

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта -
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»
(УУКЖТ ИрГУПС)



Кузнецов М.Н.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению контрольной работы

МДК.02.04 Устройство и техническое обслуживание контактной сети

ПМ.02 Техническое обслуживание оборудования электрических
подстанций и сетей

для специальности

13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

*Базовая подготовка
среднего профессионального образования*

Заочная форма обучения на базе среднего общего образования

Улан-Удэ 2021

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



УДК 621.332.3
ББК 39.217
Т-98

Кузнецов М.Н.

Т-98 МДК.02.04 Устройство и техническое обслуживание контактной сети для специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)
[Текст]: Методические указания по выполнению контрольной работы МДК.02.04 Устройство и техническое обслуживание контактной сети для обучающихся заочной формы обучения специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) / М.Н.Кузнецов; Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта ИрГУПС. – Улан-Удэ: Сектор информационного обеспечения учебного процесса УУКЖТ ИрГУПС, 2021. – 17 с.

В учебном пособии рассматривается пример выполнения домашней контрольной работы. Представлены все необходимые формулы, определен порядок выполнения домашней контрольной работы

Предназначено для обучения студентов среднего профессионального образования и может быть полезно техническим специалистам.

УДК 621.332.3
ББК 39.217

Рассмотрено на заседании ЦМК протокол №11 от 15.04.21 и одобрено на заседании Методического совета колледжа протокол №5 от 18.05.21

Исходные данные к контрольной работе

Таблица 1 - Марка контактных подвесок

Первая буква фамилии	Контактная подвеска главных путей	Контактная подвеска боковых путей	Расстояние от опоры до первой струны, м
А, П	ПБСМ-95+МФ100	ПБСМ70+МФ85	10
Б, Р	ПБСМ95+МФО100	ПБСМ70+МФО85	
В, С	ПБСМ-95+НлФ100	ПБСМ70+НлФ85	12
Г, Т	ПБСМ-95+БрФ100	ПБСМ70+БрФ85	
Д, У	ПБСМ-70+МФ100	ПБСМ70+МФ85	14
Е, Ф	ПБСМ-70+НлФ100	ПБСМ70+НлФ85	
Ж, Х	ПБСМ-70+БрФ100	ПБСМ70+БрФ85	
З, Ц	ПБСМ-95+НлФ100	ПБСМ70+НлФ85	15
И, Ч	М-120+2МФ100	ПБСМ95+МФ100	
К, Ш	М-120+2МФО100	ПБСМ95+МФО100	14
Л, Щ	М-120+2НлФ100	ПБСМ95+НлФ100	
М, Э	М-120+2БрФ100	ПБСМ95+БрФ100	15
Н, Ю	М-120+2МФ100	ПБСМ95+МФ100	
О, Я	М-120+2БрФ100	ПБСМ95+БрФ100	

Таблица 2 - Метеорологические условия

Последняя цифра зачетки	Гололедный район	Ветровой район	Плотность гололеда	Подвеска станции	Подвеска станции	Температура образования	Температура, при которой наблюдается максимальный ветер
1	2	3	900	Полукомпенсированная	Компенсированная	-5	+5
2	3	2					
3	1	4					
4	4	2					
5	2	1					
6	3	1					
7	2	2					
8	4	3					
9	1	4					
0	2	5					

Таблица 3- Данные станции

Исходные данные	Первая буква фамилии студента			
	А-З	И-О	П-Ц	Ч-Я
Система тока	Переменный	Постоянный	Переменный	Постоянный
Скорость движения поездов	Не более 160 км/ч			
Подвеска главных путей станции	Полукомпенсированная			
Подвеска путей перегона	Компенсированная			
Подвеска боковых путей станции	Полукомпенсированная			
Конструктивная высота	1,8			
Тип консоли	Неизолированные		Изолированные	
Длина подвесной гирлянды изоляторов	0,73	0,59	0,16	0,39
Условия расположения контактных подвесок	Открытая холмистая местность с редким лесом			

