

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 7-9 апреля 2009 г., г. Брест, Республика Беларусь

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 20-23 октября 2009, Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 23 октября 2009 г.

**Р
620/2**

**СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КОНТАКТНЫХ ПОДВЕСОК ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КОЛЕИ 1435 ММ**

Введение

Эти рекомендации содержат в себе требования, которые обеспечивают надежное взаимодействие между пантографом и контактной сетью (троллей) при всех скоростях. Содержащиеся в материалах требования соответствуют состоянию оборудования, и отражают имеющийся опыт железнодорожной компании по высокоскоростной эксплуатации с точки зрения надежности эксплуатации и экономичности. Эти требования учитывают определения технических спецификаций совместимости (TSI), предназначенные для международной эксплуатации.

На основании параметров контактных подвесок, определенных в этих материалах, могут быть применены полозы пантографа с профилем согласно рекомендации Международного союза железных дорог (UIC) 794.

1. Определения, сокращения и символы

1.1 Определения

Для целей соблюдения этого стандарта действуют следующие определения:

1.1.1 головка пантографа: оборудование пантографа состоящее из полоза пантографа и монтажных деталей.

1.1.2 точка контакта: место механического контакта между контактной вставкой и контактным проводом.

1.1.3 рабочие области полоза пантографа: горизонтальная и вертикальная области возможных точек контакта на скользящих планках при обычном режиме эксплуатации.

1.1.4 нажатие: вертикальное прижимное усилие, создаваемое пантографом, на контактную сеть (троллей). Такое прижимное усилие является суммарной силой во всех точках контакта.

1.1.5 среднее нажатие F_M : статистическое среднее значение прижимных усилий. (Среднее значение прижимной силы, полученное путем проведения статистической оценки результатов измерений воздействия контактной силы.)

1.1.6 стандартное отклонение определения нажатия σ : является частным от деления квадратного корня суммы квадратических ошибок и количества величин на выходе, минус 1.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_{(i)} - F_M)^2}{n-1}}$$

1.1.7 минимальное нажатие F_{\min} : значение нажатия, выраженное соотношением $F_M - 3\sigma$

1.1.8 максимальное нажатие F_{\max} : значение нажатия, выраженное соотношением $F_M + 3\sigma$

1.1.9 локальное минимальное значение нажатия: минимальное значение нажатия во время прохода пантографа через анализируемый участок пути.

1.1.10 локальное максимальное значение нажатия: максимальное значение нажатия во время прохода пантографа через анализируемый участок пути.

1.1.11 статическое нажатие пантографа: вертикальное нажатие, с которым действуют контактные вставки пантографа на контактную сеть под воздействием подъемного устройства при подъеме пантографа, находящегося в состоянии покоя [стандарт EN 50206-1].

1.1.12 аэродинамическая сила: вспомогательная вертикальная сила, возникающая на пантографе в результате потока воздуха вокруг пантографа во время движения подвижного состава.

1.1.13 квазистатическая сила: сумма статической и аэродинамической силы при определенной скорости.

1.1.14 длина анкерного участка: расстояние между анкеровками проводов контактной сети.

1.1.15 контрольный участок пути: выделенная (репрезентативная) часть общего участка пути, на котором проводятся измерения, где осуществляется контроль условий проведения измерений.

1.1.16 электрический ток пантографа: электрический ток, проходящий через пантограф.

1.1.17 электрическая дуга, горение электрической дуги: ток проходящий через воздушный зазор между скользящим контактом и контактным проводом, обычно проявляющийся в виде испускания интенсивного света.

1.1.18 номинальная сила тока: электрический ток, проходящий через пантограф при номинальной мощности локомотива.

1.1.19 коэффициент искрения NQ определяется следующим соотношением:

$$NQ = \frac{\sum t_{arc}}{t_{total}} \times 100$$

в котором

t_{arc} является временем искрения, продолжающимся дольше 1 м/с.

t_{total} является временем измерения, при котором сила тока превышает значение 30% от номинальной силы тока

Результат, приводимый в процентах (%), характеризует данную скорость подвижного состава.

1.3 Информация общего характера

Измерение параметров взаимодействия контактной сети и пантографа проводится с целью доказательства безопасности и высокого качества системы отбора электроэнергии.

ПРИМЕЧАНИЕ: Измеренные значения величин также требуются для проверки достоверности программ математического моделирования и других систем измерений.

Для целей контроля эксплуатационной пригодности системы отбора электроэнергии

должны проводиться измерения, как минимум, следующих величин:

- прижимного усилия или коэффициента искрения,
- подъема контактного провода и несущей конструкции во время прохода пантографа.

