2. ПРОЕКТ КОНТАКТНОЙ СЕТИ СТАНЦИИ АЙДЫРЛЯ

2.1. Определение нормативных нагрузок на провода контактной сети

Нагрузки определяются с учетом защищенности от ветра и насыпи для следующих режимов: без дополнительных влияний; при ветре наибольшей интенсивности; при гололеде с ветром.

Нагрузка от силы тяжести одного метра контактной подвески без дополнительных влияний:

 , (2.1)

где gн – нагрузка от силы тяжести несущего троса (НТ):

для ПБСМ95 gн = 0,755 даН/м,

для ПБСМ70 gн = 0,586 даН/м;

gк – нагрузка от силы тяжести контактного провода (КП):

для МФ100 gк = 0,873 даН/м,

для МФ85 gк = 0,74 даН/м;

gc = 0,1 даН/м – нагрузка от силы тяжести зажимов и струн;

n=1 – число контактных проводов.

Нагрузку от силы тяжести проводов взяли из методических указаний /5/. Для комбинированных проводов (АС-35/6,2) g=0,145 даН/м.

Для главного пути ПБСМ95+МФ100

;

Для второстепенного пути ПБСМ 70 + МФ85

.

Нагрузка от силы тяжести гололеда на один метр длины провода

,

где произведение и тогда получим

 , (2.2)

где b – толщина стенки гололеда;

d – диаметр провода, мм.

Расчетное значение толщины стенки гололёда в = вн∙К1∙К2, где вн – нормативная величина стенки гололеда, берётся из исходных данных. коэффициенты К1 и К2 определяются по методике, приведенной в /6, стр.28/.

Для контактного провода  a 

где А и Н – соответственно ширина и высота контактного провода.

;

,

где:



Для главного пути станции:

(НТ)

;

;

;

;

(КП)

;

;

;

;

(ПЭ)

;

;

;

.

Для второстепенного пути станции:

(НТ)

;

;

;

;

(КП)

;

;

;

.

Суммарная нагрузка от силы тяжести гололеда на одном метре контактной подвески определится:

 (2.3)

где gгн, gгк – соответственно нагрузка от силы тяжести гололеда на несущем тросе и гололеда на контактном проводе.

Для главного пути станции

.

Для второстепенного пути станции

.

Ветровая нагрузка на провод без гололеда

 (2.4)

где Vp – расчетная скорость ветра, учитывая что

 (2.5)

где

Vном=29м/с

К=1 – на станции;

Cx – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления /5/;

Сх=1,2 – для ПЭ;

Сх=1,25 – для НТ и КП (МФ85 и МФ100);

d –диаметр провода, м. Для контактного провода вертикальный размер сечения Н, мм.

d=dp – для НТ и ПЭ;

d=H – для КП;

Для главного пути станции

(НТ) ;

(КП) ;

(ПЭ) .

Для второстепенного пути станции

(НТ) 

(КП) .

Ветровая нагрузка на провод в режиме гололеда с ветром

 (2.6)

где Vгл – принимается из /7, стр.42/, (Vгл=0,5Vр).

Для главного пути станции

(НТ) ;

(КП) ;

(ПЭ) .

Для второстепенного пути станции

(НТ) 

(КП) .

Результирующая нагрузка на отдельный провод

в режиме наименьших температур q=g;

при ветре наибольшей интенсивности:

 . (2.7)

Для главного пути на станции

(НТ)  ;

(КП) ;

(ПЭ) .

Для второстепенного пути станции

(НТ) ;

(КП) .

Результирующая нагрузка на провод при гололеде с ветром

. (2.8)

Главные пути на станции:

(НТ) ;

(КП) ;

(ПЭ) .

Второстепенные пути на станции:

(НТ) ;

(КП) .

Результирующая нагрузка на несущий трос цепной подвески определяется без учета ветровой нагрузки на контактные провода, так как её основная часть воспринимается фиксаторами:

в режиме ветра наибольшей интенсивности

 (2.9)

в режиме гололеда с ветром:

 (2.10)

где gгл (формула 2.3)

Для главного пути станции





Для второстепенного пути станции





2.2. Расчет натяжения проводов

Принимаемые в расчетах наибольшие и номинальные натяжения проводов приведены из [5]. Натяжение несущего троса (Т0) при беспровесном положении контактного провода предварительно принимается:

-для ПБСМ - 

Натяжение несущего троса при ветре набольшей интенсивности

Тв=0,75Тдп при ПБСМ.

Действительные значения Т0 и Тв определяются при механическом расчете контактной подвески.

