

Исходные данные

Константы:

$\rho = 0.9 \text{ г/см}^3$ - Плотность льда.
 $g = 9.80665 \text{ м/с}^2$ - Ускорение свободного падения.
 $\varphi = 90^\circ$ - Угол между направлением ветра и осью ВЛ.

Местность и климатические условия:

Тип местности: Населенная (ПУЭ 2.5.5)
Тип местности по ветру: В (ПУЭ 2.5.6)
Район по ветру: 2
Район по гололеду: 2

$W_0 = 500 \text{ Па}$ - Нормативное ветровое давление на высоте 10 м над поверхностью земли (ПУЭ 2.5.41, табл.2.5.1).

$W_r = 200 \text{ Па}$ - Нормативное ветровое давление при гололеде (ПУЭ 2.5.43).

$b_s = 15 \text{ мм}$ - Нормативная толщина стенки гололеда (ПУЭ 2.5.46).

$b_y = 15 \text{ мм}$ - Условная толщина стенки гололеда (ПУЭ 2.5.48). При отсутствии региональных карт и данных наблюдений $b_y = b_s$.

$t_{сг} = 5.8^\circ\text{C}$ - Среднегодовая температура воздуха.

$t_{\min} = -42.2^\circ\text{C}$ - Минимальная температура воздуха.

$t_{\max} = 39^\circ\text{C}$ - Максимальная температура воздуха.

$t_{w0} = -5^\circ\text{C}$ - Температура воздуха при нормативном ветровом давлении W_0 (ПУЭ 2.5.51).

$t_r = -5^\circ\text{C}$ - Температура воздуха при гололеде (ПУЭ 2.5.51, для высотных отметок местности $< 1000 \text{ м}$).

Коэффициенты, не зависящие от конструктива опор ВЛ:

$k_w = 0.65$ - Коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности (ПУЭ 2.5.44, табл. 2.5.2).

$k_i = 1$ - Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте и от типа местности (ПУЭ 2.5.49, табл.2.5.4)

$k_i = 1$ при высоте приведенного центра тяжести проводов или тросов до 25 м.

$k_d = 1$ - Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда в зависим. от диам. провода (ПУЭ 2.5.49, табл.2.5.4)

$k_d = 1$ при высоте приведенного центра тяжести проводов или тросов до 25 м.

$\gamma_{pw} = 1$ - Региональный коэффициент, принимаемый от 1 до 1,3 (ПУЭ 2.5.54). Принимается по заданию на проектирование. При отсутствии указаний = 1.

$\gamma_{pr} = 1$ - Региональный коэффициент, принимаемый от 1 до 1,5 (ПУЭ 2.5.55) Принимается по заданию на проектирование. При отсутствии указаний = 1.

$\gamma_{fw} = 1.1$ - Коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,1 (ПУЭ 2.5.54).

$\gamma_{fi} = 1.3$ - Коэффициент надежности по гололедной нагрузке (ПУЭ 2.5.55, 2.5.65)

1,3 - для районов по гололеду I и II;

1,6 - для районов по гололеду III и выше.

$\gamma_d = 0.5$ - Коэффициент условий работы, равный 0,5 (ПУЭ 2.5.55).

$\gamma_{d_арм} = 1$ - Коэффициент условий работы для выбора изоляторов и арматуры (ПУЭ 2.5.100)

1,4 - для ВЛ, проходящих в районах с $t_{сг} \leq -10^\circ\text{C}$ или $t_{\min} \leq -50^\circ\text{C}$;

1 - для остальных ВЛ

$\gamma_{м_анк} = 2.5$ - Коэффициент надежности по материалу для выбора анкерного зажима (ПУЭ 2.5.101)

$\gamma_{м_крюк} = 1.1$ - Коэффициент надежности по материалу для выбора крюков и штырей (ПУЭ 2.5.101)

Промежуточная опора

СВ110-5 - Марка стойки

$M_{ст} = 50000 \text{ Н}\cdot\text{м}$ - Расчетный изгибающий момент стойки на уровне земли.

$H_{ст} = 11 \text{ м}$ - Общая длина стойки.

$H_1 = 2.5 \text{ м}$ - Глубина заделки стойки (по чертежу опоры).

$H = H_{ст} - H_1 = 11 - 2.5 = 8.5 \text{ м}$ - Высота надземной части стойки.

$A = 1.57 \text{ м}^2$ - Площадь надземной части стойки с наветренной стороны.

$G_1 = 800 \text{ кг}$ - Масса надземной части стойки.

$f = 0.5 \text{ м}$ - Прогиб стойки на уровне ее вершины.

$f_1 = 0.4 \cdot f = 0.4 \cdot 0.5 = 0.2 \text{ м}$ - Прогиб стойки на уровне $H/2$.

$\beta = 0.8$ - Коэффициент для нормативной пульсационной составляющей ветровой нагрузки (ПУЭ 2.5.60).

$C_{x0} = 2$ - Аэродинамический коэффициент для стойки (Табл.1 МП)

2 - для стоек прямоугольного сечения

0,8 - для стоек круглого сечения.

Характеристики подвешиваемых проводников

		Проводники магистрали					
Марка		СИП-3 1х70	СИП-3 1х70	СИП-3 1х70	СИП-3 1х70	СИП-3 1х70	СИП-3 1х70
Диаметр с изоляцией, мм	d	15	15	15	15	15	15
Масса, кг/км	m	282	282	282	282	282	282
Суммарное сечение несущих жил, мм²	S	70	70	70	70	70	70
Модуль упругости (ПУЭ, табл.2.5.8), Н/мм²	E	62500	62500	62500	62500	62500	62500
Температурный к-т линейного удлинения (ПУЭ 2.5.84, табл.2.5.8), 1/°С	α	2.3E-05	2.3E-05	2.3E-05	2.3E-05	2.3E-05	2.3E-05
Коэффициент лобового сопротивления без гололеда (ПУЭ 2.5.52)	C_x	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Коэффициент лобового сопротивления для проводов и тросов покрытых гололедом (ПУЭ 2.5.52)	$C_{хг}$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Допустимые тяжения, кН, и напряжения, Н/мм²:							
При наибольшей нагрузке и низшей температуре	T_{max} σ_{max}	7.98 114	7.98 114	7.98 114	7.98 114	7.98 114	7.98 114
При среднегодовой температуре (ПУЭ 2.5.83, табл. 2.5.7)	$T_{max_сг}$ $\sigma_{max_сг}$	5.95 85	5.95 85	5.95 85	5.95 85	5.95 85	5.95 85
При среднегодовой температуре, при котором не требуется защита от вибрации (ПУЭ 2.5.85, табл. 2.5.10)	$T_{max_сг_вибр}$ $\sigma_{max_сг_вибр}$	2.8 40	2.8 40	2.8 40	2.8 40	2.8 40	2.8 40
Лимит, заданный проектировщиком	T_n σ_n	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100
Итоговое допустимое тяжение в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры, min(T_{max} , T_n)	$T_{р_доп}$ $\sigma_{р_доп}$	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100
Итоговое допустимое тяжение в режиме среднегодовой температуры, min($T_{max_сг}$, $T_{max_сг_вибр}$, T_n)	$T_{сг_доп}$ $\sigma_{сг_доп}$	2.8 40	2.8 40	2.8 40	2.8 40	2.8 40	2.8 40
Высота подвески на опоре, м	h	8.8	8.8	8.2	8.2	7.6	7.6
Допустимый габарит до земли в населенной местности, м	Г	6	6	6	6	6	6
Допустимый габарит до земли в ненаселенной местности, м	Г	5	5	5	5	5	5
Пролет ответвления, м		-	-	-	-	-	-
Требования к арматуре в нормальном режиме работы ВЛ:							
МРН анкерного зажима не менее, кН $T_{р_доп} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_{d_анк} \cdot \gamma_{d_арм} = T_{р_доп} \cdot 2.5 \cdot 1$		17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5