Кроме измеренных значений величин, также должны регулярно регистрироваться и эксплуатационные условия (скорость движения поезда, положение поезда и т.д.), а в отчете о проведении испытаний должны быть зарегистрированы условия окружающей среды (дождь, обледенение, температура, сила ветра, прохождение через туннель и т.д.), а также конфигурация испытания (параметры и изменения пантографов, тип контактной сети и т.д.), имевшиеся во время проведения измерений. Такая дополнительная информация должна обеспечить повторяемость измерений и сравнимость результатов.

2 Основные параметры, определяющие свойства контактных подвесок:

- Статические параметры
- Динамические параметры
- Электрические параметры
- Климатические воздействия
- Конструктивные параметры
- Параметры материала контактных проводов
- Физические параметры

3 Область применения

Высокоскоростная сеть состоит из железнодорожных путей, предназначенных для скорости движения поездов ≥ 250 км/час, а также из модернизированных железнодорожных путей, предназначенных для скорости движения поездов около 200 км/час.

Новые высокоскоростные пути будут создаваться преимущественно с системой питания переменным током (АС). В этом материале представлены проекты и рекомендации для контактных подвесок для подобных высокоскоростных железнодорожных путей, для модернизированных железнодорожных путей, а также для других железнодорожных путей, предназначенных для скорости движения поездов, превышающей 200 км/час.

Соблюдение таких требований желательно и в случае уже существующих железнодорожных путей, части которых уже входят в европейскую высокоскоростную железнодорожную сеть.

3.1 Скоростные зоны

Эти рекомендации делят железнодорожные пути на следующие скоростные зоны:

DC (постоянный ток):

$$100 \text{ км/час} < v \leq 160 \text{ км/час}$$

$$160 \text{ км/час} < v \leq 200 \text{ км/час}$$

$$200 \text{ км/час} < v \leq 220 \text{ км/час}$$

$$220 \text{ км/час} < v \leq 250 \text{ км/час}$$

АС (переменный ток):

$$100 \text{ км/час} < v \leq 200 \text{ км/час}$$

$$200 \text{ км/час} < v \leq 230 \text{ км/час}$$

$$230 \text{ км/час} < v \leq 300 \text{ км/час}$$
$$v > 300 \text{ км/час}$$

3.2 Тяговые подвижные составы

Данные из этих рекомендаций распространяются также и на тяговые подвижные составы:

DC (постоянный ток):

DC 1,5 кВ

DC 3 кВ

AC (переменный ток):

AC 15 кВ 16,7 Гц

AC 25 кВ 50 Гц

3.3 Габарит подвижного состава

Требования, содержащиеся в рекомендациях, относятся к применению габарита подвижного состава страны применения.

4 Программы математического моделирования и порядок действий при проведении измерений

4.1 Программы математического моделирования

Для оценки ожидаемого “поведения” определенной контактной подвески и ее взаимодействия с различными пантографами имеются рациональные математические имитационные модели.

Установленные входные параметры контактной подвески необходимо проверить с учетом их пригодности ввиду обнаруженного при математическом моделировании максимального нажатия пантографа.

В качестве модели математического моделирования рекомендуется метод **Finite Elemente Methode (FEM)** - МКЭ (метод конечных элементов).

В качестве исходных значений были использованы:

- переменная система контактной подвески,
- параметры контактных проводов (сечения, материалы, натяжения и т.д.),
- свойства пантографа посредством зависящих от частоты колебаний приведенных динамических масс,
- математическая модель масс и упругости пантографа,
- количество пантографов и их удаленность друг от друга,
- прижимное усилие, с учетом рекомендации Международного союза железных дорог (МСЖД 608) - Требования, предъявляемые к токоприемникам локомотивов при их международной эксплуатации.

Окончательные значения:

- воздействие прижимного усилия,
- динамическое положение контактной подвески.

Эксплуатируемые контактные подвески будут испытаны при проведении измерений во время эксплуатации, в форме измерений прижимного усилия и определения количества и продолжительности действия возникающих электрических дуг. Математическое моделирование проводится на такой же снимающей и обрабатывающей информации частоте, как и измерения. Только проведение сравнений эксплуатационных измерений и

математического моделирования является решающим фактором для оценки пригодности примененного метода математического моделирования.

4.2 Основные рекомендации для проведения измерений контактной сети

Измерение прижимного усилия на пантографе должно проводиться посредством датчиков измерения усилия. Датчики измерения усилия должны быть расположены как можно ближе к контактным точкам. Отклонения в измерениях датчиков усилия, вызванные температурой, не должны превышать 10 Ньютон при всех условиях измерений (при сумме сил, измеренных всеми датчиками). У пантографов с независимыми планками, значения на каждой планке должны измеряться отдельно. Измерение должно быть независимым от магнитной интерференции. Максимальная ошибка системы измерения не должна превышать 10%.

Должна быть проведена коррекция:

- инерционных сил, действующих в результате действия массы, находящейся между датчиками и контактной точкой,
- аэродинамических сил.