Главные пути:





Второстепенные пути:





2.3. Определение допустимых пролетов

Наибольшие длины пролетов устанавливают в режиме ветра наибольшей интенсивности. При этом ветровые отклонения контактного провода на прямых участках пути не должны превышать 0,5м, а на кривых – 0,45м. Наибольшее расстояние между опорами, для обеспечения надежного токосъема принимается равным не более 70 м /5,стр. 8/.

Для прямых участков пути

 (2.11)

где *К –* номинальное натяжение контактного провода, *даН/м;*

*n –* количество контактных проводов;

*Рвк* – ветровая нагрузка на контактный провод, *даН/м;*

*Рэ –* эквивалентная нагрузка, передающая с несущего троса на контактный провод, *даН/м;*

*R –* радиус кривой пути, м;

*вкдоп* – наибольшее допустимое ветровое отклонение контактного провода, м, (*вкдоп* =0,5 – на прямых участках);

*jk* – прогиб опоры под действием ветра на уровне крепления контактного провода /5/ ( *jk* =0,01);

Главные пути:



Второстепенные пути:



Средняя длина струн в средней части пролета определяется по формуле:

; (2.12)

где h0 – конструктивная высота цепной подвески, /6/, *м*, (*h0* =2,0 м);  
g – нагрузка от силы тяжести цепной подвески, *даН/м;*T0 – натяжение несущего троса при беспровесном состоянии контактного провода, даН*.*

Главные пути:



Второстепенные пути:

.

Формула для определения удельной эквивалентной нагрузки имеет вид:

 (2.13)

где Рвн - ветровая нагрузка на несущий трос, даН/м;

Рвк – ветровая нагрузка на контактный провод, даН/м*;*

К *–* номинальное натяжение контактного провода, даН/м;

Т - натяжение несущего троса в режиме ветра наибольшей интенсивности, даH;

*l* - длина пролета, м;

hи - длина гирлянды подвесных изоляторов и крепительных деталей для несущего троса, м. Определяется из /7, стр. 346/ (*hu* =0,42 м);

qv - результирующая нагрузка на несущий трос, даН/м;

gк - нагрузка от силы тяжести контактного провода, даН/м;

γн - прогиб опоры под действием ветра на уровне крепления несущего троса, м;

lср- средняя длина струн в средней части пролёта, м.

Главные пути станции:



Второстепенные пути:



Пересчитаем максимальные длины пролетов с учетом удельной эквивалентной нагрузки на прямых участках пути:

Главные пути станции



Второстепенные пути



Принятые длины пролетов приведены в таблице 13

Таблица 13 – принятые длины пролетов участков

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Участок | max , м. | | |
| Рэ=0() | Рэ≠0() | Принятое |
| Главные пути станции | 67,8 | 66,45 | 67 |
| Второстепенные пути станции | 65,37 | 64,8 | 65 |

2.4. Разработка схем питания и секционирования станции

Схема питания и секционирования контактной сети должна обеспечивать: наименьшие потери напряжения и энергии в сети при нормальном режиме работы электрифицированного участка; минимальные нарушения графика движения поездов при выходе из работы какой-либо секции контактной сети. На отечественных магистральных железных дорогах предусматривается только двустороннее питание фидерных зон. При одностороннем питании небольших по длине участков проектируются шунтирующие линии.

При составлении схем секционирования предусматривают продольное и поперечное секционирование и секционирование с обязательным заземлением отключенной секции. Продольное секционирование предусматривает разделение контактной сети станций перегонов у каждой тяговой подстанции и поста секционирования. Если на станции расположена тяговая подстанция, то все станционные пути питаются от одного фидера, который является резервным для питания любого из перегонов. Деповские пути также питаются от отдельного фидера. Продольное секционирование осуществляется изолирующими сопряжениями на участках постоянного тока и изолирующими сопряжениями с нейтральной вставкой – на участках переменного тока.

В схеме секционирования контактной сети должно быть использовано как можно меньше секционных изоляторов и разделителей. На станциях в отдельные секции выделяются электрифицированные парки и горловины.

При поперечном секционировании предусматривается разделение контактных подвесок главных путей и перегонов. Если к главному пути примыкает более трех путей, то их выделяют в отдельную секцию. В гололедных районах, кроме первого, контактная подвеска по каждому главному пути должна иметь одинаковое сечение для составления схем и равномерного нагрева проводов при плавке гололеда.

