МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВТЕХСТРОЙПРОЕКТ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
«ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

ОТМЕНЕН

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные железобетонные специальные опоры ВЛ 110-220 кв

N 407-4-25/75

Рабочие чертежи

ТОМ 4

Расчет промежуточных и промежуточно-угловых опор 110-220 кв.

(корректировка 1974 г.)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ ИНСТИТУТА /Л. ЛЕВИН/

/В. ОВСЕЕНКО/

ГПО „Энергосетьпроект"
Проектный институт
Инв. №

N 3083 тм - Т4

МОСКВА - 1974 г.

Листов (форм) - 38 (46)

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВТЕХСТРОЙПРОЕКТ
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
«ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 110-220кв.

N 407-4-25/75

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 4

РАСЧЕТ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ И ПРОМЕЖУТОЧНО-УГЛОВЫХ ОПОР 110-220кв.

(корректировка 1974г.)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР /К. КРЮКОВ/

ЗАМ. НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА /В. ГАЛЬПЕРИН/

НАЧ. ОТДЕЛА ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ /К. СИНЕЛОБОВ/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ Т.О. /А. КУРНОСОВ/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА /С. ШТИН/

ЛЕНИНГРАД-1974 г.

3083тм/4

Аннотация

Настоящий том содержит расчеты промежуточных портальных опор ВЛ 110-220 кВ и промежуточно-угловых опор ВЛ 110 кВ типового проекта „Унифицированные железобетонные специальные опоры ВЛ 110-220 кВ

Опоры рассчитаны на подвеску проводов марок: АС-95, АС-150, АСО-240 для ВЛ-110 кВ, АС-150 и АСО-240 для ВЛ 150 кВ, АСО-300 и АСО-400 для ВЛ 220 кВ в I÷IV районах по гололеду и в районах по ветру до III включительно

Расчеты выполнены по методу предельных состояний

Расчет корректировки не требует.

Листу присвоена литера „а" в связи с замечанием о корректировке.
Рук гр (Иванова)

Содержание тома 4

1.	Титульные листы	№3083тм-т4, л 1÷3
2.	Аннотация	№3083тм-т4, л 4
3.	Состав проекта	№3083тм-т4, л 5
4.	Содержание тома	№3083тм-т4, л 6
5.	Общая часть	№3083тм-т4, л 7-13
6.	Характеристики железобетонных стоек	№3083тм-т4, л 14
7.	Таблица расчетных ветровых пролетов	№3083тм-т4, л 15
8.	Нагрузки на опоры	№3083тм-т4, л 16-24
9.	Проверка прочности стоек, траверс и металлических деталей	№3083тм-т4, л 25-38

Общая часть

Расчеты опор выполнены по методу предельных состояний в соответствии с указаниями ПУЭ-66, требованиями глав СНиП II-А 10-62, II-А 11-62, II-В 1-62, II-В 3-62*, II-И 9-62, „Инструкции по расчету железобетонных опор и фундаментов к ним" инв № 1070 тм и „Инструкции по расчету стальных опор и фундаментов к ним" инв. № 1562 тм.

Промежуточные специальные опоры ВЛ 110-220 кв - портального типа (ПСБ 150-1 и ПСБ 220-1), промежуточно-угловые ВЛ 110 кв - одностоечные с одной оттяжкой (ПУСБ 110-1) для поворота ВЛ влево и вправо.

В опорах использованы стойки СК-1, СК-1п, СК-1пр, СК-2, СК-2п, СК-2пр нормальных опор, рассчитанных в томе № 3082 тм-т5.

Для опор портального типа усилия в опорном сечении стойки в нормальном режиме определены от действия половины нагрузки на конструкцию в целом с учетом „коэффициента схемы -106, полученного на основании результатов испытаний опор, выполненных по данной схеме

По прочности стойки в опорном сечении назначены ветровые пролеты опор.

Состав проекта

Том 1. Пояснительная записка N 3083 тм - т 1.

Том 2. Рабочие чертежи промежуточных и промежуточно-угловых опор ВЛ 110-220 кВ N 3083 тм - т 2

Том 3. Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ N 3083 тм - т 3

Том 4. Расчет промежуточных и промежуточно-угловых опор ВЛ 110-220 кВ N 3083 тм - т 4

Том 5 Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ N 3083 тм - т 5

Том 6 Патентный формуляр (хранится в ПК С30) N 3083 тм - т 6

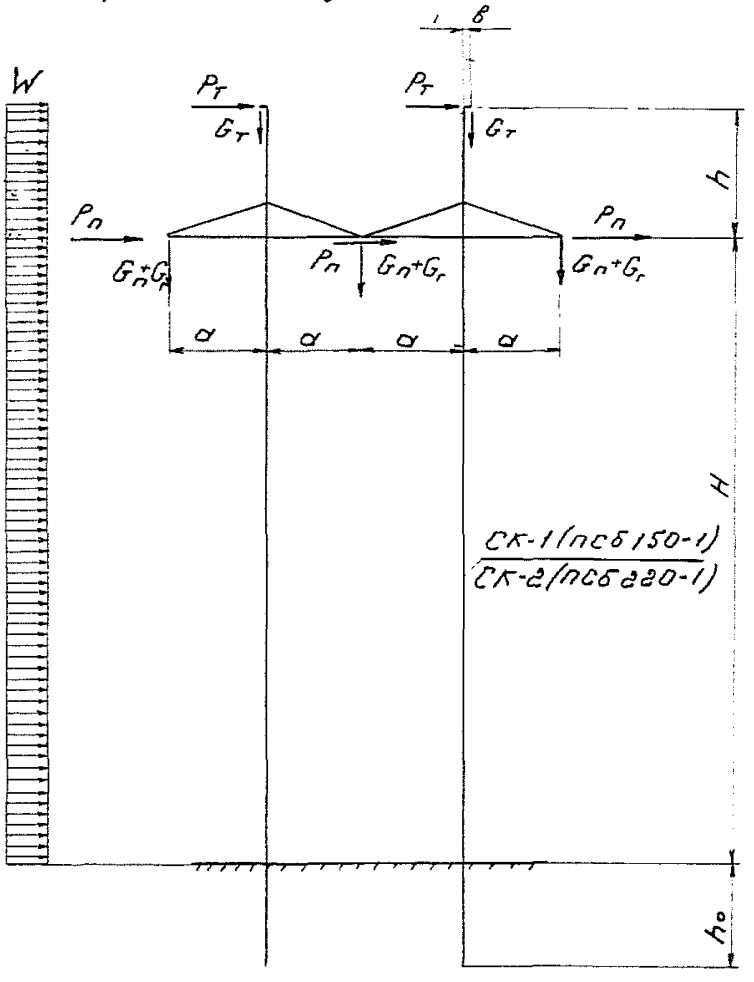
Изгибающий момент от вертикальных сил на стрелах прогиба учтен коэффициентом.

1.15 - для I и II районов по гололеду и

1.3 - —„— III и IV —„—„—„—„—„—„—

Трещиностойкость проверена по максимальной нормативной нагрузке, при этом изгибающий момент от вертикальных сил на стрелах прогиба учтён коэффициентом 1,15.

