Некоммерческое Партнерство «Инновации в электроэнергетике»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 70238424.29.240.20.003-2011

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35-750 КВ УСЛОВИЯ СОЗДАНИЯ НОРМЫ И ТРЕБОВАНИЯ

Дата введения – 2011-12-01

Издание официальное

Москва
2011

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним – ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации – ГОСТ Р 1.5-2004.

СВЕДЕНИЯ О СТАНДАРТЕ

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-технический центр электроэнергетики» (ОАО «НТЦ электроэнергетики»), ОАО «Институт Энергосетьпроект»

2 ВНЕСЕН Комиссией по техническому регулированию НП «ИНВЭЛ»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом НП «ИНВЭЛ» от 01.11.2011 №109/4

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© НП «ИНВЭЛ», 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НП «ИНВЭЛ».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения ... 3
4 Правила проектирования ... 6
5 Климатические условия и нагрузки учитываемые при проектировании ... 12
6 Элементы воздушных линий электропередачи ... 26
7 Создание воздушных линий электропередачи ... 44
8 Условия прохождения ВЛ по различным видам местности ... 60
9 Большие переходы ... 96
10 Охрана окружающей среды ... 101
11 Приемка ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ в эксплуатацию ... 103
12 Ввод ВЛ в эксплуатацию ... 107
Приложение А (обязательное) Расстояния между проводами и между проводами и тросами по условиям пляски ... 109
Приложение Б (рекомендуемое) Форма паспорта воздушной линии электропередачи ... 118
БИБЛИОГРАФИЯ ... 123

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Воздушные линии напряжением 35-750 кВ
Условия создания
Нормы и требования

Дата введения – 2011-12-01

1 Область применения

Настоящий стандарт:

- определяет нормы и требования к созданию воздушных линий электропередачи переменного тока традиционной конструкции классов напряжений от 35 до 750 кВ.
- распространяется на вновь сооружаемые и подлежащие техническому перевооружению и реконструкции ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ.
- предназначен для применения проектными, строительными, монтажными, наладочными, эксплуатационными и ремонтными организациями.
- распространяется на следующие субъекты:
  а) ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы»;
  б) Межрегиональные распределительные сетевые компании;
  в) Магистральные сетевые компании;
  г) Распределительные электросетевые компании;
  д) Научно-исследовательские и проектные организации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы и стандарты:

Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ

Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ

Лесной кодекс РФ от 13.05.2008 № 66ФЗ

Постановление правительства РФ от 24.02.09 № 160, «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон»

Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.08, № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

Постановление правительства Российской Федерации от 21.04.2009 г. № 334 «Правила технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям».

Постановление Правительства Российской Федерации от 02.02.2000 № 100. «Правила установления и использования придорожных полос федеральных автомобильных дорог общего пользования».

ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах

ГОСТ 12.1.036-81 Система стандартов безопасности труда. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях

ГОСТ 839-80 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия

ГОСТ 3062-80 Канат одинарной свивки типа ЛК-О конструкции 1х7(1+6). Сортамент

ГОСТ 3063-80 Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х19(1+6+12). Сортамент

ГОСТ 3064-80 Канат одинарной свивки типа ТК конструкции 1х37(1+6+12+18)

ГОСТ 6490-93 Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Общие технические условия

ГОСТ 9920-89 (СТ СЭВ 6465-88, МЭК 815-86, МЭК 694-80) Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции

ГОСТ 22012-82 Радиопомехи индустриальные от линий электропередачи и электрических подстанций. Нормы и методы измерений (с Изменением №1)

ГОСТ Р 54257-2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования

ГОСТ 28856-90 Изоляторы линейные подвесные стержневые полимерные. Общие технические условия

ГОСТ Р 51097-97 Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от гирлянд изоляторов и линейной арматуры. Нормы и методы измерений

ГОСТ Р 51177-98 Арматура линейная. Общие технические условия

ГОСТ Р 51320-99 Совместимость технических средств электро-магнитная. Радиопомехи индустриальные. Методы испытаний технических средств – источников индустриальных радиопомех

СТО 70238424.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

СТО 56947007-29.240.055-2010 Методические указания по расчету климатических нагрузок в соответствии с ПУЭ – 7 и построению карт климатического районирования. Утвержден приказом ОАО «ФСК ЕЭС» № 667 от 10.09.2009 г.

СТО 56947007-29.240.057-2010 Методические указания по определению климатических нагрузок на ВЛ с учетом ее длины. Утвержден приказом ОАО «ФСК ЕЭС» № 664 от 08.09.2010 г.

СТО 56947007-29.060.50.015-2008 Грозозащитные тросы для воздушных линий электропередачи 35-750 кВ. Технические требования

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 17613, ГОСТ 24291, ГОСТ 27744 и СТО 70238424.27.010.001-2008, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **аварийный режим работы ВЛ в расчетах механической части:** Режим работы ВЛ при оборванных одном или нескольких проводах или тросах, гирляндах изоляторов и тросовых креплениях.

3.1.2 **большой переход:** Пересечения судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ, на которых устанавливают опоры высотой 50 м и более, а также пересечения ущелий, оврагов, водных пространств и других препятствий с пролетом пересечения более 700 м независимо от высоты опор ВЛ.

3.1.3 **линия связи волоконно-оптическая на воздушной линиии электропередачи:** Линия связи, для передачи информации по которой служит оптический кабель, размещаемый на опорах ВЛ.

3.1.4 **стрела провеса провода габаритная $f_{габ}$:** Наибольшая стрела провеса провода в габаритном пролете.

3.1.5 **гаситель вибрации:** Устройство, устанавливаемые на линиях электропередачи для ограничения вибрации проводов и грозозащитных тросов и предупреждения усталостных повреждений, вызываемых вибрацией

3.1.6 **условия климатические:** Комплекс ряда климатических характеристик - скорость ветра (ветровое давление), толщина стенки гололеда, температура воздуха, интенсивность грозовой деятельности.

3.1.7 **район малоизученный:** Горная местность и районы, где на 100 км трассы ВЛ для характеристики климатических условий имеется только одна репрезентативная метеорологическая станция независимо от ее расположения по отношению к ВЛ

3.1.8 **режим монтажный ВЛ в расчетах механической части:** Режим ВЛ в условиях монтажа опор, проводов и тросов.

3.1.9 **местность населенная:** Земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, курортные и пригородные зоны, зеленые зоны вокруг городов и других населенных пунктов, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов, а также территории садово-огородных участков.

3.1.10 **режим работы ВЛ нормальный:** Принимаемый для расчетов механической части режим работы ВЛ при необорванных проводах, тросах, гирляндах изоляторов и тросовых подвесках.

3.1.11 **опора ВЛ:** Конструкция или сооружение, на которой подвешены провода и грозозащитные тросы ВЛ.

3.1.12 **зажим поддерживающий:** Арматура для крепления проводов и грозозащитных тросов к поддерживающим гирляндам изоляторов, а также для крепления грозозащитных тросов непосредственно к промежуточным опорам

3.1.13 **пролет промежуточный:** Горизонтальное расстояние между осевыми линиями смежных промежуточных или промежуточной и анкерной опорами.

3.1.14 **степень загрязнения:** Показатель, учитывающий влияние загрязненности атмосферы на снижение электрической прочности изоляции

3.1.15 **опора транспозиционная:** Опора, на которой осуществляется перемена взаимного расположения фаз линии электропередачи с целью компенсации электромагнитной несимметрии линии электропередачи.

3.1.16 **трасса ВЛ:** Полоса земли, на которой сооружена ВЛ.

3.1.17 **трасса ВЛ в стесненных условиях:** Участки трассы ВЛ, проходящие по территориям, насыщенным надземными и (или) подземными коммуникациями, сооружениями, строениями.

3.1.18 **крепление тросовое:** Устройство для прикрепления грозозащитных тросов к опоре; если в состав тросового крепления входит один или несколько изоляторов, то оно называется изолированным.

3.1.19 **фаза ВЛ:** Один или несколько проводов (при расщепленной фазе) или один из выводов многофазной системы переменного тока ВЛ одноименной фазы.

3.1.20 **фундамент опоры:** Конструкция, заделанная в грунт или укладываемая непосредственно на грунт без заглубления и передающая на него нагрузки от опоры, изоляторов, проводов и внешних воздействий (гололёд, ветер).

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

ВЛ – воздушная линия электропередачи;

ВОЛС-ВЛ – волоконно-оптическая линия связи на воздушной линиии электропередачи;

ИП – искровой промежуток;

ЛПВ – линия проводного вещания;

ЛС – линия связи;

ОК – оптический кабель;

ОКГТ – оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос;

ОКСН – оптический кабель самонесущий неметаллический;

ОПН – ограничитель перенапряжения;

ПС подстанция;

УРОВ устройство резервирования отказа выключателя;

$A`$ – площадь проекции, м^2, ограниченная контуром обледенелой конструкции, ее части или элемента с наветренной стороны на плоскость перпендикулярно направлению ветра, вычисленная по наружному габариту;

α_w – коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ;

b_y – условная толщина стенки гололеда, мм;

b_0 – нормативная толщина стенки гололеда цилиндрической формы плотностью 0,9 г/см^2 на проводе диаметром 10 мм, расположенном на высоте 10 м над поверхностью земли, мм;

c_v – коэффициент вариации, определяемый как отношение среднеквадратического отклонения к среднему значению ряда;

C_x – аэродинамический коэффициент, определяемый в зависимости от вида конструкции;

f – стрела провеса провода или троса в середине пролета при высшей температуре или гололеде без ветра, м;

$F_п$ – площадь продольного диаметрального сечения провода (троса), м^2;

$F_и$ – площадь диаметрального сечения цепи гирлянды изоляторов, м^2;

$G_г$ – расчетная нагрузка от веса гирлянды изоляторов, Н;

$G_{пр}$ – расчетная нагрузка от веса провода, воспринимаемая гирляндой изоляторов, Н;

$h_{пр}$ – высота расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов, м;

K_g – коэффициент инерционности системы “гирлянда – провод в пролете” при отклонениях под давлением ветра;

K_i, и K_d – коэффициенты, учитывающие изменение толщины стенки гололеда;

K – коэффициент перехода от нормативного значения толщины стенки гололёда и ветровых нагрузок при гололёде к расчётным значениям ;

K_v – коэффициент перехода от нормативного ветрового давления к расчетному ветровому давлению ;

K_l – коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку;

K_w – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности;

P – расчетная ветровая нагрузка на провода фазы, направленная поперек оси ВЛ (или по биссектрисе угла поворота ВЛ), Н;

P_{wo} – расчетная ветровая нагрузка на провода и тросы. воспринимаемая опорами, Н;

$P_{wп}$ – расчетная ветровая нагрузка на провода (тросы), Н;

$P_{wи}$ – расчетная ветровая нагрузка на гирлянды изоляторов, Н;

$P_{го}$ – расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода (троса), воспринимаемая опорами, Н/м;

$P_{wго}$ – расчетная ветровая нагрузка на провода и тросы при гололёде. воспринимаемая опорами, Н ;

$P_{wгп}$ – расчетная ветровая нагрузка на провода и тросы при гололёде, Н ;

$P_{wг}$ – нормативная ветровая нагрузка при гололеде, Н ;

P_o – горизонтальная составляющая от тяжения проводов на поддерживающую гирлянду промежуточно-угловой опоры, Н;

Q_w – расчетная ветровая нагрузка на конструкцию опоры, Н;

Q_{wc} – расчетная средняя составляющая ветровой нагрузки на опору, по первой группе предельных состояний, Н;

$Q_г$ – расчетная гололедная нагрузка на конструкции опор, Н;

$Q_{wг}$ – расчетная ветровая нагрузка при гололеде на конструкцию опоры, Н;

$Q_{wгп}$ – расчетная пульсационная составляющая ветровой нагрузки при гололеде на конструкции опор, Н;

$Q_{wгc}$ – расчетная средняя составляющая ветровой нагрузки при гололеде на конструкции опор, Н;

$Q_{гс}$ – расчетная средняя составляющая ветровой нагрузки при гололеде на конструкции опор, Н;

$Q_{гп}$ – расчетные пульсационные составляющие ветровой нагрузки при гололеде, Н;

$Q_{wп}$ – расчетные пульсационные составляющие ветровой нагрузки, Н;

$V_г$ – нормативная скорость ветра при гололеде с вероятностью непревышения 0,96, м/с;

W_0 – нормативное ветровое давление с вероятностью непревышения 0,96, Па;

$W_г$ – нормативное ветровое давление при гололеде с вероятностью непревышения 0,96, Па.

4 Правила проектирования

4.1 Общие сведения

4.1.1 Состав и содержание разделов проектной документации при создании ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ, применительно к отдельным этапам строительства и реконструкции ВЛ, определяют в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

4.1.2 При создании ВЛ необходимо руководствоваться законодательством Российской Федерации и нормативными требованиями, направленными на обеспечение их безопасности.

4.1.3 Проектная документация строительства ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ и результаты инженерных изысканий, выполняемых для подготовки такой проектной документации, подлежат государственной экспертизе.

4.1.4 При создании ВЛ следует учитывать, что согласно Градостроительного кодекса РФ линии электропередачи классов напряжений 330 кВ и выше относятся к особо опасным и технически сложным объектам.

4.1.5 Конструктивное исполнение ВЛ, ее расположение и состав элементов определяют на основании инженерных изысканий и технико-экономического сопоставления возможных вариантов технических решений.

4.1.6 Проектирование ВЛ осуществляют с учетом опыта строительства и эксплуатации ВЛ, с использованием результатов научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по созданию нового оборудования и материалов, прогрессивных технологических процессов и строительных конструкций по СНиП 11-102-97 [20].

4.1.7 Проектирование новых ВЛ и реконструкции ВЛ, связанных с увеличением пропускной способности ВЛ (повышение напряжения и др.), выполняется на основании утвержденных в установленном порядке схем развития на перспективу единой энергетической системы, объединенных и территориальных энергосистем.

4.1.8 Проектирование ВЛ выполняют на основании обоснований инвестиций, содержащих технические показатели предлагаемой к строительству ВЛ.

Основанием для разработки проектной документации ВЛ в качестве обоснования инвестиций могут служить схемы развития на перспективу единой

энергетической системы, объединенных и территориальных энергосистем и другие предпроектные материалы.

При проектировании реконструкции действующей ВЛ, имеющей в качестве альтернативы вариант сооружения новой ВЛ по другой трассе, рекомендуется разработка обоснований инвестиций.

4.1.9 До начала выполнения проектной документации может разрабатываться бизнес-план, в котором определяют цели разработки проекта, необходимые инвестиции, производственные издержки, период окупаемости, чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, индекс доходности, производится подтверждение кредиторам гарантий по кредитам, платежеспособности и финансовой устойчивости предприятия, в состав которого входит проектируемая ВЛ.

4.1.10 При создании ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ должны быть обеспечены:

- экономически обоснованная пропускная способность;
- бесперебойность энергоснабжения;
- работоспособность и ремонтопригодность;
- минимальный объем профилактических работ;
- возможность использования передовых безопасных методов строительства и эксплуатации;
- минимально необходимое использование земли и лесных угодий:
- экологичность.

4.1.11 Проектирование, строительство, и реконструкция ВЛ должно производиться с соблюдением строительных норм и правил СНиП 2.01.07-85 [1], СНиП 2.02.01-83 [2], СНиП 2.03.11-85 [3], СНиП 2.05.02-85 [4], СНиП 2.05.06-85* [5], СНиП 2.05.09-90 [6], СНиП 2.05.11-83 [7], СНиП 2.06.03-85 [8], СНиП II-7-81 [9], СНиП 2.07.01-89* [10], СНиП II-23-81* [11], СНиП 21-01-97 [12], СНиП 22-02-2003 [13], СНиП 23-01-99* [14] СНиП 32-03-96 [15].

4.1.12 Все элементы ВЛ должны соответствовать действующим государственным стандартам и требованиям настоящего стандарта.

4.1.13 Механический расчет элементов ВЛ производится на расчетные нагрузки:

- опор, фундаментов и оснований – по методу предельных состояний для двух групп предельных состояний (см. СНиП 2.01.07-85 [1]);
- проводов и тросов ВЛ – по методу допускаемых напряжений;
- изоляторов и арматуры – по методу разрушающих нагрузок.

4.1.14 Расчет ВЛ и их элементов должен производиться с учетом климатических условий (ветер, гололед, сочетание ветра с гололедом, температура воздуха, грозовая деятельность), степени агрессивного воздействия окружающей среды, пляски проводов и тросов, вибрации проводов.

4.1.15 Элементы ВЛ рассчитывают на сочетание нагрузок, действующих в нормальных, аварийных и монтажных режимах.

4.1.16 Нормативные значения нагрузок от веса оборудования, материалов, от тяжения проводов, грозозащитных тросов принимают в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54257, СНиП 2.01.07-85 [1] и в соответствии с настоящим стандартом.

4.1.17 Основными характеристиками сопротивления материала элементов в соответствии с требованиями ГОСТ 839, ГОСТ 3062, ГОСТ 6490, ГОСТ Р 51177 или техническими условиями на эти изделия ВЛ являются:

- разрывное усилие (для проводов и тросов);
- механическая (электромеханическая) разрушающая нагрузка (для изоляторов);
- механическая разрушающая нагрузка (для линейной арматуры);
- нормативные и расчетные сопротивления материала опор и фундаментов, устанавливаемые нормами проектирования строительных конструкций.

4.1.18 На ВЛ классов напряжений 110 кВ и выше длиной более 100 км для ограничения несимметрии токов и напряжений должен быть выполнен один полный цикл транспозиции.

Двухцепные ВЛ классов напряжений 110 кВ и выше рекомендуется выполнять с несимметричным расположением фаз цепей (смежные фазы разных цепей должны быть разноименными). Схемы транспозиции обеих цепей рекомендуется выполнять одинаковыми.

4.1.19 Увеличение длины не транспонированной ВЛ, выполнение неполных циклов транспозиции, различные длины участков в цикле и увеличение числа циклов допускается при наличии обоснования. Вносимая при этом данной ВЛ расчетная несимметрия по условиям обеспечения надежной работы релейной защиты не должна превышать 0,5 % по напряжению и 2 % по току обратной последовательности. Шаг транспозиции по условию влияния на линии связи не нормируется.

Для ВЛ с горизонтальным расположением фаз рекомендуется упрощенная схема транспозиции (в месте транспозиции поочередно меняются местами только две смежные фазы).

4.1.20 На ВЛ с горизонтальным расположением фаз и двумя тросами, используемыми для высокочастотной связи, для снижения потерь от токов в тросах в нормальном режиме рекомендуется выполнять скрещивание (транспозицию) тросов. Количество скрещиваний должно выбираться из условий самопогасания дуги сопровождающего тока промышленной частоты при грозовых перекрытиях искровых промежутков на изоляторах тросов.

Схема скрещивания должна быть симметрична относительно каждого шага транспозиции фаз и точек заземления тросов, при этом крайние участки рекомендуется принимать равными половине длины остальных участков.

4.1.21 Воздушные линии могут выполняться с одним или несколькими проводами в фазе, во втором случае фаза называется расщепленной.

Провода расщепленной фазы могут быть изолированы друг от друга.

Диаметр проводов, их сечение и количество в фазе, а также расстояние между проводами расщепленной фазы определяют расчетом, исходя из требований пропускной способности ВЛ и минимизации негативного влияния на окружающую среду.

4.2 Утверждение документации по планировке территории трассы воздушной линии электропередачи

4.2.1 Утверждение документации по планировке территории для размещения трассы ВЛ (объекта капитального строительства федерального

значения), в соответствии с Градостроительным кодексом является полномочием органов федеральной исполнительной власти Российской Федерации.

4.2.2 Предложения по строительству ВЛ являются документами территориального планирования Российской Федерации.

4.2.3 Схемы территориального планирования субъектов Российской Федерации могут включать в себя карты (схемы) планируемого развития и размещения особо охраняемых природных территорий регионального значения, изменения границ земель сельскохозяйственного назначения и границ сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения, а также карты (схемы) планируемого размещения объектов капитального строительства регионального значения, в том числе ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ;

4.2.4 Проект схемы территориального планирования Российской Федерации подлежит согласованию с высшими исполнительными органами государственной власти субъекта Российской Федерации в случаях, если предложения, содержащиеся в указанном проекте, предполагают изменение существующих или в соответствии с документами территориального планирования субъекта Российской Федерации планируемых границ земель сельскохозяйственного назначения, границ земель особо охраняемых природных территорий регионального значения, границ земельных участков, находящихся в собственности субъекта Российской Федерации, границ территорий объектов культурного наследия, границ зон планируемого размещения объектов капитального строительства регионального значения. Согласованию также подлежат вопросы размещения ВЛ, которые могут оказать негативное воздействие на окружающую среду на территории субъекта Российской Федерации.

4.2.5 Правообладатели земельных участков и объектов капитального строительства, если их права и законные интересы нарушаются или могут быть нарушены в результате утверждения схемы территориального планирования субъекта Российской Федерации, вправе оспорить схему территориального планирования субъекта Российской Федерации в судебном порядке.

4.2.6 Обязательными приложениями к проекту ВЛ, правил землепользования и застройки являются протоколы публичных слушаний по указанному проекту и заключение о результатах таких публичных слушаний.

4.2.7 Физические и юридические лица вправе оспорить решение об утверждении правил землепользования и застройки в судебном порядке.

4.2.8 Проектная документация ВЛ и результаты инженерных изысканий, выполняемых для подготовки такой проектной документации, подлежат государственной экспертизе.

4.2.9 Оформление разрешения на строительство ВЛ субъектом Российской Федерации осуществляется в порядке, установленном статьей 39 Градостроительного кодекса.

4.3 Требования к выбору трассы ВЛ

4.3.1 Трассу ВЛ выбирают на основании инженерных изысканий с учетом требований, изложенных в Градостроительном кодексе РФ.

Трасса ВЛ должна быть по возможности кратчайшей и приближена к дорогам и существующим ВЛ. При этом должны учитываться условия отчуждения земли, вырубки просек в насаждениях.

4.3.2 При выборе трассы ВЛ необходимо, как правило, обходить населенные пункты, промышленные предприятия, массивы орошаемых, осушенных и других мелиорированных земель, многолетние плодовые насаждения и виноградники, участки с высоким естественным плодородием почв и другие приравненные к ним земельные угодья, зоны санитарной охраны курортов, заповедники, памятники истории и культуры.

4.3.3 В районах с загрязненной атмосферой трасса ВЛ должна выбираться с учетом перспективного плана развития действующих или сооружения новых промышленных предприятий.

Трасса ВЛ должна располагаться с наветренной стороны относительно промышленных предприятий, как источников загрязнения.

4.3.4 Трассы ВЛ, как правило, должны выбираться в обход территорий залегания полезных ископаемых.

4.3.5 При выборе трасс ВЛ следует, как правило, избегать мест со снежными лавинами, карстами, оползнями, агрессивными грунтами, солифлюкционными явлениями, осыпями, камнепадами, селевыми потоками, переработкой берегов водоемов, подземными выработками, зонами тектонических разломов. Рекомендуется обходить места с широкими поймами рек, болотами, солончаками, подвижными песками, косогорными участками, просадочными грунтами и территории с большими отложениями гололеда, с частой и интенсивной пляской проводов, а также с повышенным загрязнением атмосферы.

4.3.6 При невозможности обхода таких зон должна предусматриваться инженерная защита ВЛ в соответствии со строительными нормами и правилами по защите территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.

4.3.7 Опоры ВЛ рекомендуется устанавливать на безопасном расстоянии от русла реки с интенсивным размывом берегов, с учетом прогнозируемых перемещений русла и затопляемости поймы, а также вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, ледоходы и т.п. При обоснованной невозможности установки опор в безопасных местах необходимо выполнить мероприятия по защите опор от повреждений (специальные фундаменты, укрепление берегов, откосов, склонов, устройство водоотвода, струенаправляющих дамб, ледорезов и иных сооружений).

Установка опор в зоне прохождения прогнозируемых грязекаменных селевых потоков не допускается.

4.4 Инженерные изыскания

4.4.1 Инженерные изыскания выполняют при разработке проектной документации объекта на всех стадиях проектирования. Подготовка и использование проектной документации без выполнения соответствующих инженерных изысканий не допускается.

Инженерные изыскания выполняют с целью:

- определения природных условий территории, на которой планируется строительство или реконструкция ВЛ и природных объектов, затрагиваемых строительством;
- определения исходных данных для обоснования размещения ВЛ;
- получения данных, необходимых для проведения расчетов фундаментов опор, разработки решений о проведении профилактических и других необходимых мероприятий, выполнения земляных работ, а также подготовки решений вопросов, возникших при подготовке проектной документации, ее согласовании и утверждении;
- получения данных о воздействии новой или реконструируемой ВЛ на природную среду и социально-экономическую сферу и разработке необходимых природоохранных и компенсационных мер, позволяющих довести уровень воздействия до допустимого или согласованного уровня.

В состав инженерных изысканий в соответствии Методическими указаниями по допуску в эксплуатацию [19] и СТО 56947007-29.060.50.015-2008 входят четыре основных вида разведочно-исследовательских работ:
- инженерно-геодезические изыскания (см. СП 11-104-97 [21]);
- инженерно-геологические, включающие геологические, гидрогеологические и сейсмологические изыскания и исследования;
- инженерно-гидрометеорологические изыскания;
- инженерно-экологические изыскания.

4.4.2 Инженерно-геодезические изыскания для строительства ВЛ должны выполняться в соответствии с СП 11-104-97 [21] и требованиями Федеральной службы геодезии и картографии России.

4.4.3 Инженерно-геологические изыскания для строительства ВЛ объектов должны обеспечить достаточными данными об инженерно-геологических условиях района трассы проектируемой ВЛ, включая:
- геологическое строение;
- состав, состояние и свойства грунтов;
- сейсмичность;
- гидрогеологические условия;
- геодинамические и инженерно-геологические процессы в области взаимодействия объектов с геологической средой с прогнозом их возможного изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

4.4.4 Инженерно-гидрометеорологические изыскания должны обеспечить проект:
- материалами о физико-географических условиях участка намечаемого строительства (климатические условия);
- характеристиками опасных гидрометеорологических процессов и явлений (наводнений, заторов и зажоров, цунами, селевых потоков, снежных лавин, ураганных ветров и смерчей.

4.4.5 Инженерно – экологические изыскания выполняют на всей территории затрагиваемой строительством ВЛ. К объектам изысканий относят: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, геологическая среда, растительный и животный мир, социально – экономические условия, социально - гигиенические условия, состояние здоровья населения. Результаты данных изысканий должны оценить влияние намеченного строительства и эксплуатации

ВЛ на окружающую среду и здоровье населения, получить необходимый объем данных для разработки сооружений и мониторинга объекта, разработки мероприятий для охраны окружающей среды, включая природную, техногенную и социальные сферы, в том числе археологических памятников древних культур, животного и растительного мира, а также информационное обеспечение экологической и социальной безопасности при строительстве и эксплуатации ВЛ.

4.4.6 Необходимость выполнения отдельных видов инженерных изысканий, состав, объем и метод их выполнения определяют с учетом требований технических регламентов, лесного и земельного кодексов Российской Федерации, Постановления Правительства Российской Федерации № 160 от 24.02.2009 г., программой инженерных изысканий, разработанной на основе задания застройщика или заказчика, в зависимости от вида и назначения ВЛ, их конструктивных особенностей, технической сложности и потенциальной опасности, стадии архитектурно-строительного проектирования, а также от сложности топографических, инженерно-геологических, экологических, гидрологических, метеорологических и климатических условий территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция ВЛ, степени изученности указанных условий.

4.4.7 Виды инженерных изысканий, порядок их выполнения для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции ВЛ, а также состав, форма материалов и результатов инженерных изысканий, порядок формирования и ведения государственного фонда материалов и данных инженерных изысканий с учетом потребностей информационных систем обеспечения градостроительной деятельности устанавливает Правительство Российской Федерации.

4.5 Оценка и подтверждение соответствия

4.5.1 Оценка и подтверждение соответствия ВЛ установленным требованиям ее создания осуществляется на всех этапах ее создания (разработки проекта, строительства, сдаче ВЛ в эксплуатацию).

На этапе разработки проекта ВЛ: – экспертизой проекта ВЛ, осуществляемой Государственной экспертизой.

На этапе строительства ВЛ службами контроля качества, создаваемых Заказчиком, оценивается:

- качество поступающих на строительство материалов;
- соответствие проекту выполнение всех видов строительных и монтажных работ по каждому элементу и этапу их выполнения;
- ВЛ, законченной строительством перед сдачей ее в эксплуатацию.

4.5.2 При сдаче ВЛ в эксплуатацию приемными комиссиями осуществляется комплексная оценка соответствия ВЛ, сдаваемой в эксплуатацию, установленным техническим, технологическим, экологическим требованиям и требованиям безопасности.

5 Климатические условия и нагрузки учитываемые при проектировании

5.1 Климатические условия

5.1.1 При проектировании ВЛ должны учитываться климатические условия в районе прохождения трассы ВЛ:

- ветер;
- гололед;
- сочетание ветра и гололеда;
- температура воздуха;
- грозовая деятельность.

5.1.2 Параметры климатических условий по ветру, гололеду и сочетанию ветра и гололеда определяют по картам климатического районирования территории РФ и по региональным картам климатического районирования.

5.1.3 При отсутствии региональных карт климатического районирования и/или при необходимости уточнения климатических условий, параметры (скорость ветра, масса, размер и виды гололедно-изморозевых отложений) определяют по материалам многолетних наблюдений гидрометеорологических станций и метеорологических постов.

5.1.4 Основой для районирования являются максимальные значения следующих параметров климатических условий с вероятностью не превышения их значений 0,96 (повторяемость один раз в 25 лет):

- по ветру – скорость ветра с 10 минутным интервалом осреднения скоростей ветра на высоте 10 м над поверхностью земли;
- по гололеду – толщина стенки гололеда цилиндрической формы при плотности 0,9 г/см^3 на проводе диаметром 10 мм, расположенном на высоте 10 м над поверхностью земли;
- по сочетанию ветра и гололеда – ветровая нагрузка при гололеде – воздействие ветра на 1 погонный метр обледенелого провода диаметром 10 мм, расположенного на высоте 10 м над поверхностью земли.

5.1.5 Температуру воздуха определяют на основании данных наблюдений метеорологических станций и карт районирования территории РФ по температуре воздуха.

5.1.6 Интенсивность грозовой деятельности принимают по карте районирования территории Российской Федерации по среднегодовой продолжительности гроз (в часах) и уточняют по региональным картам районирования территории РФ по среднегодовой продолжительности гроз (в часах) или по данным многолетних наблюдений метеорологических станций.

5.2 Нормативные параметры климатических условий

5.2.1 При расчете ВЛ и ее элементов следует использовать нормативные параметры климатических условий по ветру.

Нормативное ветровое давление W_0, соответствующее 10 мин. интервалу осреднения скорости ветра (V_0) на высоте 10 м над поверхностью земли, принимается по таблице 1 в соответствии с районом по ветру.

Район по ветру необходимо определить по региональной карте районирования и уточнить по данным обработки наблюдений метеорологических станций и постов за скоростью ветра.

Таблица 1 – Нормативные параметры по ветру

Район по ветру	Нормативная скорость ветра, V_0, м/с	Нормативное ветровое давление, W_0, Па
I	25	400
II	29	500
III	32	650
IV	36	800
V	40	1000
VI	45	1250
VII	49	1500
Особый	более 49	более 1500

Ветровое давление W, Па, определяют по формуле:

$$W = \frac{V^2}{1{,}6}. \quad (1)$$

Ветровое давление, полученное путем обработки многолетних наблюдений метеорологических станций и постов, следует округлять до ближайшего большего значения, приведенного в таблице 1.

Ветровое давление более 1500 Па округляют до ближайшего большего значения, кратного 250 Па.

Для ВЛ классов напряжений от 110 до 750 кВ нормативное ветровое давление принимают не менее 500 Па (т.е. не ниже II-го района).

При отсутствии данных наблюдений для участков ВЛ, сооружаемых в условиях, способствующих резкому увеличению скоростей ветра (высокий берег большой реки, резко выделяющаяся над окружающей местностью возвышенность, гребневые зоны хребтов, межгорные долины, открытые для сильных ветров, прибрежная полоса морей и океанов, больших озер и водохранилищ в пределах от 3 до 5 км), нормативное ветровое давление следует увеличивать на 40 % по сравнению с принятым для данного района. Полученные значения рекомендуется округлять до ближайшего большего значения, указанного в таблице 1.

5.2.2 При расчете ВЛ и ее элементов следует использовать нормативные параметры климатических условий по гололеду

Нормативную толщину стенки гололеда b_0 с плотностью 0,9 г/см^3 на проводе диаметром 10 мм, расположенном на высоте 10 м над поверхностью земли, следует принимать по таблице 2 в соответствии с районом по гололеду. Район по гололеду определяют по региональной карте районирования по гололеду и уточняют по данным обработки наблюдений за гололедом метеорологических станций и постов.

Таблица 2 – Нормативные параметры по гололеду

Район по гололеду	Нормативная толщина стенки гололеда, b_0, мм
I	10
II	15
III	20
IV	25
V	30
VI	35
VII	40
Особый	более 40

Толщину стенки гололеда, полученную путем обработки данных многолетних наблюдений метеорологических станций и постов, следует округлять до ближайшего большего значения, приведенного в таблице 2.

В особых районах по гололеду следует принимать нормативную толщину стенки гололеда, полученную при обработке метеоданных, округленную до 1 мм.

Для ВЛ классов напряжений от 110 до 750 кВ нормативную толщину стенки гололеда принимают не менее 15 мм (т.е. не ниже II-го района).

Для участков ВЛ, сооружаемых в горных районах по орографически защищенным извилистым и узким склоновым долинам и ущельям, независимо от высот местности над уровнем моря, нормативную толщину стенки гололеда b_0 рекомендуется принимать не более 15 мм

При отсутствии данных наблюдений для участков ВЛ, проходящих по плотинам и дамбам гидротехнических сооружений, вблизи прудов-охладителей, башенных градирен, брызгальных бассейнов в районах с низшей температурой выше минус 45°С, нормативную толщину стенки гололеда $b_э$ следует принимать на 5 мм больше, а для районов с низшей температурой минус 45°С и ниже на 10 мм больше, чем для прилегающих участков ВЛ.

5.2.3 Нормативные параметры по сочетанию гололеда с ветром

Нормативную ветровую нагрузка при гололеде на провод (трос) диаметром 10 мм для высоты 10 м над поверхностью земли P_{wr}, Н/м, принимают по таблице 3 в соответствии с районом по ветровой нагрузке при гололеде. Район по ветровой нагрузке при гололеде определяют по региональной карте районирования и уточняют по данным обработки наблюдений метеорологических станций и постов за гололедом и скоростью ветра при гололеде (см. СТО 56947007-29.240.055-2010).

Таблица 3 – Нормативные параметры ветровой нагрузки при гололеде

Район по ветровой нагрузке при гололеде	Нормативная ветровая нагрузка при гололеде, P_{wr}, Н/м
I	3
II	4
III	6
IV	9
V	13
VI	18
VII	23
VIII	28
особый	более 28

Нормативную ветровую нагрузку при гололеде, полученную путем обработки данных многолетних наблюдений метеорологических станций следует округлять до ближайшего большего значения нормативной ветровой нагрузки при гололеде, приведенного в таблице 3. Ветровую нагрузку при гололеде P_{wr} более 28 Н/м необходимо округлить до ближайшего большего значения, с интервалом 5 Н/м.

Для района ветровой нагрузки при гололеде по данным наблюдений определяют скорость ветра при гололеде (м/с) и соответствующее ветровое давление (Па).

Нормативная скорость ветра при гололеде $V_г$ и соответствующее нормативное ветровое давление $W_г$ определяют с вероятностью их непревышения 0,96 (повторяемостью один раз в 25 лет).

Нормативное ветровое давление (нормативная скорость ветра) при гололеде округляют до ближайших значений, Па (м/с):
80 (11), 120 (14), 160 (16), 200 (18), 240 (20), 280 (21), 320 (23), 360 (24).

Значения свыше 360 Па округлить до ближайшего значения, кратного 40 Па.

Условную толщину стенки гололеда $b_у$, мм, определяют по формуле:

$$b_y = \frac{P_{wr} \cdot 10^3}{1{,}5 \cdot V_г^2} - 5\,, \qquad (2)$$

где $P_{wг}$ – принимают по таблице 3;

$V_г$ – нормативная скорость ветра при гололеде.

Для каждого района на региональной карте районирования ветровых нагрузок при гололеде указывают нормативную скорость ветра при гололеде $V_г$ и условную толщину стенки гололеда $b_у$.