Секционирование с обязательным заземлением отключаемой секции осуществляют для погрузочно-разгрузочных путей; в местах снабжения пассажирских поездов водой и налива емкостей через верх; осмотра оборудования и отстоя электроподвижного состава; электродепо и пунктов экипировки. Заземление отключенной секции осуществляется специальным секционным разъединителем с заземляющим ножом и ручным приводом. На участках переменного тока при дистанционном управлении предусматривается два разъединителя, один из которых включается на землю. Приводы этих разъединителей сблокированы так, что одновременное их включение невозможно. Поперечное секционирование осуществляется секционными изоляторами. Электрическое соединение секций производят секционными разъединителями.

На питающих фидерах постоянного тока, если его длина более 150 м и менее 750 м, предусматривается включение линейного разъединителя с ручным приводом. При длине более 750 м разъединитель оборудуют моторным приводом.

Питающие линии переменного тока во всех случаях присоединяют к контактной сети линейными разъединителями с двигательным приводом.

На схемах питания и секционирования указывается нормальное положение разъединителей. Продольные разъединители обозначают первыми буквами русского алфавита: А, Б, В, Г и т.д.; поперечные – буквой П; разъединители питающих линий – буквой Ф; разъединители с заземляющим контактом – буквой З; прочие разъединители – буквой Р; деповские разъединители – буквой Д. К каждой из указанных букв в случае необходимости добавляют цифровой индекс, соответствующий номерам путей, направлений, фидеров. Разъединителям, питающим четные пути, присваивается четный индекс, для разъединителей нечетных путей – нечетный индекс.

Схема питания и секционирования представлена в приложении А.

2.5. Механический расчет анкерного участка полукомпенсированной цепной подвески

Расчет выполняется для анкерного участка на главном пути станции. В объем расчета входят: построение монтажных кривых для нагруженного и ненагруженного несущего троса и контактного провода, а также определение натяжений несущего троса при гололеде с ветром и ветре наибольшей интенсивности, определение стрел провеса контактного провода.

Расчет производится в следующей последовательности /5, стр.16/:

Определение эквивалентного пролета *lэ*:

 (2.14)

где *li* – длина *i*-го пролета.

Длины пролета анкерного участка (*li*):

47,49,48,47,52,52,45,49,53,46,34,48,36,45,49,40,43,44,50,52,50,50,52,52,48



Установление исходного режима, при котором будет наибольшее натяжение несущего троса. Для этой цели необходимо определить критический пролет по формуле

 (2.15)

где *Zmax –* наибольшее приведенное натяжение подвески, *даН/м;*

*Wгл , Wtmin* – соответственно приведенные нагрузки на подвеску при гололеде *tгл* и низшей температуре *tmin, даН/м;*

*αн* – коэффициент линейного расширения материала несущего троса, ◦С-1;

*tгл* – расчетная температура гололедных образований, ◦С, (*tгл* = -5ºС);

*tmin* – наименьшая температура окружающей среды, ◦С, (*tmin* = -50ºС).

Приведенные величины *Zx u Wx* определяются из следующих выражений (для режима Х):

 (2.16)

 (2.17)

где *qx, g0* – соответственно результирующая нагрузка, действующая на несущий трос в режиме Х и нагрузка от силы тяжести подвески, *даН/м;*

*К –* натяжение контактного провода (проводов), *даН/м;*

*Т0* – натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода, *даН/м;*

*Φх* – конструктивный коэффициент цепной подвески, определяемый по формуле:

**  (2.18)

где *l* – длина пролета, м;

*С* – расстояние от опоры до ветровой нерессорной струны. Определяется следующим образом. Если, например, *lэкв=48м* и расстояние между струнами подвески равно *10м*, то *С=10+4=14м.*

Если в результате расчета получилось *lэкв>lкр*, то исходным будет режим гололеда с ветром, т.е. наибольшее натяжение несущего троса *Tmax* возникает в этом режиме. Если *lэкв<lкр* – исходный режим при наименьшей температуре. Проверку правильности выбора исходного режима необходимо провести при сравнении результирующей нагрузки на несущий трос цепной подвески в режиме гололеда с ветром *qгл* (берется из пункта 2, раздел 2.6, формула 2.10) с критической нагрузкой *qкр* [2].

Для ПБСМ несущих тросов - 24α=319∙10-6 1/ºС

**









*lэкв<lкр,*

следовательно, исходный режим при наименьшей температуре



(2.19)



*qгл<qкр,*

следовательно, исходный режим выбран верно.

Определение температуры беспровесного состояния контактного провода *t0*. В расчетах принимают:

 (2.20)

где *t’* – коррекция на отжатие контактного провода токоприемником в середине пролета. При одном контактном проводе *t’* =10-15◦С,

*t’* =0 ◦С – для полукомпенсированной подвески с рессорным тросом.

ºС.

