5.121. Расстояния между ближайшими проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств при температуре окружающего воздуха плюс 15°C без ветра должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.24.

При определении расстояний между проводами пересекающихся ВЛ следует учитывать возможность поражения молнией обеих ВЛ и принимать расстояния для более неблагоприятного случая. Если верхняя ВЛ защищена тросами, то учитывается возможность поражения только нижней ВЛ.

Допускается сохранение опор пересекаемых ВЛ до 110 кВ под проводами пересекающих ВЛ, если расстояние по вертикали от проводов пересекающей ВЛ до верха опоры пересекаемой ВЛ на 4 м больше значений, приведенных в табл. 2.5.24.

2.5.122. На ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, на опорах, ограничивающих пролеты пересечения, должны устанавливаться трубчатые разрядники на обеих пересекающихся ВЛ.

На ВЛ 35 кВ и ниже допускается применять вместо трубчатых разрядников защитные промежутки. При этом для ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение. Защитные 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 стойкам П-образной грани опоры до траверсы.

Если расстояние от места пересечения до ближайших опор пересекающихся ВЛ составляет не более 40 м, разрядники или защитные промежутки устанавливаются только на ближайших опорах.

Таблица 2.5.25. Наименьшее расстояние по горизонтали между ВЛ

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ						
	до 20	35	110	150	220	330	500
Участки нестесненной трассы, между осями ВЛ	Высота наиболее высокой опоры*						
Участки стесненной трассы и подходы к подстанциям:							
— между крайними проводами в неотклоненном положении	2,5	4	5	6	7	10	15
— от отклоненных проводов одной ВЛ до опор другой ВЛ	2	4	4	5	6	8	10

*При сближении ВЛ 500 кВ между собой и с ВЛ более низких напряжений - высота наиболее высокой опоры, но не менее 50 м.

Установка трубчатых разрядников и защитных промежутков не требуется для:

ВЛ с металлическими и железобетонными опорами;

ВЛ с деревянными опорами при расстояниях между проводами ВЛ, пересекающихся между собой и с ВЛ более низких напряжений, не менее: 7 м при напряжении 33-500 кВ, 6 м при напряжении 150-220 кВ, 5 м при напряжении 35-110 кВ, 4 м при напряжении 3-20 кВ.

Сопротивления заземляющих устройств для трубчатых разрядников и защитных промежутков должны быть не более указанных в табл. [2.5.21](#).

2.5.123. При параллельном прохождении и сближении ВЛ расстояния по горизонтали должны быть не менее указанных в табл. [2.5.25](#).

Пересечение и сближение ВЛ с сооружениями связи, сигнализации и радиотрансляции

2.5.124. Пересечение ВЛ до 35 кВ с ЛС и РС должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1. Проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и РС.
2. Подземной кабельной вставкой в ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС.
3. Проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС.

2.5.125. Пересечение ВЛ напряжением до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и РС может выполняться в следующих случаях:

1. Если невозможно проложить ни подземный кабель ЛС и РС, 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 РС общая длина кабельных вставок РС превышает допустимые значения.
4. Если на ВЛ напряжением до 35 кВ применены подвесные изоляторы. При этом ВЛ на участке пересечения с неизолированными проводами ЛС и РС выполняется с повышенной механической прочностью проводов и опор (см. [2.5.132](#)).

2.5.126. Пересечение ВЛ напряжением 110 кВ и выше с ЛС и РС должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

1. Проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС и РС.
2. Проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и РС.

2.5.127. При пересечении ВЛ напряжением 110 кВ и выше с ЛС и РС применять кабельные вставки в ЛС и РС не следует (см. также [2.5.129](#)):

- 1) если применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС, а отказ от применения этой кабельной вставки не вызовет нарушения норм мешающего влияния ВЛ на ЛС;
- 2) если при применении кабельной вставки в РС общая длина кабельных вставок в РС превысит допустимые значения, а отказ от применения этой кабельной вставки не приведет к нарушению норм мешающего влияния ВЛ на РС.

2.5.128. Пересечение проводов ВЛ с воздушными линиями городской телефонной связи не допускается; эти линии в пролете пересечения с проводами ВЛ должны выполняться только подземными кабелями.

2.5.129. В пролете пересечения ЛС и РС с ВЛ, на которых предусматриваются каналы высокочастотной связи и телемеханики с аппаратурой, работающей в совпадающем спектре частот и имеющей мощность более 10 Вт на один канал, ЛС и РС должны быть выполнены подземными кабельными вставками. Длина кабельной вставки определяется по расчету влияния ВЛ на ЛС (РС), при этом расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и РС до проекции крайнего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее 100 м. Если мощность высокочастотной аппаратуры, работающей в совпадающем спектре частот, превышает 5 Вт, но не более 10 Вт на один канал, то необходимость применения кабельной вставки ЛС и РС или принятия других мер защиты определяется по расчету влияния.

Если мощность высокочастотной аппаратуры ВЛ, работающей в совпадающем спектре частот, не превышает 5 Вт на один канал, то применение кабельной вставки по условиям мешающего влияния не требуется.