Расчетная схема портальной опоры



$$[M] = \frac{M_{оп} \cdot 1.06}{1.15}^{*} \text{ для I - II районов по гололеду}$$

$$[M] = \frac{M_{оп} \cdot 1.06}{1.3} \text{ — „ — III ÷ IV — „ — „ — . — . —}$$

$$P_{ветр.} = \frac{[M] - 0.5\left(g_п^р P_{вес} + 0.5 g_{тр}^р + G_т^р\right)a - g_т^р P_{вес} B - \frac{W^р (h+H)^2}{2}}{P_т^р (h+H) + P_п^р H \cdot 1.5}$$

---

* 1,06 - „коэффициент схемы"

где $g_п^р$ - расчетная весовая нагрузка от 1 пог. м провода

$g_{тр}^р$ - расчетный вес траверсы,

$G_г$ - расчетный вес гирлянды;

$g_т^р$ - расчетная весовая нагрузка от 1 пог. м. троса;

$P_т^р$ - расчетная ветровая нагрузка на 1 погм троса;

$P_п^р$ - — " — " — " — " — " — на 1 пог. м провода;

$W^р$ - — " — " — " — " — на 1 погм. стойки.

$$M_{тр} \leq 1.15 \left[P_т^н (H+h) + P_п^н H \cdot 1{,}5 + 0{,}5 (G_п^н + 0{,}5\, G_{тр}^н + G_г^н) a + \right.$$

$$\left. + G_т^н b + \frac{W^н (h+H)^2}{2} \right], \text{ где}$$

$P_т^н$ - нормативная ветровая нагрузка на пролет троса

$P_н^н$ - — " — — " — " — " — провода

$G_п^н$ - — " — весовая нагрузка от провода;

$G_т^н$ - — " — — " — от троса

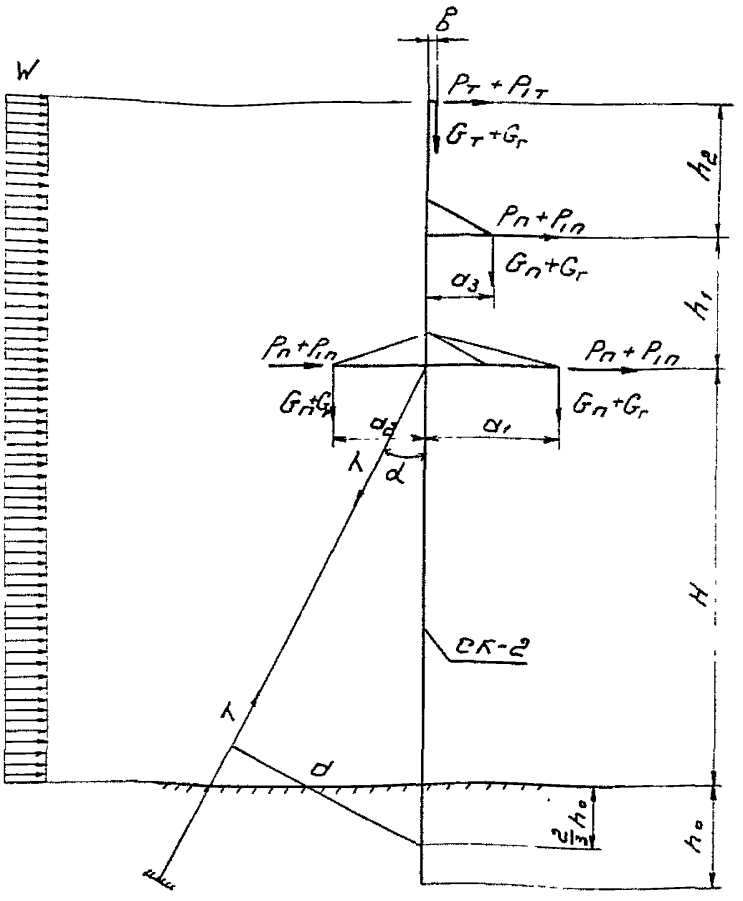
$W^н$ - — " — ветровая нагрузка на 1 погм стойки

$G_{тр}^н$ - нормативный вес траверсы

$G_г^н$ - — " — " — " — гирлянды

В аварийных режимах опоры рассчитаны как свободностоящие портальные конструкции с распределением реакций на стойки при обрыве консольного провода 1.0 и 0.0.

Расчетная схема промежуточно-угловой опоры (поворот ВЛ вправо)



Расчет по прочности без оттяжки

$$M_{пп} \leq K\left\{(P_т + P_{1т})\cdot(H + h_1 + h_2) + (P_п + P_{1п})(H + h_1) + 2(P_п + P_{1п})\cdot H + G_т B + \right.$$

$$\left. + (G_п + 0.5g^{р}_{тр_3} + G^{р}_г)a_3 + (G_п + 0.5g^{р}_{тр_1} + G^{р}_г)a_1 - (G_п + 0.5g^{р}_{тр_2} + G^{р}_г)a_2 + \frac{W^{р}(H+h_1+h_2)^2}{2}\right\} f_3$$

где $P_{1п(1т)}$ - расчетная составляющая вдоль траверсы от тяжения по проводу (тросу) при повороте ВЛ

$M_{пп}$ - предельный изгибающий момент по прочности стойки в опорном сечении,

$G^{р}_г$ - расчетный вес гирлянды;

$K = 1{,}15$ для I - II районов по гололеду

1,3 - для III - IV — . — . — . —

Расчет по трещиностойкости без оттяжки

$$M_{пт} \le 1.15\left[\left(P_т^н + P_{1п}^н\right)\left(H + h_1 + h_2\right) + \left(P_п^н + P_{1п}^н\right)\left(H + h_1\right) + 2\left(P_п^н + P_{1п}^н\right)H + \right.$$

$$+ G_т^н b + \left(G_п^н + 0.5 g_{тр_3}^н + G_г^н\right)a_3 + \left(G_п^н + 0.5 g_{тр_1}^н + G_г^н\right)a_1 - \left(G_п^н + 0.5 g_{тр_2}^н + G_г^н\right)a_2 +$$

$$\left. + \frac{W^н\left(H + h_1 + h_2\right)^2}{2}\right], \text{ где}$$

все нагрузки нормативные,

$M_{пт}$ - предельный момент по трещиностойкости в опорном сечении.

Расчет по прочности с оттяжкой

$$M_{ппн} = K\left\{\left(P_т + P_{1т}\right)\left(h_1 + h_2\right) + \left(P_п + P_{1п}\right)h_1 + G_т b + \left(G_п + 0.5 g_{тр}^р + g_1^р\right)a_3 + \right.$$

$$\left. + \frac{W^р\left(h_1 + h_2\right)^2}{2}\right\},$$

где все нагрузки расчетные,

$M_{ппн}$ - предельный изгибающий момент по прочности в сечении на отметке н (на отметке крепления оттяжки)

$K = 1.15$ для I-II районов по гололеду

Расчет по трещиностойкости с оттяжкой

$$M_{птн} \le 1.15\left\{\left(P_т^н + P_{1т}^н\right)\left(h_1 + h_2\right) + \left(P_п^н + P_{1п}^н\right)h_1 + G_т^н b + \left(G_п^н + 0.5 g_{тр_3}^н + G_п^{н1}\right)a_3 + \right.$$

$$\left. + \frac{W^н\left(h_1 + h_2\right)^2}{2}\right\},$$

где все нагрузки нормативные;

$M_{пт\,н}$ - предельный момент по трещиностойкости на отметке Н (на отметке крепления оттяжки)

Расчетное усилие в оттяжке определяется выражением

$$T = \frac{(P_т + P_{1т})(H + h_1 + h_2 + \frac{2}{3}h_0) + (P_п + P_{1п})(H + h_1 + \frac{2}{3}h_0) + 2(P_п + P_{1п})(H + \frac{2}{3}h_0) + G_т b + (G_п + 0{,}5g^{р}_{тр_3} + g^{р}_{г_3})a_3}{d} +$$

$$+ \frac{(G_п + 0{,}5g^{р}_{тр_1} + g^{р}_{г_1})a_1 - (G_п + 0{,}5g^{р}_{тр_2} + g^{р}_{г_2})a_2 + \frac{W^{р}(H + h_1 + h_2)(\frac{2}{3}h_0 + H + h_1 + h_2)}{2}}{d}$$

Характеристики железобетонных стоек в опорном сечении

№№ п/п	Шифр стойки	Мпп	Мпт	Примечание
		тм	тм	
1	СК-1	28.2	7.13	Применена в опоре ПСБ 150-1
2	СК-1п	24.22	15.61	
3	СК-1пр			
4	СК-2	32.6 / 13,2	6.9 / 4,62	Применена в опорах ПСБ 220-1 ПУСБ 110-1
5	СК-2п	28.55 / 16,65	18.84 / 9.85	
6	СК-2пр			

Для стоек СК-2, СК-2п, СК-2пр в числителе даны характеристики опорного сечения, в знаменателе - характеристики сечения на ▽ 12.5 м от поверхности земли (на отметке крепления оттяжки)