4.3 Калибровка измерительной системы

Для того чтобы была обеспечена точность измерения сил, измерительная система должна быть проконтролирована в лабораторных условиях. Такая проверка должна проводиться с укомплектованным пантографом, оснащенным всем оборудованием, необходимым для измерения сил, полностью всеми измерителями ускорения (акселерометрами), а также системой передачи данных (телеметрической или оптической системой) и усилителями. Соотношение между прилагаемым и измеренным усилием (функция перемещения пантографа и измерительных приборов) должно быть определено посредством динамического возбуждения пантографа в области его головки для определенного диапазона частот.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: В том случае, если применяется синусоидальная сила, то амплитуда (между максимальными значениями) величиной в 30% статической силы показывает достоверные результаты.

Данные испытания должны проводиться в следующих двух случаях:

- в том случае, если усилие прилагается к оси головки пантографа,
- в том случае, если усилие прилагается на расстоянии 250 мм от оси головки пантографа. В остальных случаях место приложения усилия должно располагаться как можно ближе к этому значению. В том случае, если применялось другое значение, то это должно быть зарегистрировано в отчете о проведении испытания.

Данное испытание должно быть проведено с головкой пантографа на требуемой высоте. Такое испытание должно быть проведено при среднем значении усилия, равном статической силе. В том случае, если прижимное усилие пантографа увеличивается с увеличением скорости движения, то также должно быть проведено испытание при максимальном значении квазистатической силы.

Измерение прилагаемой и измеряемой силы должно проводиться при частотах до 20 Гц пошагово, шагами по 0,5 Гц, с уменьшенными интервалами при резонирующих частотах. Частотные шаги, расположенные близко от резонансных частот, должны быть специфицированы.

4.4 Параметры измерений

Частота сканирования должна быть ≥ 200 Гц для сканирования во времени, или меньше, чем 0,40 м для линейного сканирования.

Сигнал прижимного усилия перед его оценкой должен быть профильтрован через фильтр

низких частот с предельным значением частоты 20 Гц.

Диапазон измерений должен составлять, как минимум:

- для переменного тока (АС) пантографа от 0 Ньютон до 500 Ньютон,
- для постоянного тока (DC) пантографа от 0 Ньютон до 700 Ньютон.

4.5 Результаты измерений

Контрольный участок пути для расчета статистических значений не может быть короче, чем длина анкерного участка.

Для контрольного участка пути должны быть рассчитаны, как минимум, следующие статистические значения:

- среднее значение прижимного усилия (F_M),
- стандартная погрешность (σ),
- максимальное значение (F_{max}),
- минимальное значение (F_{min}),
- гистограмма или кривая вероятного прижимного усилия.

4.6 Измерение отклонения контактного провода

Измерительная система не должна оказывать на измеряемые отклонения никакого влияния, которые могли бы изменить результат измерений более чем на 3%.

Подъем у несущей конструкции – ошибка системы измерения должна не более 5 мм.

Зигзаг контактного провода – измеряется с учетом базовой рамы пантографа, погрешность измерения должна быть не более 10 мм.

Остальные измерения – точность измерительной системы должна составлять $\leq 10\%$ от амплитуды измеряемого значения или же ≤ 10 мм, в зависимости от того, какой вариант является более точным.

4.7 Измерения искрения

Общие требования

Для определения электрической дуги, соответствующий датчик должен быть чувствительным к длинам волн света, излучаемого медными материалами.

Для контактных проводов, изготовленных из чистой меди и из медных сплавов, должен быть применен интервал длин волн, включающий в себя диапазон 220-225 нм или 323-329 нм.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Эти два диапазона длин волн имеют для меди большую интенсивность излучения.

Измерительная система должна быть чувствительной к видимому свету с длиной волны, превышающей 330 нм.

Данный датчик должен :

- быть расположен настолько близко к пантографу, чтобы иметь достаточно высокую чувствительность,
- быть расположен настолько близко к продольной оси состава, чтобы иметь достаточно высокую чувствительность,
- быть расположен за пантографом по направлению движения подвижного состава,
- быть нацелен на подвижную скользящую планку по направлению движения,
- быть чувствительным в поле обзора, включающем в себя всю рабочую область пантографа,
- иметь допуск погрешности для такой чувствительности меньше 10%,
- иметь время срабатывания на воздействие начала и конца электрической дуги

меньше 100 микросекунд,

- иметь граничное значение регистрирования в зависимости от минимальной энергии электрической дуги, которая должна измеряться.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Такие граничные значения изменяются в зависимости от расстояния между измерительными приборами и местом, в котором появляются электрические дуги.

На рис. 1 приведен пример вида сбоку расположения датчика.