Определение натяжения несущего троса при беспровесном положении контактного провода (*Т0* ). Натяжение *Т0* в этом случае может быть определенно по уравнению состояния свободно подвешенного провода, записанное относительно температуры беспровесного состояния контактного провода *t0*:

 (2.21)

где *q –* результирующая нагрузка (так как исходным режимом является режим наименьших температур, то *q=gn*);

*Тmax* – наибольшее натяжение несущего троса, /7, стр. 71/, *даН;*

*αн* – из исходных данных, ◦С-1;

*Ен* -модуль упругости, *МПа;*

*Sн* – фактическая площадь сечения, *мм2;*

*lэ* – эквивалентный пролет (см.пункт 2.4, формула 2.14), м;

*g0* – см.пункт 2, раздел 2.1, *даН/м;*

*T0* – см.пункт 2.4, *даН/м.*

В практических расчетах проводов и тросов часто возникает необходимость вычислять произведения *24α и Αes*, а также обратные им величины. В целях облегчения расчетов значения указанных величин для некоторых проводов, тросов и проволок приведены в исходных данных.

В этом выражении величины с индексом «1» относят к режиму наибольшего натяжения несущего троса, а с индексом «0» - к режиму беспровесного состояния контактного провода. Решение уравнения начинается с задания величины *Т0*. Далее пользуясь линейной интерполяцией, определяют это натяжение, соответствующее ранее выбранной температуре *t0.*

(2.22)









 (2.23)



Натяжение разгруженного *Трх* (без контактного провода) несущего троса определяется по уравнению состояния цепной подвески и удобно рассчитывать так:

 (2.24)

где  

где *gн* – нагрузка от силы тяжести несущего троса (см. исходные данные), *даН/м;*

*g0* – нагрузка от силы тяжести подвески (если исходным режимом является режим наименьшей температуры, то *g0=g0*);

*αн* *Ен* *Sн* – см.исходные данные, даН/◦С;

Значение *А0* в (2.24) равно значению трех первых слагаемых уравнения (2.22), поэтому здесь *А0* вычислять не следует. Для построения монтажной кривой *Трх=f(tx)* задаются несколькими значениями *Трх .* Вид этой кривой показан на рис. 2.1.





- для tx = tmin= -50ºC, при Трх1=2000 даН



- для tx = t0= -15ºC, при Трх2=1300 даН



- для tx = tгл= -5ºC, при Трх3=1100 даН



- для tx = tв= +5ºC, при Трх4=930 даН



- для tx = tmax= +40ºC, при Трх=470 даН



Стрелы провеса разгруженного несущего троса *Fрх* в различных пролетах анкерного участка

 (2.25)

где *gн* – из исходных данных, *даН/м.*

По результатам расчетов для всех *i*-х пролетов строятся зависимости

*Fрх =f(tx),* рис.2.1.

Для *lmin*=34 м

- для tx1 = -50 ºC, при Трх1=2000 даН



- для tx = -15ºC, при Трх2=1300 даН



- для tx  -5 ºC, при Трх3=1100 даН



- для tx = +5 ºC, при Трх4=930 даН



- для tx =+40 ºC, при Трх5=470 даН



Для *lmax=52 м*

- для tx1 = -50 ºC, при Трх1=2000 даН



- для tx = -15ºC, при Трх2=1300 даН



- для tx  -5 ºC, при Трх3=1100 даН



- для tx = +5 ºC, при Трх4=930 даН



- для tx =+40 ºC, при Трх5=470 даН



Для *lэ=48 м*

- для tx1 = -50 ºC, при Трх1=2000 даН



- для tx = -15ºC, при Трх2=1300 даН



- для tx  -5 ºC, при Трх3=1100 даН



- для tx = +5 ºC, при Трх4=930 даН



- для tx =+40 ºC, при Трх5=470 даН



Натяжение нагруженного несущего троса в зависимости от температуры:

 (2.26)

где *А0* – имеет то же значение, что и выше (раздел 2.5, формула 2.24),

*Ен* – модуль упругости, *МПа*;

*Sн* – фактическая площадь сечения, *мм2;*

 (2.27)

в этой формуле результирующая нагрузка *qx=g0* (так как исходным режимом является режим наименьших температур); В результате расчетов строятся зависимости *Тх=f(tx)*, рис.2.1.



Кроме этого, рассчитываются натяжения несущего троса при режимах гололеда с ветром *Тгл* и при ветре наибольшей интенсивности *Тв*.