Таблица расчетных пролетов для опор ВЛ 110÷220 кВ

Тип опоры	Напряжение ВЛ, кВ	Шифры опор	Пролеты	Марки проводов																											
				АС-70				АС-95				АС-120				АС-150				АС-185				АСО-240				АСО-300				АСО-400			
				Районы по гололеду																													
				I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Промежуточные	110/150	ПС6150-1	$P_{габ.}$	330/-	260/-	210/-	175/-	345/-	265/-	235/-	195/-	370/350	320/305	265/255	220/215	370/355	340/325	285/275	245/235	370/350	355/335	300/285	260/250	365/345	355/340	310/295	275/260	-	-	-	-	-	-	-	-
			$P_{ветр.}$	460*/-	365*/-	295*/-	245*/-	485*/-	380*/-	330*/-	270*/-	515*/490*	445*/425*	370*/355*	310	465	465/455*	355	285	415	415	345	270	400	400	330	265	-	-	-	-	-	-	-	-
			$P_{вес.}$	410/-	325/-	260/-	220/-	430/-	355/-	295/-	245/-	480/435	400/380	330/324	280/270	460/435	425/405	355/345	305/295	460/435	445/420	375/355	325/310	455/430	445/425	385/370	340/325	-	-	-	-	-	-	-	-
	220	ПС6220-1	$P_{габ.}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	320	320	285	255	320	320	305	275
			$P_{ветр.}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	425	425	375	295	370	370	345	275
			$P_{вес}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	400	355	320	400	400	380	345
Промежуточно-угловые	110	ПУС6110-1	$P_{габ.}$	230	180	145	120	230	200	160	140	240	225	185	170	240	235	200	175	240	240	210	185	235	235	215	195	-	-	-	-	-	-	-	-
			$P_{ветр.}$	230	180	145	120	230	200	160	140	240	225	185	170	240	235	200	175	240	240	210	185	235	235	215	195	-	-	-	-	-	-	-	-
			$P_{вес}$	290	225	180	150	290	250	200	175	300	280	230	210	300	295	250	220	300	300	260	230	290	300	270	245	-	-	-	-	-	-	-	-
			Угол поворота ВЛ для опоры с оттяжкой	8°																							6°	—			—			
			Угол поворота ВЛ для опоры без оттяжки	5°								4°		3°	1°	4°		2°	1°	3°		1°	—	2°		—		—				—			

Примечание. Ветровые пролеты, отмеченные *, ограничены величиной 1.4 $P_{габ.}$

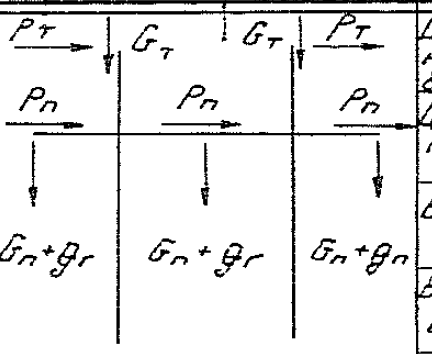
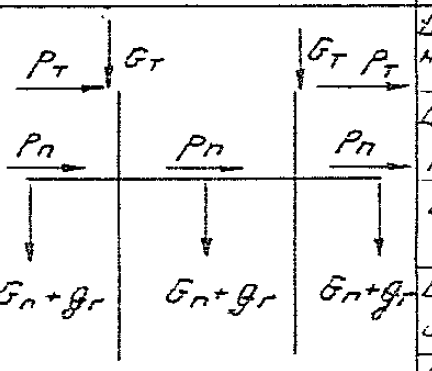
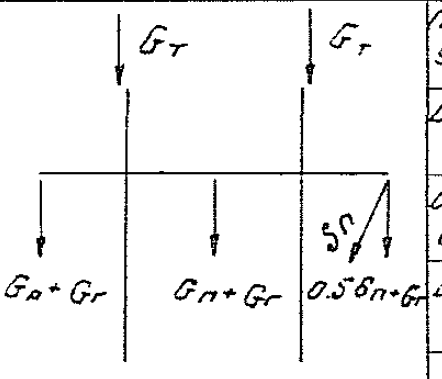
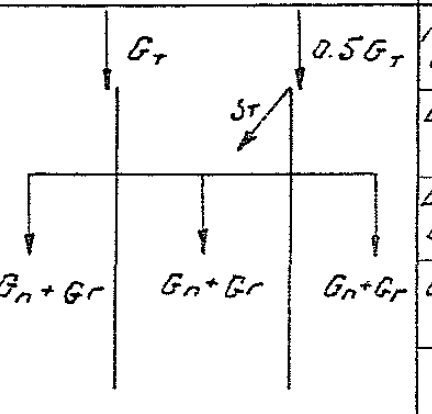
Погонные нагрузки на провода от ветра и веса
[размерность кг/пм]

Провод	Район по гололеду	Нормальный режим I К=1.0: От ветра: Нормативное: q_0=50 кг/м²; $P^N=\alpha C_x q_0 F 10^{-3}$; α	C_x	P^N	n	$P^P=nP^N$	От веса: Норм. g_n^N	n	Расчетное $g_n^P=ng_n^N$	Нормальный режим II К=1.0: От ветра: Нормативное: q=12.5; $P^N=\alpha C_x q F 10^{-3}$; α=1.0; C_x=1.2	q=14	Расчетное: q=12.5; $P^P=nP^N$; n=1.4	q=14	От веса: Нормативное $g_n^N=g_n^N+g_{гол}^N$	$g_{гол}^N$	g_n^N	n	ng_n^N	n	$ng_{гол}^N$	Расчетные $g_n^P=ng_n^N+ng_{гол}^N$
АС-50	I	0.78	1.2	0.449	1.2	0.539	0.196	1.1	0.216	0.294	0.330	0.411	0.461	0.196	0.206	0.402	1.1	0.216	2.0	0.412	0.628
	II									0.434	0.497	0.606	0.695		0.555	0.751				1.110	1.326
	III										0.665		0.930		1.043	1.239				2.086	2.302
	IV										0.834		1.168		1.675	1.871				3.350	3.566
АС-70	I	0.78	1.2	0.534	1.2	0.640	0.275	1.1	0.302	0.321	0.360	0.449	0.504	0.275	0.232	0.507	1.1	0.302	2.0	0.464	0.776
	II									0.471	0.528	0.660	0.738		0.578	0.853				1.156	1.458
	III										0.696		0.974		1.150	1.423				2.300	2.602
	IV										0.865		1.210		1.780	2.055				3.560	3.862
АС-95	I	0.78	1.2	0.631	1.2	0.758	0.386	1.1	0.426	0.352	0.395	0.492	0.552	0.386	0.262	0.648	1.1	0.426	2.0	0.524	0.949
	II									0.502	0.564	0.701	0.789		0.527	0.913				1.054	1.479
	III										0.732		1.025		1.305	1.691				2.610	3.035
	IV										0.900		1.260		1.894	2.28				3.788	4.213
АС-120	I	0.78	1.2	0.715	1.2	0.858	0.492	1.1	0.541	0.378	0.423	0.529	0.591	0.492	0.286	0.778	1.1	0.541	2.0	0.572	1.113
	II									0.528	0.592	0.737	0.827		0.715	1.205				1.426	1.967
	III										0.700		1.083		1.430	1.772				2.860	3.101
	IV										0.928		1.300		1.930	2.482				3.980	4.521
АС-150	I	0.78	1.2	0.800	1.2	0.960	0.617	1.1	0.678	0.405	0.453	0.566	0.634	0.617	0.311	0.928	1.1	0.678	2.0	0.822	1.300
	II									0.555	0.622	0.776	0.870		0.765	1.382				1.530	2.208
	III										0.790		1.107		1.380	1.977				2.720	3.398
	IV										0.958		1.340		2.093	2.710				4.186	4.864
АС-185	I	0.78	1.2	0.895	1.2	1.073	0.771	1.1	0.848	0.435	0.488	0.609	0.682	0.771	0.340	1.111	1.1	0.848	2.0	0.680	1.528
	II									0.585	0.655	0.817	0.915		0.821	1.592				1.642	2.490
	III										0.824		1.151		1.440	2.211				2.880	3.728
	IV										0.992		1.389		2.209	2.980				4.418	5.266
АСО-240	I	0.78	1.1	0.925	1.2	1.110	0.937	1.1	1.031	0.474	0.552	0.663	0.772	0.937	0.377	1.314	1.1	1.031	2.0	0.754	1.785
	II									0.625	0.700	0.874	0.980		0.888	1.825				0.776	2.807
	III										0.868		1.215		1.553	2.490				3.106	4.137
	IV										1.030		1.440		2.343	3.260				4.686	5.717
АСО-300	I	0.78	1.1	1.01	1.2	1.211	1.098	1.1	1.209	0.533	0.562	0.745	0.786	1.098	0.404	1.502	1.1	1.209	2.0	0.808	2.017
	II									0.868	0.732	0.934	1.023		0.947	2.045				1.894	3.103
	III										0.900		1.260		1.632	2.730				3.264	4.473
	IV										1.080		1.510		2.462	3.560				4.924	6.13.
АСО-400	I	0.78	1.1	1.165	1.2	1.398	1.501	1.1	1.651	0.550	0.625	0.780	0.874	1.501	0.455	1.956	1.1	1.651	2.0	0.910	2.561
	II									0.710	0.795	0.992	1.111		1.049	2.550				2.098	3.749
	III										0.960		1.341		1.792	3.293				3.584	5.235
	IV										1.130		1.580		2.670	4.171				5.340	6.991