Для ВЛ классов напряжений от 110 до 750 кВ нормативную ветровую нагрузку при гололеде необходимо принимать не менее 6 Н/м (т.е. не ниже III-го района).

Ветровое давление и толщину стенок гололеда определяют для:

- проводов ВЛ по высоте расположения приведенного центра тяжести всех проводов;
- тросов – по высоте расположения центра тяжести тросов;
- конструкций опор ВЛ – по высоте расположения средних точек зон, отсчитываемых от отметки поверхности земли в месте установки опоры. Высота каждой зоны должна быть не более 10 м.

5.2.4 Учет высоты расположения центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкции опор ВЛ при определении нормативных параметров климатических условий

Высоту расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов $h_{пр}$ для габаритного пролета, определяют по формуле:

$$h_{пр} = h_{ср} - \frac{2}{3} f, \qquad (3)$$

где $h_{ср}$ – среднее арифметическое значение высоты крепления проводов к изоляторам или среднее арифметическое значение высоты крепления тросов к опоре, отсчитываемое от отметок земли в местах установки опор, м;

Для больших переходов через водные пространства высота расположения центра тяжести проводов и тросов определяют по формуле (3), с учетом следующих требований:

а) для перехода, состоящего из одного пролета, высоту расположения приведенного центра тяжести проводов или тросов, $h_{пр}$, определяют по формуле:

$$h_{пр} = \frac{h_{ср1} + h_{ср2}}{2} - \frac{2}{3} f\,, \qquad (4)$$

где $h_{ср1}$, $h_{ср2}$ - средняя высота крепления проводов к изоляторам или высота крепления тросов на опорах перехода, отсчитываемая от меженного уровня реки, нормального горизонта пролива, канала, водохранилища, а для пересечений ущелий, оврагов и других препятствий - от отметки земли в местах установки опор, м;

б) для перехода, состоящего из нескольких пролетов, $h_{пр}$, определяется как средневзвешенное значение высот приведенных центров тяжести проводов или тросов во всех пролетах по формуле:

$$h_{пр} = \frac{h_{пр1} \times \ell_1 + h_{пр2} \times \ell_2 + \ldots h_{пр2} \times \ell_n}{\ell_1 + \ell_1 + \ldots \ell_1}, \quad (5)$$

где $h_{пр1}$, $h_{пр2}$, ... $h_{прn}$ – высоты приведенных центров тяжести проводов или тросов над меженным уровнем реки, горизонтом воды пролива, канала, водохранилища в каждом из пролетов, а для пересечений ущелий, оврагов и других препятствий над среднеарифметическим значением отметок земли в местах установки опор, м. 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, отсчитывают от отметки земли в этом пролете;

ℓ_1, ℓ_2, ... ℓ_n – длины пролетов, входящих в переход, м.

Для учета высот расположения центра тяжести проводов, тросов, а также средних точек зон конструкции опор ВЛ ветровое давление определяют произведением нормативного ветрового давления на коэффициент K_w, (см. таблицу 4).

Полученные значения ветрового давления должны быть округлены до целого числа.

Для больших переходов ветровое давление на провода, тросы и конструкции опор определяют для местности типа А (см. таблицу 4).

Для промежуточных высот значения коэффициентов K_w определяют линейной интерполяцией.

Для учета высот расположения центра тяжести проводов, тросов, а также средних точек зон конструкции опор ВЛ толщину стенки гололеда (b_0, b_y) на проводах (тросах) определяют произведением значений толщин стенок гололеда на коэффициенты, учитывающие высоту расположения приведенного центра тяжести K_i и диаметр провода K_d, (см. таблицу 5). Полученные значения толщины стенки гололеда округляют до 1 мм.

Таблица 4 – Значения коэффициента изменения ветрового давления по высоте (K_w), в зависимости от типа местности

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор ВЛ над поверхностью земли, м	Коэффициент K_w для типов местности		
	A	B	C
≤ 5	0,75	0,50	0,40
10	1,00	0,65	0,40
20	1,25	0,85	0,55
40	1,50	1,10	0,80
60	1,70	1,30	1,00
80	1,85	1,45	1,15
100	2,00	1,60	1,25
150	2,25	1,90	1,55
200	2,45	2,10	1,80
250	2,65	2,30	2,00
300	2,75	2,50	2,20
350 и выше	2,75	2,75	2,35

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор ВЛ над поверхностью земли, м	Коэффициент K_w для типов местности		
	A	B	C

Примечания:

1 По условиям воздействия ветра на ВЛ различают три типа местности:

А - открытые побережья морей, озер, водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м, но менее 25 м;

С - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м, просеки в лесных массивах с высотой деревьев более высоты опор, орографически защищенные извилистые и узкие склоновые долины и ущелья.

2 Участок ВЛ считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны ВЛ на расстоянии, равном тридцатикратной высоте опоры при высоте опор до 60 м и 2 км при большей высоте.

Таблица 5 - Коэффициенты K_i и K_d, учитывающие изменение толщины стенки гололеда

Высота расположения приведенного центра тяжести проводов, тросов и средних точек зон конструкций опор над поверхностью земли, м	Коэффициент K_i	Диаметр провода (троса), мм	Коэффициент K_d, учитывающий изменение толщины стенки гололеда в зависимости от диаметра провода (троса)
5	0,8	5	1,1
10	1,0	10	1,0
20	1,2	20	0,9
30	1,4	20	0,9
50	1,6	30	0,8
70	1,8	50	0,7
100	2,0	70	0,6

Примечание – Для промежуточных высот и диаметров значение коэффициентов K_i и K_d определяют методом линейной интерполяции.

Для участков ВЛ перечисленных выше коэффициент учитывающий высоту расположения приведенного центра тяжести K_i принимается равным 1.

5.2.5 Температура воздуха

При расчете ВЛ и ее элементов необходимо учитывать температуры воздуха:

- среднегодовую, $t_{сг}$;
- абсолютно-минимальную, принимаемую за низшую, t^-;
- абсолютно максимальная, которая принимается за высшую, t^+;

Значения температур воздуха определяют по данным наблюдений метеорологических станций.

В качестве нормативных принимают значения температуры с округлением до значений, кратных пяти.

При расчете ВЛ принимают:

- температуру воздуха при ветровых нагрузках установленных:

а) минус 5°С – для районов со среднегодовой температурой воздуха до минус 5°С;

б) минус 10°С – для районов со среднегодовой температурой воздуха минус 5°С и ниже.

- температуру воздуха при гололедных нагрузках:

а) минус 5°С – для территории с высотными отметками местности до 1000 м над уровнем моря;

б) минус 10°С – для районов со среднегодовой температурой воздуха минус 5°С и ниже, для горных районов с высотными отметками от 1000 м до 2000 м над уровнем моря;

в) минус 15°С – для горных районов с высотными отметками более 2000 м над уровнем моря;

г) по фактическим данным – для районов, где при гололеде наблюдается температура воздуха ниже минус 15°С.

5.3 Расчетные климатические нагрузки

5.3.1 Вероятности непревышения расчетных нагрузок соответствующих уровней надежности ВЛ по климатическим воздействиям должны соответствовать для:

I уровня – 0,96;

Примечание – Данный уровень целесообразно применять для ВЛ классов напряжений менее 35 кВ, и далее рассматриваться и упоминаться не будет.

II уровня – 0,98;

III уровня – 0,99;

IV уровня – 0,993;

V уровня – 0,998.

В соответствии с рекомендациями международных и национальных стандартов, СТО 56947007-29.240.055-2010 и СТО 56947007-29.240.057-2010 для ВЛ следует принимать следующие уровни надежности по климатическим нагрузкам:

35 кВ – II уровень;

110, 220 кВ – III уровень;

330-500 кВ – IV уровень;

750 кВ – V уровень.

В зависимости от ответственности ВЛ (участков ВЛ), сооружаемых на двухцепных или многоцепных опорах или в труднодоступной местности, уровень надежности ВЛ по климатическим нагрузкам целесообразно повысить.

Расчетные климатические нагрузки – ветровая, гололедная и ветровая нагрузка при гололеде определяют по нормативным параметрам климатических условий 5.2.1-5.2.3 с использованием коэффициентов, обеспечивающих требуемый уровень надежности ВЛ.

5.3.2 Расчетную ветровую нагрузку на провода и тросы, воспринимаемую опорами (P_{w0}, в Н), действующую перпендикулярно проводу (тросу) определяют:

- по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$P_{w0} = \alpha_W \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot K_v \cdot W_0 \cdot F \cdot sin^2\varphi; \qquad (6)$$

где α_w – коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ, принимают равным:

- при ветровом давлении W, Па, 400 500 580 и более;
- коэффициент α_w 0,76 0,71 0,70,

а промежуточные значения α_w определяют методом линейной интерполяции;

K_l – коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку, равный 1,2 при длине пролета до 50 м, 1,1 – при 100 м, 1,05 – при 150 м, 1,0 при 250 м и более. Промежуточные значения K_l определяют методом линейной интерполяции;

K_w – принимают в соответствии с таблицей 4;

C_x – принимают равным:

- для проводов и тросов диаметром 20 мм и более – 1,1;
- для проводов и тросов диаметром менее 20 мм – 1,2;

W_0 – принимают в соответствии с 5.2.1.

F – площадь продольного диаметрального сечения провода (троса), м^2, определемая по формуле:

$$F=d\cdot l\cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где d – диаметр провода, мм;

l – длина ветрового пролета, м;

φ - угол между направлением ветра и осью ВЛ.

K_v – коэффициент перехода от нормативного ветрового давления к расчетному ветровому давлению в зависимости от коэффициента вариации c_v и уровня надежности ВЛ.

- по второй группе предельных состояний, по формуле:

$$P'_{w0} = 0{,}85P_{w0}, \quad (8)$$

Коэффициент перехода от нормативного ветрового давления к расчетному ветровому давлению K_v определяют по таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициент перехода K_v от нормативного ветрового давления к расчетному ветровому давлению

Коэффициент вариации скорости ветра, c_v	Вероятность непревышения				
	0,96	0,98	0,99	0,993	0,998
	Уровень надежности				
	I	II	III	IV	V
0,05	1,0	1,06	1,10	1,14	1,25
0,1	1,0	1,10	1,21	1,28	1,46
0,2	1,0	1,17	1,37	1,46	1,85
0,3	1,0	1,23	1,49	1,64	2,13
0,4	1,0	1,28	1,56	1,77	2,40
0,6	1,0	1,32	1,72	1,93	2,76
0,8	1,0	1,37	1,80	2,07	3,03
1,0	1,0	1,39	1,88	2,16	3,20
Примечание - Коэффициент вариации c_v максимальных за год скоростей ветра принимается по региональным картам районирования или путем обработки многолетних данных наблюдений метеостанций.					

Расчетную ветровую нагрузку на провода (тросы), $P_{wи}$, принимаемую при механическом расчете проводов и тросов по методу допускаемых напряжений, определяют по формуле:

$$P_{wи} = 0{,}85 \cdot P_{w0}. \quad (9)$$

Расчетную ветровую нагрузку на гирлянду изоляторов ($P_{wи}$, в Н), определяют по формуле:

$$P_{wи} = K_w \cdot C_x \cdot F_и \cdot K_v \cdot W_0, \quad (10)$$

где K_w – принимается согласно таблице 4;

C_x – принимается равным 1,2 ;

K_v – принимается согласно таблице 6;

W_0 – нормативное ветровое давление, принимают по таблице 1;

$F_и$ – площадь диаметрального сечения цепи гирлянды изоляторов, м^2, определяют по формуле:

$$F_{и} = 0{,}7 \cdot D_{и} \cdot H_{и} \cdot n \cdot N \cdot 10^{-6}, \quad (11)$$

где $D_{и}$ – диаметр тарелки изоляторов, мм;

$H_{и}$ – строительная высота изолятора, мм;

n – число изоляторов в цепи;

N – число цепей изоляторов в гирлянде.

Расчетную ветровую нагрузку на конструкцию опоры Q_{w} (в Н), определяют как сумму средней и пульсационной составляющих по формуле:

$$Q_{w} = Q_{wc} + Q_{wп}. \quad (12)$$

Расчетную среднюю составляющую ветровой нагрузки на опору (Q_{wc}, в Н) определяют:

- по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$Q_{wc} = K_{w} \cdot K_{v} \cdot W_{0} \cdot C_{x} \cdot A, \quad (13)$$

- по второй группе предельных состояний ($Q`_{wc}$, в Н), по формуле:

$$Q`_{wc} = 0.85\, Q_{wc}, \quad (14)$$

где K_{w} – принимают согласно таблице 4;

K_{v} – принимают согласно таблице 6;

W_{0} – принимают согласно таблице 1;

C_{x} – определяют в зависимости от вида конструкции, в соответствии строительным нормам;

A – площадь проекции, ограниченная контуром конструкции ее части или элемента с наветренной стороны на плоскость перпендикулярно ветровому потоку, вычисленная по наружному габариту, м^2.

Расчетные пульсационные составляющие ветровой нагрузки ($Q_{wп}$ и $Q`_{wп}$) для опор высотой до 50 м определяют:

- для свободностоящих одностоечных стальных опор, а также свободностоящих железобетонных опор (портальных и одностоечных) на центрифугированных стойках:

а) по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$Q_{wп} = 0{,}5\, Q_{wc}, \quad (15)$$

б) по второй группе предельных состояний, по формуле:

$$Q`_{wп} = 0{,}5\, Q`_{wc}; \quad (16)$$

- для свободностоящих портальных стальных опор, а также для стальных и железобетонных опор с оттяжками при шарнирном креплении к фундаментам:

а) по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$Q_{wп} = 0{,}6\, Q_{wc}, \quad (17)$$

б) по второй группе предельных состояний, по формуле:

$$Q`_{wп} = 0{,}6\, Q`_{wc}; \quad (18)$$

- для свободностоящих одностоечных железобетонных опор ВЛ класса напряжения 35 кВ:

а) по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$Q_{wп} = 0{,}8\, Q_{wc}, \quad (19)$$

б) по второй группе предельных состояний, по формуле:

$$Q`_{wп} = 0{,}8\, Q`_{wc}. \quad (20)$$

Расчетное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки для свободностоящих опор высотой более 50 м, а также для других типов опор, не

перечисленных выше, независимо от их высоты определяется в соответствии со строительными нормами и правилами на нагрузки и воздействия.

При расчете нагрузок на деревянные опоры пульсационная составляющая ветровой нагрузки не учитывается.

5.3.3 Расчеты гололедных нагрузок

Расчетную линейную гололедную нагрузка на 1 м провода (троса), воспринимаемая опорами, определяют:

- по первой группе предельных состояний, $P_{го}$, Н/м, по формуле:

$$P_{го} = \pi \cdot K_i \cdot K_d \cdot k \cdot b_0 \cdot (d + K_i \cdot K_d \cdot K \cdot b_0) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}, \quad (21)$$

- по второй группе предельных состояний ($P`_{го}$, в Н/м), по формуле:

$$P`_{го} = 0{,}5\, P_{го}\,, \quad (22)$$

где K_i – принимается согласно таблице 5;

K_d – принимается согласно таблице 5;

b_0 – принимается согласно таблице 2;

d – диаметр провода, мм;

ρ – плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см^3;

g – ускорение свободного падения, принимаемое равным 9,8 м/с^2;

K – коэффициент перехода от нормативной толщины стенки гололеда к расчетной толщине стенки гололеда, его принимают по таблице 7 исходя из зависимости от коэффициента вариации толщин стенок гололеда c_v и уровня надежности ВЛ.

Таблица 7

Коэффициент вариации, c_v	Вероятность непревышения				
	0,96	0,98	0,99	0,993	0,998
	Уровень надежности				
	I	II	III	IV	V
	Значения K				
0,3	1,0	1,11	1,22	1,28	1,46
0,4	1,0	1,13	1,25	1,33	1,55
0,6	1,0	1,15	1,31	1,39	1,66
0,8	1,0	1,17	1,34	1,44	1,74
1,0	1,0	1,18	1,37	1,47	1,79
1,2	1,0	1,20	1,39	1,50	1,84
1,4	1,0	1,20	1,40	1,52	1,87
1,6	1,0	1,21	1,42	1,54	1,90
1,8	1,0	1,21	1,43	1,55	1,92
2,0	1,0	1,22	1,44	1,56	1,93
2,2	1,0	1,22	1,44	1,57	1,95

Примечание - Коэффициент вариации c_v максимальных за год толщин стенок гололеда и ветровых нагрузок при гололеде принимается по соответствующим региональным картам районирования или по обработке многолетних данных наблюдений метеостанций.

Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м провода (троса), $P_{гп}$, Н/м, при механическом расчете проводов и тросов по методу допускаемых напряжений, определяют по формуле:

$$P_{гп} = 0{,}5\, P_{го}\,. \quad (23)$$

Расчетная гололедная нагрузка на гирлянды изоляторов ВЛ II района по гололеду не учитывают. В III и более районах по гололеду расчетную гололедную

нагрузку на гирлянды изоляторов принимают равной половине веса гирлянды изоляторов.

Расчетная гололедная нагрузка на конструкции металлических опор:

- по первой группе предельных состояний ($Q_г$, в Н), определяю по формуле:

$$Q_г = K_i \cdot K \cdot b_0 \cdot \mu_г \cdot \rho \cdot g \cdot A_0 , \quad (24)$$

- по второй группе предельных состояний ($Q_г`$, в Н), определяют по формуле:

$$Q_г` = 0{,}5 \cdot J, \quad (25)$$

где $\mu_г$ – коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной поверхности элемента и принимается равным: 0,6 – до IV района по гололеду при высоте опор более 50 м и для V и выше районов по гололеду независимо от высоты опор;

A_o – площадь общей поверхности элемента, м^2.

Не учитывают гололедные отложения на опорах:

- для районов по гололеду до IV группы при высоте опор менее 50 м;
- для железобетонных и деревянных опор, а также стальных опор с элементами из труб.

Гололедные отложения на траверсах рекомендуется определяют так же как и расчетную гололедную нагрузку на гирлянды изоляторов с заменой площади общей поверхности элемента на площадь горизонтальной проекции консоли траверсы.

5.3.4 Расчетные ветровые нагрузки при гололеде

Расчетную ветровую нагрузку при гололеде на провода и тросы ($P_{wг0}$, в Н), воспринимаемую опорами, определяют:

- по первой группе предельных состояний, $P_{wгo}$, по формуле:

$$P_{wг0} = \alpha_W \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot K \cdot W_г \cdot F \cdot sin^2\varphi \quad (26)$$

- по второй группе предельных состояний, $P'_{wгo}$, по формуле:

$$P'_{wгo} = 0{,}85 \cdot P_{wгo}, \quad (27)$$

где α_w – коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ, его принимают в зависимости от значений ветрового давления

- ветровое давление W, Па	до 200	240	280	300	320	360	400
- коэффициент α_w	1	0,94	0,88	0,85	0,83	0,80	0,76

C_x – для проводов и тросов покрытых гололедом, принимают равным 1,2;

K – определяют по таблице 7;

$W_г$ – нормативное ветровое давление, Па, при гололеде с вероятностью непревышения 0,96 определяют в соответствии с 5.2.1 по формуле:

$$W_г = \frac{V_г^2}{1{,}6} , \quad (28)$$

где $V_г$ – скорость ветра при гололеде с вероятностью непревышения 0,96, м/с, принимают по картам регионального районирования ветровых нагрузок при гололеде или по данным обработки материалов наблюдений метеорологических станций;

F – площадь продольного диаметрального сечения провода ВЛ с гололедным отложением, м^2, определяют по формуле:

$$F = \left(d + 2 \cdot K_j \cdot K_d \cdot b_y\right) \cdot l \cdot 10^{-3} , \quad (29)$$

где d – диаметр провода, мм;

l – длина ветрового пролета, м

Расчетную ветровую нагрузку при гололеде на провода (тросы), $P_{wгп}$, при механическом расчете проводов и тросов по методу допускаемых напряжений, определяют по формуле:

$$P_{wгг} = 0{,}85 \cdot P_{wго}. \quad (30)$$

Расчетную ветровую нагрузку при гололеде в расчете гирлянд изоляторов не учитывают.

Расчетную ветровую нагрузку при гололеде на конструкцию опоры ($Q_{wг}$), определяют как сумму средней и пульсационной составляющих, по формуле:

$$Q_{wг}=Q_{wгс}+Q_{wгп}. \quad (31)$$

Расчетную среднюю составляющую ветровой нагрузки при гололеде на конструкции опор ($Q_{wгс}$, в Н), определяют:

- по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$Q_{wгс}=K_w \cdot K \cdot W_г \cdot C_x \cdot A`, \quad (32)$$

- по второй группе предельных состояний ($Q`_{гс}$), по формуле:

$$Q`_{wгс}=0{,}85\ Q_{wгс}, \quad (33)$$

где K – принимают по таблице 7;

C_x – определяют в зависимости от вида конструкции, согласно строительным нормам и правилам;

$A`$ – площадь проекции, м^2, ограниченная контуром обледенелой конструкции, ее части или элемента с наветренной стороны на плоскость перпендикулярно направлению ветра, вычисленная по наружному габариту.

При определении $A`$ обледенение конструкции с толщиной стенки гололеда b_y для конструкций опор из стального проката, покрытых гололедом, учитывают при высоте опор более 50 м, а также для V и выше районов по гололеду независимо от высоты опор.

Для железобетонных и деревянных опор, а также стальных опор с элементами из труб обледенение конструкций при определении нагрузки $Q_{wгс}$ не учитывают, а $A`$ принимают равным A в соответствии с расчетной ветровой нагрузкой на конструкцию опоры (Q_w, в Н).

Расчетные пульсационные составляющие ветровой нагрузки при гололеде ($Q_{wгп}$ и $Q`_{wгп}$) для опор высотой до 50 м, определяют:

- для свободностоящих одностоечных стальных опор, а также для свободностоящих железобетонных опор (портальных и одностоечных) на центрифугированных стойках:

а) по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$Q_{wгп} = 0{,}5\ Q_{wгс}; \quad (34)$$

б) по второй группе предельных состояний, по формуле:

$$Q`_{wгп} = 0{,}5\ Q`_{wгс}; \quad (35)$$

- для свободностоящих портальных стальных опор, а также для стальных и железобетонных опор с оттяжками при шарнирном креплении к фундаментам:

а) по первой группе предельных состояний, по формуле:

$Q_{wгп} = 0,6\ Q_{wгс}$; (35)

б) по второй группе предельных состояний, по формуле:

$$Q`_{wгп}=0,6\ Q`_{wгс};\qquad (36)$$

- для свободностоящих одностоечных железобетонных опор ВЛ классов напряжений до 35 кВ:

а) по первой группе предельных состояний, по формуле:

$$Q_{wгп} = 0,8\ Q_{wгс};\qquad (37)$$

б) по второй группе предельных состояний, по формуле:

$$Q`_{wгп}=0,8\ Q`_{wгс}.\qquad (38)$$

Расчетное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки при гололеде для свободностоящих опор высотой более 50 м, а также для других типов опор, не перечисленных выше, независимо от их высоты определяют в соответствии со строительными нормами и правилами на нагрузки и воздействия.

В расчетах деревянных опор пульсационная составляющая ветровой нагрузки при гололеде не учитывают.

5.4 Сочетание климатических условий и нагрузок при расчете ВЛ

5.4.1 При расчете ВЛ учитывают: нормальный, аварийный и монтажный режимы работы, приближение токоведущих частей к кронам деревьев, элементам опор и сооружений.

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

а) высшая температура t^+ по 5.2.5, ветер и гололед отсутствуют.

б) низшая температура t^- по 5.2.5, ветер и гололед отсутствуют.

в) среднегодовая температура $t_{сг}$ по 5.2.5, ветер и гололед отсутствуют.

г) расчетная гололедная нагрузка на провода и тросы, температура при гололеде по 5.2.5, ветер отсутствует.

д) расчетная ветровая нагрузка, температура при расчетной ветровой нагрузке по 5.2.5, гололед отсутствует.

е) расчетная гололедная нагрузка на провода и тросы, расчетная ветровая нагрузка при гололеде на провода и тросы, температура при гололеде по 5.2.5.

5.4.3 Расчет ВЛ по аварийному режиму работы следует производить для сочетаний следующих климатических условий:

а) среднегодовая температура $t_{сг}$ по 5.2.5, ветер и гололед отсутствуют.

б) низшая температура t_- по 5.2.5, ветер и гололед отсутствуют.

в) расчетная гололедная нагрузка на провода и тросы, температура при гололеде по 5.2.5, ветер отсутствует.

5.4.4 Проверку опор ВЛ по условиям монтажного режима необходимо производить на расчетные нагрузки по первой группе предельных состояний при следующих климатических условиях: температура минус 15°С, ветровое давление на высоте 15 м над поверхностью земли 50 Па, гололед отсутствует.

5.4.5 Расчет по приближению токоведущих частей к кронам деревьев, элементам опор ВЛ и к сооружениям необходимо проводить для сочетаний следующих климатических условий:

а) при рабочем напряжении: расчетная ветровая нагрузка по второй группе предельных состояний, температура при ветровой нагрузке по по 5.2.5, гололед отсутствует.

б) при грозовых и внутренних перенапряжениях: температура плюс 15°С, ветровое давление, равное 0,06 $k_v W_0$, но не менее 50 Па.

в) для обеспечения безопасного подъема на опору при наличии напряжения на линии расчет должен выполняться по следующим климатическим условиям:

1) для ВЛ классов напряжений до 500 кВ – температура минус 15°С, гололед и ветер отсутствуют,

2) для ВЛ класса напряжения 750 кВ – температура минус 15°С, ветровое давление равно 50 Па, гололед отсутствует.

5.4.6 Расчет отклонения поддерживающей гирлянды изоляторов от вертикали γ выполняют по формуле:

$$tg\ \gamma = (K_g\ P_{wo} + 0{,}5\ P_и \pm P_o) / (G_{пр} + 0{,}5\ G_г), \qquad (39)$$

где P_{wo} – расчетная ветровая нагрузка на провода фазы, направленная поперек оси ВЛ (или по биссектрисе угла поворота ВЛ), Н;

K_g – принимается равным при ветровом давлении:

- до 310 Па – 1,0;
- 350 Па – 0,95;
- 425 Па – 0,9;
- 500 Па – 0,85;
- 615 Па и более – 0,8;

Примечание - промежуточные значения K_g определяют методом линейной интерполяции;

P_o – горизонтальная составляющая от тяжения проводов на поддерживающую гирлянду промежуточно-угловой опоры, Н. Принимается со знаком плюс, если ее направление совпадает с направлением ветра, и со знаком минус, если она направлена в наветренную сторону;

$G_{пр}$ – расчетная нагрузка от веса провода, воспринимаемая гирляндой изоляторов, Н;

$G_г$ – расчетная нагрузка от веса гирлянды изоляторов, Н;

$P_и$ – расчетная ветровая нагрузка на гирлянды изоляторов, Н.

6 Элементы воздушных линий электропередачи

6.1 Опоры, фундаменты и заземляющие устройства

6.1.1 Классификация конструкций опор и фундаментов

6.1.1.1 Опоры ВЛ разделяют на два основных вида:

- анкерные опоры, полностью воспринимающие тяжение проводов и тросов в смежных с опорой пролетах;
- промежуточные, которые не воспринимают тяжение проводов или воспринимают его частично.

Анкерными, как правило, выполняют концевые и транспозиционные опоры. Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми и угловыми.

Опоры разделяют на одноцепные, двухцепные и многоцепные в зависимости от количества подвешиваемых на них цепей.

Опоры могут выполняться свободностоящими или с оттяжками.

Промежуточные опоры могут быть гибкой и жесткой конструкции. Анкерные опоры должны быть жесткими. На ВЛ класса напряжения 35 кВ допускается применение анкерных опор гибкой конструкции.

К опорам жесткой конструкции относят опоры, отклонение верха которых (без учета поворота фундаментов) при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний не превышает 0,01 высоты опоры. При отклонении верха опоры более 0,01 высоты - опоры относят к опорам гибкой конструкции.

Расстановка анкерных опор определяется климатическими условиями и условиями прохождения трассы ВЛ.

Для ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше расстояние между анкерными опорами не нормируется, а расстояние между анкерными опорами определяют в зависимости от условий трассы.

На ВЛ класса напряжения 35 кВ расстояние между анкерными опорами должно быть не более 10 км, на ВЛ, проходящих в труднодоступной местности и в местности с особо сложными природными условиями – не более 5 км.

На ВЛ, проходящих по горной или сильно пересеченной местности в районах III и более по гололеду, рекомендуется устанавливать опоры анкерного типа на перевалах и в других точках, резко возвышающихся над окружающей местностью.

6.1.1.2 Фундаменты

В качестве фундаментов рекомендуется применять как унифицированные железобетонные подножки и сваи, так и фундаменты индивидуальной конструкции. Фундаменты индивидуальной конструкции (как вновь разработанные, так и изготавливаемые по чертежам повторного применения) целесообразно применять в тех случаях, когда неэкономично или нетехнологично использование унифицированных и типовых конструкций.

Допускается применять монолитные бетонные фундаменты и другие рациональные конструкции фундаментов (буронабивные сваи, сваи с закрылками, скальные заделки, поверхностные фундаменты, винтовые сваи).

Для крепления оттяжек следует применять фундаменты с вынесенной над землей выступающей частью фундамента с узлом крепления.

6.1.2 Конструкции заземляющих устройств опор

6.1.2.1 В качестве заземляющих устройств ВЛ в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители по ГОСТ 12.1.030.

6.1.2.2 Железобетонные фундаменты опор ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше могут быть использованы в качестве естественных заземлителей (за исключением 6.1.2.4 и 8.3.6.15) при осуществлении металлической связи между анкерными болтами и арматурой фундамента и отсутствии гидроизоляции железобетона полимерными материалами.

Битумная обмазка на железобетонных опорах и фундаментах не влияет на их использование в качестве естественных заземлителей.

6.1.2.3 При применении железобетонных фундаментов, в том числе в качестве естественных заземлителей, металлическая связь между опорами, анкерными болтами и арматурой фундаментов может быть выполнена как болтовым, так и сварным способом.

6.1.2.4 При прохождении ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше в местности с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и тому подобными

грунтами с удельным сопротивлением $\rho \leq 1000$ Ом·м следует использовать арматуру железобетонных фундаментов, опор и пасынков в качестве естественных заземлителей без дополнительной укладки или в сочетании с укладкой искусственных заземлителей.

В грунтах с более высоким удельным сопротивлением естественная проводимость железобетонных фундаментов не должна учитываться, а требуемое значение сопротивления заземляющего устройства должно обеспечиваться только применением искусственных заземлителей.

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

6.1.2.5 Для заземления железобетонных опор в качестве заземляющих проводников следует использовать те элементы напряженной и ненапряженной продольной арматуры стоек, металлические элементы которых соединены между собой и могут быть присоединены к заземлителю.

В качестве заземляющего проводника вне стойки или внутри нее может быть проложен при необходимости специальный проводник. Элементы арматуры, используемые в качестве заземляющих проводников не должны нагреваться за время протекания тока короткого замыкания более чем на 60°С.

Оттяжки железобетонных опор должны использоваться в качестве заземляющих проводников дополнительно к арматуре.

Заземляемые тросы и детали крепления изолирующей подвески проводов к траверсе железобетонных опор должны быть металлически соединены с заземляющим спуском или заземленной арматурой.

6.1.2.6 Сечение каждого из заземляющих спусков на опоре ВЛ должно быть не менее 35 мм^2, а для однопроволочных спусков диаметр должен быть не менее 10 мм (сечение 78,5 мм^2). Количество спусков на многостоечных опорах должно быть не менее двух.

Для районов со среднегодовой относительной влажностью воздуха 60 % и более, а также при средне- и сильноагрессивных степенях воздействия окружающей среды, заземляющие спуски у места их входа в грунт должны быть защищены от коррозии.

В случае опасности коррозии заземлителей следует: либо увеличить площадь сечения; либо применять заземлители с токопроводящими и стойкими к вредным воздействиям покрытия (например – оцинкованные); либо применять медные.

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

Заземлители опор ВЛ, как правило, должны располагаться на глубине не менее 0,5 м, а в пахотной земле – не менее 1,0 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 последующей их заливкой цементным раствором.

6.1.3 Механическая прочность опор и фундаментов

6.1.3.1 Предельные состояния, по которым производится расчет опор, фундаментов и оснований ВЛ, подразделяют на две группы.

Первая группа – включает предельные состояния, которые ведут к потере несущей способности элементов или полной невозможности их к дальнейшей эксплуатации, т.е к их разрушениям любого характера.

Состояния первой группы могут наступить при наибольших внешних нагрузках и при низкой температуре.

Вторая группа – включает предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию.

Состояния второй группы характеризуются достижением недопустимых деформаций, перемещений или отклонений элементов, нарушающих нормальную эксплуатацию.

Метод расчета по предельным состояниям имеет целью не допускать с определенной обеспеченностью наступления предельных состояний первой и второй группы при эксплуатации.

6.1.3.2 Нагрузки, воздействующие на строительные конструкции ВЛ, в зависимости от продолжительности действия подразделяют на постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые).

К постоянным нагрузкам относятся:

- собственный вес проводов, тросов, строительных конструкций, гирлянд изоляторов, линейной арматуры;
- тяжение проводов и тросов при среднегодовой температуре и отсутствии ветра и гололеда;
- воздействие предварительного напряжения конструкций, а также нагрузки от давления воды на фундаменты в руслах рек.

К длительным нагрузкам относятся нагрузки, создаваемые воздействием неравномерных деформаций оснований, не сопровождающихся изменением структуры грунта, а также воздействием усадки и ползучести бетона.

К кратковременным нагрузкам относятся:

- давление ветра на провода, тросы и опоры - свободные от гололеда и покрытые гололедом;
- вес отложений гололеда на проводах, тросах, опорах;
- тяжение проводов и тросов сверх их значений при среднегодовой температуре;
- нагрузки от давления воды на опоры и фундаменты в поймах рек и от давления льда;
- нагрузки, возникающие при изготовлении и перевозке конструкций, а также при монтаже строительных конструкций, проводов и тросов.

К особым нагрузкам относятся нагрузки, возникающие при обрыве проводов и тросов, а также нагрузки при сейсмических воздействиях.

6.1.3.3 Опоры, фундаменты и основания ВЛ необходимо рассчитывать на сочетания расчетных нагрузок нормальных режимов первой и второй групп предельных состояний, а также аварийных и монтажных режимов ВЛ первой группы предельных состояний.

Расчет опор, фундаментов и оснований фундаментов на прочность и устойчивость следует производить на нагрузки первой группы предельных состояний.

Расчет опор, фундаментов и их элементов по деформациям следует производить на нагрузки второй группы предельных состояний.

Расчет оснований по деформациям следует производить на нагрузки второй группы предельных состояний без учета динамического воздействия порывов ветра на конструкцию опоры.

Опоры, фундаменты и основания следует рассчитывать на нагрузки и воздействия внешней среды в конкретных условиях (размывающего действия воды, давления волн, навалов льда, давления грунта и т.п.) в соответствии СНиП 2.01.07-85 [1], СНиП 2.06.03-85 [8], СНиП II-7-81 [9] и СНиП 23-01-99* [14].

При расчете опор и фундаментов следует учитывать:

- возможность временного усиления отдельных элементов конструкций при монтаже;
- дополнительные усилия, возникающие от весовых нагрузок при деформациях опор гибкой конструкции по первой и второй групп предельных состояний;
- для железобетонных опор и фундаментов:

а) снижение на 10 % кратковременных нагрузок при расчете раскрытия трещин в нормальных режимах на нагрузки (по второй группе предельных состояний);

б) в условиях агрессивной среды снижение кратковременных нагрузок не производят;

Кроме перечисленного выше, следует учитывать то, что отклонение верха опоры, при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний, не должно приводить к нарушению установленных настоящим стандартом наименьших изоляционных расстояний от токоведущих частей (проводов) до заземленных элементов опор, поверхности земли и пересекаемых инженерных сооружений;

При расчете опор, ветра следует принимать направленным под углом 0°, 45° и 90° к оси ВЛ, при этом для угловых опор за ось ВЛ принимают направление биссектрисы внешнего угла поворота, образованного смежными участками линии.

6.1.3.4 Расчетную гололедную нагрузку от проводов и тросов, приложенную к точкам их крепления на опорах, определяют произведением соответствующей расчетной линейной гололедной нагрузки на длину весового пролета.

Расчетную нагрузку на опоры ВЛ от веса проводов, тросов, гирлянд изоляторов, конструкций опор по первой и второй группам предельных состояний определяют при расчетах, как произведение нормативной нагрузки на коэффициент надежности по весовой нагрузке γf , принимаемый для проводов, тросов и гирлянд изоляторов равным 1,05, а для конструкций опор – в соответствии с указаниями строительных норм и правил на нагрузки и воздействия.