МРН крюков и штырей (F _x -вдоль оси ВЛ) не менее, кН $T_{p_доп} \cdot \gamma_{м_крюк} \cdot \gamma_{d_арм} = T_{p_доп} \cdot 1.1 \cdot 1$		7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
---	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица тяжений и стрел провеса в установившемся режиме

СИП-3 1х70

Район по ветру: 2 (500 Па)

Район по гололеду: 2 (15 мм)

Высота подвески: 8.8 м

Приведенный пролет: 42.36 м

Максимальное (нормативное) тяжение проводника:

- в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры:

$T_{p_доп} = 7000 \text{ Н}; \sigma_{p_доп} = T_{p_доп}/S = 100 \text{ Н/мм}^2.$

- в режиме среднегодовой температуры:

$T_{сг_доп} = 2800 \text{ Н}; \sigma_{сг_доп} = T_{сг_доп}/S = 40 \text{ Н/мм}^2.$

Пролет, м	Тяжение проводника, Н							Стрелы провеса, м, при температуре, °С														
	Режим	ВГ	В	-5Г	tmin -42	tсг +6	tmax +39	-42.2	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+39	-5Г
57	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.16	0.23	0.26	0.29	0.33	0.38	0.44	0.51	0.59	0.69	0.79	0.89	0.99	1.07	0.91
40	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.08	0.11	0.13	0.14	0.16	0.19	0.21	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49	0.53	0.45
10	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
15	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06
46	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.10	0.15	0.17	0.19	0.21	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.51	0.58	0.65	0.70	0.59
38	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.07	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.23	0.26	0.31	0.35	0.40	0.44	0.48	0.40
21	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.15	0.12

Таблица тяжений и стрел провеса в установившемся режиме

СИП-3 1х70

Район по ветру: 2 (500 Па)

Район по гололеду: 2 (15 мм)

Высота подвески: 8.2 м

Приведенный пролет: 42.36 м

Максимальное (нормативное) тяжение проводника:

- в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры:

$T_{p_доп} = 7000 \text{ Н}; \sigma_{p_доп} = T_{p_доп}/S = 100 \text{ Н/мм}^2.$

- в режиме среднегодовой температуры:

$T_{сг_доп} = 2800 \text{ Н}; \sigma_{сг_доп} = T_{сг_доп}/S = 40 \text{ Н/мм}^2.$

Пролет, м	Тяжение проводника, Н							Стрелы провеса, м, при температуре, °С														
	Режим	ВГ	В	-5Г	tmin -42	tсг +6	tmax +39	-42.2	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+39	-5Г
57	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.16	0.23	0.26	0.29	0.33	0.38	0.44	0.51	0.59	0.69	0.79	0.89	0.99	1.07	0.91
40	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.08	0.11	0.13	0.14	0.16	0.19	0.21	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49	0.53	0.45
10	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
15	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06
46	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.10	0.15	0.17	0.19	0.21	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.51	0.58	0.65	0.70	0.59
38	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.07	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.23	0.26	0.31	0.35	0.40	0.44	0.48	0.40
21	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.15	0.12

Таблица тяжений и стрел провеса в установившемся режиме

СИП-3 1х70

Район по ветру: 2 (500 Па)

Район по гололеду: 2 (15 мм)

Высота подвески: 7.6 м

Приведенный пролет: 42.36 м

Максимальное (нормативное) тяжение проводника:

- в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры:

$T_{p_доп} = 7000 \text{ Н}; \sigma_{p_доп} = T_{p_доп}/S = 100 \text{ Н/мм}^2.$

- в режиме среднегодовой температуры:

$T_{сг_доп} = 2800 \text{ Н}; \sigma_{сг_доп} = T_{сг_доп}/S = 40 \text{ Н/мм}^2.$

Пролет, м	Тяжение проводника, Н							Стрелы провеса, м, при температуре, °С														
	Режим	ВГ	В	-5Г	tmin -42	tсг +6	tmax +39	-42.2	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+39	-5Г
57	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.16	0.23	0.26	0.29	0.33	0.38	0.44	0.51	0.59	0.69	0.79	0.89	0.99	1.07	0.91
40	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.08	0.11	0.13	0.14	0.16	0.19	0.21	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49	0.53	0.45
10	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
15	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06
46	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.10	0.15	0.17	0.19	0.21	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.51	0.58	0.65	0.70	0.59
38	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.07	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.23	0.26	0.31	0.35	0.40	0.44	0.48	0.40
21	tmin	5452	3983	4850	7000	2515	1049	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.15	0.12

Расчет габаритного пролета

СИП-3 1х70

$f_{\max} = h - \Gamma = 8.8 - 6 = 2.8$ м - Допустимая стрела провеса

$\gamma_{nw} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета ветровой нагрузки)(ПУЭ 2.5.54)

$\gamma_{ng} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета гололедной нагрузки)(ПУЭ 2.5.55)

Численным методом подбираем пролет до тех пор, пока расчетная стрела провеса не будет равна допустимой.

$L_{\text{таб.}} = L_{\text{прив.}} = 106$ м - Ожидаемая величина пролета

$a_{w0} = 0.71$ - Коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ (ПУЭ 2.5.52).

$a_{wg} = 1$ - Коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ (ПУЭ 2.5.52).