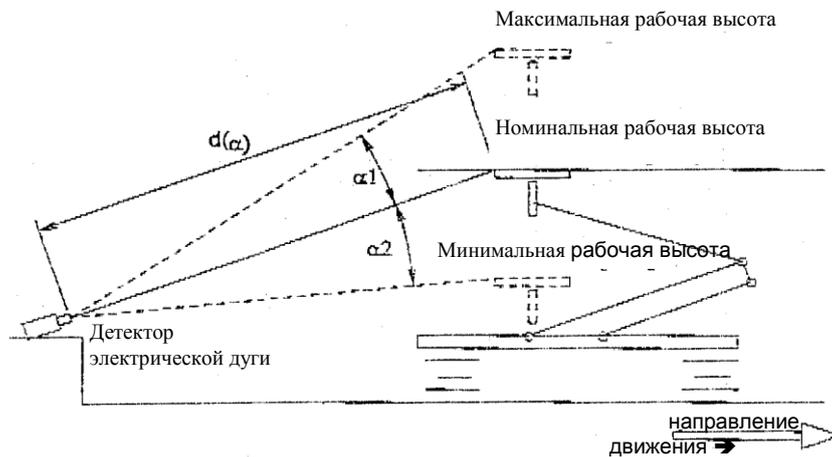


Рис. 1 Расположение датчика

4.7.1 Калибровка измерительной системы для измерения электрической дуги

У рассматриваемого датчика должна быть проконтролирована энергетическая плотность в требуемом спектральном объеме.

Кривая чувствительности выражает соотношение между срабатыванием данного датчика в вольтах (В) и энергетической плотностью в микроВт/см². Срабатывание (на воздействие) измеряется на датчике с аналоговым выходом.

Должна быть определена энергетическая плотность минимальной электрической дуги, которая была обнаружена (х).

ПРИМЕЧАНИЕ: на высоте 5 метров должно быть, например, следующее значение:

- 160 микроВт/см² ± 10 % под контактной сетью переменного тока,
- 12,5 микроВт/см² ± 10 % под контактной сетью постоянного тока.

4.7.2 Регулировка эксплуатационного расстояния

В том случае, если расстояние между датчиком и источником света в рабочем режиме отличается от калибровочного расстояния, то должна быть проведена регулировка датчика.

Регулировка должна быть проведена следующим образом:

- определение энергетической плотности минимальной электрической дуги, которая может быть обнаружена на этом расстоянии, в соответствии с соотношением $1/d^2$,
- должно быть применено калибровочное значение для определения сигнала, соответствующему этому уровню энергетической плотности,
- новое граничное значение величины энергетической плотности, которое должно быть определено, является функцией нового расстояния (d), в соответствии с соотношением

$$x_d = x_y \frac{d^2}{y^2}$$

ПРИМЕЧАНИЕ: Электрическая дуга считается точечным источником, по этой причине энергетическая плотность пропорциональна значению $1/d^2$ (см. рисунок 1).

4.7.3 Измеренные значения величин

Для данной системы должны быть измерены, как минимум:

- время продолжительности каждой электрической дуги,
- скорость движения поезда во время проведения испытаний,
- сила тока пантографа.

Места возникновения электрических дуг (их положение относительно километровой разметки) вдоль контактной сети должны быть зарегистрированы.

4.8 Заключение относительно значений величин

Для контрольного участка пути должно быть сделано заключение относительно значений величин.

В качестве данных на выходе должны учитываться только электрические дуги продолжительностью более 1 мсек.

Во время проведения измерений должны быть исключены участки пути с силой тока пантографа меньше 30% от значения номинальной силы тока такого пантографа.

Для контрольного участка пути должны быть зарегистрированы, как минимум, следующие данные:

- скорость движения поезда,
- количество электрических дуг,
- общее время продолжительности всех электрических дуг,
- время продолжительности наибольшей электрической дуги,
- общее время, во время которого сила тока пантографа была больше 30% от значения номинальной силы тока локомотива на пантограф,
- общее время прохождения данного контрольного участка пути,
- коэффициент искрения.

ПРИМЕЧАНИЕ

1. Другим возможным критерием является количество электрических дуг на 1 км, при силе тока пантографа, большей 30% от значения номинальной силы тока.

2. Контролируемый участок пути не может быть короче 10 км, поезд должен проходить его с постоянной скоростью, с допустимыми отклонениями $\pm 2,5$ км/час.

3. Для получения достоверных результатов для контактной сети необходимо обеспечить, чтобы общее время, в течении которого сила тока пантографа была больше 30% от значения номинальной силы тока, не было короче времени, необходимого для пересечения одного отрезка анкерного участка. Это время не должно прерываться пересечением участков пути со сниженной силой тока; при этом должна поддерживаться постоянная скорость движения.