При расчетах ВЛ расчетные нагрузки на опоры от тяжения проводов и тросов T_{max} определяют для нормального, аварийного и монтажного режимов.

Расчетную нагрузку от тяжения проводов и тросов, свободных от гололеда или покрытых гололедом, при расчете конструкций опор, фундаментов и оснований определяют по первой и по второй группе предельных состояний.

Расчет опор для нормального режима по первой и второй группам предельных состояний следует производить на сочетания климатических условий 5.4.2 перечисления г), д), е), 5.4.5 перечисления а), б) и 5.4.6.

При этом рассчитываются:

- опоры анкерного типа и промежуточные угловые опоры на условия позиции б) 5.4.2, если тяжение проводов или тросов в этом режиме больше, чем в режиме наибольших нагрузок;
- анкерные опоры на разность тяжений проводов и тросов, возникающую вследствие неравенства значений приведенных пролетов по обе стороны опоры. При этом условия для расчета разности тяжений устанавливают при разработке конструкции опор;
- концевые опоры на одностороннее тяжение всех проводов и тросов;
- двухцепные опоры во всех режимах для условий, когда смонтирована только одна цепь.

6.1.3.5 Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка, от проводов на опоры для ВЛ с нерасщепленной фазой $T_{ав}$ принимается:

$0{,}50 \cdot T_{макс}$ – для свободностоящих металлических опор, опор из любого материала на оттяжках, *А* - образных и других типов жестких опор с проводами площадью сечения алюминиевой части до 185 мм^2 и $0{,}4\ T_{макс}$ с проводами площадью сечения алюминиевой части 205 мм^2 и более

$0{,}30 \cdot T_{макс}$ – для железобетонных свободностоящих опор с проводами площадью сечения алюминиевой части до 185 мм^2 и $0{,}25\ T_{макс}$ с проводами с площадью сечения алюминиевой части до 205 мм^2 и более;

$0{,}25 \cdot T_{макс}$ – для деревянных свободностоящих опор с проводами площадью сечения алюминиевой части до 185 мм^2 и $0{,}2\ T_{макс}$ с проводами с площадью сечения алюминиевой части 205 мм^2 и более.

(от 0,25 до 0,50)$\cdot T_{макс}$ – для других типов опор (опор из новых материалов, металлических гибких опор и т.п.).

Примечание - $T_{макс}$ - наибольшая расчетная нагрузка от тяжения проводов.

6.1.3.6 Расчетную условную горизонтальную статическую нагрузку от проводов на опоры ВЛ с расщепленными проводами в фазе ($T_{ав}$) принимают:

- для ВЛ классов напряжений до 330 кВ при расщеплении на:
  а) два провода $0{,}40 \cdot T_{макс}$;
  б) три провода$0{,}35 \cdot T_{макс}$;
  в) четыре провода $0{,}30 \cdot T_{макс}$;
- для ВЛ класса напряжения 500 кВ – $0{,}15 \cdot T_{макс}$, но не менее 18 кН при расщеплении на три и более провода;
- для ВЛ класса напряжениея 750 кВ при расщеплении на четыре и более провода – 27 кН.

6.1.3.7 При определении расчетной условной горизонтальной статической нагрузки:

а) допускается учитывать поддерживающее действие необорванных проводов и тросов при среднегодовой температуре без гололеда и ветра. При этом расчетные условия нагрузки следует определять исходя из условной

горизонтальной статической нагрузки от проводов на опоры ВЛ с расщепленными проводами в фазе, а механические напряжения, возникающие в поддерживающих проводах и тросах, не должны превышать 70 % их разрывного усилия;

б) расчет следует производить на нагрузки, возникающие при использовании средств, ограничивающих передачу продольной нагрузки на промежуточную опору (многороликовые подвесы и другие средства). При этом значения расчетных условных нагрузок принимают не более значений принимаемых при подвеске проводов в глухих зажимах.

6.1.3.8 Расчетную условную горизонтальную статическую нагрузку, ($T_{ав}$), на промежуточные опоры от тросов следует принимать для:

- одиночного троса $T_{ав}$=0,5 $T_{макс}$;
- расщепленного троса (из двух составляющих) $T_{ав}$=0,4 $T_{макс}$, но не менее 20 кН.

6.1.3.9 Промежуточные опоры ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов и глухими зажимами для аварийного режима следует рассчитывать исходя их расчетного значения условных горизонтальных статических нагрузок $T_{ав}$ по первой группе предельных состояний.

При расчете следует принять следующие условия:

- оборваны провод или провода одной фазы одного пролета (при любом числе проводов на опоре), тросы не оборваны;
- оборван один трос пролета (для расщепленного троса - все его составляющие), провода не оборваны.

Условные нагрузки прикладывают в местах крепления той фазы или того троса, при обрыве которых усилия в рассчитываемых элементах получаются наибольшими. При этом принимают сочетания климатических условий указанных в 5.4.3, перечисление а).

6.1.3.10 Опоры анкерного типа для аварийного режима по первой группе предельных состояний следует рассчитывать на обрыв тех проводов и тросов, при обрыве которых усилия в рассматриваемых элементах получаются наибольшими.

Расчет следует производить исходя из следующих условий:

- ВЛ с проводами из алюминиевых сплавов всех сечений, сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с площадью сечения проводящей части для всех типов проводов до 150 мм^2:

а) оборваны провода двух фаз одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные нормальные опоры);

б) оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные облегченные и концевые опоры).

- ВЛ со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с площадью сечения проводящей части для обоих типов проводов 185 мм^2 и более: оборваны провода одной фазы одного пролета при любом числе цепей на опоре, тросы не оборваны (анкерные нормальные и концевые опоры).
- для опор ВЛ независимо от марок и сечений подвешиваемых проводов: оборван один трос одного пролета (при расщеплении провода - все

составляющие), провода не оборваны. При этом принимаются сочетания климатических условий согласно 5.4.3, позиции б) и в).

6.1.3.11 Опоры анкерного типа следует проверять расчетом в монтажном режиме по первой группе предельных состояний исходя из следующих условий:

а) в одном пролете - смонтированы все провода и тросы, в другом пролете провода и тросы не смонтированы. Тяжение в смонтированных проводах и тросах принимают равным 0,6 $T_{макс}$, где $T_{макс}$ – наибольшее, из рассчитанных для нормального, аварийного или монтажного режимов, значение горизонтального тяжения проводов и тросов. При этом сочетания климатических условий принимают по 5.4.4. В данном режиме должна быть обеспечена устойчивость металлических опор без установки временных оттяжек;

б) в одном из пролетов при любом числе проводов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются провода одной цепи, тросы не смонтированы;

в) в одном из пролетов при любом числе тросов на опоре последовательно и в любом порядке монтируются тросы, провода не смонтированы. При проверках по позициям б) и в) допускается предусматривать временное усиление отдельных элементов опор и установку временных оттяжек.

6.1.3.12 Опоры ВЛ следует проверять расчетом нагрузок, соответствующих способу монтажа, принятому проектом, с учетом усилий возникающих от воздействия тягового троса, веса монтируемых проводов (тросов), изоляторов, монтажных приспособлений и монтера с инструментом.

Узел крепления каждого провода (проушина, диафрагма и др.) при раздельном креплении проводов расщепленной фазы следует рассчитывать с учетом перераспределения нагрузки от оборванной цепи подвески на оставшиеся провода фазы.

Элементы опоры должны выдерживать вертикальную нагрузку от веса монтера с инструментом, расчетное значение которой равно 1,3 кН в сочетании с нагрузками нормального режима от проводов и тросов, свободных от гололеда, при среднегодовой температуре, а также с нагрузками аварийного и монтажного режимов.

Расчетные нагрузки на опоры от веса монтируемых проводов (тросов) при климатических условиях согласно 5.4.4 и гирлянд изоляторов в условиях равнинной местности рекомендуется принимать для:

- промежуточных опор – равных удвоенному весу пролета проводов (тросов) без гололеда и гирлянды изоляторов, исходя из возможности подъема монтируемых проводов (тросов) и гирлянды через один блок;
- для анкерных и промежуточных опор (в случае ограничения монтажного участка) – с учетом усилия в тяговом тросе, определяемого из условия расположения тягового механизма на расстоянии эквивалентному значению $2{,}5 \cdot h$ от опоры, где h - высота подвеса провода средней фазы на опоре.

При установке тягового механизма в условиях пересеченной местности необходимо дополнительно учитывать усилие от наклона тягового троса с учетом разности высотных отметок точек подвеса провода и тягового механизма.

Расчетная вертикальная нагрузка от веса монтера и монтажных приспособлений, прикладываемая в месте крепления гирлянд изоляторов принимают для опор ВЛ классов напряжений:

а) от 500 до 750 кВ – 3,25 кН;
б) до 330 кВ, анкерного типа с подвесными изоляторами – 2,60 кН;
в) до 330 кВ, промежуточных с подвесными изоляторами – 1,95 кН;

6.2 Провода и грозозащитные тросы

6.2.1 Конструкция проводов и тросов

6.2.1.1 Провода

На ВЛ рекомендуется применять сталеалюминиевые провода по ГОСТ 839, а также могут применяться провода других конструкций (в том числе, высокотемпературные, с сердечником из немагнитных или композитных материалов), разработанные по техническим условиям производителя, утвержденным в установленном порядке.

Минимально допустимые сечения проводов по условиям механической прочности по ГОСТ 839, приведены в таблице 8 .

Таблица 8 - Минимально допустимые сечения проводов

Характеристика ВЛ	Сечение проводов, мм^2	
	Из термообработанного алюминиевого сплава	Сталеалюминиевые
ВЛ без пересечений в районах:		
до II по гололеду	50	50/8
в III-IV по гололеду	50	50/8
в V и более по гололеду	–	70/11
Пересечения ВЛ с судоходными реками и инженерными сооружениями в районах:		
до II по гололеду	50	50/8
в III-IV по гололеду	70	50/8
в V и более по гололеду	–	70/11
ВЛ, сооружаемые на двухцепных или многоцепных опорах:	–	120/19

Примечания:

1 В пролетах пересечений с автомобильными дорогами, троллейбусными и трамвайными линиями, железными дорогами необщего пользования допускается применение проводов таких же сечений, как на ВЛ без пересечений.

2 В районах, где требуется применение проводов с антикоррозионной защитой, минимально допустимые сечения проводов принимают такими же, как и сечения соответствующих марок без антикоррозионной защиты

Для ВЛ рекомендуется применение проводов по ГОСТ 839 с площадью поперечного сечения алюминиевых проволок А и стальных проволок С для:

- районов с толщиной стенки гололеда 25 мм и менее:

«А» до 185 мм^2 – при отношении «А» к «С» от 6,0 до 6,25;

«А» от 240 мм^2 и более – при отношении «А» к «С» более 7,71;

- районов с толщиной стенки более 25 мм:

«А» до 95 мм^2 – при отношении «А» к «С» 6,0;

«А» от 120 до 400 мм^2– при отношении «А» к «С» от 4,29 до 4,39;

«А» от 450 мм^2 и более при отношении «А» к «С» от 6,0;

- больших переходов с пролетами более 700 м – отношение «А» к «С» более 1,46.

Выбор марок проводов из других материалов должен быть обоснован.

Срок службы неизолированных проводов в соответствии с ГОСТ 839 должен быть не менее:

- 45 лет - для проводов марок АС;
- 25 лет - для проводов марок АСКП;
- 10 лет - для проводов марок АСКС, АСК.

Для снижения потерь электроэнергии на перемагничивание стальных сердечников в сталеалюминиевых проводах и в проводах из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником рекомендуется применять провода с четным числом повивов алюминиевых проволок или провода с сердечником из немагнитных или композитных материалов.

Провода с повышенной коррозионной стойкостью следует применять в случаях:

- установленных и подтвержденных опытом эксплуатации участков ВЛ подверженных коррозийному разрушению проводов;
- установленных по данным изысканий высокой вероятности разрушения проводов от коррозии при прохождении трассы ВЛ:

а) на расстоянии менее 5 км от прибрежной полосы и по побережью морей, соленых озер и соленых водоемов;

б) в промышленных районах;

в) районам засоленных песков и прилегающих к ним районов II и III степени загрязнения по ГОСТ 9920;

г) на расстоянии менее 1,5 км от химических предприятий

6.2.1.2 Грозозащитные тросы

В качестве грозозащитных тросов следует, как правило, применять стальные канаты из оцинкованной стальной проволоки с покрытием ее поверхности по группе ОЖ, стальные канаты с алюмоцинковым покрытием, из стальных проволок, плакированных алюминием, из азотосодержащей стали по ГОСТ 3062, ГОСТ 3063 и ГОСТ 3064, сталеалюминиевые провода по ГОСТ 839 и грозозащитный трос со встроенным оптическим кабелем связи типа ОКГТ.

Грозозащитные тросы, применяемые на ВЛ, должны обладать:

- коррозионной стойкостью;
- термической стойкостью;
- стойкостью к воздействиям токов коротких замыканий;
- стойкостью к воздействиям разрядов молнии.

Выбор материала, сечения и количества составляющих грозозащитного троса производится с учетом:

- возможности использования тросов для организации высокочастотных каналов;
- обеспечения необходимых механических характеристик, требуемых по условиям работы проводов и тросов в пролете;
- допустимой напряженности электрического поля на поверхности тросов;
- агрессивности условий окружающей среды.

Стальные канаты, применяемые в качестве грозозащитных тросов по способу свивания должны быть нераскручивающимися (Н), сечением не менее:

- 35 мм^2 – на ВЛ класса напряжения 35 кВ без пересечений и на ВЛ класса напряжения 35 кВ в пролетах пересечений с железными дорогами общего пользования и электрифицированными в районах по гололеду I-II;

- 50 мм^2 – в остальных районах и на ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах;
- 50 мм^2 – на ВЛ классов напряжений от 110 до 150 кВ;
- 70 мм^2 – на ВЛ классов напряжений от 220 кВ и выше.

Сталеалюминиевые провода или провода из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником в качестве грозозащитного троса целесообразно применять:

- на особо ответственных переходах через инженерные сооружения (электрифицированные железные дороги, автомобильные дороги категории 1А, судоходные водные преграды и т.п.);
- на участках ВЛ, проходящих в районах с повышенным загрязнением атмосферы (промышленные зоны с высокой химической активностью уносов, зоны интенсивного земледелия с засоленными почвами и водоемами, побережья морей), а также проходящих по населенной и труднодоступной местностям;
- на ВЛ с большими токами однофазного короткого замыкания по условиям термической стойкости и для уменьшения влияния ВЛ на линии связи.

При этом, для ВЛ, сооружаемых на двухцепных или многоцепных опорах, независимо от напряжения суммарное сечение алюминиевой (или алюминиевого сплава) и стальной частей троса должно быть не менее 120 мм^2.

При использовании грозозащитных тросов для организации многоканальных систем высокочастотной связи при необходимости применяют одиночные или сдвоенные изолированные друг от друга тросы или тросы со встроенным оптическим кабелем связи.

Для обеспечения требований по коррозионной стойкости выполняют следующие мероприятия:

- оцинкование стальных канатов горячим или гальваническим способом, либо плакирование их алюминием;
- использование алюминиевого сплава или многослойного покрытия.

Минимальный срок службы грозозащитных тросов должен быть не менее 40 лет при условии соблюдений требований монтажа и эксплуатации.

6.2.2 Термостойкость

Провода должны удовлетворять требованиям по предельно допустимому нагреву с учетом не только нормальных, но и послеаварийных режимов, а также режимов в период ремонта.

Длительно допустимые токи для неизолированных проводов по ГОСТ 839 приведены в таблице 9. Они приняты исходя из условия, что допустимая температура их нагрева составляет плюс 70°С при температуре воздуха плюс 25°С.

Длительно допустимые токи для проводов нетрадиционной конструкции (высокотемпературных, с сердечником из немагнитных или композитных материалов), должны указываться в технических условиях производителя, утвержденных в установленном порядке.

При проверке на нагрев принимают получасовой максимальный ток, наибольший из средних получасовых токов данного элемента сети.

Максимально-допустимую температуру нагрева грозозащитных тросов при термическом воздействии тока короткого замыкания определяется изготовителем

и не должна превышать значений приведенных в СТО 56947007-29.060.50.015-2008 для тросов из:

- сталеалюминиевых проводов – 200°С;
- стальной, плакированной алюминием проволоки – 300°С;
- стальной оцинкованной проволоки – 400°С.

Таблица 9 - Длительно допустимые токи для неизолированных проводов

Номинальное сечение, мм^2	Сечение (алюминий/сталь), мм^2	Длительно допустимый ток, А
50		
70	70/11	265
95	95/16	330
120	120/19	390
150	150/24	450
185	185/29	510
240	240/39	610
300	300/48	690
330	330/27	730
400	400/18	830
	400/51	825
	400/64	860
500	500/26	960
	500/64	945

6.2.3 Механическая прочность проводов и тросов

Провода и тросы должны рассчитываться на расчетные нагрузки нормального, аварийного и монтажного режимов ВЛ для сочетаний климатических условий приведенных в 5.4.2-5.4.6.

При этом допустимое механическое напряжения в проводах (тросах) не должны превышать значений, приведенных в таблице 10.

Указанные в таблице 10 напряжения следует относить к той точке провода на длине пролета, в которой напряжение наибольшее. Допускается указанные напряжения принимать для низшей точки провода при условии превышения напряжения в точках подвеса не более чем на 5 %.

Таблица 10 - Допустимое механическое напряжение в проводах и тросах ВЛ по

ГОСТ 839, ГОСТ 3062, ГОСТ 3063 и ГОСТ 3064

Провода и тросы	Допустимое напряжение, % от предела прочности при растяжении		Допустимое напряжение, Н/мм^2	
	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре
Из термообработанного алюминиевого сплава с площадью поперечного сечения, мм^2				
50 - 95	40	30	114	85
120 - 185	45	30	128	85
Сталеалюминиевые с площадью поперечного сечения алюминиевой части провода, мм^2				
95 при А/С 0,65	40	30	308	231
70 при А/С 0,95	45	30	272	204
185, 300 и 500 при А/С 1,46	45	30	254	169
500 при А/С 2,43	45	30	205	137
120 и более при А/С от 4,29 до 4,38	45	30	153	102
50 - 95 при А/С от 5,99 до 6,02	40	30	120	90
150 - 800 при А/С от 7,8 до 8,04	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре	при наибольшей нагрузке и низшей температуре	при среднегодовой температуре
330 при А/С 11,51	45	30	117	78
400, 500 и 1000 при А/С 17,91, 18,08 и 17,85	45	30	96	64
400 и 500 при А/С 20,27 и 18,87	45	30	104	69
Стальные тросы	50	35	По стандартам и техническим условиям	

При расчете проводов и тросов ветер следует принимать направленным под углом 90° к оси ВЛ.

Расчет монтажных напряжений и стрел провеса проводов (тросов) должен выполняться с учетом остаточных деформаций (вытяжки).

В механических расчетах проводов (тросов) следует принимать физико-механические характеристики, приведенные в таблице 11.

Таблица 11 – Физико-механические характеристики проводов и тросов по ГОСТ 839, ГОСТ 3062, ГОСТ 3063 и ГОСТ 3064

Провода и тросы	Модуль упругости, 10^4, Н/мм^2	Температурный коэффициент линейного удлинения, 10^{-6} град$^{-1}$	Предел прочности при растяжении, $\sigma_р$*, Н/ мм^2, провода и троса в целом
Сталеалюминиевые с отношением площадей поперечных сечений А/С:			
0,65	13,4	14,5	780
0,95	13,4	14,5	690
1,46	11,4	15,5	565
11,51	7,45	21,0	240
16,87 - 17,82	7,04	21,2	220
2,43	10,3	16,8	460
20,27	7,04	21,5	210
4,36 - 4,28	8,90	18,3	340
6,28 - 5,99	8,25	19,2	290
8,04 - 7,67	7,70	19,8	270
Из термообработанного алюминиевого сплава	6,3	23,0	285
Стальные тросы	18,5	12,0	1200**
Примечания: * – предел прочности при растяжении $\sigma_р$ определяется отношением разрывного усилия провода (троса) $P_р$, нормированного государственным стандартом или техническими условиями, к площади поперечного сечения $S_п$, $\sigma_р = P_р / S_п$. Для сталеалюминиевых проводов $S_п = S_А + S_С$ ** – принимается по соответствующим стандартам, но не менее 1200 Н/мм^2			

Для обеспечения механической прочности провода и грозозащитные тросы должны быть защищены от вибрации, для этого следует:

- одиночные провода и тросы при длинах пролетов, превышающих значения, приведенные в таблице 12, и механических напряжениях при среднегодовой температуре, превышающих приведенные в таблице 13;
- расщепленные провода и тросы из двух составляющих при длинах пролетов, превышающих 150 м, и механических напряжениях, превышающих приведенные в таблице 14;
- расщепленные провода из трех составляющих в пролетах длиной более 700 м.

При длинах пролетов менее указанных в таблице 12 и типе местности «С» защита от вибрации не требуется.

Таблица 12 - Длины пролетов для одиночных проводов и тросов, требующих защиты от вибрации

Провода, тросы	Площадь сечения*, мм^2	Пролеты длиной более, м, в местности типа	
		А	В
Сталеалюминиевые, из термоообработанного алюминиевого сплава *	50-95	80	95
	120-240	100	120
	300 и более	120	145
Примечание – * Приведены площади сечения алюминиевой части			

Таблица 13 - Механические напряжения при среднегодовой температуре $t_{сг}$ одиночных проводов и тросов, требующих защиты от вибрации, Н/мм^2

Провода, тросы	Механические напряжения, Н/мм^2, (более) в местности типа	
Сталеалюминиевые марок АС при А/С:	А	В
0,65 - 0,95	70	85
1,46	60	70
4,29 - 4,39	45	55
6,0 - 8,05	40	45
11,5 и более	35	40
Из термообработанного алюминиевого сплава всех марок	40	45

Таблица 14 - Механические напряжения при среднегодовой температуре $t_{сг}$ расщепленных проводов и тросов из двух составляющих, требующих защиты от вибрации, Н/мм^2

Провода, тросы	Механические напряжения, Н/мм^2, (более) в местности типа	
Сталеалюминиевые марок АС при А/С:	А	В
0,65 - 0,95	75	85
1,46	65	70
4,29 - 4,39	50	55
6,0 - 8,05	45	50
11,5 и более	40	45
Из термообработанного алюминиевого сплава всех марок	45	50

В таблицах 12-14 тип местности принимают согласно примечанию 1 к таблице 4.

Защиту проводов от вибрации целесообразно осуществлять следующими способами:

- провода алюминиевые и из нетермообработанного алюминиевого сплава площадью сечения до 95 мм^2, из термообработанного алюминиевого сплава и сталеалюминиевых проводов с площадью сечения алюминиевой части до 70 мм^2, стальные тросы площадью сечения до 35 мм^2 - гасителями вибрации петлевого типа (демпфирующие петли) или армирующими спиральными прутками, протекторами, спиральными вязками;
- провода (тросы) большего сечения – установкой с обеих сторон пролета многочастотных гасителей вибрации типа «Стокбридж» или гасителей вибрации других конструкций;
- на проводах расщепленной фазы в пролетах и петлях анкерных опор должны быть установлены дистанционные распорки, в том числе изолирующие.

Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете на расщепленной фазе из двух или трех проводов, не должны превышать 60 м, а при прохождении ВЛ по местности типа «А» – 40 м (таблица 4). Расстояния между распорками или группами распорок, устанавливаемыми в пролете на расщепленной фазе из четырех и более проводов, не должны превышать 40 м. При прохождении ВЛ по местности типа «С» (таблица 4) эти расстояния допускается увеличивать до 60 м.

Определение районов по частоте и интенсивности пляски должно производиться по карте районирования территории РФ с уточнением по данным эксплуатации.

По частоте повторяемости и интенсивности пляски проводов и тросов территория РФ делится на районы:

- с умеренной пляской проводов - частота повторяемости пляски один раз в 5 лет и менее;
- с частой и интенсивной пляской проводов - частота повторяемости более одного раза в пять лет.

Для ВЛ, проходящих в особых условиях, в том числе, орографически незащищенные выходы из горных ущелий, отдельные пролеты в местности типа «С», защита от вибрации должна производится по специальному проекту.

6.3 Гирлянды изоляторов и арматура

6.3.1 Конструкция гирлянд изоляторов и арматуры

6.3.1.1 На ВЛ применяют подвесные, стержневые и опорно-стержневые изоляторы.

6.3.1.2 Выбор типа и материала (стекло, фарфор, полимерные материалы) изоляторов производят с учетом климатических условий (температуры воздуха и увлажнения) и условий загрязнения.

На ВЛ рекомендуется применять изоляторы, не требующие периодического контроля (снижающие эксплуатационные расходы).

На ВЛ, проходящих в особо сложных для эксплуатации условиях (горы, болота), сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах, на больших переходах, независимо от напряжения следует применять стеклянные или полимерные изоляторы, соответствующие требованиям ГОСТ 6490 и ГОСТ 28856.

6.3.1.3 Количество (m) подвесных тарельчатых изоляторов в поддерживающих гирляндах и в последовательной цепи гирлянд специальной конструкции для ВЛ на металлических и железобетонных опорах следует определять по формуле:

$$m = \frac{L}{L_{\text{н}}}, \tag{40}$$

где L – длина пути утечки гирлянды изоляторов;

$L_{\text{н}}$ – длина пути утечки изолятора;

Если расчет количества не дает целого числа, то выбирают следующее (в большую сторону) целое число.

6.3.1.4 На ВЛ классов напряжений 35 и 110 кВ с металлическими, железобетонными и деревянными опорами с заземленными креплениями гирлянд количество тарельчатых изоляторов в натяжных гирляндах всех типов в районах с I и II степенью загрязнения следует увеличивать на один изолятор в каждой гирлянде по сравнению с количеством, полученным по формуле (40).

Для ВЛ классов напряжений от 150 до 750 кВ на металлических и железобетонных опорах количество тарельчатых изоляторов в натяжных гирляндах определяют по формуле (40).

6.3.1.5 На ВЛ классов напряжениий от 35 до 220 кВ с деревянными опорами в районах с I и II степенью загрязнения количество подвесных тарельчатых

изоляторов из стекла или фарфора допускается принимать на 1 меньше, чем для ВЛ на металлических или железобетонных опорах.

6.3.1.6 В гирляндах тарельчатых изоляторов из стекла или фарфора, подвешенных на высоте свыше 100 м от основания опоры, следует предусмотреть два дополнительных изолятора по отношению к определенному по формуле (40) количеству изоляторов.

6.3.1.7 Конструкции поддерживающих и натяжных гирлянд изоляторов должны обеспечивать возможность удобного производства строительных и ремонтных работ.

6.3.1.8 Крепление проводов к подвесным изоляторам и крепление тросов следует осуществлять при помощи поддерживающих или натяжных зажимов.

6.3.1.9 Двухцепные гирлянды изоляторов применяют в следующих случаях:

- поддерживающие – на ВЛ класса напряжения 750 кВ с раздельным креплением к опоре;
- поддерживающие и натяжные – на ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше с раздельным креплением к опоре в условиях труднодоступной местности;
- поддерживающие – для промежуточно-угловых опор ВЛ классов напряжений от 330 кВ и выше;

6.3.1.10 В двухцепных поддерживающих гирляндах изоляторов цепи следует располагать вдоль оси ВЛ.

6.3.1.11 Для защиты проводов шлейфов (петель) от повреждений при соударении с арматурой натяжных гирлянд изоляторов ВЛ с фазами, расщепленными на три провода и более, на них должны быть установлены предохранительные муфты в местах приближения проводов шлейфа к арматуре гирлянды.

6.3.1.12 Натяжные гирлянды изоляторов из двух и более цепей следует предусматривать с раздельным креплением к опоре.

Конструкции натяжных гирлянд изоляторов расщепленных фаз и их узел крепления к опоре должны обеспечивать раздельный монтаж и демонтаж каждого провода, входящего в расщепленную фазу.

6.3.1.13 На ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше в натяжных гирляндах изоляторов с раздельным креплением цепей к опоре должна быть предусмотрена механическая связка между всеми цепями гирлянды, установленная со стороны проводов.

6.3.1.14 В натяжных гирляндах изоляторов ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше со стороны пролета должна быть установлена экранная защитная арматура.

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

6.3.1.16 В пролетах пересечения ВЛ с улицами (проездами), инженерными сооружениями, водными пространствами одно соединение на провод (трос) допускается:

- при сталеалюминиевых проводах с площадью сечения по алюминию 240 мм^2 и более независимо от содержания стали;
- при сталеалюминиевых проводах с большим содержанием стали (А/С меньше или равно 1,49) для любой площади сечения алюминия;
- при стальных тросах с площадью сечения 120 мм^2 и более;

- при расщеплении фазы на три сталеалюминиевые провода с площадью сечения по алюминию 150 мм^2 и более.

6.3.1.17 Не допускается соединение проводов (тросов) в пролетах пересечения ВЛ между собой на пересекающих (верхних) ВЛ, а также в пролетах пересечения ВЛ с надземными и наземными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов.

6.3.1.18 Прочность заделки проводов и тросов в соединительных и натяжных зажимах должна составлять не менее 95 % от разрывного усилия проводов и канатов при растяжении.

6.3.2 Механическая прочность гирлянд изоляторов и арматуры

6.3.2.1 Изоляторы и арматуру выбирают по нагрузкам в нормальных и аварийных режимах работы ВЛ при климатических условиях, указанных в 5.4.2 и 5.4.3 соответственно.

Порядок определения горизонтальной нагрузки поддерживающих гирлянд изоляторов в аварийных режимах приведен в 6.1.3.5-6.1.3.9.

6.3.2.2 Расчетные усилия в изоляторах и арматуре не должны превышать значений разрушающих нагрузок (механической или электромеханической для изоляторов и механической для арматуры), установленных национальными стандартами и/или техническими условиями на конкретные изоляторы и арматуру, умноженных на коэффициенты:

- надежности по нагрузке γ_f ;
- условий работы γ_d;
- надежности по материалу γ_m.

6.3.2.3 Коэффициент по нагрузке γ_f = 1,05

Для ВЛ, проходящих в районах со среднегодовой температурой минус 10°С и ниже или в районах с низшей температурой минус 50°С и ниже, расчетные усилия в изоляторах и арматуре умножают на коэффициент условий работы γd = 1,4, для остальных ВЛ γd = 1,0 (по ГОСТ Р 54257).

Коэффициенты надежности по материалу γm. для изоляторов и арматуры должны быть не менее:

- в нормальном режиме:
  - а) при наибольших нагрузках 2,5
  - б) при среднеэксплуатационных нагрузках для изоляторов:
    - 1) для поддерживающих гирлянд 5,0
    - 2) для натяжных гирлянд 6,0
- в аварийном режиме:
  - а) для ВЛ классов напряжений 500 кВ и 750 кВ 2,0
  - б) для ВЛ классов напряжений от 330 кВ и ниже. 1,8
- в нормальном и аварийных режимах для крюков и штырей 1,1

6.3.2.4 В качестве расчетного аварийного режима работы двух- и многоцепных поддерживающих и натяжных гирлянд изоляторов с механической связкой между цепями изоляторов следует принимать обрыв одной цепи. При этом расчетные нагрузки от проводов и тросов принимают для климатических условий, указанных в 5.4.2 в режимах, дающих наибольшие значения нагрузок, а расчетные усилия в оставшихся в работе цепях изоляторов не должны превышать 90 % механической (электромеханической) разрушающей нагрузки изоляторов.

6.3.2.5 Прочность заделки проводов и тросов в соединительных и натяжных зажимах должна составлять не менее 95 % от разрывного усилия проводов и тросов при растяжении.

7 Создание воздушных линий электропередачи

7.1 Защита от перенапряжений

7.1.1 ВЛ классов напряжений от 110 до 750 кВ с металлическими и железобетонными опорами должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине линии.

7.1.2 Сооружение ВЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ или их участков без тросов допускается:

1) в районах с числом грозовых часов в году менее 20 и в горных районах с плотностью разрядов на землю менее 1,5 на 1 км^2 в год;

2) на участках ВЛ в районах с плохо проводящими грунтами ($\rho \geq 10^3$ Ом·м);

3) на участках трассы с расчетной толщиной стенки гололеда более 25 мм;

4) для ВЛ с усиленной изоляцией провода относительно заземленных частей опоры при обеспечении расчетного числа грозовых отключений линии, соответствующего числу грозовых отключений ВЛ такого же класса напряжения с тросовой защитой.

Число грозовых отключений линии, для случаев, приведенных в перечислениях 1), 2), 3) данного пункта, определенное расчетом, с учетом опыта эксплуатации, без усиления изоляции не должно превышать трех в год для ВЛ классов напряжений от 110 до 330 кВ и одного в год - для ВЛ класса напряжения 500 кВ.

7.1.3 ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше, предназначенные для электроснабжения мегаполисов, объектов добычи и транспорта нефти и газа, выдачи мощности АЭС, должны быть защищены от прямых ударов молнии тросами по всей длине независимо от интенсивности грозовой деятельности и удельного эквивалентного сопротивления земли.

При этом должны быть приняты меры по снижению импульсных сопротивлений заземления опор воздушных линий.

7.1.4 Для ВЛ класса напряжения от 35 кВ применение грозозащитных тросов не требуется, за исключением подходов ВЛ к подстанции.

7.1.5 ВЛ классов напряжений от 110 кВ на деревянных опорах в районах с числом грозовых часов 40 и более должны защищаться тросом, а в районах с числом грозовых часов до 40 защита тросом не обязательна.

7.1.6 На ВЛ с деревянными опорами без тросов гирлянды изоляторов единичных металлических и железобетонных опор, крайних опор участков на металлических и железобетонных опорах, а также другие места с ослабленной изоляцией должны защищаться защитными аппаратами, в качестве которых могут использоваться ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН), искровые промежутки (ИП) и длинно-искровые разрядники. Электрическая прочность устанавливаемых ИП должна быть скоординирована с электрической прочностью гирлянд единичных металлических опор и электрической прочностью других мест с ослабленной изоляцией.

7.1.7 Снижение вероятности прорыва молнии мимо тросовой защиты на провода достигается путем:

- уменьшения угла тросовой защиты,
- подвеской тросов с отрицательным углом защиты,
- увеличением расстояния между тросом и проводом по вертикали.

7.1.8 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 опоры с двумя тросами - не более 20°;

2) на металлических опорах с горизонтальным расположением проводов и с двумя тросами угол защиты по отношению к внешним проводам для ВЛ классов напряжений от 110 до 330 кВ должен быть не более 20°, для ВЛ класса напряжения от 500 кВ – не более 25°, для ВЛ класса напряжения 750 кВ – не более 22°. В районах по гололеду IV и более и в районах с частой и интенсивной пляской проводов для ВЛ классов напряжений от 110 до 330 кВ допускается угол защиты до 30°;

3) на железобетонных и деревянных опорах портального типа, допускается угол защиты по отношению к крайним проводам не более 30°;

4) при защите ВЛ двумя тросами расстояние между ними на опоре должно быть не более пятикратного расстояния по вертикали от тросов до проводов, а при высоте подвеса тросов на опоре более 30 м расстояние между тросами должно быть не более пятикратного расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре, умноженного на коэффициент, равный $5{,}5/\sqrt{h}$, где h -высота подвеса троса на опоре.

7.1.9 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 таблице 15 и не менее расстояния по вертикали между тросом и проводом на опоре.

Таблица 15 - Наименьшие расстояния между тросом и проводом в середине пролета

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

При промежуточных значениях длин пролетов расстояния определяют интерполяцией.

7.1.10 Крепление тросов на всех опорах ВЛ классов напряжений от 220 до 750 кВ должно быть выполнено при помощи стеклянных подвесных изоляторов, шунтированных ИП размером не менее 40 мм.

На каждом анкерном участке длиной до 10 км тросы должны быть заземлены в одной точке путем устройства специальных перемычек на одной из опор пролета (обычно на анкерной опоре). При большей длине анкерных пролетов количество точек заземления в пролете выбирается таким, чтобы при наибольшем значении продольной электродвижущей силы, наводимой в тросе при коротком замыкании на ВЛ, не происходил пробой ИП.

7.1.11 На подходах ВЛ классов напряжений от 220 до 750 кВ к подстанциям на длине до 5 км, если тросы не используются для емкостного отбора или связи, их следует заземлять на каждой опоре.

7.1.12 На ВЛ классов напряжений от 150 кВ и ниже, если не предусмотрена организация каналов высокочастотной связи на тросе, изолированное крепление троса следует выполнять только на металлических и железобетонных анкерных опорах.

7.1.13 На участках ВЛ с неизолированным креплением троса и током короткого замыкания на землю, превышающим 15 кА, а также на подходах к подстанциям заземление троса должно быть выполнено с установкой перемычки, шунтирующей зажим.