Нормативные нагрузки:

2) От гололеда (ПУЭ 2.5.53):

$$P_{\Gamma}^n = \pi \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_3 \cdot (d + k_i \cdot k_d \cdot b_3) \cdot \rho \cdot g = \pi \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015 \cdot (0.015 + 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 900 \cdot 9.80665 = 12.48 \text{ Н/м.}$$

4) От ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52):

$$P_{w0}^n = a_{w0} \cdot k_i \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.094 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot \sin^2(\pi/2) = 4.54 \text{ Н/м.}$$

5) От ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52):

$$P_{wg}^n = a_{wg} \cdot k_i \cdot k_w \cdot C_{xg} \cdot W_{\Gamma} \cdot (d + 2 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.094 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot \sin^2(\pi/2) = 7.68 \text{ Н/м.}$$

Расчетные нагрузки:

1) От собственного веса:

$$P_1 = m \cdot g = 0.282 \cdot 9.80665 = 2.77 \text{ Н/м.}$$

2) Расчетная линейная гололедная нагрузка (ПУЭ 2.5.55):

$$P_{\Gamma} = P_{\Gamma}^n \cdot \gamma_{ng} \cdot \gamma_{pg} \cdot \gamma_{fi} \cdot \gamma_d = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 0.5 = 8.11 \text{ Н/м.}$$

3) От веса провода/кабеля, покрытого гололедом:

$$P_3 = P_1 + P_{\Gamma} = 2.77 + 8.11 = 10.88 \text{ Н/м.}$$

4) Расчетная ветровая нагрузка без гололеда (ПУЭ 2.5.54):

$$P_{w0} = P_{w0}^n \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{pw} \cdot \gamma_{fw} = 4.54 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 = 5 \text{ Н/м.}$$

5) Расчетная ветровая нагрузка при гололеде(ПУЭ 2.5.54):

$$P_{wg} = P_{wg}^n \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{pw} \cdot \gamma_{fw} = 7.68 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 = 8.45 \text{ Н/м.}$$

6) От веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда:

$$P_6 = \sqrt{(P_1^2 + P_{w0}^2)} = \sqrt{(2.77^2 + 5^2)} = 5.71 \text{ Н/м.}$$

7) От веса провода с гололедом и давления ветра на него:

$$P_7 = \sqrt{(P_3^2 + P_{wg}^2)} = \sqrt{(10.88^2 + 8.45^2)} = 13.77 \text{ Н/м.}$$

Удельные нагрузки:

$$1) \gamma_1 = P_1/S = 2.77/70 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$2) \gamma_{\Gamma} = P_{\Gamma}/S = 8.11/70 = 0.12 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$3) \gamma_3 = P_3/S = 10.88/70 = 0.16 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$4) \gamma_{w0} = P_{w0}/S = 5/70 = 0.07 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$5) \gamma_{wg} = P_{wg}/S = 8.45/70 = 0.12 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$6) \gamma_6 = P_6/S = 5.71/70 = 0.08 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$7) \gamma_7 = P_7/S = 13.77/70 = 0.2 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Определим какой из режимов 6 или 7 будет режимом наибольшей нагрузки:

$$\gamma_7 > \gamma_6$$

$$t_{p\max} = t_{\Gamma} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\gamma_{p\max} = \gamma_7 = 0.2 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Допустимое тяжение в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры:

$$T_{p_доп} = \min(T_{\max}, T_n) = \min(7980, 7000) = 7000 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{p_доп} = T_{p_доп}/S = 7000/70 = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Допустимое тяжение в режиме среднегодовой температуры

$$T_{сг_доп} = \min(T_{\max_сг_вибр}, T_{\max_сг}, T_n) = \min(2800, 5950, 7000) = 2800 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{сг_доп} = T_{сг_доп}/S = 2800/70 = 40 \text{ Н/мм}^2.$$

Выбор исходного режима

Условия для выбора:

$$\sigma_{сг} \leq \sigma_{сг_доп}; \quad \sigma_{сг} \leq 40 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{p\max} \leq \sigma_{p_доп}; \quad \sigma_{p\max} \leq 100 \text{ Н/мм}^2$$

Предполагаем режим низшей температуры в качестве исходного:

$$t_0 = t_{\min} = -42.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_0 = \sigma_{p_доп} = 100 \text{ Н/мм}^2$$

$$\gamma_0 = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Из уравнения состояния провода находим $\sigma_{сг}$:

$$t = t_{сг} = 5.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$\sigma_{сг} = 47.06 \text{ Н/мм}^2$$

Из уравнения состояния провода находим $\sigma_{p\max}$:

$$t = t_{p\max} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$\gamma = \gamma_{\text{pmax}} = 0.2 \text{ Н/мм}^2$
 $\sigma_{\text{pmax}} = 120.26 \text{ Н/мм}^2$
 Условие не выполняется.

Предполагаем режим наибольшей нагрузки в качестве исходного:

$t_0 = t_{\text{pmax}} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\sigma_0 = \sigma_{\text{p доп}} = 100 \text{ Н/мм}^2$
 $\gamma_0 = \gamma_{\text{pmax}} = 0.2 \text{ Н/мм}^2$

Из уравнения состояния провода находим $\sigma_{\text{сг}}$:

$t = t_{\text{сг}} = 5.8 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/мм}^2$
 $\sigma_{\text{сг}} = 28.29 \text{ Н/мм}^2$

Из уравнения состояния провода находим σ_{tmin} :

$t = t_{\text{min}} = -42.2 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/мм}^2$
 $\sigma_{\text{tmin}} = 55.21 \text{ Н/мм}^2$

Условие выполняется. Исходный режим - режим наибольшей нагрузки

Систематический расчет

Из уравнения состояния находим характеристики СИП-3 1х70 в нормальном режиме для сочетаний климатических условий по ПУЭ 2.5.71:

Сочетание климатических условий	t, °C	γ , Н/(м·мм ²)	σ , Н/мм ²	T, Н	f, м
ВГ (Рmax)	-5	0.2	100	7000	2.76
В	-5	0.08	53.88	3771.43	2.13
(-5)Г	-5	0.16	84.85	5939.68	2.57
tmin	-42.2	0.04	55.21	3864.61	1.01
tсг	5.8	0.04	28.29	1980.28	1.96
tmax	39	0.04	21.58	1510.51	2.57

Итого габаритный пролёт:

$L_{\text{габ.}} = 106 \text{ м}$
 $f = 2.76 \text{ м}$ - Максимальная стрела провеса в габаритном пролете

Расчет габаритного пролета

СИП-3 1х70

$f_{\max} = h - \Gamma = 8.2 - 6 = 2.2$ м - Допустимая стрела провеса

$\gamma_{\text{nw}} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета ветровой нагрузки)(ПУЭ 2.5.54)

$\gamma_{\text{nr}} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета гололедной нагрузки)(ПУЭ 2.5.55)

Численным методом подбираем пролет до тех пор, пока расчетная стрела провеса не будет равна допустимой.