Требования к параметрам контактной сети систем постоянного тока

Статические параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤160 км/час | 160<v≤200 км/час | 200<v≤220 км/час | 220<v≤250 км/час |
|-------|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| * А.1 | Стандартная высота контактного провода | [мм] | 5000-5600 | 5000-5500 | 5000-5500 | 5000-5300 |
| * А.2 | Максимальный перепад высот между соседними опорами при постоянной высоте контактного провода | [мм] | 30 | 30 | 30 | 10 |
| * А.3 | Минимальная высота контактного провода | [мм] | 4900 | 4900 | 4900 | --- |
| * А.4 | Максимальная высота контактного провода | [мм] | 6200 | 6200 | 5500 | --- |
| * А.5 | Максимальный уклон контактного провода / Максимальное изменение уклона | [мм/мм] | 3,3 / 1,7 | 2 / 1 | 1 / 0,5 | 0 / 0 |

* - Важные параметры, которые нужно соблюдать в соответствии со стандартами TSI.

Динамические параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤160 км/час | 160<v≤200 км/час | 200<v≤220 км/час | 220<v≤250 км/час |
|-------|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| * А.6 | Допустимый подъем контактного провода в месте подвески | [мм] | ≤ 100 | ≤ 100 | ≤ 100 | ≤ 100 |
| * А.7 | Аэродинамическое прижимное усилие при наивысшей скорости движения (F_M) | [Ньютоны] | 180 | 180 | 220 | 260 |
| * А.8 | Максимальное прижимное усилие пантографа $F_{\text{макс.}} = F_M + 3\sigma$ | [Ньютоны] | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 400 | ≤ 400 |
| * А.9 | Минимальное прижимное усилие пантографа $F_{\text{мин.}} = F_M - 3\sigma$ | [Ньютоны] | > 0 | > 0 | > 0 | > 0 |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Электрические параметры

Для всех скоростных зон действует следующее:

- **Длительный ток:** определяется для установившейся температуры со значением $\leq +80^\circ\text{C}$ при скорости ветра 0,6 м/сек. В качестве исходной температуры рассматривается температура со значением $+40^\circ\text{C}$.
- **Кратковременный ток:** время продолжительности установлено до 10 мин. В качестве рамочных условий рассматривается исходная температура $+40^\circ\text{C}$ и окончательная установившаяся температура $\leq +80^\circ\text{C}$.
- **Ток короткого замыкания:** ток продолжительностью 0,2 сек. В качестве рамочных условий рассматривается исходная температура $+40^\circ\text{C}$ и окончательная установившаяся температура $\leq +80^\circ\text{C}$.
- **Постоянная времени нагрева:** дается при скорости ветра 0,6 м/сек. В качестве исходной температуры рассматривается температура $+40^\circ\text{C}$. Предел должен находиться в интервале от 5 до 10.

- **Максимальное значение длительного тока при неподвижном состоянии подвижного состава.** Устанавливается таким образом, чтобы температура, достигнутая в точке контакта, не изменила физические свойства контактного провода (троллея).

Климатические воздействия

Эти параметры определяет соответствующая железная дорога.

Конструктивные параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤160 км/час | 160<v≤200 км/час | 200<v≤220 км/час | 220<v≤250 км/час |
|--------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| A.10 | Максимальный пролет: -по длине ж/д линии -в туннелях | [м] | 65 50 | 65 50 | 65 50 | 65 50 |
| A.11 | Максимальное различие по длине между двумя соседними опорами | [м] | ≤ 18 | ≤ 18 | ≤ 18 | ≤ 18 |
| A.12 | Минимальная длина струны | [м] | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| A.13 | Высота системы По ширине ж/д линии В туннелях | [м] | 1,45 0,8 | 1,45 0,8 | 1,45 0,8 | 1,45 0,8 |
| *A.14 | Свободный подъем рядом с опорой | [м] | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| A.15 | Расстояние между двумя соседними струнами | [м] | < 10,5 | < 10,5 | < 10,5 | < 9,5 |
| *A.16 | Предварительный провес при температуре + 15°C | [‰] | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 1 |
| A.17 | Извилистость рядом с опорой | [м] | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 |
| A.18 | Изменение положения контактного провода в сторону, отнесенное к 100 м длины | [м] | ≥ 0,5 | ≥ 0,5 | ≥ 0,5 | ≥ 0,5 |
| *A.19 | Отклонение контактного провода (троллея) в сторону пролета при максимальной силе бокового ветра | [м] | ≤ 0,4 | ≤ 0,4 | ≤ 0,4 | ≤ 0,4 |
| *A.20 | Количество секций в механическом разделении | шт. | ≥ 3 | ≥ 3 | ≥ 3 | ≥ 3 |
| *A.21 | Приближение контактного провода при заменах Контактный провод (троллей) подходит сверху или со стороны. | | --- | --- | --- | --- |
| *A.22 | Механическое напряжение контактного провода Согласно расчетам | | Согласно расчетам | Согласно расчетам | Согласно расчетам | Согласно расчетам |
| *A.23 | Механическое напряжение несущего троса Согласно расчетам | | Согласно расчетам | Согласно расчетам | Согласно расчетам | Согласно расчетам |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Параметры материала контактных проводов

