**Проект нормативного документа**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ**

**Энергохозяйство городского электрического транспорта общего пользования. Требования к проектированию.**

# Предисловие

1 ИСПОЛНИТЕЛИ - ОАО «НИИАТ», ООО «ПКТИ».

2 ВНЕСЕН

3 ПОДГОТОВЛЕН

4 УТВЕРЖДЕН

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН

# Введение

Настоящий стандарт разработан с учетом требований федеральных законов от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании", от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

Стандарт разработан ОАО «НИИАТ», ООО «ПКТИ» и согласован Общероссийским отраслевым объединением работодателей «Городской электрический транспорт».

# 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на проектирование вновь строящихся и реконструируемых транспортных сооружений, располагаемых в населенных пунктах:

- линий легкого рельсового транспорта (ЛРТ) в части объектов энергетики;

- линий и объектов энергоснабжения городского безрельсового электротранспорта общего пользования (троллейбус, электробус);

- зданий и сооружений для хранения, ремонта и обслуживания подвижного состава электрифицированного транспорта общего пользования (в части объектов энергетики).

# 2 Нормативные ссылки

ГОСТ Р 55647-2018. Провода контактные из меди и ее сплавов для электрифицированных железных дорог

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

ГОСТ 839-2019 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи

ГОСТ 4775-91 Провода неизолированные биметаллические сталемедные

СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции

СП 16.13330.2017 Стальные конструкции

СП 42.13330.2016 Планировка и застройка городских и сельских поселений

ГОСТ 23476-79 Арматура контактной сети трамвая и троллейбуса

ГОСТ 28041-89 Пересечения, изоляторы секционные, стрелки контактных сетей трамвая и троллейбуса

ГОСТ 9.602-2016 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

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

[ГОСТ 67-78](https://docs.cntd.ru/document/1200016517) Пересечения линий связи и проводного вещания с контактными сетями наземного электротранспорта. Общие требования и нормы

ГОСТ 2585-81 Выключатели автоматические быстродействующие постоянного тока

СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий

СП 51.13330.2011 Защита от шума

СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания

ГОСТ 12.1.036-81 Система стандартов безопасности труда. Шум.

ГОСТ 20.39.108-85 Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике.

СН 181-70 Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий

ГОСТ 12.1.038-82 Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ВСН 13-77 Инструкция по монтажу контактных сетей промышленного и городского электрифицированного транспорта

# 3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены термины в соответствии со Сводом правил «Энергохозяйство городского электрического транспорта общего пользования. Требования к эксплуатации».

# 4 Общие положения

Настоящий стандарт является нормативным техническим документом и устанавливает основные требования к проектированию тяговых подстанций, контактной и кабельной сетей:

- линий легкого рельсового транспорта в части объектов энергетики;

- линий и объектов энергоснабжения городского безрельсового электротранспорта общего пользования (троллейбус, электробус);

- зданий и сооружений для хранения, ремонта и обслуживания подвижного состава электрифицированного транспорта общего пользования (в части объектов энергетики).

**5 Контактные сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса**

Контактные подвески

5.1 Тип контактных подвесок линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует выбирать с учетом конкретных условий на данных участках трассы, в том числе климатических условий, возможных максимальных скоростей движения, величин горизонтальных и вертикальных кривых и технических характеристик самих подвесок, обеспечивающих движение легкого рельсового транспорта и троллейбуса с необходимыми на данных участках скоростями.

Преимущественное применение должны иметь компенсированные и полукомпенсированные подвески.

5.2 На участках дороги или пути с вогнутой в вертикальной плоскости кривой радиусом менее 3000 м следует применять простые подвески на цепных или простых гибких поперечинах или цепные подвески с ограничителями подъема контактного провода.

5.3 В контактных сетях линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует применять провода из меди и ее сплавов, изготавливаемые по ГОСТ Р 55647.

Сечение контактных проводов следует принимать в соответствии с электрическим расчетом. На участках линий легкого рельсового транспорта с повышенным энергопотреблением допускается применение двух контактных проводов для питания одного пути.

5.4 Для продольных несущих тросов цепных подвесок следует использовать стальной, оцинкованный, семипроволочный витой канат, изготовленный по ГОСТ 3062 либо композитный (синтетический) трос.

5.5 При необходимости увеличения электрической проводимости контактной подвески допускается в контактной сети легкого рельсового транспорта в качестве несущего троса и усиливающего провода использовать медный провод марки М (ГОСТ 839) или биметаллический сталемедный провод марки ПБСМ-1 или ПБСМ-2 (ГОСТ 4775). При использовании в качестве продольных несущих тросов цепной подвески медных или бронзовых проводов подвеска должна быть оборудована устройством автоматического регулирования натяжения продольного несущего троса.

5.6 Значение напряжения от механических нагрузок и натяжений в контактных проводах легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует принимать в соответствии с таблицей 5.1. Величину натяжения несущих тросов цепных подвесок следует принимать в соответствии с технической документацией на эти подвески.

Таблица 5.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип контактных подвесок  | Напряжение в проводах при растяжении, Н/мм (кгс/мм) | Натяжение в сталеалюминиевых проводах ПКСА-80/180,  |
|
|
| в медных фасонных (МФ) и медных фасонных овального профиля (МФО) | в бронзовых фасонных (БрФ) и бронзовых овального профиля (БрФО) | Н (кгс) |
| мини-мальное  | макси-мальное  | мини-мальное  | макси-мальное  | мини-мальное  |
| Некомпенсированные  | 45 (4,5) | 125 (12,5) | 55 (5,5) | 150 (15) | 2000 (200) |
| Частично компенсированные  | 40 (4) | 150 (15) | 55 (5,5) | 150 (15) | 2000 (200) |
| Полукомпенсированные и компенсированные  | 80 (8) | 95 (9,5) | 105 (10,5) | 115 (11,5) | 7000 (700) |

Примечание: при применении проводов овального профиля для троллейбуса следует учитывать форму профиля контактной вставки троллейбуса.

5.7 Высоту подвешивания контактного провода легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует принимать по таблице 5.2.

Таблица 5.2

|  |  |
| --- | --- |
| Контактные сети  | Высота подвешивания контактных проводов над уровнем головок рельсов или дорожного покрытия, м  |
| 1 Вновь строящиеся или реконструируемые линии (пассажирские, служебные, на открытых территориях депо, ремонтных мастерских, заводов) | 5,8 |
| 2 Новые участки контактных проводов при совместном подвешивании на общих поддерживающих устройствах | Такая же, как существующей линии  |
| 3 Участки контактных проводов: |   |
| - внутри производственных помещений; | 5,2  |
| - в проемах ворот здания высота не должна быть меньше высоты подвижного состава с опущенными и надежно зафиксированными токоприемниками; | 4,7  |
| - под вновь строящимися и реконструируемыми инженерными сооружениями и в помещениях закрытых стоянок; | Не менее 4,4  |
| - под существующими инженерными сооружениями с габаритом по высоте менее 5,0 м (до реконструкции проезжей части дороги под сооружением); | не менее 4,2 |
| - в тоннелях легкого рельсового транспорта  | не менее 3,9 |

Примечания:

1 Для простых подвесок и цепных подвесок с двумя струнами в пролете высоту подвешивания контактных проводов следует принимать для среднегодовой температуры воздуха, а для цепных подвесок с числом струн в пролете более двух - для температуры расчетного беспровесного состояния контактных проводов.

2 При подвешивании на общих цепных гибких поперечинах допускается отклонение в высоте подвешивания контактных проводов в позиции 2 настоящей таблицы на разность конструктивных размеров подвесной арматуры.

3 Если применяемые в эксплуатации токоприемники при изменении высоты подвешивания контактного провода ухудшают свои характеристики, влияющие на качество токосъема, то высоту подвешиваемого контактного провода следует сохранять принятой для данного предприятия.

5.8 Высота расположения контактных проводов легкого рельсового транспорта или троллейбуса над уровнем головок рельсов или дорожного покрытия в любом месте пролета в наихудшем расчетном режиме не должна быть менее 5,2 м, за исключением случаев, предусмотренных в позиции 3 таблицы 2, а в местах пересечения линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса с неэлектрифицированными железнодорожными путями - не менее 5,8 м над уровнем головок железнодорожных рельсов, при наибольшей стреле провеса контактных проводов.

5.9 Сопряжение участков контактных линий с различной высотой подвешивания контактных проводов следует проектировать с уклоном проводов относительно продольного профиля пути ЛРТ или дороги не более 20‰; для скоростей движения 20 км/ч и более - не более 10‰; на территориях и в производственных зданиях депо и ремонтных мастерских (заводов), а также на участках линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса, на которых скорость движения не превышает 15 км/ч, - не более 40‰.

5.10 Расстояние между точками фиксации контактного провода легкого рельсового транспорта на криволинейных участках пути (длину хорды) *a*, м, следует принимать по наименьшей величине, рассчитанной по формулам:

 и ,

где   *R*- радиус кривой по оси пути, м;

*b*- отклонение (вынос) точки фиксации контактного провода в плане от оси токоприемника, м;

*H* - величина наибольшего натяжения контактного провода, Н (кгс);

 *Z*- допустимое усилие в горизонтальной плоскости на подвесную или фиксирующую арматуру, Н (кгс).

5.11 Точку пересечения контактных проводов линий легкого рельсового транспорта (воздушную крестовину) следует располагать над пересечением осей путей.

При пересечении осей путей под углом менее 60° при направлении движения поездов обеих пересекающихся линий со стороны острого угла точку пересечения контактных проводов следует смещать навстречу движению на 10-15 см по биссектрисе угла, образованного контактными проводами.

5.12 Над стрелочными переводами путей точка схождения (разветвления) контактных проводов должна находиться в точке, расположенной на биссектрисе угла, образуемого осями путей, там, где расстояние между внутренними гранями головок, сходящихся к путевой крестовине рельсов, равно 1±0,05 м.