$L_{\text{таб.}} = L_{\text{прив.}} = 94$ м - Ожидаемая величина пролета

$a_{w0} = 0.71$ - Коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ (ПУЭ 2.5.52).

$a_{\text{wt}} = 1$ - Коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ (ПУЭ 2.5.52).

Нормативные нагрузки:

2) От гололеда (ПУЭ 2.5.53):

$$P_{\Gamma}^{\text{н}} = \pi \cdot k_{\Gamma} \cdot k_{\text{д}} \cdot b_3 \cdot (d + k_{\Gamma} \cdot k_{\text{д}} \cdot b_3) \cdot \rho \cdot g = \pi \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015 \cdot (0.015 + 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 900 \cdot 9.80665 = 12.48 \text{ Н/м.}$$

4) От ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52):

$$P_{\text{w}}^{\text{н}} = a_{w0} \cdot k_{\Gamma} \cdot k_{\text{w}} \cdot C_{\text{x}} \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.112 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot \sin^2(\pi/2) = 4.62 \text{ Н/м.}$$

5) От ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52):

$$P_{\text{wt}}^{\text{н}} = a_{\text{wt}} \cdot k_{\Gamma} \cdot k_{\text{w}} \cdot C_{\text{x}} \cdot W_{\Gamma} \cdot (d + 2 \cdot k_{\Gamma} \cdot k_{\text{д}} \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.112 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot \sin^2(\pi/2) = 7.81 \text{ Н/м.}$$

Расчетные нагрузки:

1) От собственного веса:

$$P_1 = m \cdot g = 0.282 \cdot 9.80665 = 2.77 \text{ Н/м.}$$

2) Расчетная линейная гололедная нагрузка (ПУЭ 2.5.55):

$$P_{\Gamma} = P_{\Gamma}^{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{nr}} \cdot \gamma_{\text{pr}} \cdot \gamma_{\text{fi}} \cdot \gamma_{\text{d}} = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 0.5 = 8.11 \text{ Н/м.}$$

3) От веса провода/кабеля, покрытого гололедом:

$$P_3 = P_1 + P_{\Gamma} = 2.77 + 8.11 = 10.88 \text{ Н/м.}$$

4) Расчетная ветровая нагрузка без гололеда (ПУЭ 2.5.54):

$$P_{w0} = P_{\text{w}}^{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{nw}} \cdot \gamma_{\text{pw}} \cdot \gamma_{\text{fw}} = 4.62 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 = 5.08 \text{ Н/м.}$$

5) Расчетная ветровая нагрузка при гололеде(ПУЭ 2.5.54):

$$P_{\text{wt}} = P_{\text{wt}}^{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{nw}} \cdot \gamma_{\text{pw}} \cdot \gamma_{\text{fw}} = 7.81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 = 8.59 \text{ Н/м.}$$

6) От веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда:

$$P_6 = \sqrt{(P_1^2 + P_{w0}^2)} = \sqrt{(2.77^2 + 5.08^2)} = 5.78 \text{ Н/м.}$$

7) От веса провода с гололедом и давления ветра на него:

$$P_7 = \sqrt{(P_3^2 + P_{\text{wt}}^2)} = \sqrt{(10.88^2 + 8.59^2)} = 13.86 \text{ Н/м.}$$

Удельные нагрузки:

$$1) \gamma_1 = P_1/S = 2.77/70 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$2) \gamma_{\Gamma} = P_{\Gamma}/S = 8.11/70 = 0.12 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$3) \gamma_3 = P_3/S = 10.88/70 = 0.16 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$4) \gamma_{w0} = P_{w0}/S = 5.08/70 = 0.07 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$5) \gamma_{\text{wt}} = P_{\text{wt}}/S = 8.59/70 = 0.12 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$6) \gamma_6 = P_6/S = 5.78/70 = 0.08 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$7) \gamma_7 = P_7/S = 13.86/70 = 0.2 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Определим какой из режимов 6 или 7 будет режимом наибольшей нагрузки:

$$\gamma_7 > \gamma_6$$

$$t_{\text{pmax}} = t_{\Gamma} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\gamma_{\text{pmax}} = \gamma_7 = 0.2 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Допустимое тяжение в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры:

$$T_{\text{р_доп}} = \min(T_{\text{max}}, T_{\text{н}}) = \min(7980, 7000) = 7000 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\text{р_доп}} = T_{\text{р_доп}}/S = 7000/70 = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Допустимое тяжение в режиме среднегодовой температуры

$$T_{\text{сг_доп}} = \min(T_{\text{max_сг_вибр}}, T_{\text{max_сг}}, T_{\text{н}}) = \min(2800, 5950, 7000) = 2800 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\text{сг_доп}} = T_{\text{сг_доп}}/S = 2800/70 = 40 \text{ Н/мм}^2.$$

Выбор исходного режима

Условия для выбора:

$$\sigma_{\text{сг}} \leq \sigma_{\text{сг_доп}}; \quad \sigma_{\text{сг}} \leq 40 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\text{pmax}} \leq \sigma_{\text{р_доп}}; \quad \sigma_{\text{pmax}} \leq 100 \text{ Н/мм}^2$$

Предполагаем режим низшей температуры в качестве исходного:

$$t_0 = t_{\text{min}} = -42.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_0 = \sigma_{\text{р_доп}} = 100 \text{ Н/мм}^2$$

$$\gamma_0 = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Из уравнения состояния провода находим $\sigma_{\text{сг}}$:

$$t = t_{\text{сг}} = 5.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$\sigma_{\text{сг}} = 45.08 \text{ Н/мм}^2$$

Из уравнения состояния провода находим σ_{pmax} :

$$t = t_{\text{pmax}} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$\gamma = \gamma_{pmax} = 0.2 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$
 $\sigma_{pmax} = 113.25 \text{ Н/мм}^2$
 Условие не выполняется.