7.1.14 При использовании тросов для устройства каналов высокочастотной связи, их изолируют от опор на всем протяжении каналов высокочастотной связи и заземляют на подстанциях и усилительных пунктах через высокочастотные заградители.

Количество изоляторов в поддерживающем тросовом креплении должно быть не менее двух и определяют исходя из условий обеспечения требуемой надежности каналов высокочастотной связи. Количество изоляторов в натяжном тросовом креплении следует принимать удвоенным по сравнению с количеством изоляторов в поддерживающем тросовом креплении.

7.1.15 При этом размер искровых промежутков, установленных на изоляторах тросов выбирают минимально возможным, по следующим условиям:

разрядное напряжение ИП должно быть ниже разрядного напряжения изолирующего тросового крепления не менее чем на 20 %;

ИП не должен перекрываться при однофазном коротком замыкании на землю на других опорах;

при перекрытиях ИП от грозовых разрядов должно происходить самопогасание дуги сопровождающего тока промышленной частоты.

7.1.16 На ВЛ классов напряжений 500 и 750 кВ для улучшения условий самопогасания дуги сопровождающего тока промышленной частоты и снижения потерь электроэнергии рекомендуется применять скрещивание тросов.

7.1.17 Если на тросах ВЛ в соответствии с 8.2.11 предусмотрена плавка гололеда, то изолированные крепления тросов выполняют по всему участку плавки. В одной точке участка плавки тросы заземляют с помощью специальных перемычек. Тросовые изоляторы шунтируют ИП, которые должны быть минимальными, выдерживающими напряжение плавки и иметь разрядное напряжение меньше разрядного напряжения тросовой гирлянды. Размер ИП

должен обеспечивать самопогасание дуги сопровождающего тока промышленной частоты при его перекрытии во время КЗ или грозовых разрядов.

7.1.18 На ВЛ с деревянными опорами портального типа расстояние между фазными проводами по дереву должно быть не менее: 3 м – для ВЛ класса напряжения 35 кВ, 4 м – для ВЛ класса напряжения 110 кВ, 4,8 м – для ВЛ класса напряжения от 150 кВ, 5 м – для ВЛ класса напряжения от 220 кВ.

В отдельных случаях для ВЛ классов напряжений от 110 до 220 кВ допускается уменьшение указанных расстояний до значения, рекомендованного для ВЛ класса напряжения на один класс ниже при наличии обоснований (небольшие токи короткого замыкания, районы со слабой грозовой деятельностью).

7.1.19 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 таблице 16.

7.1.20 Для ВЛ класса напряжения 750 кВ, проходящих на высоте до 500 м над уровнем моря, изоляционные расстояния, указанные в таблице 16, могут быть уменьшены для промежутка «провод шлейфа - стойка анкерно-угловой опоры», «провод-оттяжка» на 10 %, а для остальных промежутков на 5 %.

7.1.21 Наименьшие изоляционные расстояния по внутренним перенапряжениям приведены для следующих значений расчетной кратности: 3,5 м – для ВЛ класса напряжения 35 кВ; 3,0 м – для ВЛ классов напряжений от 110 до 220 кВ; 2,7 м – для ВЛ класса напряжения 330 кВ; 2,5 м – для ВЛ класса напряжения 500 кВ и 2,1 м – для ВЛ класса напряжения 750 кВ.

При других, более низких значениях расчетной кратности внутренних перенапряжений допустимые изоляционные расстояния по ним пересчитывают пропорционально.

Таблица 16 - Наименьшее изоляционное расстояние по воздуху (в свету) от токоведущих до заземленных частей опоры.

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ						
	35	110	150	220	330	500	750
Грозовые перенапряжения для изоляторов:							
штыревых	40	-	-	-	-	-	-
подвесных	40	100	130	180	260	320	не нормируется
Внутренние перенапряжения	30	80	110	160	215	300	450/500*
Обеспечение безопасного подъема на опору без отключения ВЛ	150	150	200	250	350	450	540/580*
Наибольшее рабочее напряжение	10	25	35	55	80	115	160

Примечание – * В знаменателе - промежуток «провод шлейфа - стойка анкерно-угловой опоры», в числителе - все промежутки, кроме промежутка «провод - опора» для средней фазы, который должен быть не менее 480 см.

7.1.22 На ВЛ с деревянными опорами изоляционные расстояния по воздуху между токоведущими частями и опорой, не имеющей заземляющих спусков, допускается уменьшать на 10 %, за исключением расстояний, выбираемых по условию безопасного подъема на опору.

7.1.23 При прохождении ВЛ в горных районах наименьшие изоляционные расстояния по рабочему напряжению и по внутренним перенапряжениям должны быть увеличены по сравнению с приведенными в таблице 16 на 1 % на каждые 100 м выше 1000 м над уровнем моря.

7.1.24 Наименьшие расстояния на опоре между проводами ВЛ в месте их пересечения между собой при транспозиции, ответвлениях, переходе с одного расположения проводов на другое должны быть не менее приведенных в таблице 17.

Таблица 17 - Наименьшее расстояние между фазами на опоре

Расчетное условие	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ						
	35	110	150	220	330	500	750
Грозовые перенапряжения	50	135	175	250	310	400	не нормируется
Внутренние перенапряжения	44	100	140	200	280	420	640*
Наибольшее рабочее напряжение	20	45	60	95	140	200	280
Примечание – * При значениях расчетной кратности внутренних перенапряжений менее 2,1 допустимые изоляционные расстояния пересчитывают пропорционально.							

7.1.25 На ВЛ должны быть заземлены:

1) опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства молниезащиты;

2) железобетонные и металлические опоры ВЛ класса напряжения 35 кВ;

3) опоры, на которых установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другие аппараты;

4) металлические и железобетонные опоры ВЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ без тросов и других устройств молниезащиты, если это необходимо по условиям обеспечения работы релейной защиты и автоматики.

7.1.26 Деревянные опоры и деревянные опоры с металлическими траверсами на ВЛ без грозозащитных тросов или других устройств молниезащиты не заземляются.

7.1.27 Сопротивления заземляющих устройств опор высотой менее 50 м, указанных в 7.1.25 (перечисление 1) и 2), должны быть не более, приведенных в таблице 18.

7.1.28 Сопротивления заземляющих устройств опор высотой 50 м и выше должны быть в два раза ниже по сравнению с приведенными в таблице 18.

7.1.29 Сопротивления заземляющих устройств на двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, независимо от напряжения линии и высоты опор, рекомендуется снижать в два раза по сравнению с приведенными в таблице 18.

Таблица 18 – Наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств опор одноцепных ВЛ

Удельное эквивалентное сопротивление грунта, ρ , 0м·м	Наибольшее сопротивление заземляющего устройства, 0м
до 100	10
Более 100 до 500	15
Более 500 до 1000	20
Более 1000 до 5000	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

7.1.30 Допускается превышение сопротивлений заземления части опор ВЛ по отношению к значениям таблицы 18 (кроме ВЛ класса напряжения 35 кВ на железобетонных и металлических опорах, проходящих в населенной местности), в случае если на этой ВЛ имеются опоры с пониженными значениями сопротивлений заземления. При этом ожидаемое число грозовых отключений не должно превышать значений, получаемых при выполнении требований таблицы 18 для всех опор данной ВЛ.

7.1.31 Для опор горных ВЛ (кроме ВЛ класса напряжения 35 кВ на металлических и железобетонных опорах, проходящих в населенной местности), расположенных на высотах более 700 м над уровнем моря, указанные в таблице 18 значения сопротивлений заземления могут быть увеличены в два раза.

7.1.32 Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 7.1.25 перечисление 3) для ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше, должны быть не более приведенных в таблице 18, а для ВЛ класса напряжения 35 кВ с изолированной нейтралью должны выбираться в соответствии с требованиями к заземлению по защитным мерам электробезопасности.

7.1.33 Сопротивления заземляющих устройств опор, указанных в 7.1.25, перечисление 4), определяются при проектировании ВЛ.

7.1.34 Для повышения грозоупорности ВЛ классов напряжений от 110 до 750 кВ целесообразно:

1) снижение сопротивления заземления опор, в том числе при высоких удельных сопротивлениях грунта;

2) усиление изоляции одной из цепей в пределах от 20 до 30 % по сравнению с изоляцией другой цепи с целью снижения количества двухцепных грозовых отключений двухцепных ВЛ;

3) установка линейных ОПН (независимо от удельного сопротивления грунта) на ВЛ как с тросовой защитой, так и при ее отсутствии. Параметры ОПН и места их установки определяются исходя из допустимого числа грозовых отключений ВЛ.

Способ грозозащиты с использованием ОПН или РДИ определяет проектная организация по согласованию с Заказчиком (электросетевой организацией).

7.1.35 Для ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземляющих устройств, выполненных по условиям молниезащиты, должны обеспечиваться при отсоединенном тросе.

Сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ должны обеспечиваться и измеряться при токах промышленной частоты в период их наибольших значений в летнее время. Допускается производить измерение в другие периоды с корректировкой результатов путем введения сезонного коэффициента, однако не

следует производить измерение в период, когда на значение сопротивления заземляющих устройств оказывает существенное влияние промерзание грунта.

Место присоединения заземляющего устройства к железобетонной опоре должно быть доступно для выполнения измерений.

7.2 Электромагнитная совместимость

7.2.1 При создании воздушных линий необходимо обеспечить электромагнитную совместимость ВЛ с различными электротехническими средствами в целях предотвращения опасности для жизни и здоровья граждан, причинения вреда имуществу физических и юридических лиц, государственному и муниципальному имуществу и окружающей природной среде вследствие нарушения функционирования технических средств при воздействии электромагнитных помех.

7.2.2 Для обеспечения электромагнитной совместимости при выборе конструкции ВЛ, количества составляющих и площади сечения проводов фазы и их расположения необходимо ограничение напряженности электрического поля на поверхности проводов до уровней, допустимых по короне и радиопомехам.

7.2.3 Для ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше проводники должны быть проверены по условиям образования короны с учетом среднегодовых значений плотности температуры воздуха на высоте расположения данной электроустановки над уровнем моря, радиуса проводников, а также их коэффициента негладкости.

Наибольшая напряженность электрического поля у поверхности любого из проводников, определенная при наибольшем рабочем напряжении, не должна превышать 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны.

7.2.4 По условиям короны и радиопомех при отметках до 1000 м над уровнем моря рекомендуется на ВЛ применять провода диаметром не менее указанных в таблице 19.

При отметках более 1000 м над уровнем моря для ВЛ классов напряжений от 500 кВ и выше целесообразно рассматривать изменения конструкции ВЛ, в том числе средней фазы по сравнению с крайними фазами.

Таблица 19 - Минимальный диаметр проводов ВЛ по условиям короны и радиопомех, мм

Класс напряжения ВЛ, кВ	Фаза с проводами	
	одиночным	двумя и более
110	11,4 (АС 70/11)	–
150	15,2 (АС 120/19)	–
220	21,6 (АС 240/32) 24,0 (АС 300/39)	–
330	33,2 (АС 600/72)	2 х 21,6 (2 х АС 240/32) 3 х 15,2 (3 х АС 120/19) 3 х 17,1 (3 х АС 150/24)
500	–	2 х 36,2 (2 х АС 700/86) 3 х 24,0 (3 х АС 300/39) 4 х 18,8 (4 х АС 185/29)
750	–	4 х 29,1 (4 х АС 400/93) 5 х 21,6 (5 х АС 240/32)

Примечания:

1 Для ВЛ класса напряжения 220 кВ минимальный диаметр провода 21,6 мм относится к горизонтальному расположению фаз, а в остальных случаях провод диаметром 21,6 допустим с проверкой по радиопомехам, ГОСТ 22012.

2 Для ВЛ класса напряжения 330 кВ минимальный диаметр провода 15,2 мм (три провода в фазе) относится к одноцепным опорам.

7.2.5 Уровень радиопомех от ВЛ и ее элементов (проводов, гирлянд изоляторов и арматуры) при наибольшем рабочем напряжении не должен превышать допустимых значений по ГОСТ 22012, ГОСТ Р 51320 и ГОСТ Р 51097.

7.2.6 Интенсивность электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля, создаваемого ВЛ при максимальных рабочих параметрах (напряжении и токе) и при абсолютной максимальной температуре воздуха для населенной местности, не должна превышать предельно допустимых значений, установленных в действующих санитарно-эпидемиологи-ческих правилах и нормативах.

Для ненаселенной и труднодоступной местности температура воздуха при предельно допустимой напряженности электрического поля принимается равной температуре воздуха теплого периода с обеспеченностью 0,99.

7.3 Электродинамическая стойкость

7.3.1 На ВЛ может применяться любое расположение проводов на опоре: горизонтальное, вертикальное и треугольное. На ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше с расположением проводов в несколько ярусов предпочтительной является схема со смещением проводов соседних ярусов по горизонтали. В районах по гололеду IV и более, рекомендуется применять горизонтальное расположение проводов.

7.3.2 Расстояния между проводами ВЛ, а также между проводами и тросами должны выбираться по:

1) условиям работы проводов (тросов) в пролетах;

2) допустимым изоляционным расстояниям между проводами и между проводами и элементами опоры;

3) условиям защиты от грозовых перенапряжений;

4) условиям короны и допустимых уровней радиопомех и акустических шумов.

Расстояния между проводами, а также между проводами и тросами выбирают по стрелам провеса, соответствующим габаритному пролету; при этом стрела провеса троса должна быть не более стрелы провеса провода.

В отдельных пролетах (не более 10 % от общего количества), полученных при расстановке опор и превышающих габаритные пролеты не более чем на 25 %, увеличения расстояний, вычисленных для габаритного пролета, не требуется.

Для пролетов, превышающих габаритные более чем на 25 %, следует производить проверку расстояний между проводами и тросами.

При различии стрел провеса, конструкций проводов и гирлянд изоляторов в разных фазах ВЛ дополнительно должна выполняться проверка расстояний между проводами (тросами) в пролете. Проверка производится при наиболее неблагоприятных статических отклонениях при расчетном ветровом давлении W, направленном перпендикулярно оси пролета данной ВЛ.

7.3.3 На ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов при горизонтальном расположении проводов минимальное расстояние между крайними фазами в пролете определяют как расстояние по горизонтали $d_{гор}$ между не отклоненными проводами (для расщепленных проводов – между ближайшими проводами разноименных фаз), м по формуле:

$$d_{гор} = d_{эл} + K_B \cdot \sqrt{f + \lambda - \delta}, \qquad (41)$$

где $d_{эл}$ – расстояние для условий внутренних перенапряжений (см. таблицу 17), м;

$K_в$ – коэффициент, значение которого принимается по таблице 20;

f – наибольшая стрела провеса при высшей температуре или при гололеде без ветра, соответствующая габаритному пролету, м;

λ – длина поддерживающей гирлянды изоляторов, м:

- для пролета, ограниченного анкерными опорами $\lambda = 0$:

- для пролетов с комбинированными гирляндами изоляторов λ принимается равной ее проекции на вертикальную плоскость;

- для пролетов с различной конструкцией гирлянд изоляторов λ принимается равной полусумме длин гирлянд изоляторов смежных опор;

δ – поправка на расстояние между проводами принимается равной 0,25 м на ВЛ класса напряжения от 35 кВ и 0,5 м на ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше в пролетах, ограниченных анкерными опорами, в остальных случаях $\delta = 0$ м.

Таблица 20 - Значение коэффициента $K_в$

Обозначение показателя	Значения						
$P_{wп}/P_I$	0,5	1	2	3	5	7	10 и более
$K_в$	0,65	0,70	0,73	0,75	0,77	0,775	0,78

$P_{wп}$ – расчетная ветровая нагрузка на провод, согласно 5.3.2.2, Н/м;

P_I – расчетная нагрузка от веса провода, Н/м;

Для промежуточных значений отношений $P_{\text{гп}}/P_{\text{I}}$, указанных в таблице 10, $K_{\text{в}}$ определяется линейной интерполяцией.

7.3.4 На ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов при вертикальном расположении проводов минимальное расстояние между не отклоненными проводами в середине пролета $d_{верт}$ определяют как расстояние между не отклоненными проводами (для расщепленных проводов – между ближайшими проводами разноименных фаз) по вертикали, в мметрах, по формуле:

$$d_{\text{верт}} = \frac{d_{эл}+K_{\text{г}}\cdot\sqrt{f+\lambda-\delta}}{\cos\theta}, \qquad (42)$$

где $d_{эл}$, f, λ, δ – то же, что и в 7.3.3;

$K_{\text{г}}$ – коэффициент, значение которого принимается по таблице 21.

Таблица 21 - Значение коэффициента $K_{\text{г}}$

Значение стрел провеса, м	Значение коэффициента $K_{\text{г}}$ при отношении $P_{гп}/P_I$							
	0,5	1	2	3	4	5	7	10 и более
Менее 12	0,4	0,7	0,9	1,1	1,2	1,25	1,3	1,4
От 12 до 20	0,5	0,85	1,15	1,4	1,5	1,6	1,75	1,9
Свыше 20	0,55	0,95	1,4	1,75	2,0	2,1	2,3	2,4

$P_{\text{гп}}$ – расчетная гололедная нагрузка на провод, Н/м, определяется по определяют по формуле (23) (см. 5.3.3);

P_{I} – то же, что и в 7.3.3;

θ - угол между горизонталью и прямой, соединяющей точки крепления проводов (тросов) на смежных опорах пролета. При углах до 10° допускается принимать $\cos\theta = 1$.

7.3.5 На ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов при смешанном расположении проводов (имеются смещения проводов друг относительно друга как по горизонтали, так и по вертикали) минимальное смещение по горизонтали $d_{\text{гор}}$ (при заданном расстоянии между проводами по вертикали) или минимальное расстояние по вертикали $d_{\text{вер}}$ (при заданном смещении по горизонтали) определяют в середине пролета в зависимости от наименьших расстояний между проводами ВЛ $d_{\text{гор}}$ и $d_{\text{вер}}$, рассчитанных согласно 7.3.3 и 7.3.4 для фактических условий, и принимают в соответствии с таблицей 22 (при $d_{\text{гор}} < d_{\text{вер}}$) или таблицей 23 (при $d_{\text{гор}} > d_{\text{вер}}$).

Таблица 22 – Соотношения между значениями горизонтального и вертикального смещения проводов при $d_{\text{гор}} < d_{\text{вер}}$

Вертикальное расстояние	0	0,25 $d_{\text{гор}}$	0,50 $d_{\text{гор}}$	0,75 $d_{\text{гор}}$	$d_{\text{гор}}$
Горизонтальное смещение	$d_{\text{верт}}$	0,95 $d_{\text{верт}}$	0,85 $d_{\text{верт}}$	0,65 $d_{\text{верт}}$	0

Таблица 23 – Соотношения между значениями горизонтального и вертикального смещения проводов при $d_{гор} > d_{\text{вер}}$

Вертикальное расстояние	0	0,25 $d_{\text{верт}}$	0,50 $d_{\text{верт}}$	0,75 $d_{\text{верт}}$	$d_{\text{верт}}$
Горизонтальное смещение	$d_{\text{гор}}$	0,95 $d_{\text{гор}}$	0,85 $d_{\text{гор}}$	0,65 $d_{\text{гор}}$	0

Промежуточные значения смещений и расстояний определяют линейной интерполяцией.

Расстояния d, определенные по 7.3.3, 7.3.4, 7.3.5, допускается округлять до 0,1 м для стрел провеса до 4 м, до 0,25 м для стрел провеса от 4 до 12 м и до 0,5 м при стрелах свыше 12 м.

7.3.6 Выбранные согласно 7.3.4 и 7.3.5 расстояния между проводами должны быть проверены по условиям пляски (см. приложение А, таблицы А.1–А.8). Из двух расстояний следует принимать наибольшее.

7.3.7 На ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше с подвесными изоляторами при непараллельном расположении проводов минимальные расстояния между ними следует определять:

1) в середине пролета – в соответствии с 7.3.3– 7.3.6;

2) на опоре: горизонтальные расстояния ($d_{гор}$) – согласно 7.3.3 при стреле провеса провода $f/16$, длине поддерживающей гирлянды изоляторов $\lambda/16$ и $K_в = 1$; вертикальные расстояния ($d_{верт}$) – согласно 7.3.4 при стреле провеса $f = 0$ и $K_г = 1$.

Кроме этого, расстояния между проводами на опорах должны удовлетворять 7.1.19-7.1.24, на двухцепных опорах – 7.3.10, а на ВЛ с деревянными опорами – требованиям 7.1.17;

3) на расстоянии от опоры 0,25 длины пролета: горизонтальные расстояния ($d_{гор}$) определяют интерполяцией расстояния на опоре и в середине пролета, вертикальные расстояния ($d_{верт}$) принимают такими как для середины пролета.

При изменении взаимного расположения проводов в пролете наименьшее расстояние между проводами определяют линейной интерполяцией минимальных расстояний $d_{гор}$ или $d_{верт}$, рассчитанных в точках, ограничивающих первую или вторую четверти пролета от опоры, в которой имеется пересечение.

7.3.8 Расстояния между проводами и тросами определяют согласно 7.3.3-7.3.5 и выбирая наибольшее.

Выбор расстояний между проводами и тросами по условиям пляски производится по стрелам провеса провода при среднегодовой температуре.

7.3.9 На ВЛ класса напряжения 35 кВ со стержневыми изоляторами при любом расположении проводов расстояние между ними по условиям их сближения в пролете должно быть не менее значений, определенных по формуле, м:

$$d = d_{эл} + 0{,}6\,f, \qquad (43)$$

где $d_{эл}$ – согласно 7.3.3;

f – стрела провеса при высшей температуре после вытяжки провода в действительном пролете, м.

При $f > 2$ м величину d допускается определять согласно 7.3.3 и 7.3.4 при $\delta = 0$.

7.3.10 На двухцепных опорах расстояние между ближайшими проводами разных цепей по условию работы проводов в пролете должно удовлетворять 7.3.3–7.3.6; при этом указанные расстояния должны быть не менее:

- 3,0 м – для ВЛ класса напряжения 35 кВ;
- 4,0 м – для ВЛ класса напряжения 110 кВ;
- 5,0 м – для ВЛ класса напряжения 150 кВ;
- 6,0 м – для ВЛ класса напряжения 220 кВ;

- 7,0 м – для ВЛ класса напряжения 330 кВ;
- 8,5 м – для ВЛ класса напряжения 500 кВ;
- 9,0 м – для ВЛ класса напряжения 750 кВ.

7.3.11 В сетях класса напряжения 35 кВ с изолированной нейтралью, имеющих участки совместной подвески с ВЛ более высокого напряжения, электромагнитное и электростатическое влияние последних в нормальном режиме работы сети класса напряжения 35 кВ не должно вызвать смещение нейтрали в этой сети более чем на 15 % фазного напряжения.

К сетям с заземленной нейтралью, подверженным влиянию ВЛ более высокого напряжения, специальных требований в отношении наведенного напряжения не предъявляется.

7.4 Сейсмостойкость

7.4.1 При создании ВЛ необходимо учитывать сейсмичность района строительства ВЛ (интенсивность сейсмических воздействий).

7.4.2 В районах с сейсмичностью выше 6 баллов при расчете опор, расчетные нагрузки от веса гололеда, от тяжения проводов и тросов в нормальных режимах для учета воздействия сейсмических нагрузок умножают на коэффициент сочетаний нагрузок $\psi = 0{,}8$.

7.5 Подвеска волоконно-оптических линий связи на ВЛ

7.5.1 Требования настоящего стандарта распространяются на размещение на ВЛ оптических кабелей следующих типов:

- встроенных в грозозащитный трос (ОКГТ);
- встроенных в фазный провод (ОКФП);
- самонесущих неметаллических (ОКСН);
- неметаллических, прикрепляемых или навиваемых на грозозащитный трос или фазный провод (ОКНН).

7.5.2 Все элементы ВОЛС-ВЛ должны соответствовать условиям работы ВЛ.

7.5.3 Оптические кабели, размещаемые на элементах ВЛ, должны удовлетворять требованиям:

- механической прочности;
- термической стойкости;
- стойкости к воздействию грозовых перенапряжений;
- обеспечения нагрузок на оптические волокна, не превышающих допускаемые;
- стойкости к воздействию электрического поля.

7.5.4 Механический расчет ОКГТ, ОКФП, ОКСН должен производиться на расчетные нагрузки по методу допускаемых напряжений с учетом вытяжки кабелей и допустимых нагрузок на оптическое волокно.

7.5.5 Механический расчет грозозащитного троса или фазного провода, на которых размещается ОКНН, должен производиться с учетом дополнительных весовых и ветровых нагрузок от ОК во всех режимаxx, указанных в 5.4.2-5.4.6.

7.5.6 Механический расчет ОК всех типов следует выполнять для исходных условий по 5.4.2-5.4.6.

Значения физико-механических параметров, необходимых для механического расчета ОК, и данные по вытяжке должны приниматься по техническим условиям на ОК или по данным изготовителей кабелей.

7.5.7 Оптические кабели должны быть защищены от вибрации в соответствии с условиями их подвески и требованиями изготовителя ОК.

7.5.8 При подвеске на ВЛ ОКГТ и ОКФП их расположение должно удовлетворять требованиям 7.1.18 и 7.3.1-7.3.11.

7.5.9 Независимо от напряжения ВЛ ОКГТ должен, как правило, быть заземлен на каждой опоре. Сопротивление заземляющих устройств опор, на которых подвешен ОКГТ, должно соответствовать таблице 18. Допускается увеличение этих сопротивлений при обеспечении термической стойкости ОК.

При наличии плавки гололеда на грозозащитных тросах допускается изолированное крепление ОКГТ при условии, что стойкость оптических волокон по температурному режиму удовлетворяет условиям работы в режиме плавки гололеда и режиму протекания токов на этом участке.

7.5.10 Необходимость заземления (или возможность изолированной подвески) троса, на котором подвешен ОКНН, обосновывается в проекте.

7.5.11 Оптические кабели ОКГТ, ОКФП и ОКНН должны быть проверены на работоспособность по температурному режиму при протекании максимального полного тока КЗ с учетом времени срабатывания резервных защит, дальнего резервирования, действия УРОВ или АПВ и полного времени отключения выключателей. Проверка проводится для наихудшего случая, при котором суммарное время протекания тока КЗ до момента его отключения максимально. При наличии УРОВ допускается не учитывать дальнее резервирование.

7.5.12 Оптические кабели ОКФП и ОКНН (при подвеске его на фазном проводе) следует проверять на работоспособность по температурному режиму при температурах провода, возникающих при его нагреве наибольшим рабочим током линии.

7.5.13 Напряженность электрического поля в точке подвеса ОКСН должна рассчитываться с учетом реального расположения кабеля, транспозиции фаз ВЛ, вероятности отключения одной цепи в случае двухцепной ВЛ, а также конструкции зажима (протектора).

Оптический кабель типа ОКНН следует проверять:

- при подвеске его на фазном проводе - на стойкость при воздействии электрического поля проводов;

- при подвеске его на грозозащитном тросе – на стойкость к воздействию электрического напряжения, наведенного на тросе, и прямых ударов молнии в трос

7.5.14 При креплении ОКНН к фазному проводу должны быть обеспечены следующие наименьшие расстояния от провода с прикрепленным или навитым ОК:

- до конструкции опоры при отклонении от воздействия ветра в соответствии с таблицей 16;

- до земли и инженерных сооружений и естественных препятствий в соответствии с таблицами 24-29, 34, 35, 38-45.

7.5.15 При подвеске на ВЛ ОК любого типа должна быть выполнена проверка опор и их закреплений в грунте с учетом дополнительных нагрузок, возникающих при этом.

7.6 Ремонтопригодность и долговечность

7.6.1 При создании ВЛ необходимо обеспечивать высокую ремонтопригодность и минимальные затраты при восстановлении после сверхрасчетных воздействий климатических факторов и различных чрезвычайных ситуаций. Необходимо применять конструкции, элементы и оборудование, обеспечивающие минимальные затраты на ремонтно-эксплуатационное обслуживание.

При создании ВЛ в труднодоступной местности, участков ВЛ, доступ к которым наземным транспортом невозможен, а также ВЛ, проходящих в безлюдной местности с суровыми климатическими условиями, должны быть предусмотрены пункты временного пребывания персонала или использование вертолетов.

7.6.2 Подъезд к ВЛ должен быть обеспечен в любое время года на возможно близкое расстояние, не далее чем на 0,5 км от трассы ВЛ.

Исключения допускаются на участках ВЛ:

- проходящих по топким болотам и сильно пересеченной местности, где проезд невозможен. В этих случаях необходимо выполнять вдоль трассы ВЛ пешеходные тропки с мостиками шириной от 0,8 до 1,0 м, оборудованных перилами, или насыпные земляные дорожки шириной не менее 0,8 м;
- проходящих по территориям, занятым под садовые и ценные сельскохозяйственные культуры, а также под насаждения защитных полос лесов вдоль железных дорог, автомобильных дорог и запретных полос лесов по берегам рек, озер, водохранилищ, каналов и других водных объектов.
- проходящих по местности, пересеченной мелиоративными каналами, на которых необходимо предусматривать прокладку пешеходных мостков шириной от 0,8 до 1,0 м, оборудованных перилами.

7.6.3 Для обеспечения подъема персонала на опору должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

1) на каждой стойке металлических опор высотой до вершины до 20 м при расстояниях между точками крепления решетки к поясам стойки (ствола) более 0,6 м или при наклоне решетки к горизонтали более 30^0, а для опор высотой более 20 и менее 50 м независимо от расстояний между точками крепления решетки и угла ее наклона на одном поясе должны быть выполнены специальные ступеньки (степ-болты) или лестницы без ограждения, доходящие до отметки верхней траверсы.

Конструкция тросостойки на этих опорах должна обеспечивать удобный подъем или иметь специальные ступеньки (степ-болты);

2) на каждой стойке металлических опор высотой до вершины опоры более 50 м должны быть установлены лестницы с ограждениями, доходящие до вершины опоры. При этом через каждые 15 м по вертикали должны быть выполнены площадки (трапы) с ограждениями. Трапы с ограждениями должны выполняться также на траверсах этих опор. На опорах со шпренгельными

траверсами должна быть обеспечена возможность держаться за тягу при перемещении по траверсе;

3) на стальных многогранных опорах ВЛ классов напряжений от 35 до 500 кВ и железобетонных опорах любой высоты должна быть обеспечена возможность подъема на нижнюю траверсу с телескопических вышек, по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств. Для подъема по железобетонной центрифугированной стойке выше нижней траверсы на опорах ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ должны быть предусмотрены стационарные лазы (лестницы без ограждений и т.п.).

Для подъема по железобетонной вибрированной стойке ВЛ класса напряжения 35 кВ, на которой установлены силовые или измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители или другие аппараты, должна быть предусмотрена возможность крепления инвентарных лестниц или специальных инвентарных подъемных устройств.

На железобетонные вибрированные стойки, на которых вышеуказанное электрооборудование не устанавливается, это требование не распространяется.

Удобный подъем на тросостойки и металлические вертикальные части стоек железобетонных опор ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ должен быть обеспечен конструкцией или специальными ступеньками (степ-болтами);

4) железобетонные опоры, не допускающие подъема по инвентарным лестницам или с помощью специальных инвентарных подъемных устройств (опоры с оттяжками или внутренними связями, закрепленными на стойке ниже нижней траверсы), должны быть снабжены стационарными лестницами без ограждений, доходящими до нижней траверсы. Выше нижней траверсы должны быть выполнены устройства, указанные в позиции 3 данного пункта.

7.6.4 На опорах ВЛ на высоте от 2 до 3 м должны быть нанесены следующие постоянные знаки:

- порядковый номер опоры, номер ВЛ или ее условное обозначение - на всех опорах; на двухцепных и многоцепных опорах ВЛ, кроме того, должна быть обозначена соответствующая цепь;
- информационные знаки с указанием ширины охранной зоны ВЛ; расстояние между информационными знаками в населенной местности должно быть не более 250 м, при большей длине пролета знаки устанавливают на каждой опоре; в ненаселенной и труднодоступной местности - 500 м, допускается более редкая установка знаков.
- расцветка фаз - на ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше на концевых опорах, опорах, смежных с транспозиционными, и на первых опорах ответвлений от ВЛ;
- предупреждающие плакаты - на всех опорах ВЛ в населенной местности;
- плакаты с указанием расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи – на опорах, установленных на расстоянии менее половины высоты опоры до кабелей связи.

Допускается совмещать на одном знаке всю информацию, устанавливаемую требованиями настоящего параграфа.

Плакаты и знаки должны устанавливаться сбоку опоры поочередно с правой и с левой стороны, а на переходах через дороги плакаты должны быть обращены в сторону дороги.

На ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше, обслуживание которых будет осуществляться с использованием вертолетов, в верхней части каждой пятой опоры устанавливают номерные знаки, видимые с вертолета. При этом для ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ знаки должны быть эмалированными, размером 400×500 мм.

7.6.5 Линейные разъединители, переключательные пункты, высокочастотные заградители, установленные на ВЛ, должны иметь соответствующие порядковые номера и диспетчерские наименования.

7.6.6 Конструкции опор должны предусматривать возможность крепления специальных устройств и приспособлений, позволяющих на отключенной ВЛ, а на ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше и без снятия напряжения:

- производство технического обслуживания и ремонтных работ;
- удобные и безопасные подъем персонала на опору от уровня земли до вершины опоры и его перемещение по элементам опоры (стойкам, траверсам, тросостойкам, подкосам и др.).

7.6.7 Металлические опоры и подножники, металлические детали железобетонных и деревянных опор, бетонные и железобетонные конструкции, а также древесина элементов деревянных опор должны быть защищены от коррозии с учетом требования строительных норм и правил СНиП 2.03.11-85 [3]. В необходимых случаях следует предусматривать защиту от электрокоррозии.

7.6.8 Стальные канаты, ГОСТ 3062, ГОСТ 3063, ГОСТ 3064, применяемые в качестве грозозащитных тросов, оттяжек и элементов опор, должны иметь коррозионно-стойкое исполнение с учетом вида и степени агрессивности среды в условиях эксплуатации.

На грозозащитный трос и оттяжки в процессе сооружения ВЛ должна быть нанесена защитная смазка.

7.6.9 На участках ВЛ в горных условиях в необходимых случаях должны быть предусмотрены:

- очистка склонов от опасных для ВЛ нависающих камней;
- расположение опор ВЛ вне зоны схода снежных лавин и камнепадов,-при этом провода и тросы должны размещаться вне зоны действия воздушной волны лавины, а также расчетной траектории полета падающих камней.

7.6.10 Трассы ВЛ следует располагать вне зоны распространения оползневых процессов. При невозможности обхода таких зон должна предусматриваться инженерная защита ВЛ от оползней в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП 22-02-2003 [13].

7.6.11 При прохождении ВЛ в условиях пересеченной местности с солифлюкционными явлениями при размещении опор на косогорах подземная часть опор и фундаментов должна рассчитываться на дополнительную нагрузку от давления слоя сползающего грунта.

7.6.12 При прохождении ВЛ по просадочным грунтам опоры, как правило, должны устанавливаться на площадках с минимальной площадью водосбора с выполнением комплекса мероприятий против просадки грунта. Нарушение растительности и почвенного покрова должно быть минимальным.

7.6.13 При прохождении ВЛ по полузакрепленным и незакрепленным пескам необходимо выполнение мероприятий по закреплению песков. Нарушение растительного покрова должно быть минимальным.

7.6.14 Опоры ВЛ рекомендуется устанавливать на безопасном расстоянии от русла реки с интенсивным размывом берегов, с учетом прогнозируемых перемещений русла и затопляемости поймы, а также вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, ледоходы и т.п. При обоснованной невозможности установки опор в безопасных местах необходимо выполнить мероприятия по защите опор от повреждений (специальные фундаменты, укрепление берегов, откосов, склонов, устройство водоотвода, струенаправляющих дамб, ледорезов и иных сооружений).

Установка опор в зоне прохождения прогнозируемых грязекаменных селевых потоков не допускается.

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

- устройство канавы глубиной 0,4 м и шириной 0,6 м на расстоянии 2 м вокруг каждой стойки опоры;
- уничтожение травы и кустарника и очистка от них площадки радиусом 2 м вокруг каждой опоры;
- применение железобетонных приставок, при этом расстояние от земли до нижнего торца стойки должно быть не менее 1 м.

Установка деревянных опор ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше в местностях, где возможны низовые или торфяные пожары, не рекомендуется.