Трос	Опора	Район по гололеду	Коэффициент увеличения скоростн. напора по высоте	Нормальный режим I K=1,0								Нормальный режим II K=1,0														Таблица N
				От ветра					От веса			От ветра						От веса								
				Нормативн			Расчетн.		Норм.	Расчетн.		Нормативные				Расчетные		Нормативные			Расчетные					
				$C_x = 1,2$ $P^H = \alpha C_x q F \cdot 10^{-3}$			$P^P = n \cdot P^H$			$g^P = n g^H$		$q^H = 12,5$ $P^H = \alpha C_x \cdot q F \cdot 10^{-3}$ $\alpha = 1,0 \cdot C_x = 1,2$		$q^H = 14,0$		$q^H = 12,5$ $P^P = n P^H$ $n = 1,4$	$q^H = 14,0$	$g^H = g^H + g^H_{гол}$			$g^P = n g^H + n \cdot g^H_{гол}$					
				q	α	P^H	n	P^P	g^H	n	g^P	q	P^H	q	P^H	P^P	P^P	g^H	$g^H_{гол}$	g^H	n	$n g^H$	n	$n \cdot g^H_{гол}$	g^P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
С-50	ПУСБ 110-1	I	1,08	54	0,76	0,447	1,2	0,536	0,418	1,1	0,460	13,5	0,309	15,1	0,346	0,431	0,484	0,418	0,199	0,617	1,1	0,460	2,0	0,398	0,858
		II											0,471		0,527	0,659	0,736		0,540	0,958				1,08	1,540
		III										—	—		0,709		0,990		1,023	1,440				2,046	2,506
		IV										—	—		0,890		1,248		1,645	2,063				3,29	3,750
	ПСБ 150-1	I	1,0	50	0,78	0,425	1,2	0,510	0,418	1,1	0,460	12,5	0,286	14,0	0,321	0,400	0,450	0,418	0,199	0,617	1,1	0,460	2,0	0,398	0,858
		II											0,436		0,489	0,610	0,685		0,540	0,958				1,08	1,540
		III										—	—		0,656	—	0,918		1,023	1,440				2,046	2,506
		IV										—	—		0,825	—	1,156		1,645	2,063				3,29	3,750
		Трос С-70 (опора ПСБ 220-1)																							
		I	1,0	50	0,78	0,515	1,2	0,618	0,623	1,1	0,685	12,5	0,315	14,0	0,353	0,440	0,494	0,623	0,226	0,849	1,1	0,685	2,0	0,452	1,137
		II											0,465		0,520	0,650	0,728		0,594	1,217				1,188	1,873
		III													0,689		0,964		1,102	1,725				2,204	2,889
		IV													0,856		1,200		1,752	2,375				3,504	4,189

Примечание. В таблице даны нормативные и расчетные погонные ветровые и весовые нагрузки на тросы С-50 и С-70 в кг/дм.

Нагрузки на опору от проводов и тросов

№№ схем	Характеристики схем	Расчетн. климат. условия	Схема нагрузок	Род нагрузок	Обозначения
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен перпендикулярно оси ВЛ	$q = 50\ \frac{кг}{м^2}$ $t = -5°C$ $C = 0$		Давление ветра на пролет провода	$P_п$
				Давление ветра на пролет троса	$P_т$
				Вес пролета провода	$G_п$
				Вес гирлянды изоляторов	$G_г$
				Вес пролета троса	$G_т$
II	Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен перпендикулярно оси ВЛ	$t = -5°C$ $q = 12{,}5\ \frac{кг}{м^2}$ $C = 5 \div 10$ мм $q = 14\ кг/м$ $C = 15 \div 20$ мм		Давление ветра на пролет провода	$P_п$
				Давление ветра на пролет	$P_т$
				Вес пролета провода	$G_п$
				Вес гирлянды изоляторов	$G_г$
				Вес пролета троса	$G_т$
III	Оборваны провода одной фазы, дающие наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору. Трос не оборван	$q = 0$ $t = -5°C$ $C = 0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$
				Вес пролета провода	$G_п$
				Вес гирлянды изоляторов	$G_г$
				Вес пролета троса	$G_т$
IV	Оборван трос, провода не оборваны	$q = 0$ $t = -5°C$ $C = 0$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$
				Вес пролета провода	$G_п$
				Вес гирлянды изоляторов	$G_г$
				Вес пролета троса	$G_т$

Расчетные нагрузки от проводов и тросов на опору ПСБ 150-1 (для ВЛ 110 кв)

Схема	Пролет	I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV	
		АС-70	С-50	АС-70	С-50	АС-70	С-50	АС-70	С-50	АС-95	С-50	АС-95	С-50	АС-95	С-50	АС-95	С-50	АС-120	С-50	АС-120	С-50	АС-120	С-50	АС-120	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-185	С-50	АС-185	С-50	АС-185	С-50	АС-185	С-50	АС0-240	С-50	АС0-240	С-50	АС0-240	С-50	АС0-240	С-50
	$l_{габ.}$	330		260		210		175		345		285		235		195		370		320		265		230		370		340		285		245		370		355		300		260		365		355		310		275	
	$l_{ветр.}$	460*		365*		295*		245*		485*		400*		330*		270*		515*		445*		370*		300		465		465		355		285		415		415		345		270		400		400		330		265	
	$l_{вес}$	410		325		260		220		430		355		295		245		460		400		330		290		460		425		355		305		460		445		375		325		455		445		385		340	
I	P_n; P_T	295	235	235	185	190	150	160	125	370	250	305	205	250	170	205	140	440	265	380	230	320	190	260	155	445	240	445	240	340	180	275	145	445	210	445	210	370	175	290	140	445	205	445	205	365	170	295	135
	G_n; G_T	125	190	100	150	80	120	65	100	185	200	150	165	125	135	105	115	250	120	215	185	180	150	155	135	310	210	290	195	240	165	195	140	390	210	380	205	320	175	275	150	470	210	460	205	400	180	350	155
	g_r	50	—	50	—	50	—	50	—	50		50		50		50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
	G_n+g_r	175	190	150	150	130	120	115	100	235	200	200	165	175	135	155	115	300	120	265	185	230	150	205	135	360	210	340	195	290	165	245	140	440	210	430	205	370	175	325	150	520	210	510	205	450	180	400	155
II	P_n; P_T	205	185	240	220	290	270	295	285	240	195	280	245	340	305	340	310	270	205	330	270	395	340	390	345	265	785	360	285	395	325	380	330	255	165	340	255	400	320	450	310	265	160	350	245	400	305	380	305
	G_n; G_T	315	350	475	500	675	650	850	825	410	365	525	545	895	735	1050	920	515	390	790	615	1150	825	1360	1085	600	390	940	650	1210	885	7485	1140	705	390	1110	680	1400	935	1710	1220	810	385	1250	680	1590	965	1945	1270
	g_r	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
	G_n+g_r	365	350	525	500	725	650	900	825	460	365	575	545	945	735	1100	920	565	390	840	615	1200	825	1410	1085	650	390	990	650	1260	885	1535	1140	755	390	1160	680	1450	935	1760	1220	860	385	1300	680	1640	965	1995	1270
III	$S_{п.к}$	260	7	260	—	260	—	260	—	365	—	365	—	365	—	365	—	520	—	520	—	520	—	520	—	665	—	665	—	665	—	665	—	815	—	815	—	815	—	815	—	810	—	810	—	810	—	810	—
	G_n; G_T	125	190	100	150	80	120	65	100	185	200	150	165	125	135	105	115	250	120	215	185	180	150	155	135	310	210	290	195	240	165	195	140	390	210	380	205	320	175	275	150	470	210	460	205	400	180	350	155
	g_r	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
	G_n+g_r	175	190	150	150	130	120	115	100	235	200	200	165	175	135	155	115	300	120	265	185	230	150	205	135	360	210	340	195	290	165	245	140	440	210	430	205	370	175	325	150	520	210	510	205	450	180	400	155
	$0.5G_n+g_r$	115	—	100	—	90	—	85	—	145	—	125	—	115	—	105	—	175	—	160	—	140	—	130	—	205	—	195	—	170	—	150	—	245	—	240	—	210	—	190	—	285	—	280	—	250	—	225	—
IV	S_T	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885
	G_n; G_T	125	190	100	150	80	120	65	100	185	200	150	165	125	135	105	115	250	120	215	185	180	150	155	135	310	210	290	195	240	165	195	140	390	210	380	205	320	175	275	150	470	210	460	205	400	180	350	155
	g_r	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
	G_n+g_r	175	190	150	150	130	120	115	100	235	200	200	165	175	135	155	115	175	120	265	185	230	150	205	135	360	210	340	195	290	165	245	140	440	210	430	205	370	175	325	150	520	210	510	205	450	180	400	155
	$0.5G_T$	—	95	—	75	—	60	—	50	—	100	—	85	—	70	—	60	—	60	—	95	—	75	—	70	—	105	—	100	—	85	—	70	—	105	—	105	—	90	—	75	—	105	—	105	—	90	—	80