5.13 Расстояние между контактными проводами одного направления следует принимать 600 мм, допускается расстояние 500-520 мм. Допускаются отклонения на специальных частях - 400-800 мм

5.14 Отрицательные провода контактной троллейбусной сети всегда следует располагать с правой стороны по направлению движения. На однопутных троллейбусных линиях, а также, в виде исключения, на территории депо, ремонтных мастерских (заводов) и т.п., и при трехпроводной системе питания допускается располагать отрицательные провода контактной сети с левой стороны.

5.15 Трассировка контактных линий троллейбуса должна обеспечивать движение троллейбусов в первой и второй полосах движения, а на подходах к левым поворотам - в крайней левой полосе движения, предусматривая плавное перестроение троллейбусов с учетом конкретной дорожной обстановки.

При этом приближение контактных проводов к осевой линии должно начинаться на расстоянии 120-150 м до поворота при двух полосах движения, а при трех и более -100-120 м.

5.16 Горизонтальные расстояния между контактными проводами смежных троллейбусных линий, между контактным проводом троллейбуса и осью пути ЛРТ следует принимать не менее величин, приведенных в таблице 5.3.

Таблица 5.3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| Троллейбусные линии | Горизонтальные расстояния вне зоны пересечений, м, от контактного провода троллейбусной линии до |
|  | оси пути ЛРТ  | контактного провода смежной троллейбусной линии  |
| В нормальных условиях |
| Пассажирские | 4,0 | 3,0 |
| Служебные и грузовые, а также расположенные на территории депо и ремонтных мастерских (заводов) | 3,0 | 2,0 |
| Допускаемые в стесненных условиях |
| Пассажирские | 2,5 | 1,5 |
| Служебные и грузовые | 2,0 | 1,0 |
| Расположенные на территории депо и ремонтных мастерских (заводов) | 2,0 | 1,0 |
| Примечание - В пролете, примыкающем к стрелочному узлу троллейбусных контактных линий, горизонтальное расстояние между ближайшими контактными проводами смежных линий может быть уменьшено до 1,0 м/ В зоне у стрелочного узла либо пересечения расстояние между проводами сливающихся (расходящихся) и пересекающихся линий определяется конструкцией стрелочного узла (пересечения). |

5.17 Радиус на криволинейных участках троллейбусных линий должен быть не менее радиуса изгиба дороги.

В местах поворота на перекрестках, площадях, разворотных кольцах и т.п. наименьший радиус контактной линии в плане следует принимать по таблице 5.4.

Таблица 5.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Условия поворота | Наименьший радиус кривой в плане по внутреннему контактному проводу троллейбусных линий, м |
|  | в нормальных условиях | допускаемый в стесненных условиях |
| На пассажирских линиях при углах поворота: |  |  |
| - до 90° | 12 | 10 |
| - св. 90° | 14 | 11 |
| На служебных и грузовых линиях, а также на линиях депо и ремонтных мастерских (заводов) | 10 | 9 |

5.18 Величина углов излома контактных проводов троллейбусных линий (в плане) на криволинейных участках трассы не должна превышать допустимого угла излома, установленного техническими условиями для соответствующей арматуры и фиксирующих устройств (зажимов, фиксаторов, обратных фиксаторов, держателей кривой).

5.19 Длины пролетов определяются конструкцией подвески для соответствующих климатических районов.

Наибольшую длину пролетов контактной подвески на прямых участках следует принимать по таблице 5.5.

Таблица 5.5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Контактные подвески | Наибольшие величины пролетов контактных подвесок между опорами на прямых участках, м, для линий |
|  | ЛРТ | троллейбусных |
| Цепные | До 50 | До 50 |
| Простые петлевые | До 45 | До 40 |
| Простые на наклонных струнах | До 40 | До 40 |
| Простые на гибких тросовых поперечинах и кронштейнах | До 35 | До 30 |
| Цепные малогабаритные в тоннелях | До 25 | До 25 |
| Простые на эластичных поддерживающих устройствах в тоннелях | До 15 | До 15 |

В пределах вертикальных кривых, сопрягающих смежные элементы продольного профиля пути ЛРТ или дороги, на участках трассы троллейбусной линии с горизонтальными кривыми радиусом менее 500 м и при использовании в качества опорных устройств стены зданий длины пролетов контактных подвесок следует уменьшать на 20%-25%.

Величину отдельных (не смежных) пролетов цепных подвесок допускается увеличивать до 60 м.

Для перекрытия больших одиночных пролетов длиной до 100 м следует применять цепную подвеску с 3-4 струнами в пролете и анкеровкой продольных тросов по обеим сторонам пролета, а также простую подвеску на тросовых гибких поперечинах с использованием поддерживающих устройств типа "трапеция" или "полигон".

5.20 При использовании опор контактной сети для наружного освещения расстояние между опорами следует принимать с учетом оптимального сочетания типа подвески (в соответствии с таблицей 5) и требований к освещенности улиц.

**Поддерживающие и фиксирующие устройства**

5.22 В контактных сетях легкого рельсового транспорта и троллейбуса в качестве поддерживающих устройств следует предусматривать кронштейны, простые и цепные гибкие поперечины, балки и перекрытия путепроводов, тоннелей и других инженерных сооружений.

Конструкционное выполнение поддерживающих и фиксирующих устройств контактной сети ЛРТ должно исключать удары токоприемников легкого рельсового транспорта по частям контактной сети при усилии токоприемников на контактный провод силой не менее 150 Н (15 кгс) и минимальном натяжении тросовых элементов.

5.23 Для гибких поддерживающих и фиксирующих устройств в зависимости от нагрузки следует применять стальную оцинкованную проволоку диаметром 5 мм, стальной оцинкованный семипроволочный канат (ГОСТ 3062) или композитный (синтетический) трос. Для несущих тросов следует применять только стальной оцинкованный семипроволочный канат (ГОСТ 3062) или композитный (синтетический) трос, либо иные материалы в соответствии с требованиями п. 5.5.

5.24 Все виды кронштейнов должны быть поворотными в горизонтальной плоскости и иметь одну ступень изоляции в узлах крепления их к опорам. Предпочтительными являются кронштейны, выполненные из изоляционных полимерных композиционных материалов, или кронштейны с покрытием из указанных материалов.

5.25 Гибкие поперечины в отдельных случаях могут иметь усложненный вид: угольники, трапеции, полигоны.

5.26 Расчеты поддерживающих устройств следует производить на наиболее неблагоприятное сочетание нагрузок (минимальная температура, гололед, ветер) в зависимости от климатических районов.

При расчете фиксирующих тросов минимально допустимое натяжение троса следует принимать равным 300-500 Н (30-50 кгс) в наиболее разгруженном звене при наивысшей годовой температуре в данном климатическом районе.

5.27 При выборе сечения тросов и проволок гибких поддерживающих и фиксирующих устройств должны быть приняты следующие коэффициенты запаса прочности:

- для стальных, композитных (синтетических) несущих тросов цепных подвесок, стальных, биметаллических, медных и композитных (синтетических) несущих тросов, оттяжных ветвей на криволинейных участках, - не менее 3;

- для медных и биметаллических продольных несущих тросов цепных подвесок, стальных, биметаллических и композитных (синтетических) фиксирующих поперечин - не менее 2,5.

5.28 При расчете высоты закрепления гибких тросовых поперечин на опорах, стенах зданий и других опорных конструкциях следует исходить из следующих уклонов поперечин от точки с максимальной стрелой провеса поперечины до места ее закрепления:

- для простых поперечин на прямых участках - 1:10-1:12;

- для внешних, по отношению к кривой, частей простых поперечин - 1:15-1:20;

- для внутренних, по отношению к кривой, частей простых поперечин - 1:5-1:10;

- для несущих тросов цепных поперечин, поперечных несущих тросов цепных подвесок и несущих тросов спецчастей - 1:5-1:10;

- для оттяжек на кривых - 1:20-1:40:

- для анкеровочных ветвей контактного провода - 1:30-1:40.

5.29 При длине несущих гибких поперечин 30 м и более в каждой из них следует предусматривать натяжную муфту.

В несущих тросах цепных подвесок расстояние между натяжными муфтами должно быть не более 600 м; натяжные муфты должны предусматриваться также в местах анкеровки тросов.

Допускается не устанавливать стяжные муфты в случае монтажа устройств грузокомпенсации.

На простых гибких поперечинах допускается предусматривать подвешивание не более двух контактных линий легкого рельсового транспорта или троллейбуса при расстоянии между их проводами до 10 м. При большем расстоянии между проводами, а также при числе линий более двух следует применять цепные гибкие поперечины

5.30 Все виды поперечин, оттяжки и анкерные ветки, закрепляемые на стенах жилых и общественных зданий, должны быть оснащены арматурой (шумоглушителями), поглощающей вибрацию и шумы, возникающие в контактной сети.

5.31 Длина струн цепных гибких поперечин должна быть не менее, м:

- в контактной сети легкого рельсового транспорта - 0,5;

- в контактной сети троллейбуса - 0,7.

В местах пересечения гибкими поперечинами смежных контактных проводов между последними и поперечинами должно обеспечиваться расстояние не менее 0,7 м.

5.32 В пределах одной улицы следует предусматривать самостоятельные поддерживающие устройства контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса. При невозможности установки опор контактной сети у борта дороги допускается подвешивание контактных подвесок легкого рельсового транспорта и троллейбуса (за исключением подвесок на наклонных струнах) на общих поддерживающих устройствах (поперечинах).

5.33 Расстояние (по вертикали и горизонтали) от стенных крюков до углов зданий и краев стенных проемов (окон, дверей и т.п.) должно быть не менее 0,5 м.

Расчетная нагрузка на один стенной крюк в местах закрепления гибких поддерживающих устройств на стенах зданий не должна превышать 7000 Н (700 кгс).