Таблица 4 - Данные для трассировки контактной сети на станции

Исходные данные	Последняя цифра зачетки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Характеристика участка	Двупутный					Однопутный				
Схема станции	Ст А	Ст Б	Ст В	Ст Г	Ст Д	Ст Е	Ст Ж	Ст З	Ст И	Ст К
Марка крестовин	1/11									
Расстояние от ТП до оси 1 пути	50	110	80	95	100	105	90	85	75	60
Высота пешеходного моста	6,9	7,0	7,2	7,5	7,6	7,8	7,4	7,1	6,8	6,8
Предполагаемое расположение второго пути						Справа по ходу километров			Слева по ходу километров	

Таблица 5 - Данные для трассировки контактной сети перегона

Данные	Последняя цифра зачетки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Выходной сигнал станции	42 км 0+16	50 км 2+08	61 км 2+07	75 км 1+48	86 км 2+20	93 км 1+37	103 км 2+50	110 км 0+17	120 км 1+93	135 км 0+20
Ось переезда шириной 6 м	1+46	3+40	3+32	2+80	3+50	2+65	3+80	1+45	3+20	1+50
Начало кривой, центр слева по ходу километров	43 км 0+31	51 км 2+20	62 км 1+58	76 км 1+76	87 км 1+62	94 км 1+68	104 км 1+78	111 км 0+05	121 км 0+85	136 км 0+12
Радиус кривой, м	400	500	600	700	1000	550	900	1100	1200	1300
Конец кривой	3+51	5+25	4+45	4+80	3+57	4+73	4+73	3+12	3+78	3+10
Начало выемки глубиной 2 м	4+78	7+52	6+15	6+58	6+55	6+17	6+05	4+37	5+92	4+29
Конец выемки	6+80	9+40	8+50	8+72	8+40	8+67	8+10	6+46	8+00	6+53
Ось оврага	44 км 0+26	52 км 4+20	63 км 1+04	77 км 2+00	88 км 1+25	95 км 2+11	105 км 1+13	112 км 0+15	122 км 1+02	137 км 0+37
Начало насыпи высотой 5 м	3+05	4+70	4+05	5+15	4+50	5+12	4+00	3+08	4+44	3+21
Ось моста с ездой по низу	4+71	6+22	6+17	6+75	6+12	6+73	6+14	4+60	6+02	4+85
Длина моста, м	130	110	120	120	140	125	140	130	100	110
Конец насыпи	6+05	7+80	7+65	8+30	7+75	8+25	7+65	6+10	7+55	6+20
Ось каменной трубы	45 км 2+43	53 км 4+20	64 км 7+21	78 км 5+25	89 км 7+12	96 км 5+12	106 км 7+22	113 км 6+06	123 км 7+54	138 км 6+12
Входной сигнал следующей станции	46 км 2+90	54 км 2+63	65 км 2+45	79 км 1+65	90 км 2+37	97 км 3+04	107 км 1+70	114 км 2+05	124 км 2+35	139 км 1+90
Центр перевода первой стрелки следующей станции	5+70	5+50	5+40	4+88	5+35	6+00	4+60	5+00	5+50	4+95

1. Определение нагрузок, действующих на провода цепной контактной подвески

Расчет конструкций контактной сети следует производить на наиболее неблагоприятные метеорологические условия, к которым относят:

- минимальная температура;
- давление максимального ветра на провода;
- давление ветра на провода, покрытые гололедом

Поэтому расчет нагрузок, действующих на провода цепной подвески производят в трех режимах:

- 1) Режим минимальной температуры
- 2) Режим максимального ветра
- 3) Режим гололеда с ветром

В *режиме минимальной температуры* на цепную подвеску действует только нагрузка от веса проводов, которая определяется по формуле (1)

$$g_{\text{п}} = g_{\text{нт}} + n_{\text{к}}(g_{\text{кп}} + g_{\text{с}}), \text{ кг/п.м,} \quad (1)$$

где $g_{\text{нт}}$ – линейная нагрузка от веса несущего троса, кг/п.м (табл. 9);

$n_{\text{к}}$ – количество контактных проводов;

$g_{\text{кп}}$ - линейная нагрузка от веса контактного провода, кг/п.м, (табл. 9);

$g_{\text{с}}$ – вес струн и зажимов, равный 0,05 кг/п.м).