Если кабельная вставка в ЛС и РС оборудуется не по условиям мешающего влияния от высокочастотных каналов ВЛ, то расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и РС до проекции на горизонтальную плоскость крайнего провода ВЛ неуплотненных, уплотненных в несовпадающем спектре частот или уплотненных в совпадающем спектре частот при мощности высокочастотной аппаратуры до 10 Вт на один канал должно быть не менее 15 м без учета отклонения проводов ВЛ ветром.

Таблица 2.5.26. Наименьшее расстояние от заземлителя и подземной части опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и РС

Эквивалентное удельное сопротивление земли , Ом·м	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	до 35	110 и выше
До 100	0,83	10
Более 100 до 500	10	25
Более 500 до 1000	11	35
Более 1000	0,35	50

2.5.130. При пересечении ВЛ с подземным кабелем ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Угол пересечения ВЛ с ЛС и РС не нормируется.
2. Расстояние от заземлителя и подземной части опор ВЛ до подземного кабеля ЛС и РС должно быть не менее приведенных в табл. [2.5.26](#).

В случае прокладки кабельной вставки с целью экранирования в стальных трубах или покрытия ее швеллером и т. п. по длине, равной расстоянию между проводами ВЛ плюс по 10 м с каждой стороны от крайних проводов, допускается уменьшение приведенных расстояний до 5 м. В этом случае при пересечении с ВЛ 110 кВ и выше оболочку кабеля следует соединять со швеллером или трубкой по обоим концам.

3. Металлические покровы кабельной вставки должны быть заземлены с обоих концов.

4. Защита кабельной вставки от грозовых перенапряжений, типы кабелей, способ оборудования кабельной вставки на участке пересечения выбираются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к кабельным ЛС и РС.

5. При пересечении ВЛ 400-500 кВ с ЛС и РС расстояние в свету от вершины кабельной опоры ЛС и РС до проводов ВЛ должно быть не менее 20 м.

2.5.131. При пересечении кабельной вставки в ВЛ до 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и РС должны соблюдаться следующие требования:

1. Угол пересечения кабельной вставки в ВЛ с ЛС и РС не нормируется.

2. Расстояние от подземного кабеля вставки в ВЛ до незаземленной опоры ЛС и РС должно быть не менее 2 м, а до заземленной опоры ЛС (РС) и ее заземлителя - не менее 10 м.

3. Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ, неуплотненной и уплотненной в несовпадающем спектре частот и в совпадающем спектре частот в зависимости от мощности высокочастотной аппаратуры, до проекции проводов ЛС и РС должно выбираться в соответствии с требованиями, изложенными в [2.5.129](#) для случая пересечения проводов ВЛ с подземным кабелем ЛС и РС.

4. Подземные кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в гл. 2.3 и в [2.5.69](#).

2.5.132. При пересечении проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и РС необходимо соблюдать следующие требования:

1. Угол пересечения проводов ВЛ с проводами ЛС и РС должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол пересечения не нормируется.

2. Место пересечения следует выбирать возможно ближе к опоре ВЛ. При этом расстояние по горизонтали от опор ВЛ до проводов ЛС и РС должно быть не менее 7 м, а от опор ЛС и РС до проекции ближайшего провода ВЛ - не менее 15 м. Кроме того, расстояние в свету от проводов ВЛ 400 и 500 кВ до вершин опор ЛС и РС должно быть не менее 20 м.

Не допускается расположение опор ЛС и РС под проводами ВЛ.

3. Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС и РС, должны быть анкерными, железобетонными, металлическими или деревянными. Деревянные опоры должны быть усилены дополнительными приставками или подкосами.

Пересечения ВЛ 35 кВ и выше с ЛС и РС можно выполнять на промежуточных опорах при применении на ВЛ проводов сечением 120 мм

1

- и более.

4. Провода ВЛ должны быть расположены над проводами ЛС и РС. Провода ВЛ в пролете пересечения с ЛС и РС должны быть многопроволочными сечением не менее: алюминиевые - 70 мм

1

, сталеалюминиевые - 35 мм

1

, стальные - 25 мм

1

.

5. Провода и тросы ВЛ, а также провода ЛС и РС не должны иметь соединений в пролете пересечения. При применении на ВЛ проводов сечением 240 мм

1

и более, а в случае расщепления фазы на три провода - 150 мм

1

и более допускается установка одного соединительного зажима на провод.

6. В пролете пересечений ВЛ с ЛС и РС на опорах ВЛ должны применяться только подвесные изоляторы и глухие зажимы. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

7. Изменение места установки опор ЛС и РС, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, допускается при условии, что отклонение средней длины элемента скрещивания на ЛС и РС не будет превышать значений, указанных в действующей "Инструкции по скрещиванию телефонных цепей воздушных линий связи" Министерства связи СССР.

8. Опоры ЛС и РС, ограничивающие пролет пересечения или смежные с ним и находящиеся на обочине дороги, должны быть защищены от наезда транспорта.