5.34 Использование поддерживающих устройств контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса (тросовые поперечины, кронштейны) для подвешивания на них каких-либо устройств или растяжек, не относящихся к контактной сети, не допускается.

Допускается использование поперечин контактной сети для прокладки вдоль этих поперечин проводов СЦБ и связи при условии выполнения двух ступеней изоляции проводов СЦБ и связи на напряжение 1 кВ от поддерживающих устройств контактной сети.

**Опорные конструкции**

5.35 В контактных сетях легкого рельсового транспорта и троллейбуса в качестве опорных конструкций следует использовать специальные опоры, стены кирпичных и железобетонных зданий и по согласованию с соответствующими организациями - конструкции тоннелей, мостов, путепроводов и других инженерных сооружений.

Использование стен из навесных железобетонных панелей для крепления контактной сети к зданиям не допускается, за исключением случаев использования специальных закладных деталей, закрепленных к несущим элементам здания.

5.36 Для контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует применять железобетонные опоры, имеющие напряженную и ненапряженную арматуру и стальные опоры, предназначенные для электрического городского транспорта.

Допускается применение других типов опор при обеспечении необходимой несущей способности.

В узлах сопряжения анкерных участков с грузовыми компенсаторами, в местах вывода питающих кабелей, на инженерных сооружениях (мостах, путепроводах и эстакадах), в местах размещения специальных частей, на узлах, а также при установке опор контактной сети в зоне линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше рекомендуется предусматривать стальные трубчатые опоры.

Необходимость применения соответствующей конструкции опор следует устанавливать и обосновывать проектом.

Заземления железобетонных и металлических опор контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса предусматривать не требуется

5.37 Конструкции железобетонных опор контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует рассчитывать в соответствии с требованиями [СП 63.13330](https://docs.cntd.ru/document/554403082), а стальных опор - в соответствии с [СП 16.13330](https://docs.cntd.ru/document/456069588).

Расчетную горизонтальную нагрузку на стальные опоры *Рр*, Н, кгс, следует определять по формуле:

,

Где *К* - коэффициент перегрузки, 1,3;

*Рн*- нормативная нагрузка на опору, приложенная к вершине опоры, Н, кгс.

Расчетный прогиб железобетонных и стальных опор под действием нормативной нагрузки не должен превышать $\frac{1}{70}$ высоты надземной части опоры.

5.38 Опоры контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса должны быть равнопрочными по любым поперечным осям опоры и воспринимать полную нагрузку без применения разгрузочных (анкерных) оттяжек.

При восприятии опорой нагрузок, направленных в разные стороны, опору следует выбирать по результирующей нагрузке, определяемой для наиболее невыгодного сочетания всех действующих нагрузок, с учетом возможности обрыва любого из закрепляемых на опоре тросов. При этом величина результирующей нагрузки, приведенной к вершине опоры, не должна быть больше нормативной нагрузки на опору.

5.39 При превышении результирующей расчетной нагрузки на опору по сравнению с нормативной не более чем на 25% для железобетонных опор и не более чем на 50% для стальных опор допускается в виде исключения предусматривать усиление опор анкерными оттяжками в следующих случаях:

- при необходимости дополнительной загрузки существующих опор;

- на грузовых и служебных линиях;

- на территориях депо и ремонтных мастерских (заводов);

- на загородных линиях.

Допускается предусматривать закрепление анкерных оттяжек опор к стенам зданий или к заглубленному в грунт анкеру.

Высота расположения анкерных оттяжек в местах, где возможно движение транспорта и пешеходов, должна приниматься не менее 5 м от уровня проезжей части, а при пересечении тротуара - не менее 3 м от уровня его покрытия.

5.40 Опоры контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует располагать вдоль борта дороги на тротуарах или газонах. Расстояние от лицевой грани бортового камня до оси опоры следует принимать 1 м. При этом расстояние от лицевой грани бортового камня до наружной поверхности опоры должно быть не менее 0,6 м.

Отдельные опоры можно размещать во дворах, у стен зданий, в зонах зеленых насаждений.

При установке опор вдоль дороги, не ограниченной бортовым камнем, их следует размещать на обочине на расстоянии не менее 1,75 м от края проезжей части (асфальтового покрытия) с устройством типового барьерного ограждения. Минимальные расстояния от оси пути легкого рельсового транспорта до опор контактной сети следует принимать в соответствии с п. 5.5 СП 98.13330.

5.41 Опоры контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса, как правило, следует устанавливать в бетонных (бетон класса В15) или сборных железобетонных (бетон класса В20, В30) индивидуальных фундаментах.

Возможно применение других конструкций фундаментов, обеспечивающих выполнение требований 5.38.

При расчете фундаментов опор контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса в качестве расчетной нагрузки следует принимать нормативную нагрузку на опору с коэффициентом перегрузки 1,3.

Глубина заложения подошвы фундамента не должна быть менее глубины промерзания грунта в соответствующем районе.

Железобетонные сборные фундаменты опор контактной сети должны быть защищены от электрической коррозии и коррозии, вызываемой воздействием окружающей среды.

5.42 Горизонтальное расстояние (в свету) от фундаментов опор контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса до подземных инженерных сетей следует принимать по СП 42.13330.2016.

Допускается, как исключение, установка опор контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса над подземными сооружениями, коммуникациями при расстоянии от верха подземного сооружения до подошвы фундамента опоры не менее 0,5 м, а для сооружений метрополитена - 1,0 м.

5.43 При необходимости установки опор контактной сети в местах с большой насыщенностью подземными коммуникациями допускается предусматривать закрепление опор в специальных конструкциях со смещением вертикальной оси фундамента относительно вертикальной оси опоры с размещением опоры над подземными коммуникациями.

5.44 На инженерных сооружениях (мостах, путепроводах, эстакадах и пр.) опоры контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует устанавливать в стальных стаканах или на фланцах, прикрепляемых к несущим элементам инженерного сооружения.

Опоры в стальных стаканах следует крепить с заглублением на 0,6-0,8 м и расклиниванием стальными клиньями по периметру в нижней и в верхней части стакана. В верхней части стакана допускается приварка опоры к стакану. Фланцевое крепление опоры следует выполнять болтами. От места крепления опоры должен быть обеспечен водоотвод. Конструкцию крепления опор к инженерному сооружению надлежит рассчитывать по расчетным нагрузкам, действующим на устанавливаемые опоры.

5.45 Использование опор контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса для закрепления в них тросов, проводов и устройств, не относящихся к контактной сети, допускается лишь по согласованию с организацией, эксплуатирующей контактную сеть, и в пределах нормативной нагрузки опоры.

5.46 При размещении опор в места с интенсивным движением пешеходов, а также на пути следования автомобильного транспорта рекомендуется предусматривать антивандальную защиту при помощи защитной сетки и/или специализированных покрытий, не позволяющих наносить надписи и расклеивать объявления на поверхности опор.

**Подвесная арматура и специальные части контактной сети**

5.47 Подвесная и фиксирующая арматура, а также специальные части контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса должны соответствовать требованию плавного и безударного прохода по контактному проводу ходовым элементом контактной вставки токоприемника.

5.48 Изоляция конструкций специальных частей должна выдерживать без пробоя и перекрытия сухоразрядное испытательное напряжение частотой 50 Гц эффективным значением 5 кВ в течение 1 мин и мокроразрядное напряжение 3 кВ в течение 3 мин. Специальные части и устройства контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса должны обеспечивать изоляцию между проводами легкого рельсового транспорта и троллейбуса и разнополярными токоведущими и токопроводящими элементами сопротивление не менее 5 МОм, при относительной влажности воздуха 95% и температуре плюс 20°С.

5.49 Понижение уровня ходовой поверхности элементов устройств и специальных частей контактной сети по отношению к уровню контактного провода не должно быть с уклоном более 0,02‰. Арматура контактной сети должна соответствовать ГОСТ 23476, а устройства и специальные части контактной сети - техническим условиям заводов-изготовителей.

Элементы спецчастей контактных сетей по ходовым линиям должны быть гладкими, без встречных уступов и задиров. Арматура контактной сети должна соответствовать ГОСТ 23476, а устройства и специальные части - ГОСТ 28041.

5.50 При трассировке контактных сетей углы пересечений и слияний (расхождений) контактных сетей должны соответствовать диапазону допустимых углов конструкций специальных частей контактной сети, изготавливаемых промышленностью.

Конструкция крепления пересечений линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса должна обеспечивать пространственное положение пересечения в плоскости, параллельной плоскости пути ЛРТ.

Излом контактного провода в горизонтальной плоскости на специальных частях конструкций не допускается.

На секционном изоляторе излом контактного провода допускается не более 4°.

Трассировка кривых линейных участков контактной сети троллейбуса должна осуществляться углами не более 25°. На разворотных кольцах, в депо и конечных станциях трассировка сети может проводиться углами, превышающими 25°.

5.51 Специальные части контактной сети следует устанавливать на участках трассы с уклонами менее 15‰.

Допускается установка специальных частей контактной сети с изолированными ходовыми элементами на следующих продольных уклонах трассы, ‰:

- пересечения троллейбусных линий - до 20;

- пересечения линий ЛРТ и троллейбуса - 25;

- стрелочные узлы управляемые - 25;

- стрелочные узлы сходные - 30;

- секционные изоляторы - 40.

- штангоулавливатели – 20.

В исключительных случаях при отсутствии гололедных образований и при соответствующем обосновании допускается увеличение уклонов на 5‰.

5.52 На подъемах с уклонами, превышающими допустимые, следует предусматривать конструкции пересечений на контактной сети, обеспечивающие движение под током.

5.53 Конструкции пересечений линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса должны, как правило, обеспечивать прохождение пересечения троллейбусом и легким рельсовым транспортом - по инерции.

5.54 На криволинейных участках линий легкого рельсового транспорта с радиусом менее 70 м или при сочетании подъема с кривым участком пути следует применять конструкции пересечений линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса, обеспечивающие прохождение легкого рельсового транспорта под током, а троллейбусов по инерции.