В *режиме максимального ветра* на подвеску действуют вертикальные нагрузки от веса проводов цепной подвески и горизонтальная от давления ветра на провода цепной подвески. Горизонтальная ветровая нагрузка на *несущий трос* определяется по формуле (2):

$$p_{\text{нт}} = C_x \times \frac{(K_{\text{в}} \times V_{\text{макс}})^2 * d}{16000}, \text{ кг/п.м} \quad (2)$$

где C_x – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления провода (табл. 10);

$K_{\text{в}}$ – коэффициент влияния местных условий на скорость ветра, (табл. 11);

$V_{\text{макс}}$ - нормативная скорость ветра, м/с, (табл. 13);

d - диаметр несущего троса, мм (табл. 9).

Горизонтальная ветровая нагрузка на *контактный провод* определяется по формуле (3):

$$p_{\text{HT}} = C_x \times \frac{(K_B \times V_{\text{макс}})^2 \times H}{16000}, \text{ кг/п.м} \quad (3)$$

где H – высота сечения контактного провода, мм.

Нормативное значение *результатирующей нагрузки* определяют по формуле (4)

$$q = \sqrt{g_{\text{HT}}^2 + p_{\text{HT}}^2} \quad (4)$$

В *режиме гололеда с ветром* на подвеску действуют вертикальные нагрузки от веса проводов цепной подвески и веса гололеда на проводах и горизонтальная от давления ветра на провода цепной подвески.

Нагрузка от веса гололеда на *несущем тросе* определяется по формуле (5):

$$g_{\text{HT}} = n_{\text{Г}} \times 0,0009 \times \pi \times b_{\text{рт}} \times (b_{\text{рт}} + d), \text{ кг/п.м}, \quad (5)$$

где $n_{\text{Г}}$ – коэффициент, учитывающий влияние местных условий на вес гололеда;

$b_{\text{рт}}$ – расчетная стенка гололеда на несущем тросе, мм.

Расчетная стенка гололеда на несущем тросе $b_{\text{рт}}$ определяется по формуле (6)

$$b_{\text{рт}} = k_{\text{Г}}' \times k_{\text{Г}}'' \times b_{\text{н}}, \text{ мм} \quad (6)$$

где $b_{\text{н}}$ – нормативная стенка гололеда, мм (табл. 14);

$k_{\text{Г}}'$ - коэффициент, учитывающий диаметр провода (табл. 15);

$k_{\text{Г}}''$ – коэффициент, учитывающий высоту насыпи (табл. 16).

Горизонтальная ветровая нагрузка на *несущий трос* определяется по формуле (7)

$$p_{\text{HT}} = C_x \times \frac{(K_B \times V_{\text{гол}})^2 \times d}{16000}, \text{ кг/п.м} \quad (7)$$

где $V_{\text{гол}}$ - скорость ветра при гололеде, равная 60% от максимального ветра, м/с.

Нагрузка от веса гололеда на *контактном проводе* определяется по формуле (8):

$$g_{\text{гкп}} = n_{\text{г}} \times 0,0009 \times \pi \times b_{\text{рк}} \times (b_{\text{рк}} + d_{\text{ср}}), \text{ кг/п.м}, \quad (8)$$

где $n_{\text{г}}$ – коэффициент, учитывающий влияние местных условий на вес гололеда;

$b_{\text{рт}}$ – расчетная стенка гололеда на контактном проводе, мм;

$d_{\text{ср}}$ – средний диаметр контактного провода, мм.