9. Провода на опорах ЛС и РС, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, должны иметь двойное крепление: при траверсном профиле - только на верхней траверсе, при крюковом профиле - на двух верхних цепях.

10. Расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов ЛС и РС в нормальном режиме ВЛ и при обрыве проводов в смежных пролетах ВЛ должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.27.

Таблица 2.5.27. Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов ЛС и РС

Расчетный режим ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Нормальный:								
а) ВЛ на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств, а также на металлических и железобетонных опорах	2	3	3	3	4	4	5	5
б) ВЛ на деревянных опорах при отсутствии грозозащитных устройств	4	4	5	5	6	6	7	7
Обрыв проводов в смежных пролетах на ВЛ с подвесной изоляцией	1	1	1	1	1,5	2	2,5	3,5

При применении на ВЛ плавки гололеда следует проверять габариты до проводов ЛС и РС 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.

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 сечением менее 185 мм

1

при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением 185 мм

1

и более проверка по аварийному режиму не требуется.

11. На деревянных опорах ВЛ без грозозащитного троса, ограничивающих пролет пересечения с ЛС и РС, при расстояниях между проводами пересекающихся линий менее указанных в п. "б" табл.

2.5.27 должны устанавливаться при напряжении 35 кВ и ниже трубчатые разрядники или защитные промежутки, при напряжении 110-220 кВ - трубчатые разрядники. При установке защитных промежутков на ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение.

Трубчатые разрядники и защитные промежутки должны устанавливаться в соответствии с требованиями 2.5.122.

Соппротивления заземляющих устройств трубчатых разрядников и защитных промежутков при токах промышленной частоты в летнее время должны быть не более:

Эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м	До 100	Более 100 и до 500	Более 500 и до 1000	Более 1000
Соппротивление заземляющего устройства, Ом	10	15	20	30

Применение специальных мер защиты не требуется: для ВЛ с деревянными опорами без грозозащитных тросов при расстояниях между проводами пересекающихся линий не менее приведенных в табл. 2.5.27, п. "б", для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами, для участков ВЛ с деревянными опорами, имеющих грозозащитные тросы.

12. На деревянных опорах ЛС и РС, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, должны устанавливаться заземляющие спуски в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ЛС и РС.

2.5.133. Совместная подвеска проводов ВЛ и проводов ЛС и РС на общих опорах не допускается.

2.5.134. При сближении ВЛ с воздушными ЛС и РС 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". Наименьшие расстояния по горизонтали при неотклоненных проводах должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ, а на участках стесненной трассы при наибольшем отклонении проводов ВЛ ветром: 2 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35 и 110 кВ, 5 м для ВЛ 150 кВ, 6 м для ВЛ 220 кВ, 8 м для ВЛ 330 кВ, 10 м для ВЛ 400-500 кВ. При этом расстояние в свету от проводов ВЛ 400-500 кВ до вершин опор ЛС и РС должно быть не менее 20 м. Шаг транспозиции ВЛ по условию влияния на ЛС и РС не нормируется.

Должны быть укреплены дополнительными подпорами опоры ЛС и РС или должны быть установлены сдвоенные опоры в случаях, если при падении опор ЛС и РС возможно соприкосновение между проводами ЛС и РС и проводами ВЛ.

2.5.135. При сближении ВЛ со штыревыми изоляторами на участках, имеющих углы поворота, с воздушными ЛС и РС расстояние между ними должно быть таким, чтобы провод, сорвавшийся с угловой опоры ВЛ, не мог оказаться от ближайшего провода ЛС и РС на расстоянии менее приведенных в 2.5.134. При невозможности выполнить это требование провода ВЛ, проходящие с внутренней стороны поворота, должны иметь двойное крепление.

2.5.136. При сближении ВЛ с подземными кабельными ЛС и РС наименьшие расстояния между ними определяются в соответствии с "Правилами защиты устройств проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики от опасного и мешающего влияния линий электропередачи" и должны быть не менее приведенных в табл. [2.5.26](#).

2.5.137. Расстояния от ВЛ до антенных сооружений передающих радиочастот должны приниматься по табл. [2.5.28](#).

Пересечение ВЛ со створом радиорелейной линии должно быть согласовано с организацией, в ведении которой находится радиорелейная линия.

Таблица 2.5.28. Наименьшее расстояние от ВЛ до антенных сооружений передающих радиочастот

Антенные сооружения	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ	
	до 110	150-500
Средневолновые и длинноволновые передающие антенны	100	100
Коротковолновые передающие антенны в направлении наибольшего излучения	200	300
То же в остальных направлениях	50	50
Коротковолновые передающие слабонаправленные и ненаправленные антенны	150	200

2.5.138. Расстояния от ВЛ до границ приемных радиочастот, выделенных приемных пунктов радиофикации и местных радиоузлов должны приниматься по табл. [2.5.29](#).

Допустимые сближения установлены, исходя из условия, что уровень поля помех, создаваемых ВЛ на расстоянии 50 м от нее, не превосходит значений, предусмотренных общесоюзными "Нормами допускаемых индустриальных радиопомех".