Для этой цели по формулам (2.27) величины с индексом Х относят к ответствующему режиму. Полученные значения наносят на график рис.2.1,

- для tx1 = -50 ºC, при Трх1=2000 даН



- для tx = -15ºC, при Трх2=1450 даН



- для tx  -5 ºC, при Трх3=1300 даН



- для tx = +5 ºC, при Трх4=1160 даН



- для tx =+40 ºC, при Трх5=800 даН



Стрелы провеса несущего троса *Fx* в пролетах

**  (2.28)

Значения *Wx u Zx* определяется по формулам (2.16) и (2.17).

Для *lmin*=34 м

**



- для tx = -50 ºC





- для tx  -15 ºC





- для tx = -5 ºC





- для tx = +5 ºC





- для tx = +40 ºC





Для *lmax=52 м*

**



- для tx = -50 ºC





- для tx  -15 ºC





- для tx = -5 ºC





- для tx = +5 ºC





- для tx = +40 ºC





Для *lэ=48 м*

**



- для tx = -50 ºC





- для tx  -15 ºC





- для tx = -5 ºC





- для tx = +5 ºC





- для tx = +40 ºC





Стрелы провеса контактного провода в пролетах анкерного участка

**  (2.29)

где *F0* – стрела провеса несущего троса при беспровесном положении контактного провода, м.

Для *lmin*=34 м



- для tx = -50 ºC

**

- для tx = -15 ºC

**

- для tx = -5 ºC

**

- для tx = +5 ºC

**

- для tx = +40 ºC

**

Для *lmax=52 м*



- для tx = -40 ºC

**

- для tx = -15 ºC

**

- для tx = -5 ºC

**

- для tx = +5 ºC

**

- для tx = +35 ºC

**

Для *lэ=48 м*



- для tx = -40 ºC

**

- для tx = -15 ºC

**

- для tx = -5 ºC

**

- для tx = +5 ºC

**

- для tx = +35 ºC

**

Результаты расчетов сводятся в табл.14 для построения монтажного графика

Таблица 14 – Данные для построения монтажных графиков

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Длина | Температура tx,ºC | | | | |
|  | пролета | tmin= -50 | t0=-15 | tгл= -5 | tв= +5 | tmax= +40 |
| Натяжение разгру- |  | 2000 | 1300 | 1100 | 930 | 470 |
| женного НТ Трх, даН |  |
| Натяжение нагру- |  | 2100 | 1450 | 1300 | 1160 | 800 |
| женного НТ Тх, даН |  |
| Стрела провеса | lmin=34 м | 0.055 | 0.084 | 0.099 | 0117 | 0.232 |
| разгруженного НТ | lmax=52 м | 0.128 | 0.196 | 0.232 | 0.274 | 0.543 |
| *Fрх ,* м | lэ=48 м | 0.109 | 0.167 | 0.198 | 0.234 | 0.463 |
| Стрела провеса | lmin=34 м | 0.12 | 0.173 | 0.192 | 0.215 | 0.308 |
| нагруженного НТ | lmax=52 м | 0.295 | 0.41 | 0.451 | 0.497 | 0.674 |
| *Fх* , м | lэ=48 м | 0.249 | 0.349 | 0.384 | 0.424 | 0.581 |
| Стрелы провеса КП, м | lmin=34 м | -0.002 | -0.0008 | 0 | 0.0005 | 0.003 |
|  | lmax=52 м | -0.036 | -0.011 | 0 | 0.0075 | 0.045 |
|  | lэ=48 м | -0.025 | -0.008 | 0 | 0.005 | 0.033 |

График зависимостей натяжения разгруженного несущего троса (*Трх*) и нагруженного (*ТХ*), а так же стрелы провеса разгруженного несущего троса (*Fрх*) и нагруженного (*FХ*). График стрел провеса контактного провода *f* от температуры представлены в рис.2.2