Расчетная стенка гололеда на контактном проводе $b_{\text{рк}}$ определяется как 50% расчетной стенки гололеда на несущем тросе.

Средний диаметр контактного провода определяется по формуле (9)

$$d_{\text{ср}} = \frac{A + H}{2}, \text{ мм} \quad (9)$$

где A – ширина сечения контактного провода, мм (табл. 9);

H – высота сечения контактного провода, мм (табл. 9).

Горизонтальная ветровая нагрузка на *контактный провод* определяется по формуле (10)

$$P_{\text{кп}} = C_x \times \frac{(K_B \times V_{\text{гол}})^2 * H}{16000}, \text{ кг/п.м} \quad (10)$$

Нормативное значение результирующей нагрузки определяют по формуле (11)

$$q = \sqrt{(g_{\text{п}} + g_{\text{г}})^2 + p_{\text{нт}}^2}, \quad (11)$$

где $g_{\text{г}} = g_{\text{гнт}} + n_{\text{к}}(g_{\text{гкп}} + g_{\text{гс}})$.

Расчет следует вести для главных путей станции ($k_{\text{в}}=1, n_{\text{г}}=1$), боковых путей станции ($k_{\text{в}}=1, n_{\text{г}}=1$), насыпи ($k_{\text{в}}=1,25, n_{\text{г}}=1,25$), выемки ($k_{\text{в}}=0,75, n_{\text{г}}=0,95$) и открытого места ($k_{\text{в}}=1, n_{\text{г}}=1,15$). Данные расчетов следует свести в таблицу.

Таблица 6 - Расчет нагрузок на провода цепной контактной подвески

	Нагрузки	Режим максимального	Режим гололеда с
--	----------	---------------------	------------------

				ветра, м\с			ветром		
	g _п	g _{гнт}	g _{гкп}	P _{нт}	P _{кп}	q	P _{нт}	P _{кп}	q
Главные пути									
Боковые пути									
Открытое место									
Насыпь									
Выемка									

Далее следует сравнить значения полученных результирующих нагрузок и определить наиболее тяжелый режим.

Определение максимально допустимых длин пролетов по формулам динамического расчета

Длина пролетов контактной подвески определяется исходя из максимально возможного ветрового отклонения контактного провода от оси пути. Это отклонение не должно быть более 500 мм для прямых и 450 мм для кривых участков пути. Расчет длин пролетов ведется отдельно для главных, боковых путей станции, участков перегона с насыпью, выемкой, открытым местом и кривой.

Определяем предварительно длину пролета по формуле (12)

$$L_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{P_k} \left[b_{\text{к доп}} - \gamma_k + \sqrt{(b_{\text{к доп}} - \gamma_k)^2 - a^2} \right]}, \quad (12)$$

для кривой радиусом R

$$l_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K}{P_{\text{кв}} \pm P_s + \frac{K}{R}} \cdot [b_{\text{к доп}} - \gamma_k + a]}$$

где K – натяжение контактного провода, кг (табл. 9);

p_к – ветровая нагрузка на контактный провод, кг/пог.м.;

$b_{к,доп}$ – максимальное допустимое отклонение контактного провода от оси пути,

равное 0,5 м;

γ_k – прогиб опоры на уровне контактного провода, м (табл. 17);

a – зигзаг контактного провода, мм.

Для упрощения обозначим множитель в формуле (12)

$$B_{пр} = \left[b_{к,доп} - \gamma_k + \sqrt{(b_{к,доп} - \gamma_k)^2 - a^2} \right],$$

Тогда формула (12) приобретает вид

$$l_{max} = 2 \sqrt{\frac{K}{p_k - p_э} \times B_{пр}} \quad (13)$$

Определяем среднюю длину струны по формуле (14)

$$s_{ср} = h - 0,115 \cdot \frac{g \cdot l^2}{T_0}, \quad (14)$$

где h – конструктивная высота контактной подвески, равная 1,8 м;

g – вес проводов контактной подвески, кг;

T_0 – натяжение несущего троса при его беспровесном проложении (80% для медных тросов, 75% для биметаллических тросов).