В случае прохождения трассы проектируемой ВЛ в районе расположения особо важных приемных радиоустройств допустимое сближение устанавливается в индивидуальном порядке по согласованию с заинтересованными организациями в процессе проектирования ВЛ.

Таблица 2.5.29. Наименьшее расстояние от ВЛ до границ приемных радиочастот, выделенных приемных пунктов радиофикации и местных радиоузлов

Радиоустройства	Расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ		
	6-35	110-220	330-500
Магистральные, областные и районные радиочастоты	500	1000	2000
Выделенные приемные пункты радиофикации	400	700	1000
Местные радиоузлы	200	300	400

Если соблюдение расстояний, указанных в табл. [2.5.29](#), затруднительно, в отдельных случаях допускается их уменьшение (при условии выполнения мероприятий на ВЛ, обеспечивающих соответствующее уменьшение помех), а также перенос всех или части приемных радиоустройств на другие площадки. В каждом таком случае в процессе проектирования ВЛ должен быть составлен и согласован с заинтересованными организациями проект мероприятий по соблюдению норм радиопомех.

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 220-500 кВ.

Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами

2.5.139. Пересечение ВЛ с железными дорогами следует выполнять, как правило, воздушными переходами. На железных дорогах с особо интенсивным движением¹ 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 до 10 кВ следует выполнять кабелем.

1

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 - более 48 пар в сутки.

Пересечение ВЛ 150 кВ и ниже с железными дорогами в местах сопряжения анкерных участков контактной сети запрещается.

Угол пересечения ВЛ с железными дорогами электрифицированными

1

и подлежащими электрификации

1

должен быть не менее 40°. Рекомендуется по возможности во всех случаях производить пересечения под углом, близким к 90°.

1

К электрифицированным железным дорогам относятся все электрифицированные дороги независимо от рода тока и значения напряжения контактной сети.

1

К дорогам, подлежащим электрификации, относятся дороги, которые будут электрифицированы в течение 10 лет, считая от года строительства ВЛ, намечаемого проектом.

2.5.140. При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами расстояния от основания опоры ВЛ до габарита приближения строений¹ на неэлектрифицированных железных дорогах или до оси опор контактной сети электрифицированных дорог или подлежащих электрификации 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 и 10 м для ВЛ 500 кВ.

1

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.

Защита разрядниками или защитными промежутками пересечений ВЛ с контактной сетью осуществляется в соответствии с требованиями, приведенными в [2.5.122](#).

В горловинах железнодорожных станций и в местах сопряжения анкерных участков контактной сети пересечение ВЛ 150 кВ и ниже с железными дорогами не допускается.

2.5.141. Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами от проводов до различных элементов железной дороги должны быть не менее приведенных в табл. [2.5.30](#). Расстояния по вертикали от проводов до различных элементов железных дорог, а также до наивысшего провода или несущего троса электрифицированных железных дорог определяются в нормальном режиме ВЛ при наибольшей стреле провеса с учетом дополнительного нагрева проводов электрическим током. При отсутствии данных об электрических нагрузках ВЛ температура проводов принимается равной плюс 70°С.

В аварийном режиме расстояния проверяются при пересечениях ВЛ с проводами сечением менее 185 мм

»

для условий среднегодовой температуры, без гололеда и ветра. При сечении проводов 185 мм

»

и более проверка в аварийном режиме не требуется.

Допускается сохранение опор контактной сети под проводами пересекающей ВЛ при расстоянии по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее: 7 м для ВЛ до 110 кВ, 8 м для ВЛ 150-220 кВ и 9 м для ВЛ 330-500 кВ.

В отдельных случаях на участках стесненной трассы допускается подвеска проводов ВЛ и контактной сети на общих опорах. Технические условия на выполнение совместной подвески проводов следует согласовывать с Управлением железной дороги.

Таблица 2.5.30. Наименьшее расстояние при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
При пересечении						
Для неэлектрифицированных железных дорог от провода до головки рельса в нормальном режиме ВЛ по вертикали:						
железных дорог широкой колеи общего и необщего пользования и узкой колеи общего пользования	7,5	7,5	8	8,5	9	9,5
железных дорог узкой колеи необщего пользования	6	6,5	7,0	7,5	8	8,5
От провода до головки рельса при обрыве провода ВЛ в смежном пролете по вертикали:						
железных дорог широкой колеи	6	6	6,5	6,5	7	-
железных дорог узкой колеи	4,5	4,5	5	5	5,5	-
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог от проводов ВЛ до наивысшего провода или несущего троса в нормальном режиме по вертикали	Как при пересечении ВЛ между собой в соответствии с табл. 2.5.24 (см. также 2.5.122)					
То же, но при обрыве провода в соседнем пролете	1	1	2	2	2,5	3,5
При сближении						
Для неэлектрифицированных железных дорог на участках стесненной трассы от отклоненного провода ВЛ до габарита приближения строений по горизонтали	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог на стесненных участках трасс от крайнего провода ВЛ до крайнего	Как при сближении ВЛ между собой в соответствии с табл. 2.5.25					

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 2.5.114

1

Железные дороги в зависимости от их назначения разделяются на:

железные дорога общего пользования, служащие для перевозки пассажиров и грузов по установленным для всех тарифам;

железные дорога необщего пользования, связанные непрерывной рельсовой колеей с общей сетью железных дорог и служащие только для хозяйственно-производственных перевозок учреждений, предприятий и организаций, которым эти подъездные пути подчинены.