Примечания: 1. Ветровая нагрузка на трос подсчитана с коэффициентом увеличения скоростного напора 1.0.
2. Максимальное напряжение в тросе $\sigma_{T\,max} = 35$ кг/мм²

Расчетные нагрузки от проводов и тросов на опору ПСБ 150-1 (для ВЛ 150 кВ)

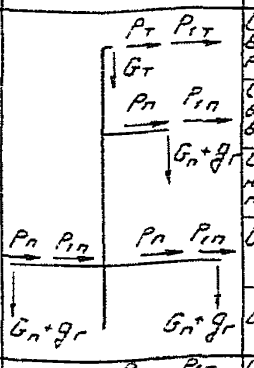
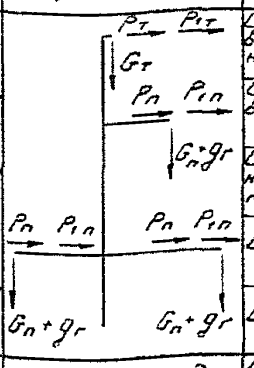
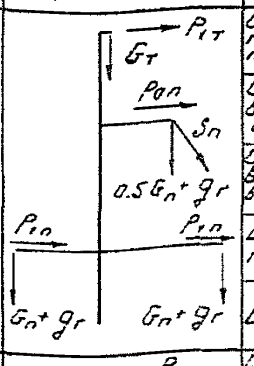
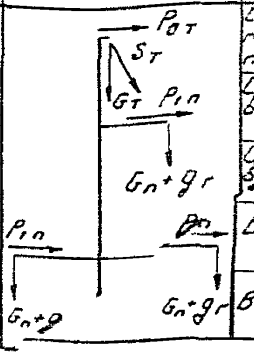
Схема	Пролет	I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV	
		АС-120	С-50	АС-120	С-50	АС-120	С-50	АС-120	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-185	С-50	АС-185	С-50	АС-185	С-50	АС-185	С-50
	$C_{габ.}$	350		305		255		215		350		325		275		235		350		335		285		250		345	
	$C_{ветр.}$	490*		425*		355*		300		465		455*		355		285		415		415		345		270		400	
	$C_{вес.}$	435		380		320		270		435		405		345		295		435		420		355		310		430	
I	P_n; $P_т$	425	250	370	220	310	180	260	155	445	240	435	230	340	180	275	145	445	210	445	210	370	175	290	140	445	205
	G_n, $G_т$	235	200	205	175	175	150	145	125	295	200	275	190	235	160	200	135	370	200	355	195	300	165	265	145	445	200
	$g_г$	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—
	$G_n+g_г$, $G_т$	305	200	275	175	245	150	215	125	365	200	345	190	305	160	270	135	440	200	425	195	370	165	335	145	515	200
II	P_n, $P_т$	260	195	315	260	380	325	390	345	265	185	355	280	395	325	380	330	255	165	340	255	400	320	375	310	365	160
	G_n, $G_т$	485	370	750	580	995	800	1220	1020	565	370	895	620	1205	860	1440	1110	665	370	1050	645	1325	885	1635	1160	770	365
	$g_г$	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—
	$G_n+g_г$; $G_т$	555	370	820	580	1065	800	1290	1020	635	370	965	620	1275	860	1510	1110	735	370	1120	645	1395	885	1705	1160	840	365
III	S_n	520	—	520	—	520	—	520	—	665	—	665	—	665	—	665	—	815	—	815	—	815	—	815	—	810	—
	G_n; $G_т$	235	200	205	175	175	150	145	125	295	200	275	190	235	160	200	135	370	200	355	195	300	165	265	145	445	200
	$g_г$	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—
	$G_n+g_г$, $G_т$	305	200	275	175	245	150	215	125	365	200	345	190	305	160	270	135	440	200	425	195	370	165	335	145	515	200
	$0.5G_n+g_г$	185	—	175	—	165	—	145	—	220	—	210	—	190	—	170	—	255	—	250	—	220	—	200	—	290	—
IV	$S_т$	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885	—	885
	G_n; $G_т$	235	200	205	175	175	150	145	125	295	200	275	190	235	160	200	135	370	200	355	195	300	165	265	145	445	200
	$g_г$	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—	70	—
	$G_n+g_г$; $G_т$	305	200	275	175	245	150	215	125	365	200	345	190	305	160	270	135	440	200	425	195	370	165	335	145	515	200
	0.5 $G_т$	—	100	—	90	—	75	—	65	—	100	—	95	—	80	—	70	—	100	—	100	—	85	—	75	—	100

Расчетные нагрузки от проводов и тросов на опору ПС6 220-1

Схема	Пролет	I		II		III		IV		I		II		III		IV	
		АСО-300	С-70	АСО-300	С-70	АСО-300	С-70	АСО-300	С-70	АСО-400	С-70	АСО-400	С-70	АСО-400	С-70	АСО-400	С-70
	$P_{гол}$	320		320		285		255		320		320		305		275	
	$P_{ветр}$	425		425		375		295		370		370		345		275	
	$P_{вес}$	400		400		355		320		400		400		380		345	
I	P_n; $P_т$	515	265	515	265	455	230	380	185	515	230	515	230	485	215	385	170
	G_n; $G_т$	485	275	485	275	430	245	340	220	660	275	660	275	630	260	570	240
	$g_г$	95	—	95	—	95	—	90	—	95	—	95	—	95	—	95	—
	$G_n+g_г$; $G_т$	580	275	580	275	525	245	430	220	755	275	755	275	725	260	665	240
II	P_n; $P_т$	315	185	395	275	470	360	405	345	290	160	370	240	465	335	435	330
	G_n; $G_т$	805	455	1245	750	1590	1025	1365	1340	1025	455	1500	750	1990	1100	2410	1445
	$g_г$	95	—	95	—	95	—	95	—	95	—	95	—	95	—	95	—
	$G_n+g_г$; $G_т$	900	455	1340	750	1685	1025	2160	1340	1120	455	1595	750	2085	1100	2505	1445
III	S_n	980	—	980	—	960	—	900	—	1300	—	1300	—	1300	—	1300	—
	G_n, $G_т$	485	275	485	275	430	245	310	220	660	275	660	275	630	260	570	240
	$g_г$	95	—	95	—	95	—	90	—	95	—	95	—	95	—	95	—
	$G_n+g_г$; $G_т$	580	275	580	275	525	245	405	220	755	275	755	275	725	260	665	240
	$0.5G_n+g_г$	340	—	340	—	310	—	260	—	425	—	425	—	410	—	380	—
IV	$S_т$	—	1320	—	1320	—	1320	—	1320	—	1320	—	1320	—	1320	—	1320
	G_n, $G_т$	485	275	485	275	430	245	340	220	660	275	660	275	630	260	570	240
	$g_г$	95	—	95	—	95	—	90	—	95	—	95	—	95	—	95	—
	$G_n+g_г$	580	275	580	275	525	245	405	220	755	275	755	275	725	260	665	240
	$0.5G_т$	—	140	—	140	—	120	—	110	—	140	—	140	—	130	—	120