7.6.16 В районах сильноагрессивной степени воздействия среды, в районах солончаков, засоленных песков, песчаных пустынь в прибрежных зонах морей и соленых озер площадью более 10000 м^2, а также в местах, где в процессе эксплуатации установлено коррозионное разрушение металла изоляторов, линейной арматуры, проводов и тросов, заземлителей, следует предусматривать:

- изоляторы и линейную арматуру в тропическом исполнении, при необходимости с дополнительными защитными мероприятиями;
- коррозионно-стойкие провода, тросы и тросовые элементы опор;
- увеличение сечения элементов заземляющих устройств, применение оцинкованных или медных заземлителей.

8 Условия прохождения ВЛ по различным видам местности

8.1 Требования к ВЛ, проходящим в сложных климатических условиях

8.1.1 К территориям со сложными климатическими условиями относятся:

- районы по гололеду IV и выше (толщина стенки гололеда 25 мм и более с повторяемостью один раз в 25 лет);
- районы по ветру V и выше (нормативное ветровое давление 1000 Па и более на высоте 10 м над поверхностью земли с повторяемостью один раз в 25 лет);
- районы ветровой нагрузки при гололеде – V и выше (где ветровое давление при гололеде с повторяемостью один раз в 25 лет превышает 280 Па независимо от района по гололеду).

8.1.2 Территории со сложными климатическими условиями определяют по картам климатического районирования с повторяемостью один раз в 25 лет и по данным эксплуатации ВЛ.

8.1.3 Для территорий со сложными климатическими условиями уровни надежности ВЛ по расчетным климатическим нагрузкам могут устанавливаться заказчиком в задании на проектирование.

8.1.4 Расчетные климатические нагрузки для ВЛ (участка ВЛ), проходящих в труднодоступной местности, следует принимать на один-два уровня выше чем для ВЛ (участка ВЛ), проходящих в населенной и ненаселенной местности.

8.1.5 Применять сталеалюминиевые провода сечением по алюминию не менее 150 мм2 для ВЛ класса напряжения 35 кВ, не менее 185 мм^2 для ВЛ класса напряжения 110 кВ, не менее 300 мм^2 для ВЛ классов напряжений от 220 кВ и выше. Рекомендуемое отношение сечения алюминиевой части провода к сечению стального сердечника – не более 4,39.

На отдельных участках ВЛ в районах со сложными климатическими условиями допускается применение марок и сечений проводов и грозозащитных тросов и конструкции фазы, отличных от примененных по всей линии.

8.1.6 Для повышения грозоупорности ВЛ в гололедоопасных районах рекомендуется в качестве грозозащитных тросов применять сталеалюминиевые провода с усиленным сердечником, а также уменьшать длину пролетов.

8.1.7 При создании ВЛ для климатических районов с большими отложениями гололеда на проводах и тросах и для районов с частой и интенсивной пляской проводов для предотвращения схлестывания проводов, междуфазовых перекрытий, перекрытий провод-трос расстояния между проводами (проводами и тросами) должны устанавливаться с учетом возможных траекторий проводов (тросов) при сбросе гололеда и при пляске.

Для ограничения пляски проводов и предотвращения их схлестывания при сбросе гололеда целесообразно применять междуфазовые изолирующие распорки, ограничители гололедообразования и налипания мокрого снега на проводах, гасители пляски.

8.1.8 Для особо ответственных ВЛ, требующих повышенной надежности, проходящих в районах с умеренной пляской, рекомендуется принимать увеличенные расстояния между проводами или между проводами и тросами, как для ВЛ, проходящих в районах с частой и интенсивной пляской.

8.1.9 Применять, как правило, опоры и фундаменты индивидуальной конструкции.

8.1.10 Применять стеклянные или полимерные изоляторы. На ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше следует применять двухцепные поддерживающие и натяжные гирлянды с раздельным креплением к опоре или одноцепные гирлянды с изоляторами на класс выше, чем это требуется по механическим нагрузкам.

8.1.11 При техническом перевооружении (реконструкции) ВЛ в районах с толщиной стенки гололеда 25 мм и более, а также с частыми образованиями гололеда или изморози в сочетании с сильными ветрами и в районах с частой и интенсивной пляской проводов, допускается предусматривать плавку гололеда на проводах и тросах.

8.2 Условия прохождения ВЛ по различным видам местности. Пересечение и сближение

8.2.1 Прохождение ВЛ по ненаселенной и труднодоступной местности

8.2.1.1 Расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местностях в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее приведенных в таблице 24.

Наименьшие расстояния определяютпри наибольшей стреле провеса провода без учета его нагрева электрическим током:

- при высшей температуре воздуха для ВЛ классов напряжений от 500 кВ и ниже;
- при температуре воздуха при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитных составляющих электромагнитного поля для ВЛ класса напряжения 750 кВ;
- при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

Таблица 24 - Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли в ненаселенной и труднодоступной местности

Характеристика местности	Наименьшее расстояние, м, при классе напряжения ВЛ, кВ					
	35-110	150	220	330	500	750
Ненаселенная местность; районы тундры, степей с почвами, непригодными для земледелия, и пустыни	6	6,5	7	7,5	8	12
Труднодоступная местность	5	5,5	6	6,5	7	10
Недоступные склоны гор скалы, утесы и т.п	3	3,5	4	4,5	5	7,5

8.2.1.2 При прохождении ВЛ всех классов напряжений по пахотным и культурным землям рекомендуется не занимать земли, орошаемые дождевальными установками. Допускается прохождение ВЛ по этим землям при условии выполнения требований строительных норм и правил.

8.2.1.3 В местах пересечения ВЛ со скотопрогонами наименьшее расстояние по вертикали от проводов до поверхности земли должно быть не менее, чем при пересечении с автомобильными дорогами.

8.2.1.4 В местах пересечения ВЛ с мелиоративными каналами наименьшее расстояние по вертикали от проводов при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током до подъемной или выдвижной частей землеройных машин, располагаемых на дамбе или берегах каналов, в рабочем положении или до габаритов землесосов при наибольшем уровне высоких вод должно быть не менее:

- для ВЛ классов напряжений от 35 до 110 кВ – 4,0 м;
- для ВЛ классов напряжений от 150 до 220 кВ – 5,0 м;
- для ВЛ класса напряжения 330 кВ – 6,0 м;
- для ВЛ классов напряжений от 500 до750 кВ – 9,0 м.

8.2.1.5 Опоры должны располагаться вне полосы отвода земель в постоянное пользование для мелиоративных каналов.

При параллельном следовании ВЛ с мелиоративными каналами крайние провода ВЛ при неотклоненном их положении должны располагаться вне полосы отвода земель в постоянное пользование для мелиоративных каналов.

8.2.1.6 Шпалерная проволока для подвески винограда, хмеля и других аналогичных сельскохозяйственных культур, должна быть заземлена в пределах охранной зоны ВЛ через каждые промежутки от 50 до 70 м ее длины при ее пересечении ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше под углом менее 70°.

Сопротивление заземления не нормируется.

8.2.2 Прохождение ВЛ по насаждениям

8.2.2.1 Не допускается прокладка ВЛ по территории защитных лесов. ВЛ по возможности следует прокладывать по насаждениям на повышенных опорах с расположением проводов над деревьями без вырубки просек

8.2.2.2 Для прохождения ВЛ по насаждениям должны быть прорублены просеки.

Ширина просек в насаждениях должна приниматься в зависимости от высоты деревьев с учетом их перспективного роста в течение 25 лет с момента ввода ВЛ в эксплуатацию.

Примечание – Здесь и далее под высотой насаждения понимается увеличенная на 10 % средняя высота преобладающей по запасам породы, находящейся в верхнем ярусе насаждения. В разновозрастных насаждениях под ней понимается увеличенная на 10 % средняя высота преобладающего по запасу поколения.

В лесах с перспективной высотой пород до 4,0 м ширина просек принимается равной расстоянию между крайними проводами ВЛ плюс по 3,0 м в каждую сторону от крайних проводов.

Ширину просеки рассчитывают по формуле:

$$A = D + 2\,(B + a + K), \qquad (44)$$

где A – ширина просеки, м;

D – расстояние по горизонтали между крайними, наиболее удаленными проводами фаз, м;

B – наименьшее допустимое расстояние по горизонтали между крайним проводом ВЛ и кроной деревьев, м (эти расстояния должны быть не менее приведенных в таблице 25);

a – горизонтальная проекция стрелы провеса провода и поддерживающей гирлянды изоляторов, м, при наибольшем их отклонении согласно 5.4.5 (перечисление 1) с учетом типа местности по 5.2.4;

K – радиус горизонтальной проекции кроны с учетом перспективного роста в течение 25 лет с момента ввода ВЛ в эксплуатацию, м.

Таблица 25- Наименьшее расстояние по горизонтали между проводами ВЛ и кронами деревьев

Наименование показателя	Значение			
Напряжение ВЛ, кВ	35-110	150-220	330-500	750
Наименьшее расстояние, м	4	5	6	7

Радиусы проекций крон деревьев основных лесообразующих пород принимают равными:

- сосна, лиственница – 7,0 м
- ель, пихта – 5,0 м
- дуб, бук – 9,0 м
- липа– 4,5 м

- береза – 4,5 м
- осина – 5,0 м.

Для других пород деревьев радиусы проекций крон определяют при конкретном проектировании по данным владельца насаждений.

8.2.2.3 В понижениях рельефа, на косогорах и в оврагах просека прорубается с учетом перспективной высоты насаждений, при этом, если расстояние по вертикали от верха крон деревьев до провода ВЛ более 9,0 м, просека прорубается только под ВЛ по ширине, равной расстоянию между крайними проводами плюс по 2,0 м в каждую сторону.

8.2.3 Прохождение ВЛ по населенной местности

8.2.3.1 При выборе трассы ВЛ в населенной местности должны быть предусмотрены меры по выполнению требований санитарных норм, строительных норм и правил. ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше следует размещать за пределами селитебной территории.

8.2.3.2 Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли в населенной местности в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее приведенных в таблице 26.

8.2.3.3 Для выполнения требований охраны ВЛ должны:

- устанавливаться охранные зоны;
- отводиться земельные участки вокруг опор (стоек опор),
- определяться: допустимые расстояния от проводов ВЛ до зданий и сооружений, насаждений, земли и воды; просеки в лесных массивах.

8.2.3.4 Охранные зоны устанавливают вдоль воздушных линий электропередачи – в виде части поверхности участка земли и воздушного пространства (на высоту, соответствующую высоте опор воздушных линий электропередачи), ограниченной параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии электропередачи от крайних проводов при неотклоненном их положении, на расстоянии для ВЛ напряжением:

- 35 кВ 20 м;
- 110 кВ 25 м;
- 150, 220 кВ 30 м;
- 330, 500 кВ 40 м;
- 750 кВ 55 м.

Наименьшие расстояния определяют при наибольшей стреле провеса провода без учета его нагрева электрическим током:

- при высшей температуре воздуха для ВЛ 220 кВ и ниже;
- при температуре воздуха по 10.7 при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля для ВЛ классов напряжений от 330 кВ и выше;
- при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

Таблица 26 - Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до поверхности земли, производственных зданий и сооружений в населенной местности

Условия работы ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ						
	35	110	150	220	330	500	750

Нормальный режим: до поверхности земли	7	7	7,5	8	11	15,5	23
до производственных зданий и сооружений	3	4	4	5	7,5	8	12
Обрыв провода в смежном пролете до поверхности земли	5,5	5,5	5,5	5,5	6	-	-

8.2.3.5 Наименьшие расстояния, приведенные в таблице 26, должны соблюдаться при максимальных токовых нагрузках и воздействии солнечной радиации.

8.2.3.6 В местах пересечения ВЛ с улицами, проездами и т.п. расстояния по вертикали от проводов площадью сечения проводящей части менее 185 мм2 до поверхности земли должны быть проверены также на обрыв провода в смежном пролете при среднегодовой температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током. Эти расстояния должны быть не менее приведенных в таблице 26.

При прохождении ВЛ в пределах специально отведенных в городской черте коридоров, а также для ВЛ с проводами с площадью сечения проводящей части 185 $мм^2$ и более проверка вертикальных расстояний при обрыве проводов не требуется.

8.2.3.7 Расстояние по горизонтали от основания опоры ВЛ до кювета или бортового камня проезжей части улицы (проезда) должно быть не менее 2,0 м; расстояние до тротуаров и пешеходных дорожек не нормируется.

8.2.3.8 Прохождение ВЛ над зданиями и сооружениями допускается только над производственными зданиями и сооружениями промышленных предприятий I и II степени огнестойкости в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП 21-01-97 [12] с кровлей из негорючих материалов (для ВЛ классов напряжений от 330 до 750 кВ только над производственными зданиями электрических станций и подстанций). При этом расстояние по вертикали от проводов ВЛ до вышеуказанных зданий и сооружений при наибольшей стреле провеса должно быть не менее приведенных в таблице 26.

Металлические кровли, над которыми проходят ВЛ, должны быть заземлены. Сопротивление заземления должно быть не более указанного в таблице 18.

Для ВЛ классов напряжений от 330 кВ и выше должна быть обеспечена защита персонала, находящегося внутри производственных зданий электрических станций и подстанций, от влияния электрического поля, а заземление металлической кровли должно выполняться не менее чем в двух точках.

8.2.3.9 Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ классов напряжений до 220 кВ при наибольшем их отклонении до ближайших частей производственных, складских, административно-бытовых и общественных зданий и сооружений должны быть не менее: 4,0 м для ВЛ классов напряжений от 35 до 110 кВ; 5,0 м для ВЛ классов напряжений от 150 до 220 кВ; 6,0 м для ВЛ класса напряжения 330 кВ;

Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ классов напряжений от 330 кВ и выше должны быть не менее:

- до ближайших частей непроизводственных и производственных зданий и сооружений электрических станций и подстанций при наибольшем отклонении проводов: 8,0 м - для ВЛ класса напряжения 330 кВ, 10,0 м - для ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ;

- до ближайших частей производственных, складских, административно-бытовых и общественных зданий и сооружений (кроме электрических станций и подстанций) при неотклоненном положении проводов: 20,0 м - для ВЛ класса напряженя 330 кВ, 30,0 м - для ВЛ класса напряженя 500 кВ, 40,0 м - для ВЛ класса напряженя 750 кВ.

Прохождение ВЛ по территориям стадионов и детских учреждений не допускается.

8.2.3.10 Расстояния от отклоненных проводов ВЛ, расположенных вдоль улиц, в парках и садах, до деревьев, а также до тросов подвески дорожных знаков должны быть не менее приведенных в таблице 25.

Расстояния по горизонтали от крайних проводов вновь сооружаемых ВЛ при неотклоненном их положении до границ земельных участков жилых и общественных зданий, до детских игровых площадок, площадок отдыха и занятий физкультурой, хозяйственных площадок или до ближайших выступающих частей жилых и общественных зданий при отсутствии земельных участков со стороны прохождения ВЛ, а также до границ приусадебных земельных участков индивидуальных домов и коллективных садовых участков должно быть не менее расстояний для охранных зон ВЛ соответствующих напряжений.

8.2.3.11 Уровень радиопомех в зданиях и сооружениях, расположенных на расстояниях от ВЛ, указанных в 8.2.3.6 и 8.2.3.7, не должен превышать значений по ГОСТ Р 51320, ГОСТ 22012.

Соблюдение требований стандартов может быть достигнуто специальными мероприятиями (выносными антеннами, изменением конструкции ВЛ).

При невозможности соблюдения требований ГОСТ Р 51320, ГОСТ 22012, в соответствии с позицией 1 настоящего пункта, расстояния от крайних проводов ВЛ при неотклоненном их положении до ближайших частей зданий и сооружений должны быть приняты не менее: 10,0 м - для ВЛ класса напряжения 35 кВ; 50,0 м - для ВЛ классов напряжений 110-220 кВ; 100,0 м - для ВЛ классов напряжений от 330 кВ и выше.

8.2.3.12 Расчет уровня радиопомех должен выполняться при следующих условиях:

- среднегодовых значений плотности воздуха;
- температуры воздуха;
- наибольшей напряженности электрического поля у поверхности провода.

Наибольшая напряженность электрического поля у поверхности провода по условиям короны не должна превышать 0.9 от начальной напряженности короны на проводе.

8.2.3.13 Расстояния в свету от заземленных частей и заземлителей опор ВЛ до проложенных в земле кабелей должны приниматься: для ВЛ класса напряжения от 35 кВ – 5,0 м; для ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше – 10,0 м.

8.2.4 Пересечение и сближение ВЛ между собой

8.2.4.1 Угол пересечения ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше между собой и с ВЛ (ВЛИ) классов напряжений от 35 кВ и ниже не нормируется.

8.2.4.2 Место пересечения должно выбираться возможно ближе к опоре верхней (пересекающей) ВЛ. Расстояния от проводов нижней (пересекаемой) ВЛ до опор верхней (пересекающей) ВЛ по горизонтали и от проводов верхней (пересекающей) ВЛ до опор нижней (пересекаемой) ВЛ в свету должны быть не менее приведенных в таблице 27.

Таблица 27 - Наименьшее расстояние между проводами и опорами пересекающихся ВЛ

Класс напряжения пересекающей ВЛ, кВ	Наименьшее расстояние от проводов пересекаемой ВЛ до ближайшей части опоры, м	
	При наибольшем отклонении проводов	При неотклоненном положении проводов
До 330	3,0	6,0
500	4,0	10,0
750	6,0	15,0

8.2.4.3 Опоры ВЛ классов напряжений 500 и 750 кВ, ограничивающие пролет пересечения с ВЛ классов напряжений 500 и 750 кВ, должны быть анкерного типа.

Пересечение ВЛ классов напряжений 500 и 750 кВ с ВЛ классов напряжений от 330 кВ и ниже, а также ВЛ классов напряжений от 330 кВ и ниже между собой допускается осуществлять в пролетах, ограниченных как промежуточными опорами, так и анкерными опорами.

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

8.2.4.4 При пересечении ВЛ классов напряжений 500 и 750 кВ с ВЛ классов напряжений от 6 до 20 кВ и ВЛ (ВЛИ) классов напряжений до 1кВ опоры пересекаемых ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа, провода пересекаемых ВЛ в пролете пересечения должны быть:

- сталеалюминиевыми площадью сечения не менее 70 мм^2 по алюминию для ВЛ классов напряжений от 6 до 20 кВ;
- сталеалюминиевыми площадью сечения по алюминию не менее 70 мм^2 или из термоупрочненного алюминиевого сплава площадью сечения не менее 70 мм^2 для ВЛЗ 6-20 кВ;
- алюминиевыми площадью сечения не менее 50 мм^2 - для ВЛ классов напряжений до 1 кВ;
- жгут самонесущих изолированных проводов без несущего нулевого провода с площадью сечения фазной жилы не менее 25 мм^2 или с несущим проводом из термообработанного алюминиевого сплава площадью сечения не менее 50 мм^2.

Провода в пролетах пересечения должны крепиться на опорах с помощью:

- подвесных стеклянных изоляторов - для ВЛ (ВЛЗ) классов напряжений от 6 до 20 кВ;

- штыревых изоляторов с двойным креплением к ним - для ВЛ классов напряжений до 1 кВ;

- натяжных анкерных зажимов - для ВЛИ.

8.2.4.5 На промежуточных опорах пересекающей ВЛ с поддерживающими гирляндами изоляторов провода должны быть подвешены в глухих зажимах, а на опорах со штыревыми изоляторами должно применяться двойное крепление провода.

На промежуточных опорах существующей ВЛ класса напряжения 750 кВ, ограничивающих пролет пересечения с вновь сооружаемыми под ней ВЛ классов напряжений до 330 кВ, а также на существующих ВЛ классов напряжений до 500 кВ при площади сечения алюминиевой части проводов 300 мм^2 и более при сооружении под ними других ВЛ допускается оставлять зажимы с ограниченной прочностью заделки и выпадающие зажимы.

8.2.4.6 Провода ВЛ более высокого напряжения должны быть расположены выше проводов пересекаемых ВЛ более низкого напряжения.

8.2.4.7 Пересечение ВЛ классов напряжений от 35 до 500 кВ с двухцепными ВЛ тех же напряжений, служащими для электроснабжения потребителей, не имеющих резервного питания, или с двухцепными ВЛ, цепи которых являются взаиморезервирующими, как правило, осуществляют в разных пролетах пересекающей ВЛ, разделенных анкерной опорой. Пересечение ВЛ класса напряжения от 750 кВ с такими ВЛ допускается выполнять в одном пролете, ограниченном как анкерными, так и промежуточными опорами.

На участках стесненной трассы пересечение ВЛ с проводами площадью сечения проводящей части 120 мм^2 и более с двухцепными ВЛ допускается осуществлять в одном пролете пересекающей ВЛ, ограниченном промежуточными опорами. При этом на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должны быть применены двухцепные поддерживающие гирлянды изоляторов с раздельным креплением цепей к опоре.

8.2.4.8 Расстояния при высшей для данного региона температуре воздуха без ветра между ближайшими проводами (или проводами и тросами) пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии устройств молниезащиты (тросов или защитных аппаратов) должны быть не менее приведенных в таблице 28.

Для промежуточных длин пролетов расстояния определяют линейной интерполяцией.

При определении расстояний между проводами пересекающихся ВЛ следует учитывать возможность поражения молнией обеих ВЛ и принимать большие расстояния. Если верхняя ВЛ защищена тросами, то учитывается возможность поражения молнией только нижней ВЛ, при этом учитывается возможность только перекрытия с проводов или тросов с нижней ВЛ на верхнюю.

Допускается сохранение опор пересекаемых ВЛ классов напряжений до 110 кВ под проводами пересекающих ВЛ классов напряжений до 500 кВ, если расстояние по вертикали от проводов пересекающей ВЛ до верха опоры пересекаемой ВЛ на 4 м больше значений, приведенных в таблице 28.

Таблица 28 - Наименьшее расстояние между проводами или проводами и тросами пересекающихся ВЛ на металлических и железобетонных опорах, а также на деревянных опорах при наличии устройств молниезащиты.

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 класса напряжения 750 кВ между собой и с ВЛ более низких классов напряжения					
До 200	6,5	6,5	6,5	7,0	-	-
300	6,5	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
450	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
500	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
	При пересечении ВЛ классов напряжений 500 и 330 кВ между собой и с ВЛ более низкого класса напряжения					
До 200	5,0	5,0	5,0	5,5	-	-
300	5,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
450	5,0	5,5	6,0	7,0	7,5	8,0
	При пересечении ВЛ классов напряжений 220 и 150 кВ между собой и с ВЛ более низкого класса напряжения					
До 200	4	4	4	4	-	-
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
	При пересечении ВЛ классов напряжений 110 и 35 кВ между собой и с ВЛ более низкого класса напряжения					
До 200	3	3	3	4	-	-
300	3	3	4	4,5	5	-

Допускается сохранение опор пересекаемых ВЛ классов напряжений до 150 кВ под проводами пересекающих ВЛ класса напряжения от 750 кВ, если расстояние по вертикали от проводов ВЛ класса напряжения 750 кВ до верха опоры пересекаемой ВЛ не менее 12,0 м при высшей температуре воздуха.

8.2.4.9 Расстояние между ближайшими проводами (или между проводами и тросами) пересекающихся ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше подлежат дополнительной проверке на условия отклонения проводов (тросов) одной из пересекающихся ВЛ в пролете пересечения при ветровой нагрузке на провода согласно 5.3.2, направленной перпендикулярно оси пролета одной из ВЛ, и неотклоненном положении провода (троса) другой. При этом расстояния между проводами и тросами или проводами должны быть не менее указанных в таблице 16 или 17 для условий наибольшего рабочего напряжения, температуру воздуха для неотклоненных проводов принимают по 5.2.5.

8.2.4.10 На ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, должны устанавливаться защитные аппараты на обеих пересекающихся ВЛ, на опорах, ограничивающих пролеты пересечения. Расстояния между проводами пересекающихся ВЛ должны быть не менее приведенных в таблице 28.

На ВЛ классов напряжений от 35 кВ и ниже в качестве защитных аппаратов допускается применять ИП при пересечении с ВЛ классов напряжений от 750 кВ и ниже. При этом для ВЛ классов напряжений от 35 кВ и ниже с ИП должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение.

ИП на одностоечных и А-образных опорах с деревянными траверсами выполняют в виде одного заземляющего спуска и заканчивают бандажами на

расстоянии 75 см (по дереву) от точки крепления нижнего изолятора. На П и АП-образных деревянных опорах заземляющие спуски прокладывают по двум стойкам опор до траверсы.

Если расстояние от места пересечения до ближайших опор пересекающихся ВЛ составляет не более 40,0 м, защитные аппараты устанавливают только на ближайших опорах.

8.2.4.11 На ВЛ с деревянными опорами, не защищенных тросами, при пересечении их с ВЛ класса напряжения 750 кВ металлические детали для крепления проводов (крюки, штыри, оголовки) должны быть заземлены на опорах, ограничивающих пролет пересечения, а количество подвесных изоляторов в гирляндах должно соответствовать изоляции для металлических опор. При этом на опорах пересекаемой ВЛ должны быть установлены защитные аппараты.

Если расстояние от места пересечения до ближайшей деревянной опоры пересекаемой ВЛ составляет более 40,0 м, допускается защитные аппараты не устанавливать, а заземление деталей крепления проводов на опорах ВЛ классов напряжений от 35 до 110 кВ не требуется.

8.2.4.12 Установка защитных аппаратов на опорах пересечения не требуется:

- для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами;
- для ВЛ с деревянными опорами при расстояниях между проводами пересекающихся ВЛ классов напряжений:

а) 750 кВ – не менее 9,0 м;
б) от 330 до 500 кВ – не менее 7,0 м
в) от 150 до 220 кВ – не менее 6,0 м,
г) от 35 до 110 кВ – не менее 5,0 м.

Сопротивления заземляющих устройств деревянных опор с защитными аппаратами должны приниматься в соответствии с таблицей 18.

8.2.4.13 При параллельном следовании и сближении ВЛ одного класса напряжения между собой или с ВЛ других классов напряжений расстояния по горизонтали должны быть не менее приведенных в таблице 29 и приниматься по ВЛ более высокого напряжения. Указанные расстояния подлежат дополнительной проверке на:

- непревышение смещения нейтрали более 15 % фазного напряжения в нормальном режиме работы ВЛ класса напряжения 35 кВ с изолированной нейтралью за счет электромагнитного и электростатического влияния ВЛ более высокого класса напряжения;
- исключение возможности развития в отключенном положении ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ, оборудованных компенсирующими устройствами (шунтирующими реакторами, синхронными или тиристорными статическими компенсаторами и др.), резонансных перенапряжений.

Таблица 29 - Наименьшее расстояние по горизонтали между ВЛ

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при классе напряжения ВЛ, кВ								
	до 20	35	110	150	220	330	500	750	ВЛЗ
Участки нестесненной трассы, между осями ВЛ	Высота наиболее высокой опоры*)								3

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при классе напряжения ВЛ, кВ								
	до 20	35	110	150	220	330	500	750	ВЛЗ
Участки стесненной трассы, подходы к подстанциям:									
между крайними проводами в неотклоненном положении	2,5	4	5	6	7	10	15	20**)	2
от отклоненных проводов одной ВЛ до ближайших частей опор другой ВЛ	2	4	4	5	6	8	10	10	2

Примечания:

*) Не менее 50,0 м для ВЛ класса напряжения 500 кВ и не менее 75,0 м для ВЛ класса напряжения 750 кВ;

**) Для двух и более ВЛ класса напряжения 750 кВ фазирование смежных крайних фаз должны быть разноименными.

8.2.5 Пересечение и сближение ВЛ с сооружениями связи, сигнализации и проводного вещания

8.2.5.1 Пересечение ВЛ класса напряжения 35 кВ с линиями связи (ЛС) и линиями проводного вещания (ЛПВ) должно соответствовать Правилам пересечения воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей с линиями электропередачи [18] и выполняться по одному из следующих вариантов:

- проводами ВЛ и подземным кабелем ЛС* и ЛПВ;

Примечание – * В данном документе к кабелям связи относятся металлические и оптические кабели с металлическими элементами

- проводами ВЛ и воздушным кабелем ЛС и ЛПВ;
- подземной кабельной вставкой в ВЛ и проводами ЛС и ЛПВ;
- проводами ВЛ и проводами ЛС и ЛПВ.

8.2.5.2 ВЛ класса напряжения 35 кВ могут пересекаться с ЛС и ЛПВ с неизолированными проводами, в случаях если:

- невозможно проложить кабель ЛС и ЛПВ под землей, или выполнить ВЛ с кабельной вставкой;
- применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного или переноса ранее установленного усилительного пункта ЛС;
- при применении кабельной вставки в ЛПВ общая длина кабельных вставок в линию превышает допустимые значения;
- на ВЛ применены подвесные изоляторы.

При этом ВЛ на участке пересечения с ЛС и ЛПВ выполняют в соответствии с 8.2.5.10.

8.2.5.3 Пересечение ВЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ с ЛС и ЛПВ должно быть выполнено по одному из следующих вариантов:

- проводами ВЛ и прокладкой кабеля ЛС и ЛПВ под землей;
- проводами ВЛ и неизолированными проводами ЛС и ЛПВ.

8.2.5.4 Пересечение ВЛ класса напряжения 50 кВ с ЛС и ЛПВ выполняется прокладкой кабеля ЛС и ЛПВ под землей.

При невозможности прокладки подземного кабеля ЛС и ЛПВ в условиях стесненной, труднопроходимой горной местности допускается выполнять

пересечение ЛС и ЛПВ с ВЛ класса напряжения 750 кВ неизолированными проводами, при этом расстояние в свету от вершин опор ЛС и ЛПВ до неотклоненных проводов ВЛ должно быть не менее 30 м.

8.2.5.5 При пересечении ВЛ классов напряжений от 110 до 500 кВ с воздушными проводами ЛС и ЛПВ не допускается применение кабельных вставок, если:

- применение кабельной вставки в ЛС приведет к необходимости установки дополнительного усилительного пункта на ЛС, а отказ от применения этой кабельной вставки не приведет к увеличению мешающего влияния ВЛ на ЛС сверх допустимых норм;
- применение кабельной вставки в ЛПВ приведет к превышению суммарной допустимой длины кабельных вставок в линии, а отказ от этой кабельной вставки не приведет к увеличению мешающего влияния ВЛ на ЛПВ сверх допустимого значения.

8.2.5.6 Выполнение ЛС и ЛПВ в пролетах в местах пересечения с ВЛ классов напряжений от до 750 кВ, на которых предусмотрены каналы высокочастотной связи и телемеханики с аппаратурой, работающей в совпадающем с аппаратурой ЛС и ЛПВ спектре частот, в зависимости от мощности аппаратуры на один канал необходимо:

- при мощности более 10 Вт - ЛС и ЛПВ должны быть выполнены подземными кабельными вставками. Длина кабельной вставки определяется по расчету мешающего влияния, при этом расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проекции крайнего провода ВЛ на горизонтальную плоскость должно быть не менее 100,0 м;
- при мощности от 5 до 10 Вт - необходимость применения кабельной вставки в ЛС и ЛПВ или принятия других средств защиты определяется по расчету мешающего влияния. При этом, в случае применения кабельной вставки, расстояние в свету от неотклоненных проводов ВЛ классов напряжений до 500 кВ до вершин кабельных опор ЛС и ЛПВ должно быть не менее 20,0 м, а от неотклоненных проводов ВЛ класса напряжения 750 кВ до вершин кабельных опор ЛС и ЛПВ - не менее 30,0 м;
- при мощности менее 5 Вт или если высокочастотная аппаратура ВЛ работает в несовпадающем спектре частот или ЛС и ЛПВ не уплотнена ВЧ аппаратурой - применение кабельной вставки при пересечении с ВЛ классов напряжений до 750 кВ не требуется по условиям мешающего влияния.

Расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ЛС и ЛПВ до проекции на горизонтальную плоскость крайнего неотклоненного провода ВЛ классов напряжений до 330 кВ должно быть не менее 15,0 м в случае отсутствия мешающего влияния от высокочастотных каналов ВЛ на кабельные вставки в ЛС и ЛПВ.

Для ВЛ класса напряжения 500 кВ расстояние в свету от крайних неотклоненных проводов ВЛ до вершины опор ЛС и ЛПВ должно быть не менее 20,0 м, а для ВЛ класса напряжения 750 кВ - не менее 30,0 м.

8.2.5.7 Пересечения проводов ВЛ с воздушными линиями городской телефонной связи не допускаются; эти линии в пролете пересечения с проводами ВЛ должны выполняться только подземными кабелями.

8.2.5.8 При пересечении ВЛ с подземным кабелем связи и ПВ (или с подземной кабельной вставкой) должны соблюдаться следующие требования:

- угол пересечения ВЛ классов напряжений до 500 кВ с ЛС и ЛПВ не нормируется;
- угол пересечения ВЛ класса напряжения 750 кВ с ЛС и ЛПВ должен быть по возможности близок к 90°, но не менее 45°;
- расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до ближайшего заземлителя опоры ВЛ напряжением 35 кВ или ее подземной металлической или железобетонной части должно быть не менее:

а) в населенной местности – 3,0 м;

б) в ненаселенной местности – расстояний, приведенных в таблице 30.

Таблица 30 - Наименьшие расстояния от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до ближайшего заземлителя опоры ВЛ и ее подземной части

Эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м	Наименьшее расстояние, м, при классе напряжения ВЛ, кВ		
	35	110-500	750
До 100	10,0	10,0	15,0
Более 100 до 500	15,0	25,0	25,0
Более 500 до 1000	20,0	35,0	40,0
Более 1000	30.0	50,0	50,0

Расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до подземной части незаземленной деревянной опоры ВЛ класса напряжения 35 кВ должно быть не менее:

- в населенной местности – 2,0 м, в стесненных условиях – 1,0 м при условии прокладки кабеля в полиэтиленовой трубе на длине в обе стороны от опоры не менее 3,0 м;
- в ненаселенной местности: 5,0 м - при эквивалентном удельном сопротивлении земли до 100 Ом·м; 10,0 м - при эквивалентном удельном сопротивлении земли от 100 до 500 Ом·м; 15,0 м - при эквивалентном удельном сопротивлении земли от 500 до 1000 Ом·м; 25,0 м - при эквивалентном удельном сопротивлении земли более 1000 Ом·м;
- расстояние от подземных кабелей ЛС и ЛПВ до ближайшего заземлителя опоры ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше и ее подземной части должно быть не менее значений, приведенных в таблице 30;
- при прокладке кабеля под землей (кабельной вставки) в стальных трубах, при покрытии его швеллером, уголком, или при прокладке его в полиэтиленовой трубе, закрытой с обеих сторон от попадания земли, на длине, равной расстоянию между проводами ВЛ плюс 10,0 м с каждой стороны от крайних проводов для ВЛ классов напряжений до 500 кВ и 15,0 м для ВЛ класса напряжения от 750 кВ;

Примечание – Допускается уменьшение указанных в таблице 30 расстояний до 5,0 м для ВЛ классов напряжений до 500 кВ и до 10,0 м для ВЛ класса напряжения 750 кВ.

При уменьшении расстояний между кабелем и опорами ВЛ, указанных в таблице 30, помимо приведенных мер защиты необходимо устройство дополнительной защиты от ударов молнии путем оконтуровки опор тросами в соответствии с требованиями нормативной документации по защите кабелей от ударов молнии.

- вместо применения швеллера, уголка или стальной трубы допускается при строительстве новой ВЛ использовать два стальных троса сечением 70 мм^2,

прокладываемых симметрично на расстоянии не более 0,5 м от кабеля и на глубине 0,4 м. Тросы должны быть продлены с обеих сторон под углом 45° к трассе в сторону опоры ВЛ с сопротивлением заземления не более 30 Ом. Соотношения между длиной отвода тросов l и сопротивлением заземлителя R должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 31;

- в пролете пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ крепление проводов ВЛ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должно осуществляться с помощью глухих зажимов, не допускающих падения проводов на землю в случае их обрыва в соседних пролетах.

Таблица 31 – Сопротивления заземлителей при защите кабеля ЛС и ЛПВ на участке пересечения с ВЛ

Удельное сопротивление земли, Ом·м	До 100	101-500	Более 500
Длина отвода, l, м	20	30	50
Сопротивление заземлителя, R, Ом	30	30	20
Примечание - Защита кабеля от ударов молнии путем создания контуров заземления опор ВЛ или прокладки защитного троса обязательна.			

8.2.5.9 При пересечении подземной кабельной вставки в ВЛ класса напряжения 35 кВ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ должны соблюдаться следующие требования:

- угол пересечения подземной кабельной вставки ВЛ с ЛС и ЛПВ не нормируется;

- расстояние от подземной кабельной вставки ВЛ до незаземленной опоры ЛС и ЛПВ должно быть не менее 2,0 м, а до заземленной опоры ЛС (ЛПВ) и ее заземлителя - не менее 10,0 м;

- расстояние по горизонтали от основания кабельной опоры ВЛ, неуплотненной и уплотненной в несовпадающем и совпадающем спектрах частот в зависимости от мощности высокочастотной аппаратуры, до проекции проводов ЛС и ЛПВ должно выбираться в соответствии с требованиями, изложенными в 8.2.5.6;

- подземные кабельные вставки в ВЛ должны выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в 7.1.18.