При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами, вдоль которых проходят линии связи и сигнализации, необходимо кроме табл. [2.5.30](#) руководствоваться также требованиями, предъявляемыми к пересечениям и сближениям ВЛ с сооружениями связи.

2.5.142. При пересечении железных дорог общего пользования электрифицированных и подлежащих электрификации, опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. На участках с особо интенсивным и интенсивным движением

1

поездов эти опоры должны быть металлическими.

1

К интенсивному движению поездов откосится 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 быть двойным, поддерживающие зажимы должны быть глухими.

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 с подвеской проводов в глухих зажимах. Опоры всех типов, устанавливаемые на пересечениях железных дорог необщего пользования, могут быть свободно стоящими или на оттяжках.

Крепление проводов в натяжных гирляндах должно выполняться в соответствии с [2.5.95](#).

Применение штыревых изоляторов в пролетах пересечений ВЛ с железными дорогами не допускается.

Использование в качестве заземлителей арматуры железобетонных опор и железобетонных пасынков у опор, ограничивающих пролет пересечения, запрещается.

2.5.143. При пересечении ВЛ с железной дорогой, имеющей лесозащитные насаждения, следует руководствоваться требованиями [2.5.106](#).

Пересечение и сближение ВЛ с автомобильными дорогами

2.5.144. Угол пересечения ВЛ с автомобильными дорогами не нормируется.

2.5.145. При пересечении автомобильных дорог категории I¹ опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции.

1

Автомобильные дороги в зависимости от категории имеют следующие размеры:

Категория дорог	Ширина элементов дорог, м			
	проезжей части	обочин	разделительной полосы	земляного полотна
I	15 и более	3,75	5	27,5 и более
II	7,5	3,75	-	15
III	7	2,5	-	12
IV	6	2	-	10
V	4,5	1,75	-	8

Таблица 2.5.31. Наименьшее расстояние при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
Расстояние по вертикали:						
а) от провода до полотна дороги:						
в нормальном режиме ВЛ	7	7	7,5	8	8,5	9
при обрыве провода в соседнем пролете	5	5	5,5	5,5	6	-
б) от провода до транспортных средств в нормальном режиме ВЛ	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Расстояния по горизонтали:						
а) от основания опоры до бровки земляного полотна дороги при пересечении	Высота опоры					
б) то же, но при параллельном следовании	Высота опоры плюс 5 м					
в) то же, но на участках стесненной трассы от любой части опоры до подошвы насыпи дороги или до наружной бровки кювета:						
при пересечении дорог категорий I и II	5	5	5	5	10	10
при пересечении дорог остальных категорий	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5
г) при параллельном следовании от крайнего провода при неотклоненном положении до бровки земляного полотна дороги	2	4	5	6	8	10

Крепление проводов на ВЛ с подвесными или штыревыми изоляторами должно выполняться в соответствии с [2.5.95](#).

При пересечении автомобильных дорог категорий II-IV опоры, ограничивающие пролет пересечения, могут быть анкерными облегченной конструкции или промежуточными.

На промежуточных опорах с подвесными изоляторами провода должны быть подвешены в глухих зажимах, а на опорах со штыревыми изоляторами должно применяться двойное крепление

проводов. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки. К пересечениям с автомобильными дорогами V категории предъявляются такие же требования, как при прохождении ВЛ по ненаселенной местности.

При сооружении новых автомобильных дорог и прохождении их под действующими ВЛ 400 и 500 кВ переустройство ВЛ не требуется, если расстояние от нижнего провода ВЛ до полотна дороги составляет не менее 9 м и от фундамента опоры до бровки полотна дороги - не менее 25 м.

2.5.146. Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.31.

Во всех случаях сближения ВЛ с криволинейными участками автомобильных дорог, проходящих по насыпи, минимальные расстояния от проводов ВЛ до бровки дороги должны быть не менее указанных в табл. 2.5.31 расстояний по вертикали.

Расстояния по вертикали в нормальном режиме проверяются при наибольшей стреле провеса без учета нагрева проводов электрическим током.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее 185 мм

1

при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением 185 мм

1

и более проверка по аварийному режиму не требуется.

2.5.147. В местах пересечения ВЛ с автомобильными дорогами, по которым предусматривается передвижение автомобилей и других транспортных средств высотой более 3,8 м, с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки, указывающие допустимую высоту движущегося транспорта с грузом.

При расстояниях по вертикали от провода ВЛ до полотна автомобильной дороги, превышающих указанные в табл. 2.5.31 более чем на 2 м, сигнальные знаки допускается не устанавливать.