Предполагаем режим наибольшей нагрузки в качестве исходного:

$t_0 = t_{pmax} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\sigma_0 = \sigma_{p_доп} = 100 \text{ Н/мм}^2$
 $\gamma_0 = \gamma_{pmax} = 0.2 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$

Из уравнения состояния провода находим σ_{cr} :

$t = t_{cr} = 5.8 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$
 $\sigma_{cr} = 31.2 \text{ Н/мм}^2$

Из уравнения состояния провода находим σ_{tmin} :

$t = t_{min} = -42.2 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$
 $\sigma_{tmin} = 70.52 \text{ Н/мм}^2$

Условие выполняется. Исходный режим - режим наибольшей нагрузки

Систематический расчет

Из уравнения состояния находим характеристики СИП-3 1х70 в нормальном режиме для сочетаний климатических условий по ПУЭ 2.5.71:

Сочетание климатических условий	t, °C	γ , Н/(м·мм ²)	σ , Н/мм ²	T, Н	f, м
ВГ (Рmax)	-5	0.2	100	7000	2.19
В	-5	0.08	57.44	4021.13	1.59
(-5)Г	-5	0.16	85.61	5992.87	2
tmin	-42.2	0.04	70.52	4936.71	0.62
tcr	5.8	0.04	31.2	2183.95	1.4
tmax	39	0.04	21.84	1529.09	2

Итого габаритный пролёт:

$L_{габ.} = 94 \text{ м}$
 $f = 2.19 \text{ м}$ - Максимальная стрела провеса в габаритном пролете

Расчет габаритного пролета

СИП-3 1х70

$f_{\max} = h - \Gamma = 7.6 - 6 = 1.6$ м - Допустимая стрела провеса

$\gamma_{\text{nw}} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета ветровой нагрузки)(ПУЭ 2.5.54)

$\gamma_{\text{nr}} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета гололедной нагрузки)(ПУЭ 2.5.55)

Численным методом подбираем пролет до тех пор, пока расчетная стрела провеса не будет равна допустимой.

$L_{\text{таб.}} = L_{\text{прив.}} = 80$ м - Ожидаемая величина пролета

$a_{w0} = 0.71$ - Коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ (ПУЭ 2.5.52).

$a_{\text{wt}} = 1$ - Коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ (ПУЭ 2.5.52).

Нормативные нагрузки:

2) От гололеда (ПУЭ 2.5.53):

$$P_{\Gamma}^{\text{н}} = \pi \cdot k_{\Gamma} \cdot k_d \cdot b_3 \cdot (d + k_i \cdot k_d \cdot b_3) \cdot \rho \cdot g = \pi \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015 \cdot (0.015 + 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 900 \cdot 9.80665 = 12.48 \text{ Н/м.}$$

4) От ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52):

$$P_{\text{w}}^{\text{н}} = a_{w0} \cdot k_{\Gamma} \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.14 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot \sin^2(\pi/2) = 4.73 \text{ Н/м.}$$

5) От ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52):

$$P_{\text{wt}}^{\text{н}} = a_{\text{wt}} \cdot k_{\Gamma} \cdot k_w \cdot C_{\text{xt}} \cdot W_{\Gamma} \cdot (d + 2 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.14 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot \sin^2(\pi/2) = 8 \text{ Н/м.}$$

Расчетные нагрузки:

1) От собственного веса:

$$P_1 = m \cdot g = 0.282 \cdot 9.80665 = 2.77 \text{ Н/м.}$$

2) Расчетная линейная гололедная нагрузка (ПУЭ 2.5.55):

$$P_{\Gamma} = P_{\Gamma}^{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{nr}} \cdot \gamma_{\text{pr}} \cdot \gamma_{\text{fi}} \cdot \gamma_d = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 0.5 = 8.11 \text{ Н/м.}$$

3) От веса провода/кабеля, покрытого гололедом:

$$P_3 = P_1 + P_{\Gamma} = 2.77 + 8.11 = 10.88 \text{ Н/м.}$$

4) Расчетная ветровая нагрузка без гололеда (ПУЭ 2.5.54):

$$P_{w0} = P_{w0}^{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{nw}} \cdot \gamma_{\text{pw}} \cdot \gamma_{\text{fw}} = 4.73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 = 5.21 \text{ Н/м.}$$

5) Расчетная ветровая нагрузка при гололеде(ПУЭ 2.5.54):

$$P_{\text{wt}} = P_{\text{wt}}^{\text{н}} \cdot \gamma_{\text{nw}} \cdot \gamma_{\text{pw}} \cdot \gamma_{\text{fw}} = 8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 = 8.8 \text{ Н/м.}$$

6) От веса провода и давления ветра на провод, свободный от гололеда:

$$P_6 = \sqrt{(P_1^2 + P_{w0}^2)} = \sqrt{(2.77^2 + 5.21^2)} = 5.9 \text{ Н/м.}$$

7) От веса провода с гололедом и давления ветра на него:

$$P_7 = \sqrt{(P_3^2 + P_{\text{wt}}^2)} = \sqrt{(10.88^2 + 8.8^2)} = 13.99 \text{ Н/м.}$$

Удельные нагрузки:

$$1) \gamma_1 = P_1/S = 2.77/70 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$2) \gamma_{\Gamma} = P_{\Gamma}/S = 8.11/70 = 0.12 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$3) \gamma_3 = P_3/S = 10.88/70 = 0.16 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$4) \gamma_{w0} = P_{w0}/S = 5.21/70 = 0.07 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$5) \gamma_{\text{wt}} = P_{\text{wt}}/S = 8.8/70 = 0.13 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$6) \gamma_6 = P_6/S = 5.9/70 = 0.08 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$7) \gamma_7 = P_7/S = 13.99/70 = 0.2 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Определим какой из режимов 6 или 7 будет режимом наибольшей нагрузки:

$$\gamma_7 > \gamma_6$$

$$t_{\text{pmax}} = t_{\Gamma} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\gamma_{\text{pmax}} = \gamma_7 = 0.2 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Допустимое тяжение в режимах наибольшей нагрузки и низшей температуры:

$$T_{\text{р_доп}} = \min(T_{\text{max}}, T_{\text{н}}) = \min(7980, 7000) = 7000 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\text{р_доп}} = T_{\text{р_доп}}/S = 7000/70 = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Допустимое тяжение в режиме среднегодовой температуры

$$T_{\text{сг_доп}} = \min(T_{\text{max_сг_вибр}}, T_{\text{max_сг}}, T_{\text{н}}) = \min(2800, 5950, 7000) = 2800 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\text{сг_доп}} = T_{\text{сг_доп}}/S = 2800/70 = 40 \text{ Н/мм}^2.$$

Выбор исходного режима

Условия для выбора:

$$\sigma_{\text{сг}} \leq \sigma_{\text{сг_доп}}; \quad \sigma_{\text{сг}} \leq 40 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\text{pmax}} \leq \sigma_{\text{р_доп}}; \quad \sigma_{\text{pmax}} \leq 100 \text{ Н/мм}^2$$

Предполагаем режим низшей температуры в качестве исходного:

$$t_0 = t_{\text{min}} = -42.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_0 = \sigma_{\text{р_доп}} = 100 \text{ Н/мм}^2$$

$$\gamma_0 = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

Из уравнения состояния провода находим $\sigma_{\text{сг}}$:

$$t = t_{\text{сг}} = 5.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$$

$$\sigma_{\text{сг}} = 42.68 \text{ Н/мм}^2$$

Из уравнения состояния провода находим σ_{pmax} :

$$t = t_{\text{pmax}} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$\gamma = \gamma_{pmax} = 0.2 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$
 $\sigma_{pmax} = 104.69 \text{ Н/мм}^2$
 Условие не выполняется.