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤160 км/час | 160<v≤200 км/час | 200<v≤220 км/час | 220<v≤250 км/час |
|-------|--|--------------------|--|--|--|--|
| *А.24 | Контактный провод с канавкой Согласно европейскому стандарту EN 50149 | --- | --- | --- | --- | --- |
| А.25 | Количество контактных проводов | [шт.] | 1 - 2 | 1 - 2 | 1 - 2 | 1 - 2 |
| А.26 | Номинальное сечение контактного провода | [мм ²] | ≥ 100 | ≥ 100 | ≥ 150 | ≥ 150 |
| А.27 | Удельная тяга (усилие) в новом контактном проводе | [кН] | ≥ 100 | ≥ 100 | ≥ 100 | ≥ 125 |
| *А.28 | Допустимая тяга (усилие) в изношенном контактном проводе | [кН] | В соответствии с национальными директивами |
| А.29 | Допустимый износ контактного провода | [мм ²] | В соответствии с национальными директивами |
| А.30 | Количество несущих тросов | [шт.] | 1-2 | 1-2 | 1-2 | 1-2 |
| А.31 | Усиленная контактная сеть | | В соответствии с необходимостью |
| А.32 | Обратный трос | | В соответствии с необходимостью |
| А.33 | Защитная контактная сеть | | В соответствии с необходимостью |
| А.34 | Длина добавочного троса | [м] | 20 – 30% от длины пролета |
| А.35 | Тяга (усилие) в добавочном тросе | [Ньютон] | 25 – 50% от тяги (усилия) в NL | 25 – 50% от тяги (усилия) в NL | 25 – 50% от тяги (усилия) в NL | 25 – 50% от тяги (усилия) в NL |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Физические параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤160 км/час | 160<v≤200 км/час | 200<v≤220 км/час | 220<v≤250 км/час |
|------|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| А.36 | Эластичность Измерение эластичности проводится в середине пролета и рядом с мачтами при прижимном усилии 100 Ньютон. | [мм/Н] | --- | --- | --- | --- |
| А.37 | Неравномерности в эластичности Различие между минимальным и максимальным значением эластичности выражается с помощью следующего примера: $U = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \cdot 100$ ПК без РТ ПК с РТ | [%] [%] | ≤ 40 ≤ 35 | ≤ 40 ≤ 35 | ≤ 40 ≤ 35 | ≤ 40 ≤ 35 |
| А.38 | Скорость распространения механической волны Скорость, с которой по наземной контактной сети (троллею) распространяется механический импульс. Выражается с помощью следующего примера: $v_c = \sqrt{\frac{F_{КП} + F_{НТ}}{m_{КП} + m_{НТ}}}$ | [м/сек] | > 100 | > 100 | > 100 | > 100 |
| А.39 | Коэффициент Доплера Соотношение между скоростью распространения волны и | | | | | |

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤160 км/час | 160<v≤200 км/час | 200<v≤220 км/час | 220<v≤250 км/час |
|-------------|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | <p>максимальной допустимой скоростью движения поезда. Рассчитывается в соответствии с примером:</p> $\alpha = \frac{v_c - v_b}{v_c + v_b}$ <p>ПК без РТ ПК с РТ</p> | --- | < 0,28 < 0,28 | < 0,28 < 0,28 | < 0,24 < 0,28 | < 0,18 < 0,28 |
| А.40 | <p>Коэффициент отражения Выражает обратное воздействие отраженных частей механической волны. Рассчитывается в соответствии с примером:</p> $r = \frac{\sqrt{F_{HT} \cdot m_{HT}}}{\sqrt{F_{HT} \cdot m_{HT}} + \sqrt{F_{КП} \cdot m_{КП}}}$ | --- | < 0,6 | < 0,6 | < 0,6 | < 0,6 |
| А.41 | <p>Коэффициент усиления Влияние отраженных волн на динамическое поведение контактной сети (троллей). Рассчитывается с помощью следующего примера:</p> $\chi = \frac{r}{\alpha}$ <p>Без компенсации неподвижной точки С компенсацией неподвижной точки</p> | | < 2,1 < 2,0 | < 2,1 < 2,0 | < 2,1 < 2,0 | < 2,3 < 2,0 |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Сокращения:

ПК – подвеска контактная

КП – контактный провод

НТ – несущий трос

РТ – рессорный трос

m – масса

Требования, предъявляемые к параметрам контактной сети систем переменного тока

Статические параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤200 км/час | 200<v≤230 км/час | 230<v≤300 км/час | v>300 км/час |
|-------|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| * Б.1 | Стандартная высота контактного провода | [мм] | 5000-5500 | 5000-5500 | 5000-5500 | 5080-5300 |
| * Б.2 | Максимальный перепад высот между соседними опорами при постоянной высоте контактного провода | [мм] | 30 | 30 | 10 | 10 |
| * Б.3 | Минимальная высота контактного провода | [мм] | 4950 | 4950 | 4950 | --- |
| * Б.4 | Максимальная высота контактного провода | [мм] | 6000 | 6000 | 5500 | --- |
| * Б.5 | Максимальный уклон контактного провода (троллей)/ / Максимальное изменение уклона | [мм/мм] | 3,3 / 1,7 | 2 / 1 | 0 / 0 | 0 / 0 |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Динамические параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤200 км/час | 200<v≤230 км/час | 230<v≤300 км/час | v>300 км/час |
|-------|---|-------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| * Б.6 | Допустимый подъем контактного провода в месте подвески | [мм] | ≤ 120 | ≤ 120 | ≤ 120 | ≤ 120 |
| * Б.7 | Аэродинамическое прижимное усилие при наивысшей скорости движения (F _М) В перспективе Имеющееся состояние | [Ньютон] | 120 150 | 120 150 | 120 200 | 120 200 |
| * Б.8 | Максимальное прижимное усилие пантографа F _{макс.} = F _М + 3σ | [Ньютон] | ≤ 300 | ≤ 300 | ≤ 350 | ≤ 350 |
| * Б.9 | Минимальное прижимное усилие пантографа F _{мин.} = F _М - 3σ | [Ньютон] | > 0 | > 0 | > 0 | > 0 |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Электрические параметры

Для всех скоростных зон действует следующее:

- **Длительный ток:** определяется для установившейся температуры со значением ≤ +80°C при скорости ветра 0,6 м/сек. В качестве исходной температуры рассматривается температура со значением + 40°C.
- **Кратковременный ток:** время продолжительности установлено до 10 мин. В качестве рамочных условий рассматривается исходная температура + 40°C и окончательная установившаяся температура ≤ + 80°C.

- **Ток короткого замыкания:** ток продолжительностью 0,2 сек. В качестве рамочных условий рассматривается исходная температура + 40°C и окончательная установившаяся температура $\leq + 80^\circ\text{C}$.
- **Постоянная времени нагрева:** дается при скорости ветра 0,6 м/сек. В качестве исходной температуры рассматривается температура + 40°C. Предел должен находиться в интервале от 5 до 10.
- **Максимальное значение длительного тока при неподвижном состоянии подвижного состава.** Устанавливается таким образом, чтобы температура, достигнутая в точке контакта, не изменила физические свойства контактного провода (троллея).

Климатические воздействия

Эти параметры определяет соответствующая железная дорога.

Конструктивные параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤200 км/час | 200<v≤230 км/час | 230<v≤300 км/час | v>300 км/час |
|--------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Б.10 | Максимальный пролет По ширине ж/д линии В туннелях | [м] | 65 50 | 65 50 | 65 50 | 65 50 |
| Б.11 | Максимальное различие по длине между двумя соседними пролетами | [м] | ≤ 15 | ≤ 15 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Б.12 | Минимальная длина струны | [м] | 0,2 | 0,2 | 0,25 | 0,25 |
| Б.13 | Высота системы По ширине ж/д линии В туннелях | [м] | 1,25 0,8 | 1,25 0,8 | 1,4 0,8 | 1,4 0,8 |
| *Б.14 | Свободный подъем рядом с опорой Без ограничителя подъема С ограничителем подъема | [м] | 0,24 0,18 | 0,24 0,18 | 0,24 0,18 | 0,24 0,18 |
| Б.15 | Расстояние между двумя соседними струнами | [м] | < 9,5 | < 9,5 | < 9,5 | < 9,5 |
| *Б.16 | Предварительный провес при температуре + 15°C | [‰] | ≤ 1 | ≤ 1 | ≤ 0,5 | ≤ 0,5 |
| Б.17 | Извилистость рядом с опорой | [м] | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 |
| Б.18 | Изменение положения контактного провода в сторону, отнесенное к 100 м длины | [м] | ≥ 0,5 | ≥ 0,5 | ≥ 0,5 | ≥ 0,5 |
| *Б.19 | Отклонение контактного провода в сторону пролета при максимальной силе бокового ветра | [м] | ≤ 0,4 | ≤ 0,4 | ≤ 0,4 | ≤ 0,4 |
| *Б.20 | Количество секций в механическом разделении | шт. | ≥ 3 | ≥ 3 | ≥ 4 | ≥ 4 |
| *Б.21 | Приближение контактного провода при заменах Контактный провод (троллей) подходит сверху или со стороны. | | --- | --- | --- | --- |
| *Б.22 | Механическое напряжение контактного провода Согласно расчетам | | Согласно расчетам | Согласно расчетам | Согласно расчетам | Согласно расчетам |
| *Б.23 | Механическое напряжение несущего троса | | Согласно | Согласно | Согласно | Согласно |