Подвеска дорожных знаков в местах пересечения ВЛ с дорогами в пределах охранных зон (см. 2.5.104) не допускается.

2.5.148. Опоры ВЛ, находящиеся на обочине автомобильной дороги, должны быть защищены от наезда транспорта.

Пересечение и сближение ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями

2.5.149. Угол пересечения ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями не нормируется.

2.5.150. При пересечении троллейбусных и трамвайных линий опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными нормальной конструкции. Для ВЛ с сечением проводов 120 мм¹

и более допускаются также промежуточные опоры с подвеской проводов в глухих зажимах и с двойным креплением на штыревых изоляторах. При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

В случае применения анкерных опор подвеска проводов должна выполняться в соответствии с 2.5.95.

2.5.151. Расстояния по вертикали при пересечении и сближении ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями при наибольшей стреле провеса проводов должны быть не менее

приведенных в табл. 2.5.32.

В нормальном режиме расстояния по вертикали проверяются при наибольшей стреле провеса (без учета нагрева провода электрическим током).

В аварийном режиме расстояния по вертикали проверяются для ВЛ с проводами сечением менее 185 мм

1

при среднегодовой температуре без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением 185 мм

1

и более проверка расстояний по аварийному режиму не производится.

2.5.152. Защита разрядниками или защитными промежутками пересечений ВЛ с контактной сетью осуществляется в соответствии с требованиями, приведенными в 2.5.122.

Допускается сохранение опор контактной сети под проводами пересекающей ВЛ 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 и 9 м для ВЛ 330-500 кВ.

Таблица 2.5.32. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ при пересечении и сближении с троллейбусными и трамвайными линиями

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ			
	до 110	150-220	330	500
Расстояния по вертикали от проводов ВЛ:				
а) при пересечении с троллейбусной линией (в нормальном режиме):				
до высшей отметки проезжей части	11	12	13	13
до проводов контактной сети или несущих тросов	3	4	5	5
б) при пересечении с трамвайной линией (в нормальном режиме):				
до головки рельса	9,5	10,5	11,5	11,5
до проводов контактной сети или несущих тросов	3	4	5	5
в) при обрыве провода ВЛ в соседнем пролете до проводов или несущих тросов троллейбусной или трамвайной линии	1	2	2,5	-
Расстояние по горизонтали при сближении от отклоненных проводов ВЛ до опор троллейбусных и трамвайных контактных сетей	3	4	5	5

Пересечение ВЛ с водными пространствами

2.5.153. При пересечении ВЛ с водными пространствами (реки, каналы, озера, заливы, гавани и т. п.) угол пересечения с ними не нормируется.

2.5.154. При пересечении водных пространств с регулярным судоходным движением опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными концевыми. Для ВЛ с сечением сталеалюминиевых проводов 120 мм¹

и более или стальных канатов типа ТК сечением 50 мм

1

и более допускается применение промежуточных опор и анкерных опор облегченного типа; при этом в обоих случаях опоры, смежные с ними, должны быть анкерными концевыми.

При применении в пролете пересечения промежуточных опор провода и тросы должны крепиться к ним глухими или специальными зажимами (например, многороликовыми подвесами).

К пересечениям водных путей местного значения с навигационной глубиной 1,65 м и менее, малых рек с глубиной 1,0 м и менее (классов IV-VII по путевым условиям судоходства) и несудоходных водных пространств, не относящихся к числу больших переходов, предъявляются такие же требования, как при прохождении ВЛ по ненаселенной местности, с дополнительной проверкой расстояний до уровня высоких вод, льда и до габарита судов или сплава по табл. 2.5.33.

2.5.155. Расстояние от нижних проводов ВЛ до поверхности воды должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.33. Расчетные уровни льда и воды принимаются в соответствии с 2.5.13. Нагрев проводов ВЛ электрическим током не учитывается.

Таблица 2.5.33. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности воды, габарита судов и сплава

Расстояние	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ				
	до 110	150	220	330	500
До наибольшего уровня высоких вод судоходных рек, каналов и т. п. при высшей температуре	6	6,5	7	7,5	8
До габарита судов или сплава при наибольшем уровне высоких вод и высшей температуре	2	2,5	3	3,5	4
До наибольшего уровня высоких вод несудоходных рек, каналов и т. п. при температуре плюс 15°C	3	3,5	4	4,5	5
До уровня льда несудоходных рек, каналов и т. п. при температуре минус 5°C при наличии гололеда	6	6,5	7	7,5	8

При прохождении ВЛ в непосредственной близости от неразводных мостов, где мачты и трубы судов, плавающих по реке или каналу, должны быть опущены, допускается по согласованию с местным Управлением водного транспорта уменьшать расстояния от проводов ВЛ до наибольшего уровня высоких вод, приведенных в табл. 2.5.33.

2.5.156. Места пересечений ВЛ с судоходными реками, каналами и т. п. должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками в соответствии с действующими правилами плавания по внутренним судоходным путям.