8.2.5.10 При пересечении проводов ВЛ с неизолированными проводами ЛС и ЛПВ необходимо соблюдать следующие требования:

- угол пересечения проводов ВЛ с проводами ЛС и ЛПВ должен быть по возможности близок к 90°. Для стесненных условий угол не нормируется;

- место пересечения следует выбирать по возможности ближе к опоре ВЛ. При этом расстояние по горизонтали от ближайшей части опоры ВЛ до проводов ЛС и ЛПВ должно быть не менее 7,0 м, а от опор ЛС и ЛПВ до проекции на горизонтальную плоскость ближайшего неотклоненного провода ВЛ должно быть не менее 15 м. Расстояние в свету от вершин опор ЛС и ПВ до неотклоненных проводов ВЛ должно быть не менее: 15,0 м - для ВЛ классов напряжений до 330 кВ, 20,0 м - для ВЛ класса напряжения 500 кВ;

- не допускается расположение опор ЛС и ЛПВ под проводами пересекающей ВЛ;

- опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с ЛС и ЛПВ, должны быть анкерного типа. Деревянные опоры должны быть усилены дополнительными приставками или подкосами;

- пересечения допускается выполнять на промежуточных опорах при условии применения на ВЛ проводов с площадью сечения алюминиевой части не менее 120 мм^2;

- провода ВЛ должны быть расположены над проводами ЛС и ЛПВ и должны быть многопроволочными сечениями не менее приведенных в таблице 8;

- провода ЛС и ЛПВ в пролете пересечения не должны иметь соединений;

- в пролете пересечения ВЛ с ЛС и ЛПВ на промежуточных опорах ВЛ крепление проводов на опорах должно осуществляться только с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов с глухими зажимами;

- изменение места установки опор ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ, допускается при условии, что отклонение средней длины элемента скрещивания на ЛС и ЛПВ не будет превышать значений, указанных в таблице 32.

- длины пролетов ЛС и ЛПВ в месте пересечения с ВЛ не должны превышать значений, указанных в таблице 33;

- опоры ЛС и ЛПВ, ограничивающие пролет пересечения или смежные с ним и находящиеся на обочине автомобильной дороги, должны быть защищены от наездов транспортных средств;

- провода на опорах ЛС и ЛПВ, ограничивающие пролет пересечения с ВЛ, должны иметь двойное крепление при траверсном профиле – только на верхней траверсе, а при крюковом профиле – на двух верхних цепях;

- расстояния по вертикали от проводов ВЛ до пересекаемых проводов ЛС и ЛПВ в нормальном режиме работы ВЛ и при обрыве проводов в смежных пролетах ВЛ должны быть не менее приведенных в таблице 34.

Расстояния по вертикали определяют в нормальном режиме при наибольшей стреле провеса проводов (без учета их нагрева электрическим током). В аварийном режиме расстояния проверяют для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм^2 при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра. Для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 185 мм^2 и более проверка по аварийному режиму не требуется.

При разности высот точек крепления проводов ЛС и ЛПВ на опорах, ограничивающих пролет пересечения (например, на косогорах) с ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше, вертикальные расстояния, определяемые по таблице 34, подлежат дополнительной проверке на условия отклонения проводов ВЛ при ветровой нагрузке, определенной согласно 5.3.2.2, направленной перпендикулярно оси ВЛ, и при неотклоненном положении проводов ЛС и ЛПВ.

Расстояния между проводами следует принимать для наиболее неблагоприятного случая.

При применении на ВЛ плавки гололеда следует проверять габариты до проводов ЛС и ЛПВ в режиме плавки гололеда. Эти габариты проверяют при температуре провода в режиме плавки гололеда и должны быть не меньше, чем при обрыве провода ВЛ в смежном пролете;

8.2.5.11 на деревянных опорах ВЛ без грозозащитного троса, ограничивающих пролет пересечения с ЛС и ЛПВ, при расстояниях между проводами пересекающихся линий менее указанных в перечислении б) таблицы 34 на ВЛ должны устанавливаться защитные аппараты. Защитные аппараты должны устанавливаться в соответствии с требованиями 8.2.4.10. При установке ИП на ВЛ должно быть предусмотрено автоматическое повторное включение;

8.2.5.12 на деревянных опорах ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения, должны устанавливаться молниеотводы в соответствии с требованиями, предъявляемыми в нормативной документации на ЛС и ЛПВ.

Таблица 32 – Допустимое изменение места установки опор ЛС и ЛПВ, ограничивающих пролет пересечения с ВЛ

Наименование показателя	Значение								
Длина элемента скрещивания, м	35	40	50	60	70	80	100	125	170
Допустимое отклонение, м	±6	±6,5	±7	±8	±8,5	±9	±10	±11	±13

Таблица 33 – Максимально допустимые длины пролетов ЛС и ПВ в месте пересечения с ВЛ

Марки проводов, применяемых на ЛС и ЛПВ	Диаметр провода, мм	Максимально допустимые длины пролета ЛС и ЛПВ, м, для линий типов			
		О	Н	У	ОУ
Сталеалюминиевые:					
АС 25/4,2	6,9	150	85	65	50
АС 16/2,7	5,6	85	65	40	35
АС 10/1,8	4,5	85	50	40	35
Биметаллические (сталемедные) БСМ-1, БСМ-2	4,0	180	125	100	85
	3,0	180	100	85	65
	2,0	150	85	65	40
	1,6	100	65	40	40
	1,2	85	35	-	-
Биметаллические (сталеалюминевые) БСА-КПЛ	5,1	180	125	90	85
	4,3	180	100	85	65
Стальные	5,0	150	130	70	45
	4,0	150	85	50	40
	3,0	125	65	40	-
	2,5	100	40	30	-
	2,0	100	40	30	-
	1,5	100	40	-	-

Примечание – О - обычный, Н - нормальный, У - усиленный, ОУ - особо усиленный, типы линий - в соответствии с «Правилами пересечения воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей с линиями электропередачи».

Таблица 34 – Наименьшее расстояние по вертикали от проводов ВЛ до проводов ЛС и ЛПВ

Расчетный режим ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при классе напряжения ВЛ, кВ				
	35-110	150	220	330	500
Нормальный режим:					
а) ВЛ на деревянных опорах при наличии грозозащитных устройств, а также на металлических и железобетонных опорах	3	4	4	5	5
б) ВЛ на деревянных опорах при отсутствии грозозащитных устройств	5	6	-	-	-
Обрыв проводов в смежных пролетах	1	1,5	2	2,5	3,5

8.2.5.13 Совместная подвеска проводов ВЛ и проводов ЛС и ЛПВ на общих опорах не допускается. Это требование не распространяется на специальные оптические кабели, которые подвешивают на конструкциях ВЛ.

8.2.5.14 При сближении ВЛ с воздушными ЛС и ЛПВ наименьшие расстояния от крайних неотклоненных проводов ВЛ до опор ЛС и ЛПВ должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры ВЛ, а на участках стесненной трассы расстояние от крайних проводов ВЛ при наибольшем отклонении их ветром расстояния должны быть не менее значений, указанных в таблице 35. При этом расстояние в свету от ближайшего неотклоненного провода ВЛ до вершин опор ЛС и ЛПВ должно быть не менее: 15,0 м - для ВЛ классов напряжений до 330 кВ, 20,0 м - для ВЛ класса напряжения 500 кВ, 30,0 м - для ВЛ класса напряжения от 750 кВ.

По условию влияния на ЛС и ЛПВ шаг транспозиции ВЛ не нормируется.

Опоры ЛС и ЛПВ должны быть укреплены дополнительными подпорами или устанавливаться сдвоенными в случае, если при их падении возможно соприкосновение между проводами ЛС и ЛПВ и проводами ВЛ.

Таблица 35 – Наименьшие расстояния между проводами ВЛ при наибольшем отклонении их ветром и опорами ЛС и ЛПВ в условиях стесненной трассы

Наименование показателя	Значение				
Напряжение ВЛ, кВ	35-110	150	220	330	500-750
Наименьшее расстояние, м	4	5	6	8	10

8.2.5.15 При сближении ВЛ с проводами или кабелями ЛС и ЛПВ наименьшие расстояния между ними должны быть выбраны таким образом, чтобы исключить мешающее влияние линии электропередачи на устройства проводной связи, железнодорожной сигнализации и телемеханики.

8.2.5.16 Наименьшие расстояния от заземлителя и подземной части опоры ВЛ до подземного кабеля ЛС и ЛПВ должны быть не менее приведенных в таблице 30.

8.2.5.17 Расстояния от ВЛ до антенных сооружений передающих радиоцентров должны приниматься по таблице 36.

Таблица 36 – Наименьшие расстояния от ВЛ до антенных сооружений передающих радиоцентров

Антенные сооружения	Расстояния, м, при классе напряжения ВЛ	
	До 110 кВ	От 150 до 750 кВ
Средневолновые и длинноволновые передающие антенны	За пределами высокочастотного заземляющего устройства, но не менее 100,0	
Коротковолновые передающие антенны: в направлении наибольшего излучения в остальных направлениях	200,0 50,0	300,0 50,0
Коротковолновые передающие слабонаправленные и ненаправленные антенны	150,0	200,0

8.2.5.18 Наименьшие расстояния сближения ВЛ со створом радиорелейной линии и радиорелейными станциями вне зоны направленности антенны должны приниматься по таблице 37. Возможность пересечения ВЛ со створом радиорелейной линии устанавливается при проектировании ВЛ.

8.2.5.19 Расстояния от ВЛ до границ приемных радиоцентров и выделенных приемных пунктов радиофикации и местных радиоузлов должны приниматься по таблице 37.

Таблица 37 – Наименьшие расстояния от ВЛ до границ приемных радиоцентров, радиорелейных КВ и УКВ станций, выделенных приемных пунктов радиофикации и местных радиоузлов

Радиоустройства	Расстояние (в метрах), при классе напряжения ВЛ, кВ		
	35	от 110 до 220	от 330 до 750
Магистральные, областные, районные, связные радиоцентры и радиорелейные станции в диаграмме направленности антенны	500	1000	2000
Радиолокационные станции, радиотехнические системы ближней навигации	1000	1000	1000
Автоматические ультракоротковолновые радиопеленгаторы	800	800	800
Коротковолновые радиопеленгаторы	700	700	700
Станции проводного вещания	200	300	400
Радиорелейные станции вне зоны направленности их антенн и створы радиорелейных линий	100	200	250

8.2.5.20 В случае прохождения трассы проектируемой ВЛ в районе расположения особо важных приемных радиоустройств допустимое сближение устанавливается в индивидуальном порядке в процессе проектирования ВЛ

8.2.5.21 Если соблюдение расстояний, указанных в таблице 37, затруднительно, то в отдельных случаях допускается их уменьшение (при условии выполнения мероприятий на ВЛ, обеспечивающих соответствующее уменьшение помех). Для каждого случая в процессе проектирования ВЛ должен быть составлен проект мероприятий по соблюдению норм радиопомех.

Расстояния от ВЛ до телецентров и радиодомов должны быть не менее:

- для ВЛ классов напряжений от 35 до 150 кВ – 700,0 м;

- для ВЛ классов напряжений от 220 до 750 кВ – 1000,0 м.

8.2.5.22 В случае прохождения трассы проектируемой ВЛ в районе расположения особо важных приемных радиоустройств допустимое сближение устанавливается в индивидуальном порядке в процессе проектирования ВЛ.

8.2.6 Пересечение и сближение ВЛ с железными дорогами

8.2.6.1 Пересечение ВЛ с железными дорогами следует выполнять, как правило, воздушными переходами. На железных дорогах с особо интенсивным движением* и в некоторых технически обоснованных случаях (например, при переходе через насыпи, на железнодорожных станциях или в местах, где устройство воздушных переходов технически затруднено) переходы ВЛ следует выполнять кабелем.

Примечание – * К особо интенсивному движению поездов относят такое движение, при котором количество пассажирских и грузовых поездов в сумме по графику на двух путных участках составляет более 100 пар в сутки и на однопутных 48 пар в сутки.

8.2.6.2 Пересечение ВЛ с железными дорогами в горловинах железнодорожных станций и в местах сопряжения анкерных участков контактной сети запрещается.

8.2.6.3 Угол пересечения ВЛ с электрифицированными[1)] или подлежащими электрификации[2)] железными дорогами, а также угол пересечения ВЛ 750 кВ с железными дорогами общего пользования должен быть близким к 90°, но не менее 65°.

Примечания:

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

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

8.2.6.4 В случае непараллельного прохождения воздушной ЛС МПС относительно железной дороги угол пересечения воздушной ЛС с ВЛ должен определяться расчетом опасного и мешающего влияний.

8.2.6.5 При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами расстояния от основания опоры ВЛ до габарита приближения строений на не электрифицированных железных дорогах или до оси опор контактной сети электрифицированных или подлежащих электрификации дорог должны быть не менее высоты опоры плюс 3 м.

На участках стесненной трассы допускается эти расстояния принимать:

- для ВЛ классов напряжений от 35 до 150 кВ – не менее 6,0 м;
- для ВЛ классов напряжений от 220 до 330 кВ – не менее 8,0 м;
- для ВЛ класса напряжения 500 кВ – не менее 10,0 м;
- для ВЛ класса напряжения 750 кВ – не менее 20,0 м.

Защита пересечений ВЛ с контактной сетью защитными аппаратами осуществляется в соответствии с требованиями, приведенными в 8.2.4.10 и 8.2.4.12.

8.2.6.6 Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами от проводов до различных элементов железной дороги должны быть не менее приведенных в таблицах 38 и 39.

Наименьшие расстояния по вертикали от проводов ВЛ до различных элементов железных дорог, а также до наивысшего провода или несущего троса электрифицированных железных дорог определяют в нормальном режиме ВЛ при

наибольшей стреле провеса провода (при высшей температуре воздуха с учетом дополнительного нагрева провода электрическим током или при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3).

Таблица 38 – Наименьшие расстояния при пересечении ВЛ с железными дорогами

Пересечение	Наименьшее расстояние (в метрах), при классе напряжения ВЛ, кВ					
	35-100	150	220	330	500	750
Для неэлектрифицированных железных дорог от провода до головки рельса в нормальном режиме ВЛ по вертикали:						
железных дорог широкой и узкой колеи общего пользования	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	20,0
железных дорог широкой колеи необщего пользования	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	12,0
железных дорог узкой колеи необщего пользования	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	12,0
от провода до головки рельса при обрыве провода ВЛ в смежном пролете по вертикали:						
железных дорог широкой колеи	6,0	6,5	6,5	7,0	-	-
железных дорог узкой колеи	4,5	5,0	5,0	5,5	-	-
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог расстояние от проводов ВЛ до наивысшего провода или несущего троса:						
в нормальном режиме по вертикали	Как при пересечении ВЛ между собой в соответствии с таблицей 28 (см. также 8.2.4.10, 8.2..4.12)					
при обрыве провода в соседнем пролете	1,0	2,0	2,0	2,5	3,5	-

Таблица 39 – Наименьшие расстояния при сближении ВЛ или параллельном следовании с железными дорогами

Сближение или параллельное следование	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ					
	35-100	150	220	330	500	750
Для неэлектрифицированных железных дорог на участках стесненной трассы от отклоненного провода ВЛ до габарита приближения строений по горизонтали	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5	5,5
Для электрифицированных или подлежащих электрификации железных дорог от крайнего провода ВЛ до крайнего провода, подвешенного с полевой стороны опоры контактной сети, по горизонтали	Как при сближении ВЛ между собой в соответствии с таблицей 29					
то же, но при отсутствии проводов с полевой стороны опор контактной сети	Как при сближении ВЛ с сооружениями в соответствии с 8.3.3.6					

8.2.6.7 При отсутствии данных о токовых нагрузках ВЛ допустимая температура нагрева проводов принимается равной плюс 70°С.

8.2.6.8 В аварийном режиме расстояния проверяют при пересечении ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм^2 для условий

среднегодовой температуры без гололеда и ветра, без учета нагрева проводов электрическим током.

8.2.6.9 В аварийном режиме не требуется проверка расстояния при площади сечения алюминиевой части проводов 185 мм^2 и более.

8.2.6.10 Допускается расположение проводов пересекающей ВЛ над опорами контактной сети при расстоянии по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее:

- для ВЛ классов напряжений до 110 кВ – 7,0 м;
- для ВЛ классов напряжений от 150 до 220 кВ – 8,0 м;
- для ВЛ классов напряжений от 330 до 500 кВ – 9,0 м;
- для ВЛ класса напряжения 750 кВ – 10,0 м.

8.2.6.11 При пересечении и сближении ВЛ с железными дорогами, вдоль которых проходят линии связи и сигнализации, необходимо, кроме таблиц 38 и 39, руководствоваться также требованиями, предъявляемыми к пересечениям и сближениям ВЛ с сооружениями связи.

8.2.6.12 При пересечении ВЛ с железными дорогами общего пользования опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными. На участках с особо интенсивным и интенсивным движением* поездов эти опоры должны быть металлическими.

Примечание – * К интенсивному движению поездов относят движение, при котором количество пассажирских и грузовых составов в сумме по графику на двухпутных участках составляет свыше 50 пар поездов в сутки, а на однопутных - свыше 24 пар поездов в сутки.

Допускается в пролете этого пересечения, ограниченного анкерными опорами, установка промежуточной опоры между путями, не предназначенными для прохождения регулярных пассажирских поездов, а также промежуточных опор по краям железнодорожного полотна путей любых дорог. Указанные опоры должны быть металлическими или железобетонными. Крепление проводов на этих опорах должно осуществляться поддерживающими двухцепными гирляндами изоляторов с глухими зажимами.

Не допускается применение опор из любого материала с оттяжками и деревянных опор.

8.2.6.13 При пересечении железных дорог необщего пользования допускается применение промежуточных опор. Крепление проводов на промежуточных опорах должно осуществляться поддерживающими двухцепными гирляндами изоляторов с глухими зажимами. Опоры всех типов, устанавливаемых на пересечении железных дорог необщего пользования, могут быть свободностоящими или на оттяжках.

8.2.6.14 На ВЛ с нерасщепленным проводом в фазе натяжные гирлянды изоляторов для провода должны быть двухцепными с раздельным креплением каждой цепи к опоре. Крепление натяжных гирлянд изоляторов для расщепленного провода в фазе должно выполняться в соответствии с 6.3.1.

8.2.6.15 Не допускается использование в качестве заземлителей арматуры железобетонных опор, железобетонных приставок и железобетонных фундаментов опор (в том числе железобетонных фундаментов анкерных опор), ограничивающих пролет пересечения ВЛ с железными дорогами. В этом случае, независимо от значения удельного сопротивления грунта необходимо выполнить искусственные заземлители. При этом требуемое значение сопротивления

заземляющего устройства должно обеспечиваться искусственными заземлителями без учета естественной проводимости железобетонных опор, железобетонных приставок и железобетонных фундаментов.

8.2.6.16 При пересечении ВЛ с железной дорогой, имеющей лесозащитные насаждения, необходимо руководствоваться требованиями 8.2.2.2.

8.2.6.17 Минимальные расстояния от ВЛ до мостов железных дорог с длиной пролета 20 м и менее должны приниматься такими же, как до соответствующих железных дорог по таблицам 38 и 39, а с длиной пролета более 20 м - устанавливают при проектировании ВЛ.

8.2.7 Пересечение и сближение ВЛ с автомобильными дорогами

8.2.7.1 Требования, приведенные ниже, распространяются на пересечения и сближения с автомобильными дорогами:

- общего пользования и подъездными к промпредприятиям (категорий IA, IБ, II-V по СНиП 2.05.02-85 [4]);
- внутрихозяйственными в сельскохозяйственных предприятиях (категорий I-С – III-С СНиП 2.05.11-83 [7]).

Пересечение и сближение ВЛ с федеральными дорогами общего пользования должны также соответствовать Правилам установления и использования придорожных полос федеральных автомобильных дорог общего пользования, постановления Правительства Российской Федерации от 02.02.2000 № 100.

Угол пересечения с автомобильными дорогами не нормируется.

8.2.7.2 При пересечении автомобильных дорог категорий IA и IБ опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерного типа.

8.2.7.3 На ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленным проводом в фазе с площадью сечения алюминиевой части 120 мм ^{2} и более натяжные гирлянды изоляторов для провода должны быть двухцепными с раздельным креплением каждой цепи к опоре.

Натяжные многоцепные гирлянды изоляторов для расщепленной фазы, состоящие из двух-пяти цепей, следует предусматривать с раздельным креплением каждой цепи к опоре.

8.2.7.4 Допускается в пролете пересечения дорог категорий IA и IБ, ограниченном анкерными опорами, установка промежуточных опор за пределами водопропускной канавы у подошвы дорожного полотна с учетом требований 8.2.7.13. Крепление проводов на этих опорах должно осуществляться поддерживающими двухцепными гирляндами изоляторов с глухими зажимами.

8.2.7.5 При пересечении автомобильных дорог категорий II-V, I-С - III-С опоры, ограничивающие пролет пересечения, могут быть-промежуточными.

~~8.2.7.6~~ На промежуточных опорах с поддерживающими гирляндами изоляторов провода должны быть подвешены в глухих зажимах.

8.2.7.7 При сооружении новых автомобильных дорог всех категорий и прохождении их под действующими ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ переустройство ВЛ не требуется, если выдержаны наименьшие расстояния в соответствии с таблицей 40.

8.2.7.8 Расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами должны быть не менее приведенных в таблице 40.

Во всех случаях сближения с криволинейными участками автодорог, проходящих по насыпям, минимальные расстояния от проводов ВЛ до бровки земляного полотна должны быть не менее расстояний по вертикали, указанных в таблице 40.

8.2.7.9 Наименьшие расстояния по вертикали в нормальном режиме работы ВЛ от проводов до проезжей части дорог должны приниматься:

- без учета нагрева провода электрическим током при высшей температуре воздуха для ВЛ классов напряжений ниже 500 кВ, для ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ при высшей температуре воздуха при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля;
- при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

Таблица 40 – Наименьшие расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами

Пересечение, сближение или параллельное следование	Наименьшие расстояния (в метрах), при классе напряжения ВЛ, кВ					
	35-110	150	220	330	500	750
Расстояние по вертикали: а) от провода до покрытия проезжей части дорог всех категорий	7,0	7,5	8,0	8,5	9,5	16,0
б) то же, при обрыве провода в смежном пролете	5,5	5,5	5,5	6,0	-	-
Расстояние по горизонтали: 1) При пересечении дорог всех категорий, за исключением III-С и V: а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги	Высота опоры					
б) в стесненных условиях от основания или любой части опоры до подошвы насыпи или до наружной бровки кювета дорог категорий IA, IБ и II	5,0	5,0	5,0	10,0	10,0	15,0
в) то же, до дороги категорий III, IV, I-С, II-С	2,5	2,5	2,5	5,0	5,0	15,0
2) При пересечении дороги категорий III-С и V: а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги	Высота опоры					
б) в стесненных условиях от основания или любой части опоры до подошвы насыпи, наружной бровки, выемки или боковой водоотводящей канавы	2,5	2,5	2,5	5,0	5,0	15,0
3) При параллельном следовании с дорогами всех категорий: а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги	Высота опоры плюс 5 м					
б) от крайнего неотклоненного провода до бровки земляного полотна	15,0	15,0	15,0	20,0*	30,0*	40,0*
в) то же, в стесненных условиях	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	15,0
Примечание – * С учетом предельно допустимых уровней напряженности электрического поля.						

8.2.7.10 Расстояния по вертикали от проводов ВЛ с площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм ^{2} в местах пересечения с автомобильными дорогами должны быть проверены на обрыв провода в смежном пролете при среднегодовой температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током. Эти расстояния должны быть не менее приведенных в таблице 40. В местах пересечения ВЛ с автомобильными дорогами с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки.

В местах пересечения ВЛ классов напряжений от 330 кВ и выше с автомобильными дорогами с обеих сторон ВЛ на дорогах должны устанавливаться дорожные знаки, запрещающие остановку транспорта в охранных зонах этих линий.

Не допускается подвеска дорожных знаков на тросах-растяжках в пределах охранных зон ВЛ.

8.2.7.11 При сближении или пересечении зеленых насаждений, расположенных вдоль автомобильных дорог, руководствоваться 8.2.2.2.

8.2.7.12 Для предотвращения наездов транспортных средств на опоры ВЛ, расположенные на расстоянии менее 4 м от кромки проезжей части, должны применяться дорожные ограждения I группы.

Примечание – Определение дорожных ограждений I группы приведено в строительных нормах и правилах на автомобильные дороги

8.2.7.13 Минимальные расстояния от ВЛ до мостов автомобильных дорог с длиной пролета 20,0 м и менее следует принимать такими же, как до соответствующих автомобильных дорог по таблице 40, а с длиной пролета более 20,0 м – определяют при проектировании ВЛ.

8.2.8 Пересечение, сближение или параллельное следование ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями

8.2.8.1 Угол пересечения ВЛ с троллейбусными и трамвайными линиями должен приниматься близким 90°, но не менее 60°.

8.2.8.2 При пересечении троллейбусных и трамвайных линий опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными.

Для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 120 мм ^{2} и более или со стальными канатами типа ТК сечением 50 мм ^{2} и более допускается применение промежуточных опор с подвеской проводов в глухих зажимах или с двойным креплением на штыревых изоляторах.

В случае применения анкерных опор на ВЛ с подвесными изоляторами и нерасщепленным проводом в фазе с площадью сечения алюминиевой части 120 мм ^{2} и более натяжные гирлянды изоляторов для провода должны быть двухцепными с раздельным креплением каждой цепи к опоре.

8.2.8.3 Переустройство ВЛ не требуется при сооружении новых троллейбусных и трамвайных линий и прохождении их под действующими ВЛ, если наименьшие расстояния соответствуют значениям приведенным в таблице 41.

8.2.8.4 Наименьшие расстояния от проводов ВЛ при пересечении, сближении или параллельном следовании с троллейбусными и трамвайными линиями в нормальном режиме работы ВЛ необходимо принимать не менее приведенных в таблице 41:

- при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током;

- при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

Таблица 41 – Наименьшие расстояния от проводов ВЛ при пересечении, сближении или параллельном следовании с троллейбусными и трамвайными линиями

Пересечение, сближение или параллельное следование	Наименьшее расстояние (в метрах), при классе напряжении ВЛ, кВ	
	35-110	150-220
Расстояние по вертикали от проводов ВЛ:		
а) при пересечении с троллейбусной линией в нормальном режиме ВЛ:		
до высшей отметки проезжей части	11,0	12,0
до проводов контактной сети или несущих тросов	3,0	4,0
б) при пересечении с трамвайной линией в нормальном режиме ВЛ:		
до головки рельса	9,5	10,5
до проводов контактной сети или несущих тросов	3,0	4,0
в) при обрыве провода ВЛ в смежном пролете до проводов или несущих тросов троллейбусной или трамвайной линии	1,0	2,0
Расстояние по горизонтали при сближении или параллельном следовании:		
а) от крайних неотклоненных проводов ВЛ до опор троллейбусной и трамвайной контактных сетей	Не менее высоты опоры	
б) от крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении до опор троллейбусной и трамвайной контактных сетей на участках стесненной трассы	4,0	6,0
в) от крайних неотклоненных проводов ВЛ до остановочных пунктов трамваев и троллейбусов, разворотных колец с путями рабочими, отстоя, обгона и ремонта	20,0	25,0

8.2.8.5 Расстояния по вертикали от проводов ВЛ площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм ^{2} в местах пересечения с проводами или несущими тросами троллейбусной или трамвайной линии должны быть проверены в аварийном режиме на обрыв провода ВЛ в смежном пролете при среднегодовой температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током. При этом расстояния должны быть не менее приведенных в таблице 41.

8.2.8.6 При сближении ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше с троллейбусными и трамвайными линиями расстояния между их проводами, а также мероприятия по защите от влияния должны соответствовать СНиП 2.05.09-90 [6].

8.2.8.7 Защита пересечений ВЛ с контактной сетью осуществляется защитными аппаратами в соответствии с требованиями, приведенными в 8.2.4.10, 8.2.4.12.

8.2.8.8 Допускается размещение проводов пересекающей ВЛ над опорами контактной сети при расстояниях по вертикали от проводов ВЛ до верха опор контактной сети не менее:

- для ВЛ классов напряжений до 110 кВ 7,0 м;

- для ВЛ классов напряжений от 150 до 220 кВ 8,0 м;
- для ВЛ классов напряжений от 330 до 500 кВ 9,0 м.

8.2.9 Пересечение ВЛ с водными пространствами

8.2.9.1 Угол пересечения ВЛ с водными пространствами (реками, каналами, озерами, водохранилищами и др.) не нормируется.

Следует избегать, по возможности, пересечения ВЛ с местами длительной стоянки судов (затонов, портов и других отстойных пунктов).

8.2.9.2 Не допускается прохождение ВЛ над шлюзами.

8.2.9.3 При пересечении судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ независимо от длины пролета пересечения, а также несудоходных участков водных пространств с пролетом пересечения более 700 м (большие переходы) опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными концевыми.

8.2.9.4 При проектировании переходов через водные пространства необходимо провести следующие расчеты по гидрологии поймы реки:

1) гидрологический расчет, устанавливающий расчетный уровень воды, уровень ледохода, распределение расхода между руслом и поймами и скорости течения воды в руслах и по поймам;

2) русловой расчет, устанавливающий размер отверстия перехода и глубины после размыва у опор перехода;

3) гидравлический расчет, устанавливающий уровень воды перед переходом, струенаправляющими дамбами и насыпями, высоту волн на поймах;

4) расчет нагрузок на фундаменты, находящиеся в русле и пойме реки с учетом воздействия давления льда и навалов судов СНиП 23-01-99* [14].

Высота фундаментов опор, находящихся в русле и пойме реки, должны превышать уровень ледохода на 0,5 м.

Заглубление фундаментов опор переходов мелкого и глубокого заложения при возможности размыва грунта должно быть не менее 2,5 м (считая от отметки грунта после размыва). Глубина погружения свай в грунт при свайном основании должна быть не менее 4,0 м от уровня размыва.

8.2.9.5 Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами и проводами из алюминиевого сплава со стальным сердечником с площадью сечения алюминиевой части для обоих типов проводов 120 мм^2 и более или стальными канатами типа ТК площадью сечения 50 мм^2 и более допускается применение промежуточных опор, при этом количество промежуточных опор между концевыми опорами должно соответствовать требованиям 9.4.

8.2.9.6 При применении в пролете пересечения промежуточных опор провода и тросы должны крепиться в соответствии с 9.18.

8.2.9.7 На пересечениях ВЛ, выполненных на промежуточных опорах с креплением проводов в глухих зажимах, с судоходными водными пространствами, расстояния по вертикали от проводов ВЛ площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм^2 до судов должны быть проверены на обрыв провода в соседнем пролете при среднегодовой температуре воздуха без ветра и гололеда без учета нагрева проводов электрическим током.

Проверка в аварийном режиме на обрыв провода в соседнем пролете не требуется при площади сечения алюминиевой части 185 мм^2 и более.

8.2.9.8 Расстояние от нижней точки провеса проводов ВЛ в нормальном и аварийном режимах до уровня высоких (паводковых) вод на судоходных участках рек, каналов, озер и водохранилищ определяется как сумма максимального габарита судов и наименьшего расстояния от проводов ВЛ до габарита судов по таблице 42.

Стрела провеса провода при этом определяется при высшей температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током.

Уровень высоких (паводковых) вод принимается с вероятностью превышения (обеспеченностью) 0,01 (повторяемость один раз в 100 лет) для ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ и 0,02 (повторяемость один раз в 50 лет) - для ВЛ классов напряжений от 330 кВ и ниже.

Расстояния от нижней точки провеса провода ВЛ до уровня льда должны быть не менее указанных в таблице 42. Стрела провеса провода при этом определяется при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

8.2.9.9 При пересечении ВЛ напряжением 330 кВ и выше мест длительной стоянки судов (затонов, портов и других отстойных пунктов) должно быть обеспечено наименьшее расстояние до верхних рабочих площадок обслуживания судов согласно таблице 42.

Таблица 42 – Наименьшее расстояние при пересечении ВЛ с водными пространствами

Расстояние	Наименьшее расстояние (в метрах), при классе напряжения ВЛ, кВ					
	До 110	150	220	330	500	750
Для судоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ от проводов по вертикали:						
до максимального габарита судов или сплава в нормальном режиме ВЛ	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,5
то же, но при обрыве провода в соседнем пролете	0,5	1,0	1,0	1,5	-	-
до верхних рабочих площадок обслуживания судов (крыша рубки и т.д.) в затонах, портах и других отстойных пунктах	-	-	-	11,0	15,5	23,0
до уровня льда	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	12,0
Для несудоходных участков рек, каналов, озер и водохранилищ от проводов по вертикали:						
до уровня высоких вод*	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	10,0
до уровня льда	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	12,0
Примечание – * Наименьшее расстояние обеспечивает пропуск плавающих средств высотой до 3,5 м.						

Стрела провеса провода при этом определяется при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля.

8.2.9.10 Расстояния от нижней точки провеса проводов ВЛ в нормальном режиме до уровня высоких (паводковых) вод на несудоходных участках рек, каналов, озер и водохранилищ должны быть не менее приведенных в таблице 42.

Стрела провеса провода при этом определяется при температуре воздуха 15°С без учета нагрева проводов электрическим током.

Расстояния от нижней точки провеса проводов ВЛ до уровня льда должны быть не менее указанных в таблице 42. Стрела провеса провода при этом определяется при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

8.2.9.11 Места пересечения ВЛ с судоходными и сплавными реками, озерами, водохранилищами и каналами должны быть обозначены на берегах сигнальными знаками в соответствии с правилами плавания по внутренним водным путям.

Знаки «Соблюдай надводный габарит» устанавливают по одному на каждом берегу на расстоянии 100 м выше или ниже (по течению) оси воздушного перехода. При ширине реки до 100 м щиты знаков устанавливают непосредственно на опоре ВЛ на высоте не менее 5 м.

Предупреждающие навигационные знаки устанавливают владельцы ВЛ. Размеры знака, цвет и режим горения огней должны соответствовать национальным стандартам.

8.2.10 Прохождение ВЛ по мостам

8.2.10.1 Прокладка ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше по мостам, как правило, не допускается.

8.2.10.2 При обоснованной необходимости допускается прохождение ВЛ по мостам, выполненным из негорючих материалов, при этом опоры или поддерживающие устройства, ограничивающие пролеты с берега на мост и через разводную часть моста, должны быть анкерными, все прочие поддерживающие устройства на мостах могут быть промежуточного типа, на этих устройствах с поддерживающими гирляндами изоляторов провода должны быть подвешены в глухих зажимах.

8.2.10.3 Допускается располагать провода непосредственно над пролетным строением моста выше связей или за его пределами на металлических железнодорожных мостах с ездой по низу, снабженных на всем протяжении верхними связями.

8.2.10.4 Не допускается на металлических железнодорожных мостах с ездой по низу, снабженных на всем протяжении верхними связями, располагать провода в пределах габарита приближения строений, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог.

8.2.10.5 Расстояния от проводов ВЛ до всех линий МПС, проложенных по конструкции моста, принимают по 8.2.6.11, как для стесненных участков трассы.

8.2.10.6 Допускается располагать провода как за пределами пролетного строения, так и в пределах ширины пешеходной и проезжей частей на городских и шоссейных мостах.

8.2.10.7 Допускается располагать провода ВЛ ниже отметки пешеходной части на охраняемых мостах.

8.2.10.8 Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до различных частей мостов должны приниматься в соответствии с требованиями организаций, в

ведении которых находится данный мост. При этом наибольшая стрела провеса проводов определяется без учета его нагрева электрическим током:

- при высшей температуре воздуха;
- при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

8.2.11 Прохождение ВЛ по плотинам и дамбам

8.2.11.1 При прохождении ВЛ по плотинам, дамбам и т.п. любые расстояния от неотклоненных и отклоненных проводов до различных частей плотин или дамб в нормальном режиме ВЛ должны быть не менее приведенных в таблице 43.

Таблица 43 Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до различных частей плотин и дамб

Части плотин и дамб	Наименьшее расстояние (в метрах), при классе напряжения ВЛ, кВ					
	До 110	150	220	330	500	750
Гребень и бровка откоса	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	12,0
Наклонная поверхность откоса	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	9,0
Поверхность переливающейся через плотину воды	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0

8.2.11.2 Расстояния по вертикали в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее приведенных в таблице 43:

- при высшей температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током для ВЛ классов напряжений от 500 кВ и ниже;
- при высшей температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля для ВЛ класса напряжения 750 кВ;
- при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

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

При этом расстояния по горизонтали от любой части опоры до путей сообщения должны приниматься как для ВЛ на участках стесненной трассы.