Предполагаем режим наибольшей нагрузки в качестве исходного:

$t_0 = t_{pmax} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\sigma_0 = \sigma_{p_доп} = 100 \text{ Н/мм}^2$
 $\gamma_0 = \gamma_{pmax} = 0.2 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$

Из уравнения состояния провода находим σ_{cr} :

$t = t_{cr} = 5.8 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$
 $\sigma_{cr} = 36.94 \text{ Н/мм}^2$

Из уравнения состояния провода находим σ_{tmin} :

$t = t_{min} = -42.2 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\gamma = \gamma_1 = 0.04 \text{ Н/(м·мм}^2\text{)}$
 $\sigma_{tmin} = 90.09 \text{ Н/мм}^2$

Условие выполняется. Исходный режим - режим наибольшей нагрузки

Систематический расчет

Из уравнения состояния находим характеристики СИП-3 1х70 в нормальном режиме для сочетаний климатических условий по ПУЭ 2.5.71:

Сочетание климатических условий	t, °C	γ, Н/(м·мм²)	σ, Н/мм²	T, Н	f, м
ВГ (Рmax)	-5	0.2	100	7000	1.6
В	-5	0.08	63.11	4417.62	1.07
(-5)Г	-5	0.16	86.8	6076.26	1.43
tmin	-42.2	0.04	90.09	6306.24	0.35
tcr	5.8	0.04	36.94	2586.05	0.86
tmax	39	0.04	22.33	1563.08	1.42

Итого габаритный пролёт:

$L_{габ.} = 80 \text{ м}$
 $f = 1.6 \text{ м}$ - Максимальная стрела провеса в габаритном пролёте

Расчет ветрового пролета

$\gamma_{fвec1} = 1,05$ - Коэффициент надежности по весовой нагрузке = 1,05 для проводов, изоляторов, арматуры (ПУЭ 2.5.69)
 $\gamma_{fвec2} = 1,1$ - Коэффициент надежности по весовой нагрузке = 1,1 - для конструкций опор (МП1 табл.1, ПУЭ 2.5.69)
 $\gamma_{fв_оп} = 1,3$ - Коэффициент надежности по ветровой нагрузке (для расчетов по ПУЭ 2.5.62, 2.5.63)
 $\gamma_{d_оп} = 1$ - Коэффициент условий работы (ПУЭ 2.5.65)
 $\gamma_{нв} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета ветровой нагрузки)(ПУЭ 2.4.11/2.5.54)
 $\gamma_{нr} = 1$ - Коэффициент надежности по ответственности (для расчета гололедной нагрузки)(ПУЭ 2.4.11/2.5.55)

$M_1 = g \cdot G_1 \cdot f_1 = 9.81 \cdot 800 \cdot 0.2 = 1569.06$ Н/м - Момент от веса надземной части стойки на её прогибе

$M_2 = \Sigma(g \cdot m \cdot F) = 275.23$ Н/м - Момент от веса таверс и арматуры на прогибе опоры

$M_g = \gamma_{fвec2} \cdot (M_1 + M_2) = 1.1 \cdot (1569.06 + 275.23) = 2028.73$ Н/м - Суммарный момент от веса стойки, таверс и арматуры на прогибе опоры

1) Ветровой пролёт в режиме ветрового давления W_0 , гололёд отсутствует:

Момент от тяжения проводов ответвления к вводу:

$\Sigma M_b = 0$ Н·м - Суммарный момент от тяжения проводов ответвления к вводу, воспринимаемый опорой

Момент от ветровой нагрузки на стойку:

$Q_{нec1} = k_w \cdot W_0 \cdot C_{x0} \cdot A = 0.65 \cdot 500 \cdot 2 \cdot 1.57 = 1020.5$ Н - Нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки на опору (ПУЭ 2.5.59)

$Q_{нп1} = \beta \cdot Q_{нec1} = 0.8 \cdot 1020.5 = 816.4$ Н - Нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки (ПУЭ 2.5.60)

$Q_{w01} = (Q_{нec1} + Q_{нп1}) \cdot \gamma_{нв} \cdot \gamma_{рw} \cdot \gamma_{fв_оп} = (1020.5 + 816.4) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 2387.97$ Н - Расчетная ветровая нагрузка на конструкцию опоры (ПУЭ 2.5.63)

$M_{01} = Q_{w01} \cdot H/2 = 2387.97 \cdot 8.5/2 = 10148.87$ Н·м - Момент от ветровой нагрузки на стойку

Итерационно увеличиваем пролет до тех пор пока момент от нагрузок не будет приближенно равен моменту стойки:

$L = 128$ м - ожидаемая величина пролета

$L_{вec} = 1,25 \cdot L = 1,25 \cdot 128 = 160$ м - Весовой пролет с 25% запасом на рельеф местности

Моменты от ветровой и весовой нагрузки:

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{w0н} = a_{w0} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.072 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot 1 = 4.45$ Н/м - Нормативная нагрузка от ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52)

$P_{w0_оп} = P_{w0н} \cdot \gamma_{нв} \cdot \gamma_{рw} \cdot \gamma_{fв_оп} = 4.45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 5.79$ Н/м - Расчетная ветровая нагрузка, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fвec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9$ Н/м - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$F = 0.93$ м - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_w = P_{w0_оп} \cdot L \cdot H = 5.79 \cdot 128 \cdot 8.8 = 6519.96$ Н·м - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{п} = P_{п} \cdot L_{вec} \cdot F = 2.9 \cdot 160 \cdot 0.93 = 432.97$ Н·м - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{w0н} = a_{w0} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.072 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot 1 = 4.45$ Н/м - Нормативная нагрузка от ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52)

$P_{w0_оп} = P_{w0н} \cdot \gamma_{нв} \cdot \gamma_{рw} \cdot \gamma_{fв_оп} = 4.45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 5.79$ Н/м - Расчетная ветровая нагрузка, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fвec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9$ Н/м - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$F = 0.1$ м - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_w = P_{w0_оп} \cdot L \cdot H = 5.79 \cdot 128 \cdot 8.8 = 6519.96$ Н·м - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{п} = P_{п} \cdot L_{вec} \cdot F = 2.9 \cdot 160 \cdot 0.1 = 48.02$ Н·м - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{w0н} = a_{w0} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.072 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot 1 = 4.45$ Н/м - Нормативная нагрузка от ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52)