5.55 Расстояние между конструкциями пересечений троллейбусных линий с изолированными ходовыми элементами не должно быть менее 5 м.

При расстоянии между пересечениями 5 м следует применять пересечения, обеспечивающие движение под током.

5.56 Изолированные ходовые элементы специальных частей контактной сети должны иметь на входе дугогасительные устройства.

5.57 При необходимости установки стрелок, секционных изоляторов в зонах пересечения дорог, остановочных пунктов ("остановок"), наземных пешеходных переходов, перестроения троллейбусов в левый ряд для поворота, разворота, приоритетной является установка:

- автоматических стрелок - за 60-80 м до поворота при двух полосах движения, а при трех и более - за 120-150 м. После остановочного пункта, пешеходного перехода, секционного изолятора по ходу движения троллейбусов - на расстоянии одного пролета от 30 до 50 м

- сходных стрелок - после перекрестка, пешеходного перехода на расстоянии не менее 8 м

Отклонения от приоритетной установки допускаются в исключительно стесненных и обоснованных ситуациях.

5.58 Приоритетным местом для установки штангоулавливателей являются остановочный пункты, с учетом установки на специально выделенную для этого пару проводов.

**Изоляция контактной сети**

5.59 Все находящиеся под напряжением устройства контактной сети легкого рельсового транспорта и троллейбуса должны иметь не менее двух ступеней изоляции по отношению:

- к опорным конструкциям (опорам, зданиям, инженерным сооружениям);

- к токопроводящим элементам контактной подвески ближайших линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса;

- к проводам и оборудованию иного назначения.

Между разнополярными проводами одной троллейбусной линии (одна ступень изоляции) должны устанавливаться трекингстойкие изоляторы сопротивлением не менее 5 МОм, выдерживающие сухоразрядное испытательное напряжение частотой 50 Гц эффективным значением 5 кВ в течение 1 мин и мокроразрядное напряжение 3 кВ в течение 3 мин при относительной влажности 95% и температуре до плюс 20°С.

В случае применения композитного (синтетического) троса , при условии что материал троса выдерживает сухоразрядное испытательное напряжение частотой 50 Гц эффективным значением 5 кВ в течение 1 мин и микроразрядное напряжение 3 кВ в течение 3 минут при относительной влажности 95% и температуре +20°С, дополнительных ступеней изоляции между разнополярными (однополярными) проводами, а также между проводами несущими конструкциями - не требуется.

5.60 В простых и фиксирующих гибких поперечинах изоляцию следует предусматривать:

- в местах крепления контактных проводов;

- в местах крепления поперечины к опорным конструкциям;

- на расстоянии не менее 1,5 м и не более 2,0 м от каждого контактного провода легкого рельсового транспорта.

При расстоянии между контактными проводами легкого рельсового транспорта менее 6 м изоляцию в поперечинах между этими проводами следует устанавливать посередине.

В контактной сети легкого рельсового транспорта при использовании неизолированных подвесов допускается не предусматривать изоляцию в месте крепления контактного провода к поперечине.

5.61 Несущие гибкие поперечины из стального каната должны быть отделены одной ступенью изоляции:

- от контактных и усиливающих проводов;

- от специальных частей контактной сети;

- от несущих тросов цепных подвесок;

- от опорных конструкций.

5.62 Гибкие поперечины, выполняющие роль питающего или междупутного соединителя, должны быть отделены от остальных элементов контактной сети, находящихся под напряжением, двумя ступенями изоляции. Исключение составляют междупутные соединители контактной сети легкого рельсового транспорта, где между электросоединителем и продольным несущим тросом цепной подвески, находящимся под напряжением, допускается одна ступень изоляции, а также между электросоединителем и контактным проводом простой подвески допускается непосредственное электрическое соединение.

5.63 В поперечинах сложной формы (угольники, трапеции и т.п.) дополнительную ступень изоляции необходимо предусматривать в местах соединения отдельных составных элементов поперечины со стороны контактного провода.

5.64 Продольные несущие тросы цепных подвесок должны быть отделены одной ступенью изоляции от поддерживающих устройств, а в контактных сетях троллейбуса - и от контактного провода.

5.65 В поддерживающих струнах изоляцию следует предусматривать в месте их крепления к контактным проводам или специальным частям.

При креплении струн к несущей поперечине, являющейся одновременно электрическим соединителем, в каждой из струн должны находиться по два изолятора.

5.66 В анкерных тросах изоляция должна быть установлена в месте крепления их к контактному проводу, поддерживающему устройству и к опорным конструкциям. В анкерных тросах контактного провода легкого рельсового транспорта изоляцию со стороны контактного провода следует устанавливать в месте, находящемся на расстоянии 1,5 м от оси пути.

5.67 Элементы контактной сети, находящиеся под напряжением, должны быть удалены на расстояние не менее, м:

- от опорных конструкций - 1,5;

- от опорных балконов зданий и оконных проемов - 2,0;

- от изолированных кронштейнов - 0,25;

- от стволов деревьев - 1,5;

- от ветвей - 1,0;

- от металлических частей инженерных сооружений:

- при свободном подвешивании (в пролете) - 0,2;

- при жестком закреплении - 0,1.

В случае невозможности соблюдения указанных требований необходимо предусматривать специальные защитные устройства (изоляционные кожухи, щиты и т.п.).

5.68 В местах прохождения контактных проводов в воротах производственных зданий депо и ремонтных мастерских (заводов) металлические части полотен ворот должны быть обрамлены электроизоляционным материалом - текстолитом, древесным пластиком и т.п. - защитным слоем толщиной не менее 20 мм.

**Питание и секционирование**

5.69 Питающие линии от тяговых подстанций к контактным сетям в черте города следует предусматривать кабельными, проложенными в земле. Для загородных линий допускается прокладка воздушных линий.

Сечение кабелей и проводов питающих и усиливающих линий следует принимать в соответствии с электрическим расчетом, а воздушные линии, кроме этого, следует проверять на механическую прочность.

Воздушные питающие и усиливающие линии следует выполнять из неизолированных медных, биметаллических или самонесущих изолированных проводов.

Питающие и усиливающие линии должны иметь изоляцию относительно земли на номинальное напряжение 1 кВ.

5.70 Для цепей питающих линий, подключаемых к рельсовой сети легкого рельсового транспорта, следует предусматривать кабельные шкафы, оборудованные разъемными электрическими соединениями.

5.71 Воздушные питающие и усиливающие линии следует подвешивать на опорах контактной сети со стороны, противоположной контактным проводам, на расстоянии от опор (в плане) не менее 0,5 м при наибольшем отклонении проводов. В этом случае использование опор контактной сети для крепления на них электрических сетей другого назначения не допускается. При использовании опор контактной сети для уличного освещения питающие и распределительные сети уличного освещения должны быть кабельными, а питающие и усиливающие линии следует изготовлять из медных изолированных проводов с изоляцией на напряжение 1 кВ.

Воздушные питающие и усиливающие линии, расположенные над тротуарами, следует предусматривать изолированными с изоляцией на напряжение 1 кВ. Допускается прокладка питающих и усиливающих линий, выполняемых из неизолированных проводов, над проезжей частью дороги (улицы) на расстоянии не менее 1,5 м от опоры.

5.72 В соответствии с расчетной схемой электроснабжения контактная сеть линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса должна быть разделена на ряд изолированных участков (секций) посредством секционных изоляторов с дугогашением.

Секционные изоляторы также следует устанавливать между участками контактной сети пассажирских линий и линий прочего назначения (для технологической связи с депо, ремонтными мастерскими, грузовыми линиями и т.д.) и для секционирования контактных линий в депо и ремонтных мастерских (заводов) в соответствии с технологическими требованиями и с требованиями безопасности при производстве ремонтных работ.

В троллейбусной контактной сети секционные изоляторы с дугогашением следует предусматривать как на положительных, так и на отрицательных проводах.

5.73 В продольных несущих тросах цепных контактных подвесок, а также в проводах усиливающих линий в местах размещения секционных изоляторов необходимо предусматривать натяжные изоляторы. В контактной сети троллейбуса оба несущих троса должны быть дополнительно секционированы натяжными изоляторами на участки длиной не более 450 м.

Натяжные изоляторы следует устанавливать у поддерживающих устройств.

5.74 Соединение выводов питающих кабелей или воздушных линий с контактной сетью следует предусматривать питающими соединителями.

Сечения питающих соединителей должны соответствовать расчетным электрическим нагрузкам и быть не менее суммарного сечения двух подключаемых к ним контактных проводов.

Питающие соединители, прокладываемые по опорам и кронштейнам (как внутри, так и снаружи), следует изготовлять из медных гибких проводов с изоляцией на напряжение не ниже 2,5 кВ.

5.75. Присоединение воздушных питающих и междупутных соединителей к контактным проводам следует предусматривать гибкими электрическими перемычками (питающими дужками) из медного изолированного провода с изоляцией на напряжение не ниже 1000 В и сечением не менее 95 мм².

Подключение каждого контактного провода к питающему соединителю необходимо предусматривать двумя дужками, а к междупутному соединителю - одной дужкой.

5.76 На контактной сети следует располагать междупутные электрические соединители, подключаемые к проводам одного полюса разных направлений движения и к соответствующим им проводам усиливающих линий.

Междупутные соединители при двухпроводной системе электроснабжения следует размещать:

- через каждые 150-200 м с прокладкой по воздуху для контактной сети легкого рельсового транспорта и для контактной сети троллейбуса на двухпутных кронштейнах и гибких поперечинах

- через каждые 300 м с прокладкой в земле. В исключительных случаях допускается увеличение этого расстояния до 400 м

- через каждые 120-200 м на участках контактной сети с усиливающими линиями

- по обе стороны каждого из секционных изоляторов (не далее, чем через два пролета от них) на расчетных токоразделах между подстанциями

- у секционных изоляторов, располагаемых между смежными участками питания, где не предполагается установка воздушных или кабельных питающих соединителей

- через каждые 200-300 м с прокладкой по воздуху для контактной сети троллейбуса на кронштейнах с обособленной подвеской каждого направления движения

Сечения междупутных электрических соединителей должны быть не менее сечения контактного провода.