Определяем эквивалентную нагрузку, передающуюся от несущего троса по

формуле (15)

$$p_э = \frac{P_k T - P_m K - \frac{8KT}{L^2} \left(\frac{h_u P_m}{g_m} + \gamma_n - \gamma_k \right)}{T + K + \frac{10,6 * C * T}{g_k L^2}}$$

где p_k и p_t – соответственно ветровая нагрузка на контактный провод и несущий трос, кг/пог.м.;

K и T – соответственно натяжение контактного провода и несущего троса (табл. 9);

$h_{и}$ - длина подвесной гирлянды изоляторов, м;

$\gamma_{т}$ – прогиб опоры на уровне несущего троса (табл. 17), м;

C – средняя длина струны, м;

g – результирующая нагрузка режима с наибольшими нагрузками, кг/пог.м.;

$g_{к}$ – вес контактного провода, кг/пог.м.

Уточняем длину пролета с эквивалентной нагрузкой, подставляя ее в формулу (12)

$$l'_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K}{p_{кв} \pm p_3} \cdot \left[b_{к.доп.} - \gamma_{к} + \sqrt{(b_{к.доп.} - \gamma_{к})^2 - a^2} \right]}$$

для кривых

$$l_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K}{p_{кв} \pm p_3 + \frac{K}{R}} \cdot [b_{к.доп.} - \gamma_{к} + a]}$$

По условиям токосъема длина пролета не должна превышать 70 м.

Результаты расчетов следует свести в таблицу.

Таблица 7 - Длины пролетов

Объекты	Расчетная длина пролета, м	Принятая длина пролета, м
Главные пути		
Боковые пути		
Открытое место		
Насыпь		
Выемка		
Кривая		

Расчет промежуточной опоры

Опоры контактной сети в зависимости от назначения и характера нагрузок, воспринимаемых от проводов контактной подвески, разделяют на промежуточные, переходные, анкерные и фиксирующие.

Промежуточные опоры воспринимают нагрузки от массы проводов контактных подвесок и дополнительных нагрузок на них (гололед, изморозь) и горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода и от изменения направления проводов на кривых участках пути.

Переходные опоры устанавливаются в местах устройства сопряжений анкерных участков контактных подвесок и воздушных стрелок и воспринимают нагрузки, аналогичные промежуточным опорам, но от двух контактных подвесок. На переходные опоры также воздействуют усилия от изменения направления проводов при отводе их на анкеровку и на стрелочной кривой.

Анкерные опоры могут воспринимать только нагрузки от натяжения закрепленных на них проводов или, кроме того, нести такие же нагрузки, как промежуточные, переходные или фиксирующие опоры.

Фиксирующие опоры не несут нагрузок от массы проводов и воспринимают только горизонтальные нагрузки от изменения направления проводов на кривых участках пути, на воздушных стрелках, при отходах на анкеровку и от давления ветра на провода.

По типу закрепляемых на опорах поддерживающих устройств контактной сети различают:

- консольные опоры с креплением на консоли контактной подвески одного, двух или нескольких путей;
- опоры с жесткой поперечиной, или, как их называют, ригельные или порталные, с креплением контактных подвесок электрифицируемых путей на жесткой поперечине (ригеле);
- опоры с гибкой поперечиной с креплением на ней контактных подвесок перекрываемых этой поперечиной электрифицируемых путей.

Для трассировки контактной сети на однопутных и двухпутных участках (перегонах) применяют струнобетонные конические опоры высотой 13,6 м и толщиной стенки бетона 60 мм типа СС для участков переменного тока и СО для участков постоянного тока.