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤200 км/час | 200<v≤230 км/час | 230<v≤300 км/час | v>300 км/час |
|---|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| | Согласно расчетам | | расчетам | расчетам | расчетам | расчетам |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Параметры материала контактных проводов

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤200 км/час | 200<v≤230 км/час | 230<v≤300 км/час | v>300 км/час |
|-------|--|--------------------|--|--|--|--|
| *Б.24 | Контактный провод с канавкой Согласно европейскому стандарту EN 50149 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Б.25 | Количество контактных проводов (| [шт.] | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Б.26 | Номинальное сечение контактного провода | [мм ²] | ≥ 100 | ≥ 100 | ≥ 120 | ≥ 120 |
| Б.27 | Удельная тяга в новом контактном проводе | [кН] | ≥ 100 | ≥ 100 | ≥ 120 | ≥ 125 |
| *Б.28 | Допустимая тяга (усилие) в изношенном контактном проводе | [кН] | В соответствии с национальными директивами |
| Б.29 | Допустимый износ контактного провода | [мм ²] | В соответствии с национальными директивами |
| Б.30 | Количество несущих тросов | [шт.] | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Б.31 | Усиленная контактная сеть | | В соответствии с необходимостью |
| Б.32 | Обратный трос | | В соответствии с необходимостью |
| Б.33 | Защитная контактная сеть | | В соответствии с необходимостью |
| Б.34 | Длина добавочного троса | [м] | 20 – 30% от длины пролета |
| Б.35 | Тяга (усилие) в добавочном тросе | [Нью тон] | 25 – 50% от тяги (усилия) в НТ | 25 – 50% от тяги (усилия) в НТ | 25 – 50% от тяги (усилия) в НТ | 25 – 50% от тяги (усилия) в НТ |

* - Важные параметры, которые нужно выполнить.

Физические параметры

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤200 км/час | 200<v≤230 км/час | 230<v≤300 км/час | v>300 км/час |
|------|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| Б.36 | Эластичность Измерение эластичности проводится в середине пролета и рядом с мачтами при прижимном усилии 100 Ньютон. | [мм/Н] | --- | --- | --- | --- |
| Б.37 | Неравномерности в эластичности Различие между минимальным и максимальным значением эластичности выражается с помощью следующего примера: $U = \frac{e_{\text{макс.}} - e_{\text{мин.}}}{e_{\text{макс.}} + e_{\text{мин.}}} \cdot 100$ ПК без РТ ПК с РТ | [%] [%] | ≤ 40 ≤ 20 | ≤ 40 ≤ 20 | ≤ 40 ≤ 20 | ≤ 40 ≤ 20 |
| Б.38 | Скорость распространения механической волны Скорость, с которой по надземной | | | | | |

| № | Параметры | Единица измерения | 100<v≤200 км/час | 200<v≤230 км/час | 230<v≤300 км/час | v>300 км/час |
|-------------|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | <p>контактной сети (троллею) распространяется механический импульс. Выражается с помощью следующего примера:</p> $v_c = \sqrt{\frac{F_{КП} + F_{НТ}}{m_{КП} + m_{НТ}}}$ | [м/сек] | > 110 | > 110 | > 120 | > 120 |
| Б.39 | <p>Коэффициент Доплера Соотношение между скоростью распространения волны и максимальной допустимой скоростью движения поезда. Рассчитывается в соответствии с примером:</p> $\alpha = \frac{v_c - v_b}{v_c + v_b}$ <p>ПК без РТ ПК с РТ</p> | --- | < 0,26 < 0,26 | < 0,26 < 0,26 | < 0,18 < 0,18 | < 0,18 < 0,18 |
| Б.40 | <p>Коэффициент отражения Выражает обратное воздействие отраженных частей механической волны. Рассчитывается в соответствии с примером:</p> $r = \frac{\sqrt{F_{НТ} \cdot m_{НТ}}}{\sqrt{F_{НТ} \cdot m_{НТ}} + \sqrt{F_{КП} \cdot m_{КП}}}$ | --- | < 0,5 | < 0,5 | < 0,4 | < 0,4 |
| Б.41 | <p>Коэффициент усиления Влияние отраженных волн на динамическое поведение контактной сети (троллея). Рассчитывается с помощью следующего примера:</p> $\chi = \frac{r}{\alpha}$ | | < 1,9 | < 1,9 | < 2,2 | < 2,2 |

Сокращения:

ПК - подвеска контактная

КП- контактный провод

НТ - несущий трос

РТ - рессорный трос

m – масса