Неизолированные воздушные электрические соединения следует размещать от тросовых поперечин на расстоянии по вертикали не менее 1,0 м; от изолированных кронштейнов - не менее 0,5 м. При размещении неизолированных воздушных электрических соединителей в одном уровне с тросовыми поперечинами расстояние между ними по горизонтали должно быть не менее 0,5 м.

В качестве междупутных электрических соединителей допускается использовать узлы контактной сети, разворотные кольца, воздушные стрелочные слияния (разветвления) линий.

5.77 Продольные несущие тросы цепных подвесок ЛРТ следует соединять с контактными проводами электрическими соединителями (дужками) через 120-200 м, а при одновременном использовании несущих тросов в качестве усиливающих проводов - через 80-150 м. В местах секционирования продольных несущих тросов натяжными изоляторами электрические соединители необходимо предусматривать с обеих сторон этих изоляторов.

5.78 При проектировании электроснабжения линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса на тяговых подстанциях должна быть предусмотрена максимальная токовая защита контактных сетей от токов короткого замыкания. При этом ток уставки автоматического выключателя питающей линии должен быть меньше тока короткого замыкания секции контактной сети, а от малых токов короткого замыкания следует устанавливать дополнительные устройства защиты, исключающие отжиг контактных проводов.

5.79 Защиту от атмосферных перенапряжений следует проектировать на участках контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса, проходящих по открытой и незастроенной местности или по застроенным улицам, когда их ширина, *b* м, удовлетворяет условиям

*b>7h₀* (при двухсторонней застройке) или

*b>1,6h₀/(1+hкс/h)* (при односторонней застройке),

где *h* - наибольшая высота здания, м;

*hкс*- высота расположения находящихся под напряжением элементов контактной сети, м;

*h₀* - превышение высоты здания над высотой подвешивания контактной сети, м.

Конструкции защитных устройств от атмосферных перенапряжений, а также их заземлителей следует определять проектом.

5.80 Электромагнитные коммутационные и атмосферные наводки сверхнапряжений (перенапряжений) рекомендуется подавлять на пути от контактных сетей к шинам постоянного тока тяговых подстанций посредством установки ограничителей напряжения на номинальное напряжение с величиной ННКС, уменьшенной на 0,05 кВ. Грозовые разрядники, ограничители напряжения следует присоединять к кабельным выводам питающих линий и заземляющим цепям в пунктах присоединения к контактным проводам. В троллейбусной сети - на выводах обоих полюсов. В варианте питания контактных сетей по воздушной линии разрядники, ограничители напряжения следует устанавливать на кабельных выводах у подстанции на переходе - "кабель - воздушный провод". Разрядники, ограничители следует размещать на опорах или в кабельных шкафах переключений (ШКП); ограничитель напряжения - в варианте на опоре, на изоляционной подставке с поверхностью в сторону открытой части 90 мм и защитным кожухом из нетокопроводящего пластика.

Все электрические соединения в цепях разрядников, ограничителей напряжения должны выполняться проводами сечением (по меди) не менее 25 мм, номинальным напряжением 1 кВ.

5.81 В электрических цепях разрядников, ограничителей напряжения в качестве заземлителя используется кабельная оболочка, имеющая присоединение к заземляющему устройству подстанции с малым сопротивлением (0,2-0,5 Ом).

Во всех случаях сопротивление растеканию тока заземляющих устройств должно составлять не более 10 Ом.

5.82 Пункты присоединения кабелей отрицательной полярности к рельсам ЛРТ необходимо размещать в соответствии с электрическим расчетом, выполненным с учетом требований ГОСТ 9.602.

**Анкеровки и устройства компенсации натяжения проводов**

5.83 Анкеровки следует предусматривать в местах:

- начала и окончания контактных линий;

- слияния и разветвления контактных линий на стрелочных узлах;

- деления подвески на независимые анкерные участки;

- изменения натяжений и сечений контактных проводов.

5.84 Допускается взаимное анкерование следующих устройств контактной сети при обеспечении равенства натяжений:

- несущих тросов цепной подвески и контактных проводов;

- сходных и управляемых стрелочных узлов троллейбусных линий;

- стрелочных узлов и контактных проводов троллейбусных линий;

- стрелочных узлов и несущих тросов цепной подвески троллейбусных линий.

5.85 В контактных подвесках под инженерными сооружениями на их вход-выход следует предусматривать дублирующие анкеровки на несущие конструкции сооружений.

5.86 Длину анкерных участков полукомпенсированных и компенсированных подвесок с грузовыми компенсаторами необходимо определять с учетом реакции фиксаторов, струн и кривых участков контактной линии.

Длину анкерных участков на прямых следует принимать, м:

- при односторонней компенсации - от 450 до 700;

- при двухсторонней компенсации - от 900 до 1400.

При этом колебания натяжения контактного провода в пределах анкерного участка не должны превышать ±15% нормативного натяжения.

5.87 В полукомпенсированных и компенсированных контактных подвесках в середине анкерного участка с двухсторонней компенсацией необходимо предусматривать узел средней анкеровки контактного провода.

В месте размещения средней анкеровки контактного провода должна быть предусмотрена двухсторонняя анкеровка несущего троса.

Натяжение контактных проводов по обеим сторонам средней анкеровки не должно отличаться друг от друга более чем на 5%

5.88 В полукомпенсированных и компенсированных контактных подвесках троллейбусных линий узел пересечения с линией ЛРТ следует размещать не далее, чем за 50 м от узла средней анкеровки контактного провода троллейбуса или в начале анкерного участка, где продольное перемещение контактного провода троллейбуса минимально.

5.89 Блоки грузовых компенсаторов должны иметь подшипники качения и армироваться гибким стальным канатом (ГОСТ 3064).

При размещении грузов компенсаторов снаружи опор следует предусматривать ограждения грузов, а также ограничители их перемещения в поперечных направлениях.

Допускается применение грузокомпенсаторов пружинного, барабанного и прочих типов, без подвешиваемых грузов.

5.90 Сезонно-регулирующие устройства в некомпенсированных контактных подвесках следует размещать через каждые 300-500 м. Сезонно-регулирующие устройства необходимо размещать на расстоянии не менее 200 м от разворотных колец, от узлов пересечений линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса и контактных подвесок под инженерными сооружениями.

**Пересечения и взаимные сближения линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса с воздушными электрическими линиями**

5.91 Пересечения и взаимные сближения троллейбусных линий с линиями связи и радиотрансляционными линиями должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 67.

Пересечения и взаимные сближения контактных проводов троллейбуса с воздушными электрическими линиями до 1000 В и выше следует выполнять с учетом требований настоящего стандарта

5.92 Расстояния до проводов воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В в местах пересечения и сближения с линиями легкого рельсового транспорта и троллейбуса следует предусматривать не менее:

по вертикали – в местах пересечения:

- для линий легкого рельсового транспорта – 8 м от уровня головок рельсов при токосъеме дуговыми токоприемниками и пантографами и 10,5 м при токосъеме штанговыми токоприемниками;

- для троллейбусных линий – 10,5 м от высшей отметки уровня дорожного покрытия.

по горизонтали – в местах сближения:

- для линий легкого рельсового транспорта – 5 м от оси пути при токосъеме дуговыми токоприемниками и пантографами и 7 м – при токосъеме штанговыми токоприемниками;

- для троллейбусных линий – 6 м от края дороги, ограниченной бортовым камнем или другими ограничителями отклонения, и 14 м от оси контактной линии без ограничения отклонения троллейбусов от оси проводов.

5.93 Расстояния (в плане) между опорами контактных сетей легкого рельсового транспорта и троллейбуса и опорами линии электропередачи напряжением до 1000 В (кроме линий уличного освещения, располагаемых на опорах контактной сети) должны быть не менее 1,5 м.

5.94 Воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 В (кроме линий уличного освещения), проходящие параллельно линиям легкого рельсового транспорта и троллейбуса, должны быть расположены вне зоны, занятой контактной сетью, включая опоры.

В исключительных случаях при технико-экономическом обосновании допускается располагать воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 В над поперечинами контактной сети.

При этом необходимо соблюдать следующие условия:

- поперечины на участке пересечения должны иметь двойную изоляцию от контактных проводов

- расстояния по высоте от поперечин контактной сети до проводов воздушных линий электропередачи, включая провода уличного освещения, при наиболее неблагоприятных сочетаниях температуры и нагрузок должны быть не менее 1,5 м

5.95 Угол пересечения линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса с воздушными линиями электропередачи напряжением свыше 1000 В следует принимать равным 60°–90°.

В исключительных случаях, по согласованию с организацией, эксплуатирующей контактную сеть, допускается пересечение под более острыми углами при наличии соответствующего обоснования.

5.96 При размещении линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса в зоне наведенного напряжения вблизи электрифицированной железной дороги на переменном токе, воздушной линии электропередачи (ВЛ) напряжением 110 кВ и выше или напряжением 35 кВ с большими токами замыкания на землю в случае необходимости следует предусматривать защитные мероприятия по борьбе с опасным наведенным напряжением в контактных проводах вследствие индуктивного влияния электрифицированной железной дороги или линии электропередачи. Нормативы допустимых сближений и порядок их расчета даны в приложении А.

**Сближение линий и устройств по обслуживанию движения с контактными линиями**

5.97 Дорожные и сигнальные знаки и указатели, светофоры, табло и т. п. для регулирования дорожного движения и движения легкого рельсового транспорта и троллейбусов допускается размещать на самостоятельных поперечинах на расстоянии от контактных проводов в плане не менее 2,5 м, а от других элементов контактной сети, находящихся под напряжением, не менее 1,5 м.