Стойки этих опор представляют собой полые конические бесстыковые трубы из предварительно напряжённого железобетона с армированием высокопрочной проволокой. Поперечное армирование принято в виде спирали. Для предотвращения стягивания продольной арматуры при навивке спирали по длине стоек предусмотрена установка монтажных колец.

В нижней части опор предусмотрено смешанное армирование – т.е. с установкой дополнительных стержней ненапрягаемой арматуры: у опор с высотой стойки 10,8 м на 2 метра от низа опоры, у опор высотой 13,6 м – на 4 метра. Смешанное армирование повышает трещиностойкость опор.

Важнейшей характеристикой опор является их несущая способность – допустимый изгибающий момент M_0 на уровне условного обреза – УОФ, который находится на 500 мм ниже уровня головки рельса (УГР). По несущей способности подбирают типы опор для применения в конкретных условиях установки.

Выбор опор начинают, как правило, с расчёта и подбора опор для кривых участков пути, т.к. эти условия установки опор являются наиболее отягощёнными, особенно в кривых малых радиусов.

Для расчёта необходимо составить расчётную схему, показав на ней все силы, действующие на опору, и плечи этих сил относительно точки пересечения оси опоры с УОФ. Расчет суммарных изгибающих моментов в основании опор определяют для трех расчетных режимов по нормативным нагрузкам: в режимах гололеда с ветром, максимального ветра, минимальной температуры. По наибольшему из полученных моментов и выбирают опору для установки.

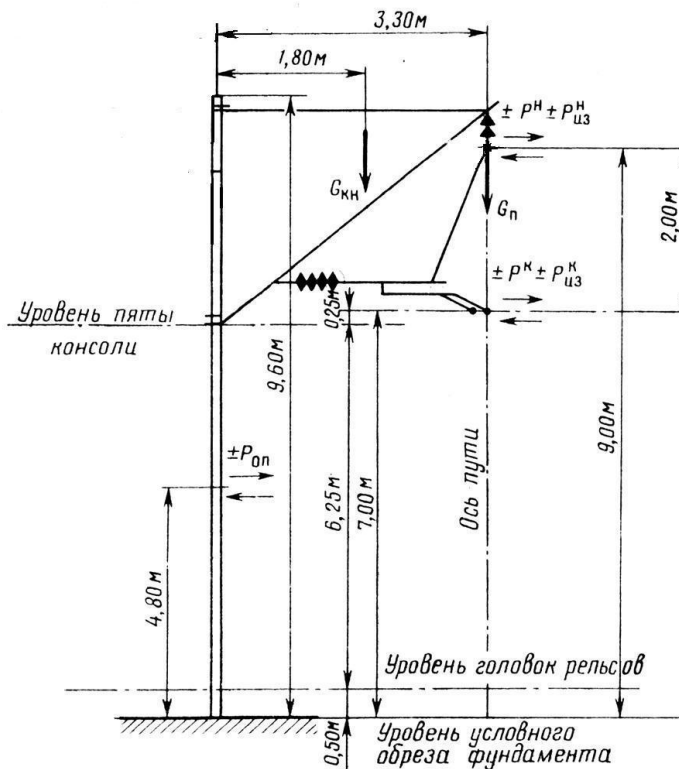


Рисунок 12 - Расчетная схема промежуточной опоры

Определяем вертикальные нагрузки от веса проводов контактной подвески

в режиме максимального ветра и минимальной температуры (17)

$$G_{\Pi} = g_{\Pi} \times l \quad (17)$$

где l – длина пролета на кривой, м

в режиме гололеда с ветром (18)

$$G_{\Pi}^{\Gamma} = (g_{\Pi} + g_{\Gamma}) \times l \quad (18)$$

Определяем вертикальные нагрузки от веса консоли с весом фиксатора

в режиме максимального ветра и минимальной температуры (19)

$$G_{\text{кн}} = G_{\text{кн}} + G_{\text{ф}} \quad (19)$$

в режиме гололеда с ветром (20)

$$G_{\text{кн}}^{\Gamma} = G_{\text{кн}} + G_{\Gamma}$$

(20)