$P_{w0_оп} = P_{w0н} \cdot \gamma_{нв} \cdot \gamma_{рw} \cdot \gamma_{fв_оп} = 4.45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 5.79$ Н/м - Расчетная ветровая нагрузка, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fвec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9$ Н/м - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$F = 0.9$ м - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_w = P_{w0_оп} \cdot L \cdot H = 5.79 \cdot 128 \cdot 8.2 = 6075.42$ Н·м - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{п} = P_{п} \cdot L_{вec} \cdot F = 2.9 \cdot 160 \cdot 0.9 = 416.58$ Н·м - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{w0н} = a_{w0} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.072 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot 1 = 4.45$ Н/м - Нормативная нагрузка от ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52)

$P_{w0_оп} = P_{w0н} \cdot \gamma_{нв} \cdot \gamma_{рw} \cdot \gamma_{fв_оп} = 4.45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 5.79$ Н/м - Расчетная ветровая нагрузка, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fвec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9$ Н/м - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$F = 0.07$ м - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_w = P_{w0_оп} \cdot L \cdot H = 5.79 \cdot 128 \cdot 8.2 = 6075.42$ Н·м - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{п} = P_{п} \cdot L_{вec} \cdot F = 2.9 \cdot 160 \cdot 0.07 = 31.63$ Н·м - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{w0н} = a_{w0} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.072 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot 1 = 4.45 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52)

$P_{w0_оп} = P_{w0н} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{pw} \cdot \gamma_{fw_оп} = 4.45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 5.79 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fbec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$F = 0.86 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_w = P_{w0_оп} \cdot L \cdot H = 5.79 \cdot 128 \cdot 7.6 = 5630.88 \text{ Н·м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{п} = P_{п} \cdot L_{вес} \cdot F = 2.9 \cdot 160 \cdot 0.86 = 400.18 \text{ Н·м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{w0н} = a_{w0} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_x \cdot W_0 \cdot d \cdot \sin^2 \varphi = 0.71 \cdot 1.072 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 500 \cdot 0.015 \cdot 1 = 4.45 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра без гололеда (ПУЭ 2.5.52)

$P_{w0_оп} = P_{w0н} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{pw} \cdot \gamma_{fw_оп} = 4.45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 5.79 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fbec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$F = 0.03 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_w = P_{w0_оп} \cdot L \cdot H = 5.79 \cdot 128 \cdot 7.6 = 5630.88 \text{ Н·м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{п} = P_{п} \cdot L_{вес} \cdot F = 2.9 \cdot 160 \cdot 0.03 = 15.23 \text{ Н·м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{p1} = \Sigma M_w + \Sigma M_{п} + M_{01} + M_g + \Sigma M_b = 36703.02 + 1355.11 + 10148.87 + 2028.73 + 0 = 49974.71 \text{ Н·м}$ - Суммарный момент, действующий на стойку

$L_{в1} = 128 \text{ м}$ - Ветровой пролёт в режиме ветрового давления W_0 , гололёд отсутствует

2) Ветровой пролёт в режиме ветрового давления W_g на проводники, покрытые гололедом:

Момент от тяжения проводов ответвления к вводу:

$\Sigma M_b = 0 \text{ Н·м}$ - Суммарный момент от тяжения проводов ответвления к вводу, воспринимаемый опорой

Момент от ветровой нагрузки на стойку:

$Q_{нс2} = k_w \cdot W_g \cdot C_{x0} \cdot A = 0.65 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 1.57 = 408.2 \text{ Н}$ - Нормативная средняя составляющая ветровой нагрузки на опору (ПУЭ 2.5.59)

$Q_{нп2} = \beta \cdot Q_{нс2} = 0.8 \cdot 408.2 = 326.56 \text{ Н}$ - Нормативная пульсационная составляющая ветровой нагрузки (ПУЭ 2.5.60)

$Q_{w02} = (Q_{нс2} + Q_{нп2}) \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{pw} \cdot \gamma_{fw_оп} = (408.2 + 326.56) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 955.19 \text{ Н}$ - Расчетная ветровая нагрузка на конструкцию опоры (ПУЭ 2.5.63)

$M_{02} = Q_{w02} \cdot H/2 = 955.188 \cdot 8.5/2 = 4059.55 \text{ Н·м}$ - Момент от ветровой нагрузки на стойку

Итерационно увеличиваем пролет до тех пор пока момент от нагрузок не будет приближенно равен моменту стойки:

$L = 74 \text{ м}$ - ожидаемая величина пролета

$L_{вс} = 1,25 \cdot L = 1,25 \cdot 74 = 92.5 \text{ м}$ - Весовой пролет с 25% запасом на рельеф местности

Моменты от ветровой и весовой нагрузки:

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{wгн} = a_{wгн} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_{xг} \cdot W_g \cdot (d + 2 \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.152 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 1 = 8.09 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52)

$P_{wг_оп} = P_{wгн} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{pw} \cdot \gamma_{fw_оп} = 8.09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 10.51 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка на СИП-3 1х70, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fbec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$P_{го} = P_{гн} \cdot \gamma_{пг} \cdot \gamma_{рг} \cdot \gamma_{фг} \cdot \gamma_{д_оп} = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 = 16.22 \text{ Н/м}$ - Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м СИП-3 1х70, воспринимаемая опорами (ПУЭ 2.5.65)

$F = 0.93 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_{wг} = P_{wг_оп} \cdot L \cdot H = 10.51 \cdot 74 \cdot 8.8 = 6846.16 \text{ Н·м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{пг} = (P_{п} + P_{го}) \cdot L_{вс} \cdot F = (2.9 + 16.22) \cdot 92.5 \cdot 0.93 = 1648.59 \text{ Н·м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{wгн} = a_{wгн} \cdot k_l \cdot k_w \cdot C_{xг} \cdot W_g \cdot (d + 2 \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.152 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 1 = 8.09 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52)

$P_{wг_оп} = P_{wгн} \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{pw} \cdot \gamma_{fw_оп} = 8.09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 10.51 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка на СИП-3 1х70, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{п} = m \cdot g \cdot \gamma_{fbec1} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$P_{го} = P_{гн} \cdot \gamma_{пг} \cdot \gamma_{рг} \cdot \gamma_{фг} \cdot \gamma_{д_оп} = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 = 16.22 \text{ Н/м}$ - Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м СИП-3 1х70, воспринимаемая опорами (ПУЭ 2.5.65)

$F = 0.1 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_{wг} = P_{wг_оп} \cdot L \cdot H = 10.51 \cdot 74 \cdot 8.8 = 6846.16 \text{ Н·м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{пг} = (P_{п} + P_{го}) \cdot L_{вс} \cdot F = (2.9 + 16.22) \cdot 92.5 \cdot 0.1 = 182.85 \text{ Н·м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{\text{вгн}} = a_{\text{вг}} \cdot k_i \cdot k_w \cdot C_{\text{хг}} \cdot W_r \cdot (d + 2 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.152 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 1 = 8.09 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52)