5.97 Дорожные и сигнальные знаки и указатели для регулирования дорожного движения и движения легкого рельсового транспорта и троллейбусов, выполненные из изоляционных (токонепроводящих) материалов, допускается размещать на поперечинах контактной сети при условии отсутствия контакта токоприемников подвижного состава с указанными дорожными и сигнальными знаками.

Устройства по обслуживанию движения легкого рельсового транспорта и троллейбусов допускается располагать на расстоянии не менее 1,5 м от контактных проводов.

5.98 Прокладку проводов устройств по обслуживанию движения легкого рельсового транспорта и троллейбуса (контрольные и сигнальные линии, линии связи и радиотрансляционные линии, линии блокировки и управления стрелками и т. п.) следует предусматривать по опорам контактной сети.

Для крепления указанных проводов к опорам следует использовать штыревые изоляторы и траверсы, располагаемые по отношению к контактной подвеске с внешней стороны опор. При этом в верхней части опор следует размещать провода с более высоким напряжением.

Расстояния по горизонтали между проводами устройств по обслуживанию движения и поверхностью каждой опоры должны быть не менее, мм

- для проводов с напряжением 380/220 В – 200

- для проводов с меньшим напряжением – 100

При наличии на опорах контактной сети питающих и усиливающих проводов размещение на них проводов другого назначения не допускается.

Допускается прокладка изолированных проводов СЦБ вдоль тросовых поперечин при соблюдении требований 1.34.

5.99 Электрические схемы управления сигнализацией и стрелочными переводами должны быть без каких-либо устройств (контактов, датчиков и т. п.), устанавливаемых на контактных проводах легкого рельсового транспорта и троллейбуса.

Как исключение, до разработки таких схем допускается установка на контактных проводах сериесных, шунтовых, блокировочных и других контактов на расстоянии не более 2,5 м от точек подвешивания контактных проводов. Конструкция таких устройств не должна снижать качество токосъема при прохождении по ним токоприемников легкого рельсового транспорта и троллейбуса.

Не допускается прокладывать провода для устройств по обслуживанию движения через секционные изоляторы, температурные винты, пересечения двух линий, стрелочные узлы контактных сетей троллейбусных линий, а также в местах сопряжения контактных проводов и отвода их на грузовые компенсаторы

5.100 Подвешивание контактно-сигнального провода параллельно контактному проводу легкого рельсового транспорта не допускается. При проектировании ограждающей сигнализации следует предусматривать электрические схемы с линейными контактами (датчиками).

5.101 Присоединяемые к рельсам отрицательные цепи устройств по обслуживанию движения, питаемые от контактной сети легкого рельсового транспорта, в подземной части следует предусматривать кабельными сечением (по меди) не менее 25 мм2, а цепи, питаемые от контактной сети троллейбуса, должны быть присоединены к отрицательному проводу этой сети.

5.102 Провода устройств по обслуживанию движения, прокладываемые внутри и снаружи опор контактной сети, должны иметь изоляцию на напряжение не менее 2500 В и защиту от механических повреждений на высоту 2,5 м от поверхности земли

# 6 Электроснабжение и преобразовательные электротяговые подстанции

6.1 Тип системы электроснабжения городского электрифицированного транспорта (децентрализованная или централизованная) следует выбирать на основании технико-экономического расчета, определяющего эффективность той или другой системы при данных конкретных условиях.

Для сравнения вариантов системы электроснабжения следует проводить электрический расчет каждого варианта с целью определения следующих основных технических параметров:

- число, местоположение и установленная мощность тяговых подстанций;

- сечение проводов контактной сети и кабелей постоянного тока;

- местоположение пунктов присоединения положительных и отрицательных питающих кабелей к контактной и рельсовой сети;

- местоположение секционных изоляторов;

- падения напряжения в кабельной контактной и рельсовой сети в нормальном и вынужденном режимах;

- токи коротких замыканий и уставки максимальной токовой защиты питающих линий;

- определение необходимости защиты от малых токов короткого замыкания.

При равнозначных результатах технико-экономического сравнения вариантов предпочтение должно отдаваться децентрализованной системе электроснабжения как более устойчивой.

В случае изменения условий работы существующих сетей следует проводить поверочный расчет системы электроснабжения, при этом следует определять эффективные токи проводов и кабелей, максимальное падение напряжения в тяговой сети, токи короткого замыкания, токораспределение в рельсовой сети легкого рельсового транспорта.

При проектировании системы энергоснабжения необходимо выбрать уровень номинального напряжения контактной сети (ННКС). Стандартным уровнем номинального напряжения контактной сети большинства предприятий электротранспорта в России является напряжение 600 В. В мировой практике, с целью сокращения капитальных затрат и эксплуатационных расходов (в т.ч. сокращения потерь электроэнергии в питающих линиях), проводится строительство новых систем электротранспорта и перевод существующих систем с номинального напряжения контактной сети 600 В на 750 В. ННКС является базовым параметром при проектировании и эксплуатации сетей электротранспорта, закупке и настройке электрооборудования и подвижного состава. Рекомендуется проектировать новые системы электротранспорта с ННКС 750 В, а также проводить поэтапное повышение ННКС с учетом соответствующих изменений к системе электроснабжения и у потребителей.

В случае выполнения проектирования линий для движения транспортных средств с динамической подзарядкой необходимо:

- помимо тяговой нагрузки учитывать токи зарядки аккумуляторных батарей;

 - в зависимости от запаса хода планируемых к применению транспортных средств рассчитывать протяженности маршрутов с использованием контактной сети и на автономном ходу;

В случае выполнения проектирования транспортной инфраструктуры для электробусов со статической подзарядкой необходимо учитывать протяженность планируемых к реализации маршрутов и исходя из этого выбирать тип зарядной станции по скорости зарядки и конструктивному исполнению.

В системе электроснабжения должны выполняться следующие нормативы.

Расчетная плотность тока в медном контактном проводе линий легкого рельсового транспорта и троллейбуса при нормальном режиме работы системы электроснабжения в летнее время должна быть не более 5 А/мм, в вынужденном режиме - 6,8 А/мм. При расчете плотности тока следует учитывать износ контактного провода по сечению для легкого рельсового транспорта на 20%, для троллейбуса - на 10%.

Среднее значение падения (потери) напряжения до токоприемника подвижного состава за время движения его под током по секции контактной сети в нормальном режиме при расчетных размерах движения не должно превышать 90 В. В вынужденном режиме максимальное падение напряжения в тяговой сети не должно превышать 170 В, в исключительных случаях, связанных с несоизмеримо большими затратами, допускается увеличение расчетного максимального падения напряжения в вынужденном режиме до 175 В при условии проверки на устойчивость питания. При расчетах максимального падения напряжения следует учитывать средний износ контактного провода по сечению для легкого рельсового транспорта 15%, для троллейбуса 7,5%.

6.2 Электрический расчет систем электроснабжения легкого рельсового транспорта и троллейбуса должен выполняться методом равномерно распределенной нагрузки с поправочными коэффициентами, учитывающими характер тяговой нагрузки, либо обобщенным аналитическим методом. При достаточном обосновании могут быть применены другие методы расчета, учитывающие характер тяговой нагрузки.

Расчетным режимом является вынужденный режим, обусловленный в децентрализованной системе электроснабжения выходом из строя части тяговых подстанций или кабелей при условии, что вышедшие из строя подстанции не являются смежными, а кабели – смежными по контактной сети; в централизованной системе электроснабжения – каждого из питающих кабелей ННКС (поочередно).

Рассчитанная система электроснабжения должна проверяться на соответствие нормативным показателям для номинального режима.

Порядок электрического расчета при проектировании новых систем электроснабжения должен быть следующим:

в соответствии с конфигурацией сети и профилем трассы сеть разбивают на необходимое число элементарных расчетных участков;

для каждого расчетного участка определяют средние и эффективные токи поезда, средний ток за время потребления;

по частоте движения, длине участка и эксплуатационной скорости определяют среднее число подвижных единиц на участке;

в зависимости от величины расчетных поездных нагрузок намечают пункты присоединения питающих линий и расположение тяговых подстанций;

определяют токораспределение в системе и выбирают сечения кабелей;

выбирают рабочую мощность подстанций и способ их резервирования;

производят проверку каждого намеченного варианта электроснабжения техническим нормативам;

определяют потери энергии для каждого варианта питания;

проводят экономическое сопоставление вариантов электроснабжения.

6.3 На тяговых подстанциях должна быть предусмотрена защита контактных сетей от токов короткого замыкания; при этом ток уставки автоматического выключателя *IУСТ* питающей линии следует определять по формулам:

; ,

где *Iср* - средний расчетный ток участка сети, А;

*Iкз* - ток короткого замыкания участка сети, А. Ток короткого замыкания участка сети - минимальное значение тока короткого замыкания при его возникновении на наиболее удаленном от подстанции участке секции контактной сети при неблагоприятном сочетании аварийных факторов (замыкание через электрическую дугу или через сопротивление заземления);

*С* - постоянная, А; для троллейбуса С=800; легкого рельсового транспорта: С=1000 - для одиночных вагонов, С=2000 - для сдвоенных;

*Кз* - коэффициент запаса, учитывающий отклонение значения величины тока срабатывания от величины тока уставки; *Кз*=0,9 ([ГОСТ 2585](https://docs.cntd.ru/document/1200013236));

*Iср* определяется мощностью и количеством подвижного состава (количество пар поездов на участке). Расчетная нагрузка по току одного поезда определяется по приведенным по расходу электроэнергии размерам движения (приведенной частоте движения).

6.3.1 Величину уставки (А), выбранную по формулам, следует округлять до величин кратных 100А. Уставка не должна быть ниже 2000А.

6.3.2 Уставку токового реле токо-временной защиты рассчитывают по формуле

, но не менее 1000 А,

где *Iкз мин* - минимальный ток короткого замыкания линии;

1,3 - коэффициент надежности.