Примечания: 1. Ветровая нагрузка на трос подсчитана с коэффициентом увеличения скоростного напора 1.0.
2. Максимальное напряжение в тросе $\sigma_{т\,max} = 5$ кг/мм^2

Нагрузки на опору от проводов и тросов

№№ схем	Характеристики схем	Расчетные климатические условия	Схема нагрузок	Вид нагрузок	Обозначения
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда	$q = 50 \frac{кг}{м^2}$ $t = -5°C$ $C = 0$		Составляющая вдоль траверсы от давления ветра на пролет провода. То же троса	$P_п$; $P_т$
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения по проводу. То же по тросу	$P_{1п}$; $P_{1т}$
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы в точке крепления провода (троса)	$P_п + P_{1п}$; $P_т + P_{1т}$
				Вес пролета провода, троса	$G_п$, $G_т$
				Вес гирлянды изоляторов	$g_г$
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом	$t = -5°C$ $\begin{cases} q = 12.5 \frac{кг}{м^2} \\ C = 5 \div 10 мм \end{cases}$ $\begin{cases} q = 14 \frac{кг}{м^2} \\ C = 15 \div 20 мм \end{cases}$		Составляющая вдоль траверсы от давления ветра на пролет провода. То же троса	$P_п$; $P_т$
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	$P_{1п}$; $P_{1т}$
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы в точке крепления проводов (троса)	$P_п + P_{1п}$ $P_т + P_{1т}$
				Вес пролета провода, троса	$G_п$; $G_т$
				Вес гирлянды изоляторов	$g_г$
III	Оборваны провода одной фазы, дающие наибольший, изгибающий или крутящий моменты на опору. Трос не оборван.	$q = 0$ $t = 5°C$ $C = 0$		Составляющая поперек траверсы от тяжения по проводу при обрыве	$S_п$
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода	$P_{1п}$
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения по проводу при обрыве	$P_{оп}$
				Вес пролета провода, троса	$G_п$; $G_т$
				Вес гирлянды изоляторов	$g_г$
IV	Оборван трос, провода не оборваны	$q = 0$ $t = -5°C$ $C = 0$		Составляющая поперек траверсы от тяжения троса при обрыве	$S_т$
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого троса	$P_{1т}$
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения по тросу при обрыве	$P_{от}$
				Вес пролета провода, троса	$G_п$; $G_т$
				Вес гирлянды изоляторов	$g_г$

Расчетные нагрузки от проводов и троса на опору ПУСБ 110-1

Таблица

Схема	Пролет	I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV	
		8°		8°		6°	8°	5°	8°	4°	8°	4°	8°	3°	8°	2°	8°	4°	8°	4°	8°	2°	8°	1°	8°	3°	8°	3°	8°	1°	8°	8°		2°	8°	2°	8°	8°	6°		
		AC-70	C-50	AC-70	C-50	AC-95	C-50	AC-95	C-50	AC-120	C-50	AC-120	C-50	AC-120	C-50	AC-120	C-50	AC-150	C-50	AC-150	C-50	AC-150	C-50	AC-150	C-50	AC-185	C-50	AC-185	C-50	AC-185	C-50	AC-185	C-50	AC-240	C-50	AC-240	C-50	AC-240	C-50	AC-240	C-50
	e габ	230		180		145		120		230		200		160		140		240		225		185		160		240		235		200		175		240		240		210		185			
	e вето	230		180		145		120		230		200		160		140		240		225		185		160		240		235		200		175		240		240		210		185		235	
	e вес	290		225		180		150		290		250		200		175		300		280		230		200		300		295		250		220		300		300		260		230		295	
I	$P_п$; $P_т$	150	125	115	100	95	80	75	65	175	125	150	105	120	85	120	85	105	75	105	75	205	130	205	130	195	120	195	120	160	100	160	100	135	85	135	85	230	130	230	130
	$P_{гл}$; $P_{гт}$	150	370	105	360	70	335	45	305	200	370	155	360	80	255	105	340	45	170	75	275	130	185	260	370	115	175	235	350	65	115	170	300	30	60	120	240	160	185	310	370
	$P_п+P_{пл}$; $P_т+P_{гт}$	300	495	220	460	165	415	120	370	375	495	305	465	200	340	225	425	150	245	180	350	335	315	465	500	310	295	430	470	225	215	330	400	165	145	255	325	390	315	540	500
	$G_п$; $G_т$	90	135	55	105	45	85	35	70	125	135	105	115	85	90	85	90	75	80	75	80	160	140	160	140	150	130	150	130	125	105	125	105	110	90	110	90	205	140	205	140
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
II	$P_п$; $P_т$	105	100	120	120	140	145	145	150	115	100	140	130	165	160	165	160	175	175	175	175	125	105	125	255	165	150	165	150	195	185	195	185	210	200	210	200	135	105	135	255
	$P_{гл}$; $P_{гт}$	150	375	150	395	150	430	150	430	195	395	210	400	170	320	230	430	140	270	230	430	130	190	260	380	150	200	305	400	120	160	330	430	80	105	330	430	155	130	310	380
	$P_п+P_{пл}$; $P_т+P_{гт}$	255	475	270	515	290	585	295	580	310	405	350	530	335	480	395	590	315	445	405	605	255	295	385	635	315	350	470	550	315	345	525	615	290	305	540	630	290	295	445	635
	$G_п$; $G_т$	220	250	330	345	470	450	580	560	275	250	370	385	610	500	610	500	740	655	740	655	335	255	335	255	550	430	550	430	695	575	695	575	905	650	905	650	390	255	390	255
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
III	$S_п$	230	—	235	—	235	—	230	—	320	—	340	—	340	—	340	—	340	—	460	—	455	—	490	—	490	—	490	—	490	—	495	—	58	—	585	—	640	—	640	—	630	—
	$P_п$; $P_п$	110	320	110	320	110	320	110	310	150	320	160	320	120	230	160	310	100	195	160	310	105	160	215	320	115	160	230	320	85	115	230	310	60	80	230	310	135	160	270	320
	$P_{оп}$	15	—	15	—	15	—	20	—	25	—	25	—	20	—	25	—	15	—	25	—	15	—	30	—	15	—	35	—	15	—	35	—	10	—	35	—	20	—	40	—	25	—
	$G_п$; $G_т$	90	135	55	105	45	85	35	70	125	135	105	115	85	90	85	90	75	80	75	80	160	140	160	140	150	130	150	130	125	105	125	105	110	90	110	90	205	140	205	140
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
IV	$S_т$	—	1140	—	1140	—	1140	—	1120	—	1140	—	1140	—	1110	—	1110	—	1110	—	1110	—	1140	—	1140	—	1140	—	1140	—	1110	—	1110	—	1110	—	1110	—	1140	—	1140	—
	$P_{гп}$	110	—	110	—	110	—	110	—	150	—	160	—	120	—	160	—	100	—	160	—	105	—	215	—	115	—	230	—	85	—	230	—	60	—	230	—	135	—	270	—	150	—
	$P_{от}$	—	80	—	80	—	80	—	80	—	80	—	80	—	60	—	80	—	50	—	80	—	40	—	80	—	40	—	80	—	30	—	80	—	20	—	80	—	40	—	80	—	40	—
	$G_п$; $G_т$	90	135	55	105	45	85	35	70	125	135	105	115	85	90	85	90	75	80	75	80	160	140	160	140	150	130	150	130	125	105	125	105	110	90	110	90	205	140	205	140
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—