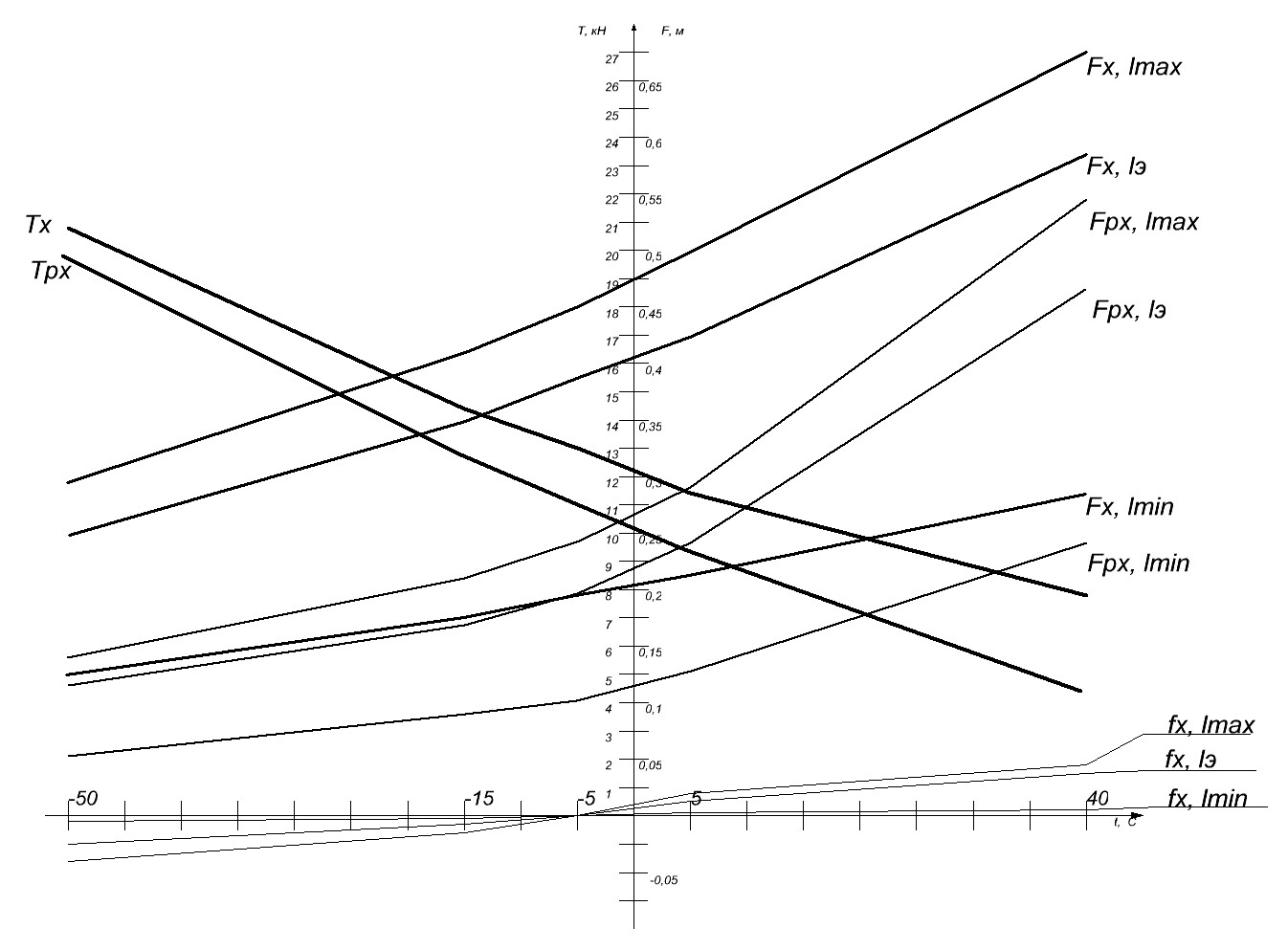
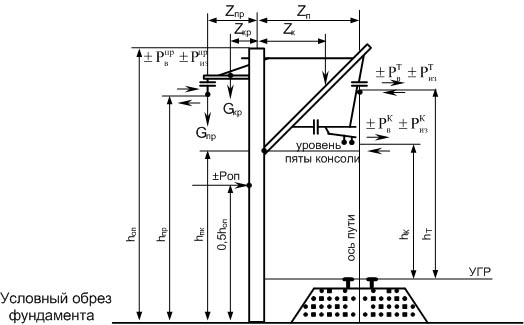


Рис. 2. 2. Зависимости натяжения разгруженного несущего троса (*Трх*) - нагруженного (*ТХ*); стрелы провеса разгруженного несущего троса (*Fрх*) - нагруженного (*FХ*); стрелы провеса контактного провода *f* от температуры.

2.5. Расчет и выбор опор контактной сети.

Составляется схема нагружения опоры (рис.2.3).



### Рис.5 - Расчетная схема для расчета и выбора опор

Рассчитываются нагрузки от внешних воздействий в режимах: ветер наибольшей интенсивности; гололед с ветром;

Величины нагрузок при различных режимах сводятся в табл.15.