6.3.3 При установке (монтаже) комплектов токовременной защиты, пороги срабатывания устанавливаются в соответствии с кривой отжига применяемого контактного провода, а также в соответствии с внешними условиями.

6.3.4 Выбор уставки, соответствующей току трогания линейного выключателя ННКС (токового датчика тиристорной секции), производят в соответствии с электрическим расчетом по вероятно-допустимому количеству отключений (запираний) от кратковременных толчков нагрузки питающей линии – не более 30 отключений в месяц.

Уставка запасного выключателя должна быть равной или выше наибольшей уставки линейных выключателей данной подстанции.

6.3.5 Система автоматического повторного включения (АПВ) линейных выключателей ННКС должна осуществлять многократное включение, с ограничением числа циклов – при автоматическом отключении выключателя, однократное повторное включение (отпирание секции) – при отключении выключателя от сигнала перегрузки токовременной защиты (ТВЗ). АПВ выключателя, отключенного по ТВЗ, должно осуществляться с задержкой времени, необходимого для остывания контактного провода.

6.4 Местоположение пунктов питания тяговой подстанции следует определять электрическим расчетом. С целью уменьшения потерь энергии в кабелях тяговой сети ННКС и повышения надежности электроснабжения тяговые подстанции должны быть расположены в непосредственной близости от контактной сети.

6.5 Тяговые подстанции используются для комплексного электроснабжения легкого рельсового транспорта, троллейбусов, депо, заводов, мастерских по ремонту подвижного состава по самостоятельным питающим кабельным и воздушным линиям и секциям контактных сетей. Основными потребителями тяговой подстанции являются подвижной состав и элементы обустройства дорожного движения.

6.6 Тяговые подстанции централизованного электроснабжения должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен только на время автоматического восстановления питания.

Питание подстанций децентрализованного (распределенного) электроснабжения, смежных по секциям контактной сети, должно осуществляться от независимых источников. При этом каждая из подстанций может иметь один ввод питающей линии 6 (10) (20) кВ при условии обеспечения автоматического взаиморезервирования подстанций по электротяговой сети без уменьшения размеров движения.

6.7 Тяговые подстанции городского электротранспорта общего пользования питаются переменным током, в том числе напряжением 6 (10) (20) кВ по кабельным и/или воздушным линиям электропередачи.

Тяговые подстанции городского электротранспорта, в том числе проектируемые, должны удовлетворять требованиям СП 43.13330.2012 и настоящего стандарта.

6.8 Сигнализация, действующая при неисправностях оборудования, при исчезновении и восстановлении напряжения номинального питающих линий ННКС и автоматических отключениях должна быть звуковой и световой.

6.9 Каждая подстанция системы электроснабжения должна иметь резерв мощности, обеспечивающий надежное электроснабжение подвижного состава при выходе из строя наибольшего по мощности преобразователя подстанции, питающей смежные участки контактной сети.

6.10 Объектами автоматического включения резерва (АВР) и автоматического повторного включения (АПВ) являются:

- АВР питающих вводов 10 (6) кВ;

- АВР выпрямителей;

- АВР питания собственных нужд подстанции;

- АПВ линейных выключателей питающих линий ННКС, запасных и секционных выключателей.

6.11. АВР вводов 10 (6) кВ должно обеспечивать включение резервного ввода и автоматическое отключение выключателя на рабочем вводе при исчезновении на нем напряжения, а также изменения уровня напряжения в установленных местными инструкциями границах, принятых на предприятии и прописанных в местных утвержденных инструкциях.

6.12. АВР выпрямителей должно обеспечивать включение резервных выпрямителей при перегрузке работающих, а также при автоматическом их отключении, если резерв достаточен по мощности, за исключением автоматического отключения их защитой от замыкания на землю в цепях ННКС.

6.13. АВР собственных нужд подстанции должно осуществлять включение резервного питания при исчезновении напряжения на рабочем источнике и сопровождаемом его автоматическом отключении рабочего источника питания.

6.14 Оборудование ННКС на подстанции должно иметь защиту, действующую при повреждениях с замыканием на заземленные металлоконструкции, на отключение преобразователей и линейных выключателей, контакторов соединительных с другими подстанциями питающих линий с блокированием автоматического включения резерва (АВР) и автоматического повторного включения (АПВ).

Заземляющее устройство должно соответствовать указанному требованию, не иметь, в частности, паразитных соединений с металлоконструкциями устройств ННКС.

6.15 Система собственных нужд подстанций должна быть выполнена трехфазным напряжением 0,23 кВ с изолированной нейтралью. Для питания сети собственных нужд подстанций должен быть предусмотрен необходимый резерв.

6.16 Тяговую подстанцию следует проектировать с учетом следующих требований:

- здание должно соответствовать строительным нормам и обеспечивать требуемые условия эксплуатации установленного оборудования (тепловые режимы работы, степень защищенности оборудования и т. п.)

- уровень шумов от тяговой подстанции не должен превышать установленный СП 51.13330.

6.17 На тяговых подстанциях необходимо предусматривать помещения для размещения оборудования, с учетом площади, необходимой для осуществления его ремонта и замены ремонтным персоналом.

6.18 Подстанции должны быть оснащены средствами связи оперативного персонала с районным диспетчерским пунктом.

6.19 Не разрешается электроснабжение сторонних потребителей от шин переменного тока 6 (10) (20) кВ.

6.20 Уставки токовых максимальных защит питающих вводов 6 (10) (20) кВ следует выбирать с учетом характера электротяговой нагрузки в соответствии с Техническим заданием на проектирование системы электроснабжения легкого рельсового транспорта и троллейбуса.

6.21 На подстанциях допускается оборудование глухого заземления минусовой шины. Подстанции, работающие в системе с изолированными от земли полюсами, должны быть оборудованы:

- устройством автоматического контроля изоляции полюсов (КИП);

- устройством, обеспечивающим включение и отключение тока замыкания на землю в системе ННКС до 300 А контактором или разъединителем специальной конструкции с дистанционным приводом, предназначенным для этой цели.

6.22 Тяговые подстанции следует оборудовать устройствами автоматики и телемеханики. Объемы автоматизации и телемеханизации следует определять на этапе проекта, прошедшего согласование с электрохозяйством, в зависимости от системы электроснабжения и структуры эксплуатирующего предприятия.

Для передачи информации, необходимой для функционирования автоматики и телемеханики, должно быть организовано не менее двух независимых каналов связи в каждом направлении передачи данных.

Каналы связи должны быть организованы в технологических сетях связи, создаваемых на базе систем передачи информации с использованием собственных волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), кабельным линиям связи, радиорелейным линиям связи и по каналам связи в сетях операторов связи. Использование каналов и услуг сетей связи общего пользования (сотовой связи, информационно-телекоммуникационной сети Интернет, телефонной сети общего пользования) для организации каналов связи не допускается.

Каналы связи, обеспечивающие функционирование микропроцессорных контроллеров (МК), выполняющих функции управления, автоматики, сигнализации, измерений и защиты, организуемые по волоконно-оптическим, кабельным линиям связи, должны иметь согласованные с МК электрические или оптические интерфейсы.

6.23 При телемеханизации должна предусматриваться возможность отключения телеканалов при их повреждении или ремонте, или иные меры, исключающие посылку ложных сигналов и предупреждающие возможные при этом аварийные ситуации на подстанции и в системе электроснабжения.

6.24 В трансформаторных камерах должны быть предусмотрены конструктивные меры по локализации шума, создаваемого работающим трансформатором.

- фундаменты под трансформаторами не должны быть соединены с фундаментами здания;

- конструкция ворот должна включать звукопоглощающий материал;

- потолок и верхняя часть стен камер должны быть покрыты звукоизоляционным материалом;

- приточные и вытяжные отверстия должны быть расположены, как правило, в одной наружной стене камеры.

В трансформаторных камерах должны быть предусмотрены приспособления для установки трансформатора, а также для поднятия съемной части минимум на 200 мм.

6.25 Диспетчерские пункты управления электроснабжением допускается выполнять совмещенными с тяговыми подстанциями. Помещения диспетчерского пункта следует проектировать с учетом требований СП 44.13330, ГОСТ 12.1.036, а также требований по технической эстетике (ГОСТ 20.39.108).

6.26 В районных (центральных) диспетчерских пунктах, в том числе и совмещенных с тяговой подстанцией, должны быть предусмотрены следующие помещения: диспетчерская, аппаратная, лаборатория, комната начальника, мастерская, инструментальная кладовая, кладовая, вспомогательное помещение, комната мастеров, помещение ремонтных бригад, класс технического обучения (для центрального пункта), тепловой пункт, комната приема пищи, санитарно-бытовые помещения и устройства для дежурного персонала по группе 1а и для ремонтного персонала по группе 1б (СП 44.13330).

6.27 Для линий связи между районным диспетчерским пунктом и тяговыми подстанциями предпочтительней использование оптоволоконных каналов связи. Также допускается организация беспроводных каналов связи (радио, сотовой сети).

6.28 Зарядные станции городского электротранспорта общего пользования должны удовлетворять требованиям СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [12], Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [3], ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013, ГОСТ Р МЭК 62196-1-2013, DIN SPEC 70121-2014 и настоящего стандарта.

# 7 Кабельные линии

7.1 В качестве кабелей системы электротяги (положительных и отрицательных) должен применяться одножильный бронированный кабель в металлической оболочке с контрольными жилами (не менее двух) либо небронированный одножильный кабель с усиленной наружной оболочкой, двумя слоями изоляции из сшитого триингостойкого полиэтилена и двумя концентрическими медными проводниками.

7.2 В качестве приоритетного способа прокладки кабельных линий в городах необходимо применять метод кабельной канализации. Разрывы в трубах допускаются только для установки кабельных муфт и поворотов кабельной трассы.