Схема	Пролет	I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV	
		8°		8°		6°	8°	5°	8°	4°	8°	4°	8°	3°	8°	2°	8°	4°	8°	4°	8°	2°	8°	1°	8°	3°	8°	3°	8°	1°	8°	8°		2°	8°	2°	8°	8°	6°		
		AC-70	C-50	AC-70	C-50	AC-95	C-50	AC-95	C-50	AC-120	C-50	AC-120	C-50	AC-120	C-50	AC-120	C-50	AC-150	C-50	AC-150	C-50	AC-150	C-50	AC-150	C-50	AC-185	C-50	AC-185	C-50	AC-185	C-50	AC-185	C-50	AC-240	C-50	AC-240	C-50	AC-240	C-50	AC-240	C-50
	e габ	230		180		145		120		230		200		160		140		240		225		185		160		240		235		200		175		240		240		210		185			
	e вето	230		180		145		120		230		200		160		140		240		225		185		160		240		235		200		175		240		240		210		185		235	
	e вес	290		225		180		150		290		250		200		175		300		280		230		200		300		295		250		220		300		300		260		230		295	
I	$P_п$; $P_т$	150	125	115	100	95	80	75	65	175	125	150	105	120	85	120	85	105	75	105	75	205	130	205	130	195	120	195	120	160	100	160	100	135	85	135	85	230	130	230	130
	$P_{гл}$; $P_{гт}$	150	370	105	360	70	335	45	305	200	370	155	360	80	255	105	340	45	170	75	275	130	185	260	370	115	175	235	350	65	115	170	300	30	60	120	240	160	185	310	370
	$P_п+P_{пл}$; $P_т+P_{гт}$	300	495	220	460	165	415	120	370	375	495	305	465	200	340	225	425	150	245	180	350	335	315	465	500	310	295	430	470	225	215	330	400	165	145	255	325	390	315	540	500
	$G_п$; $G_т$	90	135	55	105	45	85	35	70	125	135	105	115	85	90	85	90	75	80	75	80	160	140	160	140	150	130	150	130	125	105	125	105	110	90	110	90	205	140	205	140
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
II	$P_п$; $P_т$	105	100	120	120	140	145	145	150	115	100	140	130	165	160	165	160	175	175	175	175	125	105	125	255	165	150	165	150	195	185	195	185	210	200	210	200	135	105	135	255
	$P_{гл}$; $P_{гт}$	150	375	150	395	150	430	150	430	195	395	210	400	170	320	230	430	140	270	230	430	130	190	260	380	150	200	305	400	120	160	330	430	80	105	330	430	155	130	310	380
	$P_п+P_{пл}$; $P_т+P_{гт}$	255	475	270	515	290	585	295	580	310	405	350	530	335	480	395	590	315	445	405	605	255	295	385	635	315	350	470	550	315	345	525	615	290	305	540	630	290	295	445	635
	$G_п$; $G_т$	220	250	330	345	470	450	580	560	275	250	370	385	610	500	610	500	740	655	740	655	335	255	335	255	550	430	550	430	695	575	695	575	905	650	905	650	390	255	390	255
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
III	$S_п$	230	—	235	—	235	—	230	—	320	—	340	—	340	—	340	—	340	—	460	—	455	—	490	—	490	—	490	—	490	—	495	—	58	—	585	—	640	—	640	—	630	—
	$P_п$; $P_п$	110	320	110	320	110	320	110	310	150	320	160	320	120	230	160	310	100	195	160	310	105	160	215	320	115	160	230	320	85	115	230	310	60	80	230	310	135	160	270	320
	$P_{оп}$	15	—	15	—	15	—	20	—	25	—	25	—	20	—	25	—	15	—	25	—	15	—	30	—	15	—	35	—	15	—	35	—	10	—	35	—	20	—	40	—	25	—
	$G_п$; $G_т$	90	135	55	105	45	85	35	70	125	135	105	115	85	90	85	90	75	80	75	80	160	140	160	140	150	130	150	130	125	105	125	105	110	90	110	90	205	140	205	140
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—
IV	$S_т$	—	1140	—	1140	—	1140	—	1120	—	1140	—	1140	—	1110	—	1110	—	1110	—	1110	—	1140	—	1140	—	1140	—	1140	—	1110	—	1110	—	1110	—	1110	—	1140	—	1140	—
	$P_{гп}$	110	—	110	—	110	—	110	—	150	—	160	—	120	—	160	—	100	—	160	—	105	—	215	—	115	—	230	—	85	—	230	—	60	—	230	—	135	—	270	—	150	—
	$P_{от}$	—	80	—	80	—	80	—	80	—	80	—	80	—	60	—	80	—	50	—	80	—	40	—	80	—	40	—	80	—	30	—	80	—	20	—	80	—	40	—	80	—	40	—
	$G_п$; $G_т$	90	135	55	105	45	85	35	70	125	135	105	115	85	90	85	90	75	80	75	80	160	140	160	140	150	130	150	130	125	105	125	105	110	90	110	90	205	140	205	140
	$q_г$	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—

Примечания: 1. Ветровая нагрузка на трос подсчитана с коэффициентом увеличения скоростного напора 1,08.
2. Максимальное напряжение в тросе $\sigma_{max} = 45$ кг/мм².

Давление ветра на стойку

Таблица

Зона	Высота зоны h[м]	Отметка середины зоны [м]	Коэфф. увелич. скорост. напора m	Скоростной напор $q^н$ [кг/м²]	$mq^н$ [кг/м²]	$v=4\sqrt{mq^н}$	Диаметр среднего сечения зоны - d	$Re=\frac{vd}{\nu}$	C_x	$Q^н=C_x mq^н dh\beta$
I	15	7,5	1	50	50	28,3	$\frac{283\cdot0,455}{0,145\cdot10^4}=8,89\cdot10^5$	0,475	0,475	163
				12,5	12,5	14,15	$4,44\cdot10^5$	0,45	0,45	38,5
				14,0	14,0	14,95	$4,69\cdot10^5$			43,1
II	4,6	17,3	1,18	50	59	30,75	$7,57\cdot10^5$	0,45	0,45	43,7
				12,5	14,75	15,37	$3,78\cdot10^5$	0,475	0,475	11,52
				14,0	16,5	16,25	$4,0\cdot10^5$	0,45	0,45	12,2

$\beta=1$ на основании п 2.10 СНиП II-А.9-62

Значения W кг/пм, принятые в расчете

Нормативные Расчетные

Схемы без гололеда

$q=50$ кг/м² $W^н=\frac{163+43,7}{15+4,6}\approx10,5$ $W^р=1,2\cdot10,5=12,6$ кг/пм

Схемы с гололедом

$q=12,5$ кг/м² $W^н=\frac{38,5+11,52}{15+4,6}\approx2,6$ кг/пм $W^р=1,0\cdot2,6=2,6$ кг/пм

$q=14$ кг/м² $W^н=\frac{43,1+12,2}{15+4,6}\approx2,8$ кг/пм $W^р=1,0\cdot2,8=2,8$ кг/пм

Проверка прочности стоек, траверс и металлических деталей.

Опора ПСБ 150-1

Проверка трещиностойкости стойки СК-1пр в опорном сечении.

Расчетным является нормальный режим I для провода АСО-240 и троса С-50 в I районе по гололеду.

$\ell_{ветр} = 400$ м $\quad \ell_{вес} = 460$ м $\quad q^н = 50$ кг/м^2 $\quad W^н = 10{,}5$ кг/п.м

$P_т^н = 0{,}425 \cdot 400 = 170$ кг $\qquad P_п^н = 0{,}925 \cdot 400 = 370$ кг

$G_т^н = 0{,}418 \cdot 460 = 193$ кг $\qquad G_п^н = 0{,}937 \cdot 460 = 431$ кг

$G_{тр}^н = 60$ кг

$$M^н = 1{,}15\left[0{,}170 \cdot 20{,}5 + 0{,}37 \cdot 1{,}5 \cdot 17{,}5 + 0{,}5(0{,}431 + 0{,}03) \cdot 2{,}5 + 0{,}193 \cdot 0{,}2 + \frac{0{,}0105 \cdot 20{,}5^2}{2}\right] =$$

$$= 1{,}15\,(3{,}48 + 9{,}61 + 0{,}576 + 0{,}038 + 2{,}21) = 18{,}32 \text{ тм}$$

$0{,}85 \cdot 18{,}32 = 15{,}6$ тм $= M_{пт} = 15{,}61$ тм

Проверка прочности стойки в аварийных режимах работы.

Аварийный режим III.

Обрыв консольного провода АС-185

$S_п^р = 815$ кг

$M_{изг} = 0,815 \cdot 1,0 \cdot 17,5 = 14,3$ мм $< 24,22$ мм

Аварийный режим IV.

Обрыв троса С-50

$S_т^р = 885$ кг

$M_{изг} = 0,885 \cdot 20,5 = 18,15$ мм $< 24,22$ мм

Опора ПСБ 220-1

Проверка трещиностойкости стойки СК-2пр в опарном сечении.

Нормальный режим I, I район по гололеду

провод АСО-400, трос С-70.