Прохождение ВЛ по мостам

2.5.157. При прохождении ВЛ по мостам 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 с креплением проводов глухими зажимами или с двойным креплением на штыревых изоляторах.

2.5.158. 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 2.5.141, как для стесненных участков трассы.

На городских и шоссейных мостах допускается располагать провода 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.

2.5.159. Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до различных частей мостов должны приниматься по согласованию с организациями, в ведении которых находится данный мост, при этом определение наибольшей стрелы провеса проводов производится путем сопоставления стрел провеса при высшей расчетной температуре воздуха и при гололеде.

Прохождение ВЛ по плотинам и дамбам

2.5.160. При прохождении ВЛ по плотинам, дамбам и т. п. расстояния от проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса и наибольшем отклонении до различных частей плотин и дамб должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.34.

Таблица 2.5.34. Наименьшее расстояние 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
Гребень и бровка откоса	6	6,5	7	7,5	8
Наклонная поверхность откоса	5	5,5	6	6,5	7
Поверхность воды, переливающейся через плотину	4	4,5	5	5,5	6

При прохождении ВЛ по плотинам и дамбам, по которым проложены пути сообщения, ВЛ должна удовлетворять также требованиям, предъявляемым к ВЛ при пересечениях и сближениях с соответствующими объектами путей сообщения.

Наибольшая стрела провеса проводов ВЛ должна определяться путем сопоставления стрел провеса при высшей расчетной температуре воздуха и при гололеде.

Сближение ВЛ с водоохладителями

2.5.161. Расстояние от крайних проводов ВЛ до водоохладителей должно определяться в соответствии с требованиями СНиП II-89-80* "Генеральные планы промышленных предприятий" (изд. 1995 г.) Госстроя России, а также с требованиями норм технологического проектирования электростанций, подстанций и воздушных линий электропередачи.

Сближение ВЛ со взрыво- и пожароопасными установками

2.5.162. Сближение ВЛ со зданиями, сооружениями и наружными технологическими установками, связанными с добычей, производством, изготовлением, использованием или хранением взрывоопасных, взрывопожароопасных и пожароопасных веществ, 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 и наружных установок должны составлять не менее полуторакратной высоты опоры. На участках стесненной трассы допускается уменьшение этих расстояний по согласованию с соответствующими министерствами и ведомствами.

Пересечение и сближение ВЛ с надземными и наземными рубопроводами и канатными дорогами

Пересечение ВЛ 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми надземными и наземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами запрещается. Допускается пересечение этих ВЛ с действующими односторонними надземными и наземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также с действующими техническими коридорами магистральных трубопроводов при прокладке их в насыпи на расстоянии 1000 м в обе стороны от ВЛ.

Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами сечением 120 мм

и более или со стальными канатами типа ТК, сечением 50 мм

При расщеплении фазы не менее чем на три провода допускается применение зажимов с ограниченной прочностью заделки.

В местах пересечения с ВЛ надземные и наземные газопроводы, кроме проложенных в насыпи, следует защищать ограждениями. Ограждение должно выступать по обе стороны пересечения от проекции крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении на расстояния не менее: 3 м для ВЛ до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35-110 кВ, 4,5 м для ВЛ 150 кВ, 5 м для ВЛ 220 кВ, 6 м для ВЛ 330 кВ, 6,5 м для ВЛ 500 кВ.

Расстояния от ВЛ до мостиков, сеток и ограждений принимают как до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог (см. 2.5.166).

2.5.166. Расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании ВЛ с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.35.

Таблица 2.5.35. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
Расстояния по вертикали:						

от провода ВЛ до любой части трубопровода (насыпи) или канатной дороги в нормальном режиме	3	4	4,5	5	6	6,5
то же, но при обрыве провода в соседнем пролете	1	2	2,5	3	4	-
Расстояния по горизонтали:						
1) при параллельном следовании:						
от крайнего провода ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги (за исключением пульпопровода и магистральных газопровода, нефтепровода и нефтепродуктопровода) в нормальном режиме	Не менее высоты опоры					
от крайнего провода ВЛ до любой части пульпопровода в нормальном режиме	Не менее 30 м					
от крайнего провода ВЛ до любой части магистрального газопровода в нормальном режиме	Не менее удвоенной высоты опоры					
от крайнего провода ВЛ до любой части магистрального нефтепровода и нефтепродуктопровода в нормальном режиме	50 м, но не менее высоты опоры					
в стесненных условиях от крайнего провода ВЛ при наибольшем его отклонении до любой части трубопровода * или канатной дороги	3	4	4,5	5	6	6,5
2) при пересечении:						
от опоры ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги в нормальном режиме	Не менее высоты опоры					
в стесненных условиях от опоры ВЛ до любой части трубопровода или канатной дороги	3	4	4,5	5	6	6,5
3) от ВЛ до продувочных свеч газопровода	Не менее 300 м					

* Вновь сооружаемые магистральные газопроводы на участке сближения с ВЛ в стесненных условиях должны отвечать требованиям, предъявляемым к газопроводам не ниже II категории.