Допускается в случае соответствующего обоснования по согласованию с заказчиком использовать метод открытой траншейной прокладки кабелей.

7.3 В черте городской застройки при прокладке в грунте кабели должны размещаться вне проезжей части, под тротуаром, на расстоянии не менее 0,6 м от фундаментов зданий, или должна предусматриваться прокладка в коллекторах, трубах или блоках с обеспечением возможности ремонта с заменой поврежденных участков кабеля.

7.4 Глубина заложения кабелей напряжением 20 кВ в грунте должна составлять 0,7 м от вертикальной планировочной отметки до оболочки кабеля.

7.5 Питающие линии 10 (6) кВ, присоединяемые к независимым источникам питания, должны прокладываться в раздельных траншеях.

7.6. При пересечении кабельными линиями городских дорог, путей легкого рельсового транспорта, железнодорожных и автомобильных дорог глубина заложения кабелей должна быть не менее 1,0 м от уровня проезжей части, подошвы рельса и не менее 0,5 м от дна водоотводной канавы.

7.7 В случае прокладки кабелей траншейным способом без кабельной канализации необходимо учитывать следующие требования.

7.7.1 Кабели напряжением 600 В и выше при траншейной прокладке в грунте должны быть защищены от механических повреждений специальными плитами с надписью «Осторожно кабель!», либо должны быть помещены в электротехническую негорючую трубу.

7.7.2 Расстояние между силовыми кабелями напряжением до 10,0 кВ включительно должны быть не менее 0,1 м; между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми и кабелями электросвязи не менее 0,5 м. Если расстояние не может быть выдержано, кабели должны прокладываться в трубах или разделятся перегородками.

7.7.3 На пересечениях кабельных линий с путями ЛРТ и электрифицированными железными дорогами кабели должны прокладываться в неэлектропроводных трубах (асбоцементных, керамических, электротехнических и др.). Концы трубы должны быть вынесены с обеих сторон за полотно дороги на расстояние не менее 2,0 м от крайних рельсов или за водоотводные (дренажные) канавы на расстояние не менее 1,0 м.

7.7.4 Под проезжей частью дороги с усовершенствованным покрытием кабели должны прокладываться в трубах или блоках с выносом их за границы проезжей части в месте возможных разрытии трассы.

7.8 Для линейных соединений и герметизации кабелей переменного тока напряжением 10 (6) кВ и постоянного тока 1 кВ должны применяться свинцовые муфты, термоусаживаемые муфты. Допускается применение иных муфт, рекомендованных предприятием-изготовителем кабелей;

7.9 Для прокладки кабелей через вводы при отсутствии каналов, коллектора, через отверстия в перекрытиях, капитальных стенах должны применяться неэлектропроводные трубы. Отверстия на входах и выходах отрезков труб после прокладки кабелей должны быть закрыты огнестойким уплотнителем (цементным раствором, асбестом и проч.)

7.10 Броня, металлическая оболочка, стальные корпуса концевых заделок, металлоконструкций креплений каждого кабеля должны быть электрически соединены между собой и заземлены в местах присоединений:

 — в местах присоединений — на заземляющее устройство распределительных устройств;

 — на подстанциях — на внешний контур заземляющего устройства. В зависимости от качества защиты от замыканий на землю допускается заземление брони, оболочек, металлоконструкций крепления концевых заделок кабелей постоянного тока на контур заземляющего устройства подстанции по переменному току, через дополнительные реле тока прямого действия защиты от замыканий на землю*.*

7.11 Кабельные линии должны иметь маркировку у концевых заделок и на других, открыто проложенных участках, так же, как и соединительные муфты кабелей, выполненную по местным инструкциям (ярлык, бирка, обозначение).

7.12 Ошиновка и выводы кабелей на присоединениях в распределительных устройствах и пунктах переключения должны иметь расцветку:

кабелей переменного тока: фазы А — желтую, фазы В — зеленую, фазы С — красную;

кабелей постоянного тока: положительного — красную, отрицательного — синюю.

7.13 Кабельные линии постоянного тока должны иметь защиту от токов короткого замыкания, перегрузок и токов замыкания на землю вне зависимости от системы электроснабжения подвижного состава секции контактной сети — одностороннего или двухстороннего (параллельного) питания, в том числе и в системе с изолированными полюсами.

7.14 Количество питающих линий, их пропускная способность и распределение по секциям контактной сети должны соответствовать расчетной потребляемой мощности подвижного состава при заданных размерах движения, как в нормальном режиме, так и в вынужденном режиме электроснабжения. Количество питающих линий должно обеспечивать возможность избирательного отключения каждой питающей линии для осмотра, испытания, ремонта — без сокращения размеров движения, а при аварийных повреждениях — с перерывом в движении на время переключений.

7.15 Контрольные жилы кабелей питающих линий постоянного тока должны использоваться для диагностики состояния кабелей и в устройствах защиты.

7.16 В условиях удаленности контактной сети от зданий городской застройки, открытого рельефа местности, в зонах повышенной грозовой активности на кабельных выводах питающих линий со стороны контактной сети должны устанавливаться униполярные разрядники (ограничители напряжения). При этом допускается присоединение рабочего заземления разрядников (ограничителей напряжения) на оболочки кабелей

7.17 Для повышения вариативности схемы питания рекомендуется предусматривать на подстанции ячейки смены полярности кабелей, а на линии – шкафы смены полярности.

7.18 Шкафы смены полярности на линии следует заземлять. В качестве заземления приоритетным вариантом являются глубинно-модульные заземлители.

7.19 Присоединение кабелей отрицательной полярности к путям ЛРТ следует выполнять с применением гибких перемычек с присоединением к рельсу через токопроводящие втулки. По согласованию с эксплуатирующей организацией возможно применения стальной полосы для присоединения кабелей отрицательной полярности к путям ЛРТ.

7.20 Прокладка кабелей внутри кабельных помещений должна быть выполнена по кабельным токопроводящим заземленным конструкциям. Допускается прокладка по кабельным конструкциям из диэлектрических материалов.

# Приложение А

**Нормативы допустимых сближений контактных сетей городского электрического транспорта с линиями электропередачи и контактными сетями железных дорог**

**Общие положения**

Настоящие нормативы распространяются на контактные сети городского электрического транспорта, проектируемые и сооружаемые вблизи воздушных линий электропередачи или железных дорог переменного тока частотой 50 Гц. Нормативы определяют допустимые сближения с указанными линиями по условию безопасности для пассажиров ГЭТ оказываемого этими линиями индуктивного магнитного влияния. Электрическое влияние настоящими нормативами не учитывается ввиду его незначительности в обычных условиях, простоты и доступности способов его ограничения.

Допустимые сближения соответствуют требованиям [ГОСТ 12.1.038](https://docs.cntd.ru/document/5200313) на предельно допустимые уровни токов, протекающих через тело человека, при условии соответствия изоляции подвижного состава ГЭТ требованиям эксплуатации легкого рельсового транспорта и троллейбуса.

При затруднениях трассировки новых линий электротранспорта с учетом требований нормативов допустимых сближений, следует рассмотреть вариант прохождения участка пересечения с линиями электропередачи и контактными сетями железных дорог с использованием автономного хода подвижного состава.

**Определение допустимых сближений**

Допустимые сближения не должны выходить за пределы минимальных габаритов приближения.

Исходными данными для определения допустимого сближения являются:

- величина тока короткого замыкания *I1* влияющей контактной сети железной дороги или однофазного замыкания влияющей ВЛ, кА;

- время протекания тока *I1* (полное время отключения короткого замыкания) τ, с;

- длина сближения *l*, км:

- тип системы питания подвижного состава ГЭТ (заземленная, изолированная и др.);

- тип подвижного состава: с изолированным от земли корпусом; с заземленным корпусом;

- удельное сопротивление земли ρ в зоне влияния с учетом глубоких слоев, Ом·м.

По заданному времени τ по таблице определя ют допустимый индуктированный ток *IД*, мА.

По найденной величине *IД* вычисляют допустимое значение взаимной индуктивности Мд, мкГ/км, на единицу длины сближения:

,

uде *Z* - полное сопротивление, Ом, индуктированному току при частоте 50 Гц; *Z*=31500 при заземленной системе питания, *Z*=36000 при изолированной системе питания;

*K1*=0,85 - коэффициент экранирования магнитного влияния зданиями (вводится при сооружении линии ГЭТ в черте городской застройки; при сооружении на незастроенной территории *К1*=1);

*K2*=1,15 - коэффициент, учитывающий наличие высших гармоник влияющего тока железной дороги (для ВЛ *K2*=1).

По вычисленной величине *МД* для варианта подвижного состава с изолированным от земли корпусом с помощью кривых чертежа при заданном удельном сопротивлении земли ρ определяют допустимую эквивалентную ширину сближения *aэ*.

При параллельном сближении ширина сближения контактной сети ГЭТ (считая между ближайшими проводами) не должна быть менее найденной величины *aэ*.

При косом сближении минимальное *а1* и максимальное *а2* расстояния по горизонтали между ближайшими друг к другу контактным проводом ГЭТ и проводом ВЛ или контактным проводом железной дороги должны удовлетворять одному из следующих условий:

.

Ширина сближения не нормируется в следующих случаях:

- при наличии между влияющей линией и контактной сетью ГЭТ застройки высотой 4 этажа и выше;

- при пересечении контактной сети ГЭТ с железной дорогой или ВЛ под прямым углом и отсутствии в зоне шириной не менее 150 м по обе стороны от пересечения участков параллельного или косого сближения.

Таблица А.1 - **Допустимый индуктированный ток**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| τ, с | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | Св. 1,0 |
| Iд, мА | 200 | 100 | 70 | 55 | 50 | 40 | 35 | 30 | 27 | 25 | 2 |

|  |
| --- |
|  |
| https://api.docs.cntd.ru/img/55/44/03/22/0/21d9746a-eef1-4cbc-bdda-57d0a327b8b7/P03FF00000000.png |