8.2.11.4 Не допускается располагать провода в пределах габарита приближения строений, а также в пределах ширины, занятой элементами контактной сети электрифицированных железных дорог.

8.2.11.5 Допускается располагать провода в пределах полотна автомобильной дороги, пешеходных дорожек и тротуаров.

8.2.12 Сближение ВЛ со взрыво- и пожароопасными установками

Сближение ВЛ со зданиями, сооружениями и наружными технологическими установками, связанными с добычей, транспортировкой, производством, изготовлением, использованием или хранением взрывоопасных, взрывопожароопасных и пожароопасных веществ, а также со взрыво- и пожароопасными зонами, должно выполняться в соответствии с соответствии с

требованиями ФЗ РФ от 22.07.08 № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Если нормы сближения не предусмотрены нормативными документами, то расстояния от крайнего провода ВЛ до указанных зданий, сооружений, наружных установок и зон должны составлять не менее полуторакратной высоты опоры.

8.2.13 Пересечение и сближение ВЛ с надземными и наземными трубопроводами, сооружениями транспорта нефти и газа и канатными дорогами

8.2.13.1 Угол пересечения ВЛ с надземными и наземными газопроводами, нефтепроводами, нефтепродуктопроводами, трубопроводами сжиженных углеводородных газов, аммиакопроводами[1], а также с пассажирскими канатными дорогами рекомендуется принимать близким к 90°.

Угол пересечения ВЛ с надземными и наземными трубопроводами для транспорта негорючих жидкостей и газов, а также с промышленными канатными дорогами не нормируется.

8.2.13.2 Пересечение ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше с надземными и наземными магистральными и промысловыми трубопроводами[2] для транспорта горючих жидкостей и газов, как правило, не допускается.

8.2.13.3 Допускается пересечение ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше с действующими однониточными наземными магистральными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов при прокладке трубопроводов в насыпи.

8.2.13.4 В районах с вечномерзлыми грунтами допускается пересечение ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше с надземными и наземными магистральными нефтепроводами, а также с их техническими коридорами без прокладки нефтепроводов в насыпи.

При этом нефтепроводы на расстоянии 1000,0 м в обе стороны от пересечения с ВЛ должны отвечать требованиям, предъявляемым к участкам трубопроводов категории I, а в пределах охранной зоны ВЛ классов напряжений от 500 кВ и выше - категории В по СНиП 2.05.06-85* [5].

8.2.13.5 В пролетах пересечения с ВЛ надземные и наземные трубопроводы для транспорта горючих жидкостей и газов, кроме проложенных в насыпи, следует защищать ограждениями, исключающими попадание проводов на трубопровод как при их обрыве, так и необорванных проводов при падении опор, ограничивающих пролет пересечения.

Ограждения должны быть рассчитаны на нагрузки от воздействия проводов при их обрыве или при падении опор ВЛ, ограничивающих пролет пересечения.

Ограждение должно выступать по обе стороны пересечения на расстояние, равное высоте опоры.

8.2.13.6 Опоры ВЛ, ограничивающие пролет пересечения с надземными и наземными трубопроводами, а также с канатными дорогами, должны быть

[1] Газопроводы, нефтепроводы, нефтепродуктопроводы, трубопроводы сжиженных углеводородных газов, аммиакопроводы в дальнейшем именуются трубопроводы для транспорта горючих жидкостей и газов.

[2] Магистральные и промысловые трубопроводы в дальнейшем именуются магистральные трубопроводы.

анкерными. Для ВЛ со сталеалюминиевыми проводами площадью сечения по алюминию 120 мм^2 и более или со стальными канатами площадью сечения 50 мм^2 и более, кроме пересечений с пассажирскими канатными дорогами, допускается применение анкерных или промежуточных опор. Поддерживающие зажимы на промежуточных опорах должны быть глухими.

8.2.13.7 При сооружении новых трубопроводов и канатных дорог под действующими ВЛ классов напряжений от 500 кВ и выше переустройство ВЛ не требуется, если выдерживается наименьшее расстояние в соответствии с таблицей 44.

8.2.13.8 В пролетах пересечения ВЛ с трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов провода и тросы не должны иметь соединений с трубопроводами и канатными дорогами.

8.2.13.9 Провода ВЛ должны располагаться над надземными сооружениями.

8.2.13.10 В исключительных случаях допускается прохождение ВЛ классов напряжений до 220 кВ под канатными дорогами, которые должны иметь мостики или сетки для ограждения проводов ВЛ.

8.2.13.11 Не допускается крепление мостиков и сеток на опорах ВЛ.

8.2.13.12 В пролетах пересечения с ВЛ металлические трубопроводы, кроме проложенных в насыпи, канатные дороги, а также ограждения, мостики и сетки должны быть заземлены.

8.2.13.13 Расстояния по вертикали от ВЛ до мостиков, сеток и ограждений должны быть такими же, как до надземных и наземных трубопроводов и канатных дорог, таблица 44.

Расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании с надземными и наземными трубопроводами и канатными дорогами должны быть не менее приведенных в таблице 44. Взаимное расположение трубопроводов, их зданий, сооружений и наружных установок и ВЛ, входящих в состав трубопроводов, определяется ведомственными нормами. Расстояния по вертикали в нормальном режиме работы ВЛ должны приниматься не менее значений, приведенных в таблице 44:

- при высшей температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током расстояния должны приниматься как для ВЛ классов напряжений от 500 кВ и ниже;
- при температуре воздуха без учета нагрева провода электрическим током при предельно допустимых значениях интенсивности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля - для ВЛ класса напряжения 750 кВ;
- при расчетной линейной гололедной нагрузке по 5.3.3 и температуре воздуха при гололеде согласно 5.2.5.

Сопротивление, обеспечиваемое применением искусственных заземлителей, должно быть не более 10 Ом.

Таблица 44 – Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до наземных, надземных трубопроводов, канатных дорог

Пересечение, сближение и параллельное следование	Наименьшее расстояние (в метрах), при классе напряжения ВЛ, кВ						
	35	110	150	220	330	500	750
Расстояние по вертикали (в свету) при пересечении:							
от неотклоненных проводов ВЛ до любой части трубопроводов (насыпи), защитных устройств, трубопровода или канатной дороги в нормальном режиме	4,0	4,0	4,5	5,0	6,0	8,0	12,0
то же, при обрыве провода в смежном пролете	2,0*	2,0*	2,5	3,0	4,0	-	-
Расстояния по горизонтали:							
1) при сближении и параллельном следовании от крайнего неотклоненного провода до любой части:							
магистрального нефтепровода и нефтепродуктопровода	50,0 м, но не менее полуторакратной высоты опоры						
газопровода с избыточным давлением свыше 1,2 МПа (магистрального газопровода), трубопровода сжиженных углеводородных газов	Не менее удвоенной высоты опоры, но не менее 50,0 м***						
аммиакопровода	3-кратная высота опоры, но не менее 50,0 м						
немагистральных нефтепровода и нефтепродуктопровода, газопровода с избыточным давлением газа 1,2 МПа и менее, водопровода, канализации (напорной и самотечной), водостока, тепловой сети	Не менее полуторакратной высоты опоры**						
помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок компрессорных (КС) и газораспределительных (ГРС) станций:							
на газопроводах с давлением свыше 1,2 МПа	80,0	100,0	120,0	140,0	160,0	180,0	200,0
на газопроводах с давлением газа 1,2 МПа и менее	Не менее полуторакратной высоты опоры плюс 3,0 м						
нефтеперекачивающих станций (НПС)	40,0	60,0	80,0	100,0	120,0	150,0	150,0
2) при пересечении от основания опоры ВЛ до любой части:							
трубопровода, защитных устройств трубопровода или канатной дороги	Не менее полуторакратной высоты опоры						
то же, на участках трассы в стесненных условиях	4,0	4,0	4,5	5,0	6,0	6,5	15,0

Примечания:

* При прокладке трубопровода в насыпи расстояние до насыпи увеличивается на 1 м.

**Если высота надземного сооружения превышает высоту опоры ВЛ, расстояние между этим сооружением и ВЛ следует принимать не менее высоты этого сооружения.

***Для технологических линий трубопроводов напряжением до 10 кВ расстояние должно быть не менее 1,5 высоты опоры.

Приведенные в таблице расстояния принимают до границы насыпи или защитного устройства.

8.2.13.14 В аварийном режиме расстояния проверяют для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части менее 185 мм ^{2} при среднегодовой температуре, без гололеда и ветра; для ВЛ с проводами площадью сечения алюминиевой части 185 мм ^{2} и более проверка при обрыве провода не требуется.

8.2.13.15 Трасса ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше при параллельном следовании с техническими коридорами надземных и наземных магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов должна проходить, как правило, на местности с отметками рельефа выше отметок технических коридоров магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.

8.2.13.16 Расстояние от крайних неотклоненных проводов ВЛ до продувочных свечей, устанавливаемых на магистральных газопроводах, следует принимать не менее 300 м.

На участках стесненной трассы ВЛ это расстояние может быть уменьшено до 150 м, кроме многоцепных ВЛ, расположенных как на общих, так и на раздельных опорах.

8.2.13.17 На участках пересечения ВЛ с вновь сооружаемыми надземными и наземными магистральными трубопроводами, категории участка последних на расстоянии по 50,0 м в обе стороны от проекции крайнего не отклоненного провода для ВЛ классов напряжений 35 кВ и выше должны приниматься по СНиП 2.05.06-85* [5].

8.2.14 Пересечение и сближение ВЛ с подземными трубопроводами

8.2.14.1 Угол пересечения ВЛ класса напряжения 35 кВ с подземными магистральными и промысловыми газопроводами, нефтепроводами, нефтепродуктопроводами, трубопроводами сжиженных углеводородных газов и аммиакопроводами* не нормируется.

Примечание – * Газопроводы, нефтепроводы, нефтепродуктопроводы, трубопроводы снижения углеводородных газов, аммиакопроводы в дальнейшем именуются трубопроводами для транспорта горючих, жидкостей и газов; магистральные и промысловые трубопроводы в дальнейшем именуются магистральными трубопроводами.

Угол пересечения ВЛ классов напряжений от 110 кВ и выше с вновь сооружаемыми подземными магистральными трубопроводами для транспорта горючих жидкостей и газов, а также с действующими техническими коридорами этих трубопроводов должен быть не менее 60°.

Угол пересечения ВЛ с подземными газопроводами с избыточным давлением газа 1,2 МПа и менее, немагистральными нефтепроводами, нефтепродуктопроводами, трубопроводами сжиженных углеводородных газов и аммиакопроводами, а также с подземными трубопроводами для транспорта негорючих жидкостей и газов не нормируется.

8.2.14.2 Расстояния при пересечении, сближении и параллельном следовании ВЛ с подземными трубопроводами должны быть не менее приведенных в таблице 45.

Примечание – Взаимное расположение трубопроводов, их зданий, сооружений и наружных установок и ВЛ, входящих в состав трубопроводов, определяется ведомственными нормами.

Таблица 45 – Наименьшие расстояния от ВЛ до подземных сетей

Пересечение, сближение или параллельное следование	Наименьшее расстояние в метрах), при классе напряжения ВЛ, кВ						
	35	110	150	220	330	500	750
Расстояние по горизонтали 1) при сближении и параллельном следовании от крайнего неотклоненного провода до любой части магистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов, аммиакопроводов, газопроводов с давлением газа свыше 1,2 МПа, трубопроводов сжиженных углеводородных газов*	15,0	20,0	25,0	25,0	30,0	30,0	40,0
2) при сближении и параллельном следовании в стесненных условиях и при пересечении от заземлителя или подземной части (фундаментов) опоры до любой части трубопроводов, указанных в 1	5,0	10,0	10,0	10,0	15,0	25,0	25,0
3) при пересечении, сближении и параллельном следовании от заземлителя или подземной части (фундаментов) опоры: до немагистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов, трубопроводов сжиженных углеводородных газов и аммиакопроводов и до газопроводов с давлением газа 1,2 МПа и менее	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	25,0
до водопровода, канализации (напорной и самотечной), водостоков, дренажей тепловых сетей	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	10,0

8.2.14.3 Допускается в процессе проектирования уменьшение до 50 % расстояний (например, при прохождении ВЛ по территориям электростанций, промышленных предприятий и т.п.), приведенных в перечислении 3) таблицы 45 для газопроводов с давлением газа 1,2 МПа и менее.

При этом следует предусматривать защиту фундаментов опор ВЛ от возможного их подмыва при повреждении указанных трубопроводов, а также защиту, предотвращающую вынос опасных потенциалов на металлические трубопроводы.

8.2.14.4 Расстояния от крайних неотклоненных проводов ВЛ до продувочных свечей, устанавливаемых на газопроводах с давлением газа свыше 1,2 МПа (магистральных газопроводах), и до помещений со взрывоопасными зонами и наружных взрывоопасных установок следует принимать как для надземных и наземных трубопроводов по таблице 45 соответственно.

8.2.14.5 Вновь сооружаемые подземные магистральные трубопроводы на участках сближения и параллельного следования с ВЛ при прокладке их на расстояниях менее приведенных в 1 таблицы 45 должны иметь категорию:

- для газопроводов и ВЛ классов напряжений от 500 кВ и выше - не менее II;
- для газопроводов и ВЛ классов напряжений от 330 кВ и ниже - не менее III;

- для нефтепроводов и ВЛ классов напряжений от 35 кВ и выше - не менее III.

8.2.15 Сближение ВЛ с аэродромами и вертодромами

8.2.15.1 Размещение ВЛ в районах аэродромов, вертодромов и воздушных трасс производится в соответствии со СНиП 32-03-96 [15].

8.2.15.2 В соответствии с требованиями по эксплуатации гражданских аэродромов в целях обеспечения безопасности полетов воздушных судов опоры ВЛ, расположенные на приаэродромной территории и на местности в пределах воздушных трасс и нарушающие или ухудшающие условия безопасности полетов, а также опоры высотой 100 м и более независимо от места их расположения должны иметь дневную маркировку (окраску) и светоограждение.

Маркировку и светоограждение опор ВЛ должны выполнять предприятия и организации, которые их строят и эксплуатируют.

Необходимость и характер маркировки и светоограждения проектируемых опор ВЛ определяют в каждом конкретном случае соответствующими органами гражданской авиации при согласовании строительства.

Выполнение дневной маркировки и светоограждения опор ВЛ производится в соответствии с требованиями по эксплуатации гражданских аэродромов. При этом следует соблюдать следующие условия:

1) дневная маркировка должна иметь два маркировочных цвета: красный (оранжевый) и белый. Опоры высотой до 100,0 м маркируют от верхней точки на ⅓ высоты горизонтальными чередующимися по цвету полосами шириной от 0,5 до 6,0 м. Число полос должно быть не менее трех, причем крайние полосы окрашивают в красный (оранжевый) цвет. На приаэродромной территории международных аэропортов и воздушных трассах международного значения опоры маркируют горизонтальными чередующимися по цвету полосами той же ширины сверху до основания.

Опоры высотой более 100 м маркируют от верха до основания чередующимися по цвету полосами шириной, определяемой требованиями по эксплуатации гражданских аэродромов, но не более 30 м;

2) для светоограждения опор должны быть использованы заградительные огни, которые устанавливают на самой верхней части (точке) и ниже через каждые 45,0 м. Расстояния между промежуточными ярусами, как правило, должны быть одинаковыми. Опоры, расположенные внутри застроенных районов, светоограждают сверху вниз до высоты 45,0 м над средним уровнем высоты застройки;

3) в верхних точках опор устанавливается по два огня (основной и резервный), работающих одновременно или по одному при наличии устройства для автоматического включения резервного огня при выходе из строя основного. Автомат включения резервного огня должен работать так, чтобы в случае выхода его из строя остались включенными оба заградительных огня;

4) заградительные огни должны быть установлены так, чтобы их можно было наблюдать со всех направлений в пределах от зенита до 5° ниже горизонта;

5) заградительные огни должны быть постоянного излучения красного цвета с силой света во всех направлениях не менее 10 кд.

Для светоограждения опор, расположенных вне зон аэродромов и не имеющих вокруг себя посторонних огней, могут быть применены огни белого

цвета, работающие в проблесковом режиме. Сила заградительного огня должна быть не менее 10 кд, а частота проблесков - не менее 60 мин$^{-1}$.

При установке на опоре нескольких проблесковых огней должна быть обеспечена одновременность проблесков;

6) средства светового ограждения аэродромных препятствий по условиям электроснабжения относятся к потребителям I категории, и их электроснабжение должно осуществляться по отдельным линиям, подключенным к подстанциям.

Линии должны быть обеспечены аварийным (резервным) питанием с АВР.

7) включение и отключение светового ограждения препятствий в районе аэродрома производится владельцами ВЛ и диспетчерским пунктом аэродрома по заданному режиму работы. На случай отказа автоматических устройств для включения заградительных огней следует предусматривать возможность включения заградительных огней вручную;

8) для обеспечения удобного и безопасного обслуживания должны предусматриваться площадки у мест размещения сигнальных огней и оборудования, а также лестницы для доступа к этим площадкам.

Для этих целей следует использовать площадки и лестницы, предусматриваемые на опорах ВЛ.

9 Большие переходы

9.1 Участок большого перехода должен быть ограничен концевыми опорами (концевыми устройствами в виде бетонных якорей и др.), выделяющими большой переход в самостоятельную часть ВЛ, прочность и устойчивость которой не зависят от влияния смежных участков ВЛ.

9.2 В зависимости от типа крепления проводов опоры, устанавливаемые между концевыми (К) опорами (устройствами), могут быть:

1) промежуточными (П) - с креплением всех проводов на опоре с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов;

2) анкерными (А) - с креплением всех проводов на опоре с помощью натяжных гирлянд изоляторов;

3) комбинированными (ПА) - со смешанным креплением проводов на опоре с помощью как поддерживающих, так и натяжных гирлянд изоляторов.

9.3 Переходные опоры, ограничивающие пролет пересечения, должны быть анкерными концевыми. Допускается применение промежуточных опор и анкерных опор облегченного типа для переходов со сталеалюминиевыми проводами или проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником с сечением проводящей части для обоих типов проводов 120 мм^2 и более или стальными канатами типа ТК в качестве тросов с сечением канатов 50 мм^2 и более. При этом количество промежуточных опор между концевыми опорами должно соответствовать требованиям 9.4.

9.4 В зависимости от конкретных условий могут применяться следующие схемы переходов:

1) однопролетные на концевых опорах К-К;
2) двухпролетные с опорами К-П-К, К-ПА-К;
3) трехпролетные с опорами К-П-П-К, К-ПА-ПА-К;
4) многопролетные с опорами К-А....А-К;

5) при применении опор П или ПА переход должен быть разделен опорами А на участки с числом опор типа П или ПА на каждом участке не более двух, т.е. К-П-П-А....А-П-П-К, К-ПА-ПА-А....А-ПА-ПА-К (или не более трех по позиции 4).

9.5 Переходы могут выполняться одноцепными и двухцепными.

Двухцепными рекомендуется проектировать переходы в населенной местности, в районах промышленной застройки, а также при потребности в перспективе второго перехода ненаселенной или труднодоступной местности.

9.6 На одноцепных переходах для ВЛ классов напряжений от 330 кВ и ниже рекомендуется применять треугольное расположение фаз, допускается горизонтальное расположение фаз при соответствующем технико-экономическом обосновании; для ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ следует, как правило, применять горизонтальное расположение фаз.

9.7 На двухпепных переходах ВЛ классов напряжений до 330 кВ рекомендуется расположение проводов в трех ярусах. Допускается также расположение проводов в двух ярусах. На двухцепных переходах ВЛ класса напряжения 500 кВ рекомендуется применение опор анкерного типа с расположением проводов в одном (горизонтальном) или в двух ярусах.

9.8 Расстояния между проводами, а также между проводами и тросами, из условий работы в пролете, должны выбираться в соответствии с 7.3.3 – 7.3.7 с учетом дополнительных требований:

1) значение коэффициента $K_Г$ в таблице 11 необходимо увеличивать на: 0,2 - при отношении нагрузок $P_{гн}/P_1$ в интервале от 2 до 6,99; 0,4 - при отношении нагрузок $P_{гн}/P_1$ равном 7 и более;

2) расстояния между ближайшими фазами одноцепных и двухцепных ВЛ должны также удовлетворять требованиям приведенным ниже.

9.9 Для обеспечения нормальной работы проводов в пролете в любом районе по пляске проводов, при расположении их в разных ярусах, расстояния между соседними ярусами промежуточных переходных опор высотой более 50 м и смещение по горизонтали должны соответствовать приведенным в таблице 46:

Таблица 46

Класс напряжения ВЛ, кВ	Расстояния между ярусами, м, не менее	Смещение по горизонтали, м, не менее
35-110	7,5	2
150	8	2
220	9	2,5
330	11	3,5
500	14	5
750	18	7

9.10 На двухцепных опорах расстояние между осями фаз разных цепей должно быть не менее приведенных в таблице 47:

Таблица 47

Класс напряжения ВЛ, кВ	Расстояние между осями фаз, м
35-110	8
150	9
220	10
330	12
500	15
750	19

9.11 На переходах с пролетами, превышающими пролеты основной линии не более, чем в 1,5 раза, рекомендуется проверять экономическую целесообразность применения провода той же марки, что и на основной линии.

На переходах с расщепленными фазами рекомендуется рассматривать фазы с меньшим количеством проводов больших сечений с проверкой проводов на нагрев.

9.12 В качестве грозозащитных тросов следует применять стальные канаты и сталеалюминиевые провода по 6.2.1.7.

В случае использования грозозащитных тросов для организации каналов высокочастотной связи рекомендуется в качестве тросов применение проводов из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником и сталеалюминиевых проводов, а также тросов со встроенными оптическими кабелями.

9.13 Одиночные и расщепленные провода и тросы должны быть защищены от вибрации установкой с каждой стороны пролета перехода длиной до 500 м - одного многочастотного гасителя вибрации на каждом проводе и тросе и длиной от 500 до 1500 м - не менее двух разнотипных многочастотных гасителей вибрации на каждом проводе и тросе.

Защита от вибрации проводов и тросов в пролетах длиной более 1500 м, а также независимо от длины пролета для проводов диаметром более 38 мм и проводов с тяжением при среднегодовой температуре более 180 кН должна производиться по специальному проекту.

9.14 На переходах ВЛ должны применяться стеклянные и полимерные изоляторы.

9.15 В гирляндах опор больших переходов должно предусматриваться по одному дополнительному тарельчатому изолятору из стекла или фарфора на каждые 10 м превышения высоты опоры сверх 50 м по отношению к количеству изоляторов нормального исполнения по 6.3.13, определенному для одноцепных гирлянд при $\lambda_э$=1,9 см/кВ для ВЛ класса напряжения 35 кВ, и $\lambda_э$=1,4 см/кВ для ВЛ классов напряжений от 110 до 750 кВ. При этом количество изоляторов в гирляндах этих опор должно быть не менее требуемого по условиям загрязнения в районе перехода.

9.16 Поддерживающие и натяжные гирлянды изоляторов следует предусматривать с количеством цепей не менее двух с раздельным креплением к опоре. Многоцепные натяжные гирлянды должны крепиться к опоре не менее, чем в двух точках.

9.17 Конструкция гирлянд изоляторов расщепленных фаз и крепление их к опоре должныобеспечивать раздельный монтаж и демонтаж каждого из проводов, входящего в расщепленную фазу.

9.18 Крепление проводов и тросов к гирляндам изоляторов на переходных опорах должно выполняться глухими поддерживающими зажимами, зажимами поддерживающими для переходов типа ПГП или поддерживающими устройствами специальной конструкции.

9.19 Все переходы ВЛ классов напряжений от 110 до 750 кВ должны защищаться от прямых ударов молнии тросами.

Количество тросов должно быть не менее двух с углом защиты по отношению к крайним проводам не более 20^0 .

Допускается угол зашиты до 30^0 при расположении перехода за пределами длины защищаемого подхода ВЛ к РУ и подстанциям с повышенным защитным уровнем в III и выше районах по гололеду, а также в районах с частой и интенсивной пляской проводов.

Выбор расстояния между тросами производится по 7.3.8 и 7.1.7.

Горизонтальное смещение троса от центра крайней фазы должно быть не менее:

- 1,5 м - для ВЛ 110 кВ;
- 2 м - для ВЛ 150 кВ;
- 2,5 м - для ВЛ 220 кВ;
- 3,5 м - для ВЛ 330 кВ;
- 4,0 м - для ВЛ классов напряжений от 500-750 кВ.

Установка защитных аппаратов рекомендуется на переходах с пролетами длиной свыше 1000 м или с высотой опор свыше 100 м (п. 7.1.6).

9.20 Допускается отсутствие троса на переходах ВЛ 110-500 кВ для условий 7.1.2 позиция 3 при установке защитных аппаратов на опорах перехода для защиты от грозовых перенапряжений.

9.21 Крепление тросов на всех опорах перехода должно быть выполнено при помощи изоляторов класса не менее 120 кН.

С целью уменьшения потерь электроэнергии в тросах в изолирующем тросовом креплении должно быть не менее двух изоляторов. Их количество определяется с учетом доступности местности и высоты опор.

При использовании тросов для устройства каналов высокочастотной связи или для плавки гололеда (п. 8.2.11) количество изоляторов, определенное по условиям обеспечения надежности каналов связи или по условиям обеспечения плавки гололеда, должно быть увеличено на два.

Изоляторы, на которых подвешен трос, должны быть шунтированы искровым промежутком, размер которого выбирается в соответствии с 7.1.14 без учета установки дополнительных изоляторов.

9.22 Защита переходов ВЛ класса напряжения 35 кВ от грозовых перенапряжений выполняется в соответствии с 7.1.16.

9.23 Наименьшее допустимое изоляционное расстояние по воздуху от токоведущих до заземленных частей опор для обеспечения безопасного перемещения обслуживающего персонала по траверсам переходных опор высотой более 50 м с расположением фаз в разных ярусах должно быть не менее:

- для ВЛ классов напряжений до 110 кВ – 3,3 м,

- для ВЛ класса напряжения 150 кВ – 3,8 м,
- для ВЛ класса напряжения 220 кВ – 4,3 м,
- для ВЛ класса напряжения 330 кВ – 5,3 м,
- для ВЛ класса напряжения 500 кВ – 6,3 м,
- для ВЛ класса напряжения 750 кВ – 7,6 м.

9.24 Сопротивление заземляющих устройств опор должно выбираться в соответствии с таблицей 18 7.1.28 и 7.1.29.

Сопротивление заземляющего устройства опор с защитными аппаратами должно быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении земли не выше 1000 Ом·м, при более высоком удельном сопротивлении – не более 15 Ом.

9.25 Промежуточные и комбинированные опоры (П и ПА) с креплением проводов с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на следующие условия:

- оборваны одиночный провод или все провода одной фазы одного пролета, тросы не оборваны (одноцепные опоры);
- оборваны провода двух фаз одного пролета, тросы не оборваны (двухцепные опоры, а также одноцепные со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением проводящей части для обоих типов проводов до 150 мм^2);
- оборван один трос одного пролета (при расщеплении троса - все его составляющие), провода не оборваны.

9.26 В расчетах опор расчетная горизонтальная статическая нагрузка принимается равной:

9.26.1 На ВЛ с нерасщепленными проводами в фазе и креплении ее в глухом зажиме - редуцированному тяжению, возникающему при обрыве фазы. При этом принимают сочетания условий, согласно 5.4.3, перечисление 3).

9.26.2 На ВЛ с расщепленными проводами в фазе при креплении ее в глухих зажимах значения расчетной горизонтальной статической нагрузки от проводов на опоры равны значениям, полученным по 9.26.1 путем умножения значений, указанных для нерасщепленной фазы, на дополнительные коэффициенты при расщеплении на:

- два провода – 0,8;
- три провода – 0,7;
- четыре провода – 0,6;
- пять и более – 0,5.

9.26.3 При нерасщепленной и расщепленной фазах провода и креплении их в поддерживающем устройстве специальной конструкции расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка равна:

- 25 кН при одном проводе в фазе;
- 40 кН при двух проводах в фазе;
- 60 кН при трех и более проводах в фазе.

9.26.4 Расчетная условная горизонтальная статическая нагрузка от троса, закрепленного в глухом зажиме, принимается равной наибольшему расчетному горизонтальному тяжению троса при сочетании условий, указанных в 5.4.3, позиция 3).

При этом для тросов, расщепленных на две составляющие, значение тяжения должно быть умножено на 0,9.

9.26.5 Расчетная нагрузка от троса, закрепленного в поддерживающем устройстве специальной конструкции, принимается равной 40 кН. Нагрузки прикладывают в местах крепления проводов тех фаз или того троса, при обрыве которых усилия в рассчитываемых элементах получаются наибольшими.

9.27 Опоры анкерного типа должны рассчитываться в аварийном режиме по первой группе предельных состояний на обрыв тех фаз или того троса, при обрыве которых усилия в рассматриваемых элементах получаются наибольшими. Расчет производится на следующие условия:

1) Оборваны провод или провода одной фазы одного пролета, тросы не оборваны (одноцепные опоры со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов 185 мм^2 и более, а также со стальными канатами типа ТК всех сечений, используемыми в качестве проводов);

2) Оборваны провода двух фаз одного пролета, тросы не оборваны (двухцепные опоры, а также одноцепные опоры со сталеалюминиевыми проводами и проводами из термообработанного алюминиевого сплава со стальным сердечником сечением алюминиевой части для обоих типов проводов до 150 мм^2).

3) Оборван один трос одного пролета (при расщеплении троса - все его составляющие), провода независимо от марок и сечений не оборваны.

Расчетные нагрузки от проводов и тросов принимают равными наибольшему расчетному горизонтальному тяжению провода или троса при сочетании условий согласно 5.4.3, позиции 2) и 3).

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

9.28 Опоры большого перехода должны иметь дневную маркировку (окраску) и сигнальное освещение.

10 Охрана окружающей среды

10.1 Разрабатываемый в проекте ВЛ раздел «Охрана окружающей среды» должен предусматривать для периода строительства и постоянной эксплуатации мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов, охране водных ресурсов, охране растительности и животного мира наземных экосистем, мероприятия по снижению отрицательного влияния на местный климат, мероприятия в социальной сфере, мероприятия по организации мониторинга взаимоотношений ВЛ с окружающей средой, а также выводы о соответствии принятых решений действующему природоохранному законодательству Российской Федерации.

10.2 По окончании сооружения или реконструкции ВЛ необходимо выполнять:

- землевание земель, отводимых в постоянное пользование;
- рекультивацию земель, отводимых во временное пользование;

- природоохранительные мероприятия, направленные на минимальные нарушения естественных форм рельефа и сохранение зеленых насаждений и естественного состояния грунта;

- противоэрозионные мероприятия.

10.3 Применение опор с оттяжками на участках ВЛ, проходящих по обрабатываемым землям, не допускается.

10.4 На участках трассы, проходящих по обрабатываемым землям, в населенной местности и в местах стесненных подходов к электростанциям и подстанциям, рекомендуется применять двухцепные и многоценные свободностоящие опоры.

10.5 При создании и реконструкции ВЛ должны предусматриваться и проводиться мероприятия по сохранению среды обитания объектов животного мира и условий их размножения, а также по обеспечению неприкосновенности защитных участков территорий и акваторий с соблюдением требований, обеспечивающих охрану животного мира в соответствии с ФЗ «О животном мире».

10.6 Не допускается выжигание растительности, хранение и применение ядохимикатов и других опасных для объектов животного мира и среды их обитания материалов, сырья и отходов без осуществления мер, гарантирующих предотвращение заболеваний и гибели объектов животного мира, а также ухудшение среды их обитания.

10.7 В районах расселения крупных птиц для предохранения их от гибели следует:

- на траверсах опор ВЛ классов напряжений от 35 до 220 кВ, в том числе в местах крепления поддерживающих гирлянд изоляторов, а также на тросостойках, для исключения возможности посадки или гнездования птиц предусматривать установку противоптичьих заградителей;

- над верхней юбкой гирлянды изоляторов (на промежуточных опорах) устанавливать козырьки (из электроизоляционных материалов) большего диаметра для защиты от загрязнения изоляции птицами;

- закрывать верхние отверстия полых стоек железобетонных опор наголовниками.

10.8 После окончания монтажа ВЛ в местах нарушения склоны должны быть укреплены.

10.9 По всей ширине просеки по трассе ВЛ должна производиться ее очистка от вырубленных деревьев и кустарников, корчевка пней или срезка их под уровень земли и рекультивация.

10.10 Интенсивность электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля, создаваемого ВЛ при максимальных рабочих параметрах (напряжении и токе) и при абсолютной максимальной температуре воздуха для населенной местности на высоте 1,8 м от уровня земли, не должна превышать предельно допустимых значений, установленных в действующих санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах, ГОСТ 12.1.002 и СанПиН 2.2.4.1191-03 [16].

Для ненаселенной и труднодоступной местности предельно допустимые напряженности электрического поля должны обеспечиваться при максимальной температуре воздуха теплого периода с обеспеченностью 0,99.

10.11 Интенсивность акустического шума, создаваемого ВЛ классов напряжений от 330 кВ и выше на расстоянии 100,0 м от крайней фазы в населенной местности, не должна превышать предельно допустимых значений, установленных в действующих санитарных нормативах СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [17] и ГОСТ 12.1.036.

11 Приемка ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ в эксплуатацию

11.1 Вновь смонтированные и реконструированные ВЛ должны быть выполнены по проекту, прошедшему экспертизу в органах государственного контроля.

11.2 Приемка ВЛ в эксплуатацию включает проверку:

- соответствия ВЛ проекту;
- качества монтажа и наладки;
- возможности последующей эксплуатации с соблюдением требований по безопасному обслуживанию ВЛ, норм и требований природоохранного законодательства, правил охраны труда, правил взрыво- и пожаробезопасности.

11.3 Запрещается приемка в эксплуатацию ВЛ:

- с дефектами и недоделками строительства и монтажа;
- с отступлениями от утвержденного проекта, от требований нормативных документов (стандартов, строительных норм и правил и т.п.) или от состава пускового комплекса, не согласованными с заказчиком и проектной организацией;
- без пробного включения ВЛ.

11.4 Для приемки ВЛ в эксплуатацию приказом собственника ВЛ создают приемочную и рабочие комиссии.

11.5 В состав комиссий включают представителей собственника, генерального подрядчика, генерального проектировщика, субподрядных организаций, эксплуатирующей (электросетевой) организации, системного оператора (по согласованию).

По решению собственника к работе рабочих комиссий могут быть привлечены представители других организаций.

11.6 Рабочим комиссиям должна быть предоставлена следующая документация:

- паспорт ВЛ;

Примечание – Рекомендуемая форма паспорта ВЛ приведена в Приложении Б

- проектная документация;
- профиль трассы ВЛ с указанием высотных отметок местности;
- ведомость объектов, предъявляемых к приемке;
- комплект рабочих чертежей на строительство предъявляемой к приемке ВЛ, разработанных проектными организациями;
- документы, подтверждающие соответствие оборудования ВЛ требованиям заказчика;
- справка от организаций, ответственных за производство строительно-монтажных работ, о соответствии выполненных в натуре работ рабочим чертежам или внесенным в рабочие чертежи изменениям;

- ведомость отступлений от утвержденного проекта и внесенных в проект изменений. В ведомость отступлений вносятся принципиальные отклонения с указанием причин, вызвавших эти отклонения, и ссылки на акты, протоколы, заключения экспертизы и другие документы, их обосновывающие;
- ведомость недоделок строительных и монтажных работ. Ведомость недоделок составляют до начала приемки, один ее экземпляр прилагают к сообщению о готовности ВЛ к приемке. Все незаконченные строительством сооружения, непосредственно относящиеся к сдаваемой ВЛ, несмотря на то, что они представляют самостоятельные объекты, учитывают как недоделки и вносят в отдельную ведомость;
- трехфазная схема ВЛ с нанесением расцветки фаз, транспозиции проводов и номеров всех опор;
- журналы работ по устройству фундаментов под опоры;
- журналы работ по монтажу опор;
- журналы по монтажу заземления опор;
- акты приемки скрытых работ по фундаментам и заземлению опор;
- журналы всех видов соединений проводов и грозозащитных тросов, в том числе и сварных;
- журналы монтажа натяжных и поддерживающих зажимов проводов и грозозащитных тросов;
- журналы монтажа проводов и грозозащитных тросов в анкерных участках;
- акты (протоколы) измерений и осмотров переходов и пересечений, составленные строительно-монтажной организацией совместно с представителями заинтересованных организаций;
- протоколы измерений сопротивлений заземлителей опор;
- перечень аварийного запаса материалов и оборудования, передаваемого на баланс сетевой организации.