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода контактной подвески

в режиме максимального ветра и минимальной температуры:

$$P_{HT} = p_{HT} \times l \quad (21)$$

$$P_{KH} = p_{KH} \times l$$

в режиме гололеда с ветром

$$P_{HT}^{\Gamma} = p_{HT\Gamma} \times l$$

$$P_{KH}^{\Gamma} = p_{KH\Gamma} \times l$$

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на опору контактной сети

в режиме максимального ветра:

$$P_{оп} = C_x \times \frac{v_{макс}^2}{16} \times S_{оп} \quad (22)$$

где C_x – аэродинамический коэффициент сопротивления опоры 0,7;

$S_{оп}$ – площадь диаметрального сечения опоры 3,46 м²

в режиме гололеда с ветром

$$P_{оп} = C_x \times \frac{v_{\Gamma}^2}{16} \times S_{оп}$$

Горизонтальные нагрузки от изменения направления провода на кривой рассчитывают для несущего троса и контактного провода

для несущего троса в режиме максимального ветра:

$$P_{из}^{\Gamma} = 0,9 \times T_{макс} \times \frac{1}{R} \quad (23)$$

где R – радиус кривой, м;

$T_{макс}$ – натяжение несущего троса (табл 9), кг.

в режиме минимальной температуры

$$P_{из}^{\Gamma} = T_{макс} \times \frac{1}{R}$$

в режиме гололеда с ветром

$$P_{из}^T = 0,85 \times T_{макс} \times \frac{1}{R}$$

для контактного провода

$$P_{из}^K = K \times \frac{1}{R}$$

Определяем изгибающие моменты, действующие на опору. Опора на внешней стороне кривой, ветер к полю в режиме максимального ветра

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + (P_{HT} + P_{из}^T) \cdot h_T + (P_{кп} + P_{из}^K) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром

$$M_0^\Gamma = G_n^\Gamma \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн}^\Gamma \cdot z_{кн} + (P_{HT}^\Gamma + P_{из}^T) \cdot h_T + (P_{кп}^\Gamma + P_{из}^K) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме минимальной температуры

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + P_{из}^T \cdot h_T + P_{из}^K \cdot h_k$$

Опора на внутренней стороне кривой ветер к пути в режиме максимального ветра

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + (P_{HT} - P_{из}^T) \cdot h_T + (P_{кп} - P_{из}^K) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром

$$M_0^\Gamma = G_n^\Gamma \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн}^\Gamma \cdot z_{кн} + (P_{HT}^\Gamma - P_{из}^T) \cdot h_T + (P_{кп}^\Gamma - P_{из}^K) \cdot h_k + P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме минимальной температуры

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} - P_{из}^T \cdot h_T - P_{из}^K \cdot h_k$$

Опора на внутренней стороне кривой ветер к полю в режиме максимального ветра

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} - (P_{HT} - P_{из}^T) \cdot h_T - (P_{кп} - P_{из}^K) \cdot h_k - P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром

$$M_0^{\Gamma} = G_n^{\Gamma} \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{on}) + G_{кн}^{\Gamma} \cdot z_{кн} - (P_{HT}^{\Gamma} - P_{из}^T) \cdot h_T - (P_{кн}^{\Gamma} - P_{из}^{\kappa}) \cdot h_{\kappa} - P_{он} \cdot \frac{h_{он}}{2}$$

в режиме минимальной температуры

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0,5 \cdot d_{он}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + P_{из}^T \cdot h_T + P_{из}^{\kappa} \cdot h_{\kappa}$$

По полученным расчетам выбираем самый большой изгибающий момент и сравниваем его с нормативным изгибающим моментом опоры. Должно выполняться условие $M_0 \geq M_n$.