Таблица 15 - Значение линейных нагрузок на станции

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Значения нагрузок при режимах | |
| № | Виды нагрузок | Размер- | гололеда | ветер наибольшей |
| п/п |  | ность | с ветром | интенсивности |
| 1 | Нагрузка от силы тяжести подвески | даН/м | 2,515 | 1,908 |
| 2 | Ветровая нагрузка  на НТ | даН/м | 1,388 | 1,159 |
| 3 | Ветровая нагрузка  на КП | даН/м | 1,199 | 1,106 |
| 4 | Нагрузка от силы тяжести провода (ПЭ) | даН/м | 1,509 | 0,145 |
| 5 | Ветровая нагрузка  на ПЭ | даН/м | 0,769 | 0,541 |
| 6 | Нагрузка от силы |  | 100 | 60 |
|  | тяжести консоли | даН/м |  |  |
| 7 | Нагрузка от силы тяжести |  |  |  |
|  | кронштейна с |  | 70 | 40 |
|  | изоляторами | даН/м |  |  |

Вертикальная нагрузка от силы тяжести подвески в режиме Х:

 (2.30)

где *gx* – нагрузка от силы тяжести подвески, *даН/м;*

*l –* длина пролета, равная полусумме длин смежных пролетов, *м;*

*Gu* = 15 – нагрузка от силы тяжести изоляторов, *даН;*

*Gф* = 15 – нагрузка от силы тяжести половины фиксаторного узла, *даН.*

Нагрузка от силы тяжести подвески на станции

Промежуточные опоры

Режим гололеда с ветром:

Промежуточная опора l = lэ = 48м, главный путь:



Промежуточная опора на станции l = lэ = 48м, второстепенный путь:



Режим ветра наибольшей интенсивности:

Промежуточная опора l = lэ = 48м, главный путь:



Промежуточная опора l = lэ = 48м, второстепенный путь:



Анкерные опоры

В режиме гололеда с ветром

Анкерные опоры главный путь, l = 52м:



Анкерная опора, второстепенный путь, l = 52м:



В режиме ветра наибольшей интенсивности

Анкерные опоры главный путь, l = 52м.



Анкерные опоры, второстепенный путь, станции 



Переходные опоры:

При режиме гололеда с ветром

Переходные опоры, главный путь станции 



Переходные опоры, второстепенный путь станции 



При режиме ветра наибольшей интенсивности:

Переходные опоры, главный путь станции 



Переходные опоры, второстепенный путь станции 



Вертикальная нагрузка от силы тяжести линии

продольного электроснабжения (ПЭ):

 (2.31)

где *gпрх* – нагрузка от силы тяжести проводов линии электроснабжения;

*Gи* =15– нагрузка от силы тяжести изоляторов, *даН.*

Режим гололеда с ветром:

Промежуточные опоры

Главный путь станции l=48м



Анкерная опора на станции l=52м.



Переходные опоры

главный путь станции 



Режим ветра наибольшей интенсивности:

Промежуточные опоры:

Главный путь станции l=48м



Анкерная опора на станции l=52м.



Переходные опоры

главный путь станции 



Нагрузка на провода контактной сети от ветра, передающиеся на опорные устройства.

 (2.32)

где *Рвх* – ветровая нагрузка на i-ый провод, *даН/м.*

Промежуточные опоры:

Режим гололеда с ветром

На станции, прямой участок, l=48м

НТ 

КП 

ПЭ 

На станции, второстепенный путь l=48м:

НТ 

КП 

Анкерные опоры:

Главные пути станции,l=52м

НТ 

КП 

ПЭ 

На станции, второстепенный путь l=52м:

НТ 

КП 

Переходные опоры

главный путь станции 

НТ 

КП 

ПЭ 

Второстепенный путь станции 

НТ 

КП 

Режим ветра наибольшей интенсивности:

На станции, прямой участок, l=48м

НТ 

КП 

ПЭ 

На станции, второстепенный путь l=48м:

НТ 

КП 

Анкерные опоры:

Главные пути станции,l=52м

НТ 

КП 

ПЭ 

На станции, второстепенный путь l=52м:

НТ 

КП 

Переходные опоры:

главный путь станции 

НТ 

КП 

ПЭ 

На станции, второстепенный путь l=45,5м:

НТ 

КП 

Усилие на опору, обусловленное изменением направления проводов при их отводах на анкеровку:

 (2.33)

где *Z = Г+0,5Б; Г*- габарит опоры (расстояние от оси пути до передней грани опоры), Г=3,3 *м*; *Б –* ширина опоры, Б=0,432 *м.*



Учитывая, что натяжение равно: для НТ: Н=2000даН, для КП: Н=1000даН

Гололед с ветром

Переходные опоры на главном пути станции, l=45,5 м

НТ 

КП 

Ветер наибольшей интенсивности

(2.34)



Учитывая, что для НТ: 

для КП: 

НТ 

КП 

Усилие от зигзага контактных проводов:

 (2.35)

где *К* – натяжение контактного провода, *даН;*

*а –* величина зигзага контактного провода, *м*

Анкерная опора на станции:



Промежуточная опора на станции:



Нагрузка от ветра на опору:

 (2.36)

где *Сх = 0,7 –* аэродинамический коэффициент (для железобетонных опор, /6, стр.30/);

*Vp* – расчетная скорость ветра, *м/с;*

*Sоп* – площадь поверхности, на которую действует ветер, которая определяется оп формуле

 (2.37)

где *d=0,29, D =0,432 –* верхний и нижний диаметры опоры, *м*; *h=9,6 –*высота опоры, *м*.