Вся перечисленная документация после окончания работы рабочей комиссии должна храниться у собственника ВЛ.

11.7 Члены рабочих комиссий обязаны:

- проверить соответствие выполненных работ проекту, сметной документации, нормативным документам;
- произвести детальный осмотр и проверку ВЛ, ее элементов, выполнить выборочную проверку «скрытых» работ;
- проверить наличие протоколов испытаний, проведенных в ходе строительно-монтажных работ;
- провести, при необходимости дополнительные испытания;
- составить ведомости выявленных дефектов и недоделок;
- дать оценку качеству выполненных работ;
- подготовить акт рабочей комиссии.

11.8 В случае обнаружения отступлений от проектной документации, нарушений при монтаже и наладке действующих нормативно – технических документов представитель уполномоченного надзорного органа составляет акт-предписание с исчерпывающим перечнем недостатков и дефектов на момент проверки.

Указания на соответствующие недостатки и дефекты должны содержать ссылки на конкретные положения нормативно - технических документов, которые нарушены.

11.9 Устранение дефектов и недоделок производится строительно-монтажной организацией, осуществляющей строительство ВЛ, до подписания рабочей комиссией актов приемки ВЛ.

11.10 После устранения недостатков и дефектов ВЛ предъявляется к повторному осмотру, который должен подтвердить устранении дефектов и недоделок.

11.11 Приемочной комиссии, помимо документации по 11.7, должны быть предъявлены следующие документы:

- акты рабочих комиссий;
- утвержденная проектно-сметная документация, технический (технорабочий) проект, технические проекты отдельных участков ВЛ (большие переходы, сложные участки трассы);
- документация по отводу земель под трассу ВЛ, согласованная с соответствующими организациями;
- перечень проектных организаций, участвовавших в проектировании ВЛ, предъявляемой к сдаче;
- полный перечень (опись) документации, передаваемой приемочной комиссии.

11.12 Приемочная комиссия должна проверить всю переданную ей документацию, установить полноту документации и соответствие ей выполненных работ, выявить отступления от проекта, сделанные в процессе сооружения ВЛ, и проверить обоснованность отступлений при их наличии.

11.13 На основании актов и других документов рабочих комиссий, а также на основании личных осмотров ВЛ и ознакомления с технической документацией приемочная комиссия должна:

- составить ведомость недоделок, подлежащих устранению на ВЛ к моменту ее включения;
- дать оценку качеству строительно-монтажных работ;
- дать оценку соответствия выполненных работ проекту;
- установить готовность ВЛ к передаче в эксплуатацию.

11.14 Работы по выявлению возможных скрытых дефектов (частичное вскрытие фундаментов, заземлителей и др.), контрольные испытания элементов ВЛ, проводимые по решению приемочной или рабочей комиссий, выполняют строительно-монтажные или наладочные организации.

К работам по выявлению возможных скрытых дефектов и устранению выявленных недоделок и дефектов привлекают инженерно-технических работников и рабочих подрядных и субподрядных организаций, а также их транспорт, механизмы, приборы, инструменты и приспособления.

11.15 После устранения обнаруженных дефектов и недоделок приемочная комиссия должна убедиться в их устранении до подписания акта о приемке.

11.16 Приемочной комиссии, если по ее мнению ВЛ не может быть принята в эксплуатацию, следует представить мотивированное заключение об этом собственнику ВЛ, а копию - генеральному подрядчику.

11.17 Перед приемкой ВЛ в эксплуатации должно быть проведено комплексное апробирование ВЛ включением ее под номинальное напряжение.

Комплексное опробование должен проводить заказчик. При комплексном опробовании должна быть проверена совместная работа основного оборудования и всего вспомогательного оборудования под нагрузкой.

Комплексное опробование оборудования по схемам, не предусмотренным проектом, не допускается.

11.18 Перед включением ВЛ должны быть выполнены следующие мероприятия:

- укомплектован штат персонала;
- проведено обучение эксплуатационного персонала;
- разработаны и утверждены:
  а) эксплуатационные инструкции;
  б) инструкции по охране труда;
- укомплектованы запасы:
  а) материалов;
  б) инструмента и запасных частей.
  в) защитных средств;
  г) противопожарного инвентаря;
  д) плакатов по технике безопасности;
- установлены средства:
  а) связи и сигнализации;
  б) пожаротушения;
  в) аварийной сигнализации.

11.19 При безотказной работе ВЛ под номинальным напряжением и под нагрузкой непрерывно в течение 24 ч приемочная комиссия оформляет акт передачи ВЛ в эксплуатацию, после чего ВЛ переходит в ведение собственника ВЛ.

11.20 Если к моменту ввода ВЛ в эксплуатацию отсутствует возможность включения ее под номинальное напряжение, организацией, назначившей приемочную комиссию, должна быть утверждена пусковая схема с включением ВЛ на пониженное напряжение, согласованная с органом оперативно-диспетчесрского управления.

11.21 Приемочная комиссия после рассмотрения технической документации, предъявленной к сдаче ВЛ, должна составить акт приемки и дать письменное разрешение на включение ВЛ под номинальное напряжение.

11.22 Акт приемки в эксплуатацию линии электропередачи должен быть рассмотрен и утвержден организацией, назначившей приемочную комиссию, не позднее чем в месячный срок после представления акта.

11.23 При приемке ВЛ в эксплуатацию изменение предусмотренных проектом технико-экономических показателей, как правило, не допускается. В исключительных случаях изменение этих показателей может быть допущено собственником ВЛ по представлению приемочной комиссии.

11.24 С момента подписания указанного акта ВЛ считается принятой собственником, и он несет ответственность за нее.

12 Ввод ВЛ в эксплуатацию

12.1 Включение ВЛ в работу производится в соответствии с Правилами технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям», в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2009 г. № 334.

12.2 Включение ВЛ осуществляется по программе, согласованной с органом оперативно-диспетчерского управления при получении уведомления от эксплуатирующей организации о том, что люди удалены, заземления сняты, ВЛ готова к включению под напряжение.

12.3 Допуск в эксплуатацию новых и реконструированных ВЛ оформляется актом-допуском.

12.4 Акт-допуск ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ может не составляться при условии участия представителя уполномоченного государственного органа по технологическому надзору в приемочной комиссии.

Акт комиссии, подписанный представителем уполномоченного государственного органа по технологическому надзору, является основанием для допуска энергоустановок.

12.5 После приемки ВЛ приемочной комиссией ее собственник подает в управление госэнергонадзора в субъекте Российской Федерации письменное заявление о готовности энергоустановки к допуску в эксплуатацию и документацию согласно требованиям, изложенным в Методических указаниях по допуску в эксплуатацию [19].

12.6 Представленную документацию рассматривает госэнергонадзор. В случае предварительного рассмотрения и проверки проекта в течение пяти рабочих дней, без предварительного рассмотрения проекта – 10 рабочих дней. По результатам рассмотрения заявителю направляют мотивированные замечания по качеству и объему представленной документации, обоснованные конкретными требованиями к составлению соответствующей документации, предусмотренными действующими нормативными документами, и, кроме этого, согласовывают дату технического осмотра энергоустановки.

12.7 После рассмотрения представленной документации и технического осмотра ВЛ, инспектор специально уполномоченного органа федеральной исполнительной власти составляет акт-допуск ее в эксплуатацию. Акт-допуск оформляют в двух экземплярах, один из которых после утверждения передают владельцу энергоустановки.

Акт-допуск утверждает руководитель или по его письменному распоряжению другое должностное лицо регионального управления специально уполномоченного органа федеральной исполнительной власти в течение пяти рабочих дней после технического осмотра энергоустановки.

12.8 Если допускаемую в эксплуатацию ВЛ подключают к внутренним сетям потребителя и ее включение не требует изменения схемы внешнего энергоснабжения, то потребитель после получения акта-допуска может включить ее самостоятельно.

12.9 Организация, подключившая новую или реконструированную ВЛ, письменно, в трехдневный срок, сообщает в управление госэнергонадзора в субъекте Российской Федерации о включении энергоустановки.

12.10 Ввод ВЛ в эксплуатацию должен быть оформлен заявкой, подаваемой в орган оперативно-диспетчерского управления.

12.11 Передаваемая нагрузка по ВЛ устанавливается органом оперативно-диспетчерского управления в зависимости от наличия располагаемой и потребляемой мощностей к моменту ее включения

Приложение А
(обязательное)
Расстояния между проводами и между проводами и тросами по условиям пляски

Таблица А.1 – Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ классов напряжений от 35 до 220 кВ в районах с умеренной пляской проводов

Класс напряжения ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали (в метрах), при стрелах провеса, м, и среднегодовой температуре							
		До 4	5	6	8	12	16	20	30 и более
35	2,5	-	0,7	1,0	1,60	2,3	2,60	3,30	3,90
	3,0	-	-	0,7	1,30	2,15	2,55	3,20	3,85
	3,5	-	-	-	1,00	2,10	2,50	3,15	3,80
	4,0	-	-	-	0,70	2,00	2,45	3,10	3,80
	4,5	-	-	-	-	1,80	2,40	3,10	3,85
	5,0	-	-	-	-	1,60	2,30	3,05	3,80
	5,5	-	-	-	-	1,00	2,25	3,05	3,80
	6,0	-	-	-	-	0,70	2,10	3,00	3,75
	6,5	-	-	-	-	-	1,90	2,90	3,65
	7,0	-	-	-	-	-	1,60	2,60	3,40
	7,5	-	-	-	-	-	1,30	2,45	3,30
110	3,0	-	-	1,15	1,70	2,40	2,80	3,50	4,15
	3,5	-	-	-	1,50	2,40	2,70	3,40	4,10
	4,0	-	-	-	1,20	2,20	2,65	3,40	4,10
	4,5	-	-	-	-	2,00	2,60	3,35	4,05
	5,0	-	-	-	-	1,80	2,50	3,25	4,00
	5,5	-	-	-	-	1,50	2,45	3,30	4,10
	6,0	-	-	-	-	1,20	2,30	3,20	4,00
	6,5	-	-	-	-	-	2,10	3,05	3,80
	7,0	-	-	-	-	-	2,00	2,90	3,70
	7,5	-	-	-	-	-	1,60	2,75	3,65
	8,0	-	-	-	-	-	1,20	2,60	3,50
150	3,5	-	-	0,65	1,50	2,50	2,85	3,60	4,25
	4,0	-	-	-	1,50	2,30	2,80	3,55	4,25
	4,5	-	-	-	0,75	2,20	2,75	3,50	4,25
	5,0	-	-	-	-	2,00	2,70	3,50	4,25
	5,5	-	-	-	-	1,60	2,60	3,45	4,25
	6,0	-	-	-	-	1,50	2,50	3,40	4,25
	6,5	-	-	-	-	0,95	2,30	3,30	4,10
	7,0	-	-	-	-	-	2,10	3,15	4,05
	7,5	-	-	-	-	-	1,80	3,00	3,90
	8,0	-	-	-	-	-	1,45	2,80	3,80
	8,5	-	-	-	-	-	0,80	2,60	3,65
220	4,0	-	-	-	1,45	2,60	3,05	3,95	4,70
	4,5	-	-	-	1,10	2,45	3,00	3,90	4,65
	5,0	-	-	-	-	2,30	3,00	3,85	4,60
	5,5	-	-	-	-	2,00	2,80	3,65	4,40
	6,0	-	-	-	-	2,00	2,70	3,55	4,35
	6,5	-	-	-	-	1,75	2,60	3,55	4,35

Класс напряжения ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали (в метрах), при стрелах провеса, м, и среднегодовой температуре							
		До 4	5	6	8	12	16	20	30 и более
	7,0	-	-	-	-	-	2,35	3,35	4,25
	7,5	-	-	-	-	-	2,10	3,25	4,15
	8,0	-	-	-	-	-	1,80	3,10	4,00
	8,5	-	-	-	-	-	1,40	2,85	3,90
	9,0	-	-	-	-	-	-	2,65	3,75

Таблица А.2 – Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ класса напряжения 330 кВ в районах с умеренной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре					
		До 4	5	6	8	12	16 и более
330	5,0	-	1,20	2,45	2,65	3,10	3,70
	5,5	-	-	1,85	2,50	3,05	3,65
	6,0	-	-	-	2,50	2,95	3,60
	6,5	-	-	-	-	2,85	3,55
	7,0	-	-	-	-	2,70	3,50
	7,5	-	-	-	-	2,50	3,45
	8,0	-	-	-	-	2,50	3,40
	8,5	-	-	-	-	2,50	3,20
	9,0	-	-	-	-	2,25	3,15
	9,5	-	-	-	-	1,95	3,00
	10,0	-	-	-	-	1,50	2,90

Таблица А.3 – Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ в районах с умеренной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре				
		До 4	5	6	8	12 и более
500	6,0	-	1,60	2,20	3,10	4,50
	6,5	-	1,25	1,90	2,95	4,40
	7,0	-	-	1,70	2,80	4,35
	7,5	-	-	1,35	2,70	4,25
	8,0	-	-	-	2,50	4,20
	8,5	-	-	-	2,25	4,10
	9,0	-	-	-	2,00	4,00
	9,5	-	-	-	1,50	3,90
	10,0	-	-	-	-	3,80
	10,5	-	-	-	-	3,60
	11,0	-	-	-	-	3,45
750	7,0	-	1,30	2,05	3,00	4,45
	7,5	-	0,60	1,80	2,90	4,40
	8,0	-	-	1,45	2,70	4,30
	8,5	-	-	0,70	2,55	4,25
	9,0	-	-	-	2,35	4,15
	9,5	-	-	-	2,05	4,05

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре				
		До 4	5	6	8	12 и более
	10,0	-	-	-	1,65	3,95
	10,5	-	-	-	-	3,65
	11,0	-	-	-	-	3,50
	11,5	-	-	-	-	3,30
	12,0	-	-	-	-	3,10
	12,5	-	-	-	-	2,80

Таблица А.4 – Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ классов напряжений от 35 до 220 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре							
		До 4	5	6	8	12	16	20	30 и более
35	2,5	-	0,7	1,20	1,90	3,10	4,15	5,20	6,25
	3,0	-	-	0,75	1,70	3,00	4,10	5,15	6,20
	3,5	-	-	-	1,45	2,85	4,05	5,10	6,20
	4,0	-	-	-	0,90	2,70	3,95	5,05	6,15
	4,5	-	-	-	-	2,50	3,80	4,95	6,10
	5,0	-	-	-	-	2,20	3,65	4,85	6,00
	5,5	-	-	-	-	1,80	3,50	4,75	5,90
	6,0	-	-	-	-	1,15	3,25	4,60	5,80
	6,5	-	-	-	-	-	2,95	4,45	5,65
	7,0	-	-	-	-	-	2,60	4,25	5,55
	7,5	-	-	-	-	-	2,15	4,00	5,40
110	3,0	-	-	1,15	2,0	3,25	4,35	5,40	6,45
	3,5	-	-	-	1,72	3,10	4,25	5,35	6,40
	4,0	-	-	-	1,30	2,95	4,15	5,30	6,35
	4,5	-	-	-	-	2,75	4,05	5,20	6,30
	5,0	-	-	-	-	2,50	3,95	5,10	6,25
	5,5	-	-	-	-	2,15	3,70	5,00	6,15
	6,0	-	-	-	-	1,60	3,50	4,85	6,05
	6,5	-	-	-	-	-	3,25	4,70	5,90
	7,5	-	-	-	-	-	2,50	4,25	5,65
	8,0	-	-	-	-	-	1,90	4,00	5,45
150	3,5	-	-	0,65	1,90	3,25	4,40	5,50	6,55
	4,0	-	-	-	1,50	3,10	4,30	5,45	6,50
	4,5	-	-	-	0,75	2,90	4,20	5,35	6,45
	5,0	-	-	-	-	2,85	4,05	5,25	6,40
	5,5	-	-	-	-	2,30	3,85	5,15	6,30
	6,0	-	-	-	-	1,85	3,65	5,00	6,20
	6,5	-	-	-	-	0,95	3,40	4,85	6,05
	7,0	-	-	-	-	-	3,10	4,65	5,95
	7,5	-	-	-	-	-	2,70	4,40	5,75

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре							
		До 4	5	6	8	12	16	20	30 и более
	8,0	-	-	-	-	-	2,15	4,15	5,60
	8,5	-	-	-	-	-	1,15	3,85	5,40
220	4,0	-	-	-	1,95	3,45	4,45	5,80	6,85
	4,5	-	-	-	1,45	3,25	4,55	5,70	6,80
	5,0	-	-	-	-	3,05	4,40	5,60	6,70
	5,5	-	-	-	-	2,75	4,25	5,50	6,65
	6,0	-	-	-	-	2,35	4,05	5,35	6,55
	6,5	-	-	-	-	1,75	3,80	5,20	6,40
	7,0	-	-	-	-	-	3,50	5,00	6,30
	7,5	-	-	-	-	-	3,15	4,80	6,15
	8,0	-	-	-	-	-	2,70	4,55	5,95
	8,5	-	-	-	-	-	2,05	4,25	5,75
	9,0	-	-	-	-	-	-	3,95	5,55

Таблица А.5 – Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ класса напряжения 330 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре					
		До 4	5	6	8	12	16 и более
330	5,0	-	1,20	2,45	3,80	5,80	7,55
	5,5	-	-	1,85	3,55	5,70	7,45
	6,0	-	-	-	3,20	5,55	7,40
	6,5	-	-	-	2,80	5,40	7,30
	7,0	-	-	-	2,10	5,20	7,20
	7,5	-	-	-	-	4,95	7,05
	8,0	-	-	-	-	4,70	6,95
	8,5	-	-	-	-	4,35	6,75
	9,0	-	-	-	-	3,95	6,60
	9,5	-	-	-	-	3,40	6,35
	10,0	-	-	-	-	2,60	6,10

Таблица А.6 – Наименьшее смещение проводов соседних ярусов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ классов напряжений от 500 до 750 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса, м, при среднегодовой температуре				
		До 4	5	6	8	12 и более
500	6,0	-	2,90	3,95	5,50	8,00
	6,5	-	2,25	3,55	5,30	7,90
	7,0	-	-	3,10	5,05	7,80
	7,5	-	-	2,40	4,80	7,65
	8,0	-	-	-	4,45	7,55
	8,5	-	-	-	4,05	7,40
	9,0	-	-	-	3,55	7,20
	9,5	-	-	-	2,75	7,00
	10,0	-	-	-	-	6,80
	10,5	-	-	-	-	6,50
	11,0	-	-	-	-	6,20
750	7,0	-	2,50	3,90	5,70	8,40
	7,5	-	1,20	3,45	5,45	8,25
	8,0	-	-	2,75	5,15	8,15
	8,5	-	-	1,30	4,80	8,00
	9,0	-	-	-	4,40	7,80
	9,5	-	-	-	3,85	7,60
	10,0	-	-	-	3,10	7,40
	11,0	-	-	-	-	6,90
	11,5	-	-	-	-	6,55
	12,0	-	-	-	-	6,20
	12,5	-	-	-	-	5,80
	13,0	-	-	-	-	5,25

Таблица А.7 – Наименьшее смещение проводов и тросов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ в районах с умеренной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса провода, м, при среднегодовой температуре						
		До 6	8	10	12	14	16	20
35	2,5	-	1,50	2,55	3,35	3,90	4,35	5,85
	3,0	-	0,55	1,80	2,75	3,40	4,00	5,55
	3,5	-	-	1,00	2,20	3,00	3,55	5,10
	4,0	-	-	0,60	1,55	2,45	3,15	4,75
	4,5	-	-	-	0,70	1,85	2,70	4,40
	5,0	-	-	-	-	1,15	2,15	3,90
	5,5	-	-	-	-	0,20	1,55	3,60
	6,0	-	-	-	-	-	0,80	3,10
	6,5	-	-	-	-	-	-	2,45
	7,0	-	-	-	-	-	-	1,70
	7,5	-	-	-	-	-	-	0,90
	8,0	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
110	3,0	-	0,85	2,05	2,95	3,65	4,25	5,80
	3,5	-	-	1,40	2,50	3,20	3,75	5,35
	4,0	-	-	0,40	1,75	2,65	3,35	5,0
	4,5	-	-	-	0,95	2,05	2,90	4,60
	5,0	-	-	-	-	1,35	2,35	4,15
	5,5	-	-	-	-	0,50	1,75	3,70
	6,0	-	-	-	-	-	1,05	3,25
	6,5	-	-	-	-	-	0,10	2,60
	7,0	-	-	-	-	-	-	1,95
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,15
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,20
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
150	3,5	-	-	1,45	2,60	3,30	3,90	5,50
	4,0	-	-	0,65	1,85	2,80	3,50	5,15
	4,5	-	-	-	1,15	2,25	3,05	4,80
	5,0	-	-	-	0,10	1,50	2,55	4,40
	5,5	-	-	-	-	0,65	1,95	3,95
	6,0	-	-	-	-	-	1,20	3,45
	6,5	-	-	-	-	-	0,25	2,80
	7,0	-	-	-	-	-	-	2,15
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,35
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,45
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
220	4,0	-	-	0,85	2,10	3,05	3,80	5,55
	4,5	-	-	-	1,40	2,45	3,30	5,15
	5,0	-	-	-	0,50	1,80	2,75	4,65

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса провода, м, при среднегодовой температуре						
		До 6	8	10	12	14	16	20
	5,5	-	-	-	-	1,00	2,10	4,05
	6,0	-	-	-	-	0,40	1,45	3,55
	6,5	-	-	-	-	-	0,65	3,05
	7,0	-	-	-	-	-	-	2,35
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,65
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,75
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
330	5,0	-	0,80	2,15	2,95	3,75	4,40	4,85
	5,5	-	-	1,60	2,60	3,45	4,10	4,55
	6,0	-	-	1,00	2,15	3,10	3,80	4,15
	6,5	-	-	0,05	1,65	2,70	3,50	3,85
	7,0	-	-	-	1,05	2,25	3,15	3,45
	7,5	-	-	-	0,30	1,80	2,80	3,10
	8,0	-	-	-	-	1,30	2,45	2,65
	8,5	-	-	-	-	0,65	1,95	2,05
	9,0	-	-	-	-	-	1,40	1,55
	9,5	-	-	-	-	-	0,80	0,90
	10,0	-	-	-	-	-	-	0,20
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
500	6,0	-	1,55	2,90	4,05	4,35	4,60	5,05
	6,5	-	1,05	2,55	3,75	4,05	4,25	4,70
	7,0	-	0,40	2,15	3,45	3,70	3,90	4,25
	7,5	-	-	1,70	3,15	3,35	3,50	3,70
	8,0	-	-	1,20	2,75	2,90	3,10	3,35
	8,5	-	-	0,50	2,30	2,45	2,60	2,80
	9,0	-	-	-	1,85	1,95	2,05	2,20
	9,5	-	-	-	1,30	1,35	1,45	1,60
	10,0	-	-	-	0,60	0,60	0,65	0,75
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
750	7,0	-	0,70	2,20	3,40	3,65	3,85	4,20
	7,5	-	0,35	1,85	3,10	3,30	3,50	3,80
	8,0	-	-	1,35	2,75	2,95	3,10	3,40
	8,5	-	-	0,80	2,40	2,55	2,70	2,90
	9,0	-	-	0,10	1,95	2,05	2,20	2,40
	9,5	-	-	-	1,50	1,55	1,65	1,80
	10,0	-	-	-	0,90	1,00	1,05	1,15
	10,5	-	-	-	0,25	0,25	0,25	0,30

Таблица А.8 - Наименьшее смещение проводов и тросов по горизонтали на промежуточных опорах ВЛ классов напряжений от 35 до 750 кВ в районах с частой и интенсивной пляской проводов

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса провода, м, при среднегодовой температуре						
		До 6	8	10	12	14	16	20
35	2,5	-	1,75	3,20	4,50	5,75	6,95	9,35
	3,0	-	0,70	2,40	3,80	5,10	6,40	8,85
	3,5	-	-	1,40	3,00	4,45	5,75	8,25
	4,0	-	-	0,80	2,10	3,65	5,05	7,65
	4,5	-	-	-	0,95	2,75	4,30	7,00
	5,0	-	-	-	-	1,70	3,40	6,30
	5,5	-	-	-	-	0,35	2,40	5,55
	6,0	-	-	-	-	-	1,20	4,70
	6,5	-	-	-	-	-	-	3,75
	7,0	-	-	-	-	-	-	2,70
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,45
	8,0	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
110	3,0	-	1,00	2,60	3,95	5,30	6,55	8,95
	3,5	-	-	1,70	3,25	4,60	5,90	8,40
	4,0	-	-	0,50	2,35	3,85	5,25	7,80
	4,5	-	-	-	1,30	3,00	4,50	7,15
	5,0	-	-	-	-	2,00	3,65	6,45
	5,5	-	-	-	-	0,75	2,70	5,75
	6,0	-	-	-	-	-	1,55	4,90
	6,5	-	-	-	-	-	0,10	4,00
	7,0	-	-	-	-	-	-	3,00
	7,5	-	-	-	-	-	-	1,80
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,35
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,5	-	-	-	-	-	-	-
150	3,5	-	-	1,85	3,35	4,70	6,00	-
	4,0	-	-	0,75	2,50	4,00	5,35	-
	4,5	-	-	-	1,50	3,15	4,60	-
	5,0	-	-	-	0,15	2,20	3,80	6,60
	5,5	-	-	-	-	1,00	2,85	5,85
	6,0	-	-	-	-	-	1,75	5,05
	6,5	-	-	-	-	-	0,40	4,15
	7,0	-	-	-	-	-	-	3,15
	7,5	-	-	-	-	-	-	2,00
	8,0	-	-	-	-	-	-	0,65
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
220	4,0	-	-	1,15	2,80	4,25	5,55	-
	4,5	-	-	-	1,85	3,45	4,85	-
	5,0	-	-	-	0,65	2,55	4,05	-

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние по вертикали, м	Расстояние по горизонтали, м, при стрелах провеса провода, м, при среднегодовой температуре						
		До 6	8	10	12	14	16	20
	5,5	-	-	-	-	1,45	3,20	6,10
	6,0	-	-	-	-	0,50	2,15	5,35
	6,5	-	-	-	-	-	0,95	4,45
	7,0	-	-	-	-	-	-	3,50
	7,5	-	-	-	-	-	-	2,45
	8,0	-	-	-	-	-	-	1,15
	8,5	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	-	-	-	-	-	-	-
330	5,0	-	1,15	3,55	5,45	7,25	8,95	9,85
	5,5	-	-	2,65	4,80	6,65	8,40	-9,25
	6,0	-	-	1,60	4,00	6,00	7,80	-8,55
	6,5	-	-	0,10	3,10	5,30	7,20	7,90
	7,0	-	-	-	2,05	4,50	6,50	7,10
	7,5	-	-	-	0,65	3,55	5,75	6,30
	8,0	-	-	-	-	2,50	4,95	5,40
	8,5	-	-	-	-	1,20	4,05	4,35
	9,0	-	-	-	-	-	2,95	3,20
	9,5	-	-	-	-	-	1,70	1,85
	10,0	-	-	-	-	-	-	0,50
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
500	6,0	-	2,75	5,15	7,25	7,75	8,20	9,00
	6,5	-	1,90	4,55	6,75	7,20	7,60	8,35
	7,0	-	0,70	3,85	6,20	6,60	6,95	7,60
	7,5	-	-	3,05	5,60	5,95	6,25	6,65
	8,0	-	-	2,10	4,90	5,20	5,50	5,95
	8,5	-	-	0,90	4,15	4,40	4,65	5,05
	9,0	-	-	-	3,30	3,50	3,65	3,95
	9,5	-	-	-	2,30	2,40	2,55	2,85
	10,0	-	-	-	1,05	1,10	1,15	1,30
	10,5	-	-	-	-	-	-	-
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
750	7,0	-	1,35	4,15	6,45	6,85	7,25	7,95
	7,5	-	0,70	3,45	5,85	6,25	6,60	7,20
	8,0	-	-	2,55	5,20	5,55	5,85	6,40
	8,5	-	-	1,55	4,50	4,80	5,05	5,50
	9,0	-	-	0,25	3,70	3,90	4,15	4,50
	9,5	-	-	-	2,80	2,95	3,15	3,40
	10,0	-	-	-	1,70	1,85	1,95	2,15
	10,5	-	-	-	0,40	0,40	0,45	0,55
	11,0	-	-	-	-	-	-	-
	11,5	-	-	-	-	-	-	-

Приложение Б
(рекомендуемое)
Форма паспорта воздушной линии электропередачи

ПАСПОРТ
ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
ВЛ ____ кВ_____
наименование

Год постройки _____
Дата ввода в эксплуатацию _____
Диспетчерское наименование _____
Наименование проектной организации _____
Наименование строительно-монтажной организации _____

I. Схема линии электропередачи

II. Основные данные

1	Протяженность ВЛ (общая), км	
2	Количество участков	
3	Количество опор (всего), шт.	
	а) промежуточных шт., тип	
	б) промежуточно-угловых шт., тип	
	в) анкерных шт.,	
	г) анкерно-угловых шт., тип	
	д) транспозиционных шт., тип	
	е) специальных шт., тип	
3	Участок 1:	
3.1	Номинальное напряжение, Uном кВ	
3.2	Эксплуатационное напряжение, кВ	
3.3	Длина участка, L км	
3.4	Длина, обслуживаемая МЭС, км	
3.5	Длина пролета:	
	а) расчетного весового, м	
	б) расчетного ветрового, м	
	в) габаритного, м	
3.6	Марка и сечение провода	
3.7	Количество проводов в фазе, шт.	
3.8	Расстояние между проводами в фазе, м	
3.9	Количество цепей	
3.10	Марка грозозащитного троса	
3.11	Количество проводов грозотроса	
3.12	Способ заземления грозотроса (выбрать из списка):	
	– Заземление на опорах (без разрезания троса)	
	– Заземление на анкерных опорах с одной стороны каждого участка разрезанного троса	

	– Трос заземлен только по концам линии (без разрезания троса)	
3.13	Тип опор	
3.14	Количество опор каждого типа	
3.15	Эскизы опор с указанием размеров	
3.16	Марка изоляторов и количество изоляторов в гирлянде	
3.17	Удельные потери на корону, кВАр/км	
3.18	Описание влияния других ВЛ 110 кВ и выше (при сближении до 500 м):	
3.18.1	Диспетчерское наименование 1-й влияющей ВЛ	
3.18.2	Среднее расстояние между осями опор участка с 1-й параллельной линией, м	
3.18.3	Диспетчерское наименование n-й влияющей ВЛ	
3.18.4	Среднее расстояние между осями опор участка с n-й параллельной линией, м	
4	Участок n	
…		
5	Тип поддерживающего устройства:	
	а) на всей ВЛ	
	б) на переходах	
6	Ответвления от ВЛ:	
	а) количество шт.	
	б) от опор №	
	в) количество опор в каждом ответвлении шт.	
	г) длина каждого ответвления км	
7	Район климатических условий:	
	а) по ветру	
	б) по гололеду	
	в) по интенсивности пляски проводов и тросов	
	г) по среднегодовой продолжительности гроз	
	д) по степени загрязненности атмосферы (СЗА)	
8	Температура воздуха:	
	а) среднегодовая	
	б) низшая	
	в) высшая	
9	Участки с особыми условиями	

III. Характеристика элементов ВЛ

1. Опоры металлические

Наименование опор (промежуточные, анкерные)	Шифр	.Завод-изготовитель	Оттяжки		Количество	Номера опор
			Количество	Марка		

2. Опоры железобетонные

Наименование опор	Шифр	Стойка		Траверса		Оттяжки		Коли-чество	Номера опор
		Шифр	Завод-	Шифр	Завод-	Марка	Коли-		

(промежуточные, анкерные)			изготовитель		изготовитель		чество		

3. Опоры деревянные

Наименование опор (промежуточные, анкерные)	Шифр	Завод-поставщик древесины	Пропитка	Железобетонные приставки			Количество	Номера опор
				Шифр	Завод-изготовитель	Коли-чество		

4. Фундаменты

Тип	Шифр	Количество	Номера опор

5. Изоляторы

Подвесные								Штыревые		
в поддерживающих подвесках				в натяжных подвесках						
Тип	Завод-изготовитель, год выпуска	Количество в одной гирлянде	Всего на ВЛ	Тип	Завод-изготовитель, год выпуска	Коли чество в одной гирлянде	Всего на ВЛ	Тип	Завод-изготовитель, год выпуска	Всего на ВЛ

Количество цепей (ветвей) в натяжной подвеске и способ крепления их к траверсе опоры

_____

Схемы изолирующих подвесок

6. Арматура

Наименование арматуры	Для провода		Для грозозащитного троса	
	Тип	Количество	Тип	Количество
Сцепная Поддерживающая Натяжная Соединительная Контактная Защитная Прочая арматура				

Номера опор, между которыми установлены гасители вибрации _____
Номера опор, между которыми установлены гасители пляски _____

7. Защита от перенапряжений
а) участки подвеса грозозащитного троса (номера опор на границах участка) _____
б) общая длина грозозащитного троса _____
в) защитный угол грозозащитного троса _____
г) способ крепления (с указанием значения искровых промежутков в миллиметрах)

на промежуточных опорах _____
на анкерных опорах _____
д) характеристика других средств защиты от перенапряжений _____
е) номера опор, на которых установлены трубчатые разрядники _____

Схема расположения проводов и грозозащитных тросов и расстояний между ними на опоре

8. Заземление

Удельное сопротивление грунта, Ом.м	Сопротивление заземления опор по норме, Ом	Номера опор
До 100	До 10	—
100-500	До 15	—
500-1000	До 20	—
Более 1000	До 30	—

Номера опор, значения сопротивления заземления которых выше нормы:
_____

Схемы заземлителей опор

9. Переходы и пересечения

Вид перехода или пересечения	Габарит на переходе, м	Номера опор в пролете пересечения или перехода	Тип подвески	Тяжение провода (троса), тс

10. Характеристика местности на трассе ВЛ

Наименование местности	Номера опор	Общая длина, км
Лес Поле Болото Крупные овраги Населенная местность		

11. Средства связи

_____
Характеристика имеющихся видов связи (радио, высокочастотной, линий связи)

Дата составления паспорта _____
Составил_____ _____
Ф.И.О. подпись
Начальник службы линий_____ _____
Ф.И.О.. подпись, дата

12. Техническое освидетельствование

№ п/п	Дата проведения предыдущего технического освидетельствования (квартал, год)	Плановая дата проведения технического освидетельствования (квартал, год)

13. Внесение изменений в паспорт

Дата записи	Краткое содержание изменений	Фамилия, имя, отчество и подпись, внесшего изменения

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия

[2] СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений

[3] СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии

[4] СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги

[5] СНиП 2.05.06-85* Магистральные трубопроводы

[6] СНиП 2.05.09-90 Трамвайные и троллейбусные линии

[7] СНиП 2.05.11-83 Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях

[8] СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения

[9] СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах

[10] СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений

[11] СНиП II-23-81* Стальные конструкции

[12] СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений

[13] СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Разделы 4-14.

[14] СНиП 23-01-99* Строительная климатология

[15] СНиП 32-03-96 Аэродромы

[16] СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях

[17] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормативы

[18] Правила пересечения воздушных линий связи и радиотрансляционных сетей с линиями электропередачи, Минсвязи СССР, 1979 г.

[19] Методические указания по допуску в эксплуатацию новых и реконструированных электрических и тепловых энергоустановок. Утв. Министерством энергетики РФ 03.04.2002 г.

[20] СНиП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства

[21] СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства

УДК 621.315 ОКС 29.130.10 ОКП 34 1400

Ключевые слова: ВОЗДУШНАЯ ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, НАПРЯЖЕНИЕ, СОЗДАНИЕ, ОПОРЫ, ПРОВОДА, ГРОЗОЗАЩИТНЫЕ ТРОСЫ, ИЗОЛЯТОРЫ, АРМАТУРА, ВОЗДУШНЫЕ РАССТОЯНИЯ.

Руководитель разработки
Научный руководитель
ОАО «НТЦ электроэнергетики» Ю.Г. Шакарян

Руководитель разработки Л.В. Тимашова

Исполнители:

С.В. Крылов

Заведующий лабораторией Е.П. Никифоров

Заведующий сектором В.А. Луговой

Заведующий сектором Е.Н. Ефимов

Заведующий сектором В.В. Шатров

Старший научный сотрудник С.В. Черешнюк

Главный специалист Б.Б. Бочковский

Главный специалист Н.В. Ясинская

gost.e-ecolog.ru