$P_{\text{вг,оп}} = P_{\text{вгн}} \cdot \gamma_{\text{пв}} \cdot \gamma_{\text{рв}} \cdot \gamma_{\text{фв,оп}} = 8.09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 10.51 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка на СИП-3 1х70, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{\text{п}} = m \cdot g \cdot \gamma_{\text{фвсч}} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$P_{\text{го}} = P_{\text{гн}} \cdot \gamma_{\text{пг}} \cdot \gamma_{\text{рг}} \cdot \gamma_{\text{фг}} \cdot \gamma_{\text{д,оп}} = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 = 16.22 \text{ Н/м}$ - Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м СИП-3 1х70, воспринимаемая опорами (ПУЭ 2.5.65)

$F = 0.9 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_{\text{вг}} = P_{\text{вг,оп}} \cdot L \cdot H = 10.51 \cdot 74 \cdot 8.2 = 6379.38 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{\text{пг}} = (P_{\text{п}} + P_{\text{го}}) \cdot L_{\text{всч}} \cdot F = (2.9 + 16.22) \cdot 92.5 \cdot 0.9 = 1586.15 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{\text{вгн}} = a_{\text{вг}} \cdot k_i \cdot k_w \cdot C_{\text{хг}} \cdot W_r \cdot (d + 2 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.152 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 1 = 8.09 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52)

$P_{\text{вг,оп}} = P_{\text{вгн}} \cdot \gamma_{\text{пв}} \cdot \gamma_{\text{рв}} \cdot \gamma_{\text{фв,оп}} = 8.09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 10.51 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка на СИП-3 1х70, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{\text{п}} = m \cdot g \cdot \gamma_{\text{фвсч}} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$P_{\text{го}} = P_{\text{гн}} \cdot \gamma_{\text{пг}} \cdot \gamma_{\text{рг}} \cdot \gamma_{\text{фг}} \cdot \gamma_{\text{д,оп}} = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 = 16.22 \text{ Н/м}$ - Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м СИП-3 1х70, воспринимаемая опорами (ПУЭ 2.5.65)

$F = 0.07 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_{\text{вг}} = P_{\text{вг,оп}} \cdot L \cdot H = 10.51 \cdot 74 \cdot 8.2 = 6379.38 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{\text{пг}} = (P_{\text{п}} + P_{\text{го}}) \cdot L_{\text{всч}} \cdot F = (2.9 + 16.22) \cdot 92.5 \cdot 0.07 = 120.42 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{\text{вгн}} = a_{\text{вг}} \cdot k_i \cdot k_w \cdot C_{\text{хг}} \cdot W_r \cdot (d + 2 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.152 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 1 = 8.09 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52)

$P_{\text{вг,оп}} = P_{\text{вгн}} \cdot \gamma_{\text{пв}} \cdot \gamma_{\text{рв}} \cdot \gamma_{\text{фв,оп}} = 8.09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 10.51 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка на СИП-3 1х70, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{\text{п}} = m \cdot g \cdot \gamma_{\text{фвсч}} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$P_{\text{го}} = P_{\text{гн}} \cdot \gamma_{\text{пг}} \cdot \gamma_{\text{рг}} \cdot \gamma_{\text{фг}} \cdot \gamma_{\text{д,оп}} = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 = 16.22 \text{ Н/м}$ - Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м СИП-3 1х70, воспринимаемая опорами (ПУЭ 2.5.65)

$F = 0.86 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_{\text{вг}} = P_{\text{вг,оп}} \cdot L \cdot H = 10.51 \cdot 74 \cdot 7.6 = 5912.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{\text{пг}} = (P_{\text{п}} + P_{\text{го}}) \cdot L_{\text{всч}} \cdot F = (2.9 + 16.22) \cdot 92.5 \cdot 0.86 = 1523.72 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

Фидер 1, СИП-3 1х70

$P_{\text{вгн}} = a_{\text{вг}} \cdot k_i \cdot k_w \cdot C_{\text{хг}} \cdot W_r \cdot (d + 2 \cdot k_i \cdot k_d \cdot b_y) \cdot \sin^2 \varphi = 1 \cdot 1.152 \cdot 0.65 \cdot 1.2 \cdot 200 \cdot (0.015 + 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.015) \cdot 1 = 8.09 \text{ Н/м}$ - Нормативная нагрузка от ветра при гололеде (ПУЭ 2.5.52)

$P_{\text{вг,оп}} = P_{\text{вгн}} \cdot \gamma_{\text{пв}} \cdot \gamma_{\text{рв}} \cdot \gamma_{\text{фв,оп}} = 8.09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 = 10.51 \text{ Н/м}$ - Расчетная ветровая нагрузка на СИП-3 1х70, воспринимаемая опорой (ПУЭ 2.5.62)

$P_{\text{п}} = m \cdot g \cdot \gamma_{\text{фвсч}} = 0.282 \cdot 9.81 \cdot 1.05 = 2.9 \text{ Н/м}$ - Расчетная нагрузка на опору ВЛ от веса СИП-3 1х70 (ПУЭ 2.5.69)

$P_{\text{го}} = P_{\text{гн}} \cdot \gamma_{\text{пг}} \cdot \gamma_{\text{рг}} \cdot \gamma_{\text{фг}} \cdot \gamma_{\text{д,оп}} = 12.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.3 \cdot 1 = 16.22 \text{ Н/м}$ - Расчетная линейная гололедная нагрузка на 1 м СИП-3 1х70, воспринимаемая опорами (ПУЭ 2.5.65)

$F = 0.03 \text{ м}$ - Плечо от весовой нагрузки СИП-3 1х70 на прогибе опоры

$M_{\text{вг}} = P_{\text{вг,оп}} \cdot L \cdot H = 10.51 \cdot 74 \cdot 7.6 = 5912.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от ветровой нагрузки на СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{\text{пг}} = (P_{\text{п}} + P_{\text{го}}) \cdot L_{\text{всч}} \cdot F = (2.9 + 16.22) \cdot 92.5 \cdot 0.03 = 57.98 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Момент от весовой нагрузки СИП-3 1х70, воспринимаемый опорой

$M_{\text{р2}} = \Sigma M_{\text{вг}} + \Sigma M_{\text{пг}} + M_{02} + M_{\text{г}} + \Sigma M_{\text{б}} = 38726.18 + 5188.91 + 4059.55 + 2028.73 + 0 = 49484.28 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - Суммарный момент, действующий на стойку

$L_{\text{в2}} = 74 \text{ м}$ - Ветровой пролёт в режиме ветра $W_{\text{г}}$ с гололедом

Итого ветровой пролёт:

$L_{\text{в}} = \min(L_{\text{в1}}; L_{\text{в2}}) = \min(128; 74) = 74 \text{ м}$

Таблица расчетных пролетов

[illegible]