Vгл=14.5м/с; Vв=29м/с;

Гололед с ветром



Ветер наибольшей интенсивности



Суммарный изгибающий момент от внешних сил относительно обреза фундамента в режиме Х:

 (2.38)

где *zп –* габарит подвески, *м*;

*zкон –* длина плеча нагрузки консоли, 1,8 *м*;

*zкр* – длина плеча нагрузки кронштейна, 1,3 *м*;

*zпр* – длина плеча нагрузки провода (ПЭ), 1,7 *м*;

*hн, hк, hпр* – расстояние от условного обреза фундамента(УОФ) до несущего троса, контактного провода и провода линии ПЭ соответственно, *hн=9м, hк=7м, hпр*=9,7*м*;

*hоп –* расстояние от УОФ до середины опоры, 4,8 *м*;

*nN –* количество подвесок;

*nкон* – количество консолей;

*nпр* – количество проводов ПЭ;

*nкр* – количество кронштейнов;

*Рiвх* – нагрузка на провода контактной сети от ветра, предающаяся на опорные устройства, *даН;*

*Рiиз* – ветровая нагрузка действующая на опору от изменения направления ветра *i(Риз=Ранк* при отводе провода на анкеровку; *Риз=Ркр* при изменения направления провода на кривой; *Риз=Рз* – при изменении направления провода на зигзагах), *даН;*

*Роп* – нагрузка от ветра на опору, *даН.*

Промежуточные опоры

Гололед с ветром



Ветер наибольшей интенсивности



Переходные опоры на прямой

Гололед с ветром





Ветер наибольшей интенсивности





Анкерные опоры

Гололед с ветром



Ветер наибольшей интенсивности



Изгибающий момент относительно пяты консоли для переходной опоры в этом режиме:

 (2.39)

где *h* – высота опоры, *м*;

*hпт* – высота пяты консоли, *м*;

*zп –* габарит подвески, *м*;

*zкон –* длина плеча нагрузки консоли, *м*;

*zкр* – длина плеча нагрузки кронштейна, *м*;

*zпр* – длина плеча нагрузки провода (ПЭ), *м*;

*hн, hк, hпр* – расстояние от условного обреза фундамента (УОФ) до несущего троса, контактного провода и провода линии ПЭ соответственно, *м*;

*hоп –* расстояние от УОФ до середины опоры, *м*;

*nN –* количество подвесок; *nкон* – количество консолей;

*nпр* – количество проводов ПЭ; *nкр* – количество кронштейнов;

*Рiвх* – нагрузка на провода контактной сети от ветра, предающаяся на опорные устройства, *даН;*

*Рiиз* – ветровая нагрузка действующая на опору от изменения направления ветра *i(Риз=Ранк* при отводе провода на анкеровку; *Риз=Ркр* при изменения направления провода на кривой; *Риз=Рз* – при изменении направления провода на зигзагах), *даН;*

*Роп* – нагрузка от ветра на опору, *даН.*

В соответствии с ГОСТ 19330-81 типовые железобетонные опоры именуют стойками. Нормативные изгибающие моменты относительно условного обреза фундамента приведены в учебнике /8, стр.28, табл.1.3.5/. Широкое применение получили струнобетонные конические железобетонные опоры контактной сети типа СК и СКУ.

Переходные опоры

Гололед с ветром





Ветер наибольшей интенсивности





Полученные значения изгибающих моментов сведем в таблицу 16, где и укажем тип выбранных опор.

Таблица 16 – Значения изгибающих моментов и тип опор

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назначение | Участок | Изгибающий момент, даНм | | | | Тип опоры |
| опоры | Могл | Мов | Мптгл | Мптв |
| Промежуточные  опоры на прямой | станция | 1329 | 1795 |  |  | СС 136.6 - 1 |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Переходные опоры | станция | 327,8 | 1316 | 1001 | 996 | СС 136.6 - 2 |
| на прямой |
| -1907 | -2316 | 550 | 350 |
|  |
| Анкерные опоры | станция | 1395 | 1990 |  |  | СС 136.6 - 3 |
|  |