Расстояния по вертикали в нормальном режиме определяются при наибольшей стреле провеса провода без учета нагрева проводов электрическим током.

В аварийном режиме расстояния проверяются для ВЛ с проводами сечением менее 185 мм

1

при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами сечением 185 мм

1

и более проверка при обрыве провода не требуется.

В районах Западной Сибири и Крайнего Севера при параллельном следовании ВЛ 110 кВ и выше с техническими коридорами магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов расстояние от ВЛ до крайнего трубопровода должно быть не менее 1000 м.

2.5.167. В пролетах пересечения с ВЛ металлические трубопроводы, кроме проложенных в насыпи, и канатные дороги, а также ограждения, мостики и сетки должны быть заземлены. Сопротивление, обеспечиваемое применением искусственных заземлителей, должно быть не более 10 Ом.

Пересечение и сближение ВЛ с подземными трубопроводами

2.5.168. Угол пересечения ВЛ 35 кВ и ниже с подземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также угол пересечения ВЛ с остальными подземными трубопроводами не нормируется.

Угол пересечения ВЛ 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми подземными магистральными газопроводами, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов должен быть не менее 60°. При этом вновь сооружаемые трубопроводы, прокладываемые в районах Западной Сибири и Крайнего Севера, на расстоянии 1 км в обе стороны от пересечения должны быть не ниже II категории.

2.5.169. При сближении ВЛ с действующими и вновь сооружаемыми магистральными газопроводами давлением более 1,2 МПа и магистральными нефтепроводами и нефтепродуктопроводами расстояния между ними должны быть не менее приведенных в [2.5.104](#). Провода ВЛ должны быть расположены не ближе 300 м от продувочных свеч, устанавливаемых на магистральных газопроводах.

В стесненных условиях трассы при параллельном следовании ВЛ, а также в местах пересечения ВЛ с указанными трубопроводами допускаются расстояния по горизонтали от заземлителя и подземной части (фундамента) опор ВЛ до трубопроводов не менее: 5 м для ВЛ до 35 кВ, 10 м для ВЛ 110-220 кВ и 15 м для ВЛ 330-500 кВ.

Вновь сооружаемые магистральные газопроводы с давлением более 1,2 МПа на участках сближения с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в [2.5.104](#) должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам газопроводов не ниже II категории для ВЛ 500 кВ и не ниже III категории для ВЛ 330 кВ и ниже.

Вновь сооружаемые магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы на участках сближения с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в [2.5.104](#) должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам трубопроводов не ниже III категории.

В районах Западной Сибири и Крайнего Севера при параллельном следовании ВЛ 110 кВ и выше с техническими коридорами магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов расстояние от ВЛ до крайнего трубопровода должно быть не менее 1 км.

2.5.170. При сближении и пересечении ВЛ с магистральными и распределительными газопроводами давлением 1,2 МПа и менее, а также при сближении и пересечении с ответвлениями от магистральных газопроводов к населенным пунктам и промышленным предприятиям и с ответвлениями от нефтепроводов и нефтепродуктопроводов к нефтебазам и предприятиям расстояния от заземлителя и подземной части (фундаментов) опор ВЛ до трубопроводов должны быть не менее: 5 м для ВЛ до 35 кВ, 10 м для ВЛ 110 кВ и выше.

2.5.171. При сближении и пересечении ВЛ с теплопроводами, водопроводом, канализацией (напорной и самотечной), водостоками и дренажами расстояния в свету от заземлителя и подземной части (фундаментов) опор ВЛ до трубопроводов должны быть не менее 2 м для ВЛ до 35 кВ и 3 м для ВЛ 110 кВ и выше.

В исключительных случаях при невозможности выдержать указанные расстояния до трубопроводов (например, при прохождении ВЛ по территориям электростанций, промышленных предприятий, по улицам городов) эти расстояния допускается уменьшать по согласованию с заинтересованными организациями. При этом следует предусматривать защиту фундаментов опор ВЛ от возможного подмыва фундаментов при повреждении указанных трубопроводов, а также по предотвращению выноса опасных потенциалов по металлическим трубопроводам.

Сближение ВЛ с нефтяными и газовыми факелами

2.5.172. При сближении с нефтяными и газовыми промысловыми факелами ВЛ должна быть расположена с наветренной стороны. Расстояние от ВЛ до промысловых факелов должно быть не

менее 60 м.

Сближение ВЛ с аэродромами

2.5.173. Сближение ВЛ с аэродромами и воздушными трассами допускается по согласованию с территориальным управлением гражданской авиации, со штабом военного округа, с управлением министерства или ведомства, в ведении которого находится аэродром или аэропорт, при расположении ВЛ на расстояниях: до 10 км от границ аэродрома - с опорами любой высоты; более 10 и до 30 км от границ аэродрома - при абсолютной отметке верхней части опор ВЛ, превышающей абсолютную отметку аэродрома на 50 м и более; более 30 и до 75 км от границ аэродромов и на воздушных трассах - при высоте опор 100 м и более.