$l_{ветр} = 370$ м $\qquad l_{вес} = 400$ м

$P_т^н = 0,618 \cdot 370 = 229$ кг $\qquad P_п^н = 1,165 \cdot 370 = 431$ кг

$G_т^н = 0,623 \cdot 400 = 249$ кг $\qquad G_п^н = 1,501 \cdot 400 = 600$ кг

$G_{тр}^н = 70$ кг

$$M^{н} = 1{,}15\left[0{,}229\ 20{,}5 + 0{,}431\ 17{,}5 \cdot 1{,}5 + 0{,}5(0{,}6 + 0{,}035)\ 2{,}8 + \right.$$

$$\left. + 0{,}249 \cdot 0{,}4 + \frac{0{,}0105 \cdot 20{,}5^2}{2}\right] =$$

$$= 1{,}15(4{,}7 + 11{,}3 + 0{,}888 + 0{,}1 + 2{,}21) = 1{,}15\ 19{,}198 = 22{,}05\ тм$$

$0{,}85\ \ 22{,}05 = 18{,}75 \cong M_{пт} = 18{,}84\ тм$

Проверка прочности стойки в аварийных режимах работы

Аварийный режим III

Обрыв консольного провода АСО-400

Обрывное усилие по проводу $S_п = 1300$ ~~кг~~

$M_{изг} = 1{,}0\ \ 1300 \cdot 17{,}5 = 22{,}75\ тм < 28{,}55\ тм$

Аварийный режим IV

Обрыв троса С-70

Обрывное усилие по тросу $S_т = 1320$ кг

$M_{изг} = 1{,}0\ \ 1320\ \ 20{,}5 = 27{,}1\ тм < 28{,}55\ тм$

Опора ПУСБ 110-1

Проверка трещиностойкости стойки СК-2пр

а) При установке опоры без оттяжки

Проверяется опорное сечение

Расчетным является нормальный режим I для провода АС-95, троса С-50 при угле поворота ВЛ 5° в I ом районе по гололеду

$W^н = 10.5$ кг/пм

$l_{ветр} = 230$ м $\quad l_{вес} = 290$ м

$P^н_т = 0.447 \cdot 230 = 103$ кг $\quad P^н_п = 0,631 \cdot 230 = 145$ кг

$P^н_{1т} = 184$ кг $\quad P^н_{1п} = 100$ кг

$P^н_т + P^н_{1т} = 287$ кг $\quad P^н_п + P^н_{1п} = 245$ кг

$G^н_т = 0,418 \cdot 290 = 121$ кг $\quad G^н_п = 0.386 \cdot 290 = 112$ кг

$G^н_г = 45$ кг $\quad G_{гр1} = 150$ кг $\quad G^н_{гр2} = 80$ кг $\quad G^н_{гр3} = 40$ кг

$$M^н = 1,15 \left[0,287 \cdot 20,5 + 0,245 \cdot 41,5 + 0,121 \cdot 0,2 + (0,112 + 0,075 + 0,05) \cdot 4,0 + \right.$$

$$\left. + (0,112 + 0,02 + 0,05) \cdot 2,0 - (0,112 + 0,04 + 0,05) \cdot 2,8 + \frac{0,0105 \cdot 20,5^2}{2}\right] =$$

$$= 1,15 \,(5,89 + 10,18 + 0,02 + 0,95 + 0,36 - 0,565 + 2,21) = 22,55 \text{ тм}$$

$$0,85 \cdot 22,55 = 19,1 \text{ тм} \cong M_{пт} = 18,84 \text{ тм}$$

б) При установке опоры с оттяжкой проверяется сечение на отметке крепления оттяжки.

Расчетным является нормальный режим II для провода АС-185, троса С50 при угле поворота ВЛ 8° в IV р.г. $W^н = 2,8$ кг/п.м

$\ell_{ветр} = 185$ м $\quad \ell_{вес} = 230$ м

$P_т^н = 87$ кг $\quad P_п^н = 103$ кг

$P_{1т}^н = 320$ кг $\quad P_{1п}^н = 380$ кг

$P_т^н + P_{1т}^н = 87 + 320 = 407$ кг $\quad P_п^н + P_{1п}^н = 103 + 380 = 483$ кг

$G_т^н = 785$ кг $\quad G_п^н = 1100$ кг

$G_г^н = 45$ кг $\quad G_{тр3}^н = 40$ кг

$$M^н = 1,15\left\{0,407 \cdot 8,0 + 0,483 \cdot 4,0 + 0,785 \cdot 0,2 + (1,1 + 0,02 + 0,05) \cdot 2,0 + \right.$$

$$\left. + \frac{0,0028 \cdot 8,0^2}{2}\right\} = 1,15\,(3,26 + 1,93 + 1,57 + 2,34 + 0,09) =$$

$$= 1,15 \cdot 9,19 = 10,57 \text{ тм}$$

$0,85 \cdot 10,57 = 8,96$ тм $< M_{пт} = 9,85$ тм

Определение расчетного усилия в оттяжке

Расчетным для оттяжки является нормальный режим II, IV район по гололеду; $\alpha = 8°$, провод АС-185, трос С-50

$P_n^p + P_{tn}^p = 820$ кг $\quad P_T^p + P_{1T}^p = 658$ кг $\quad W^p = 2,8$ кг/пм

$G_n = 1210$ кг $\quad G_T = 860$ кг

$G_r^p = 50$ кг $\quad G_{TP1}^p = 165$ кг $\quad G_{TP2}^p = 90$ кг $\quad G_{TP3}^p = 45$ кг

$tg\,\alpha = \frac{6,5}{12,5} = 0,52 \quad \alpha = 27°\,28' \quad \sin\alpha = 0,4612$

$d = 0,4612\left(12,5 + \frac{2}{3}3,0\right) = 6,7$ м

$$T = \frac{0,658 \cdot 22,5 + 0,820(18,5 + 2 \cdot 14,5) + 0,86 \cdot 0,2 + (1,21 + 0,022 + 0,05)2,0}{6,7} +$$

$$+ \frac{(1,21 + 0,083 + 0,05) \cdot 4,0 - (1,21 + 0,045 + 0,05) \cdot 2,8 + \frac{0,0028 \cdot 20,5 \cdot 22,5}{2}}{6,7} =$$

$$= \frac{14,88 + 38,95 + 0,172 + 2,56 + 5,37 - 3,65 + 0,646}{6,7} = 8,76 т$$

Проверка прочности оттяжки

Оттяжка выполнена из каната ф 15,5мм по ГОСТ 3064-55.

Разрывное усилие каната в целом 16,7т.

Расчетное усилие $16,7 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 =$

$= 9,62т > T = 8,76т$

Прессуемый зажим НС-150-1

Разрушающая зажим нагрузка по каталогу – 20,60 т

Расчетное усилие $20,60 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 =$

$= 11,88т > 8,76т$

Соединительная планка Б 727

Площадь ослабленного сечения

$F_{нт} = (8,0 - 3,1) \cdot 0,6 = 2,94 см^2$

$\sigma = \frac{8760}{2 \cdot 2,94} = 1490 кг/см^2 < 2100 кг/см^2$

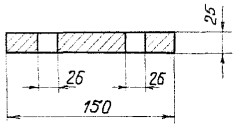
Б 728

Площадь 2 болтов ϕ 24 мм по ослабленному сечению

$F_{нт} = 2 \cdot 3,09 = 6,18 см^2$

$\sigma = \frac{8760}{6,18} = 1420 кг/см^2 < 1700 кг/см^2$

Коромысло Б 729



Изгибающий момент

$M_{изг} = 4380 \cdot 5{,}0 = 21{,}900$ кг см

Момент сопротивления

$$W = \frac{(15{,}0 - 5{,}2) \cdot 2{,}5^2}{6} = 10{,}22 \text{ см}^2$$

$$\sigma = \frac{21{,}900}{10{,}22} = 2140 \text{ кг/см}^2 \cong 2100 \text{ кг/см}^2$$

Проверка прочности металлических деталей

Расчет траверс Б14 и Б16 не приведен, т.к. их элементы проверены в расчете нормальных опор №3082тм-т5 (Б6) и №3082тм-т6 (Б10)

Траверса Б18 (опора ПУСБ-110-1)

$tg\alpha_2 = \frac{982}{2800} = 0{,}3505$

$\alpha_2 = 19°19'$

$\sin\alpha_2 = 0{,}3308$

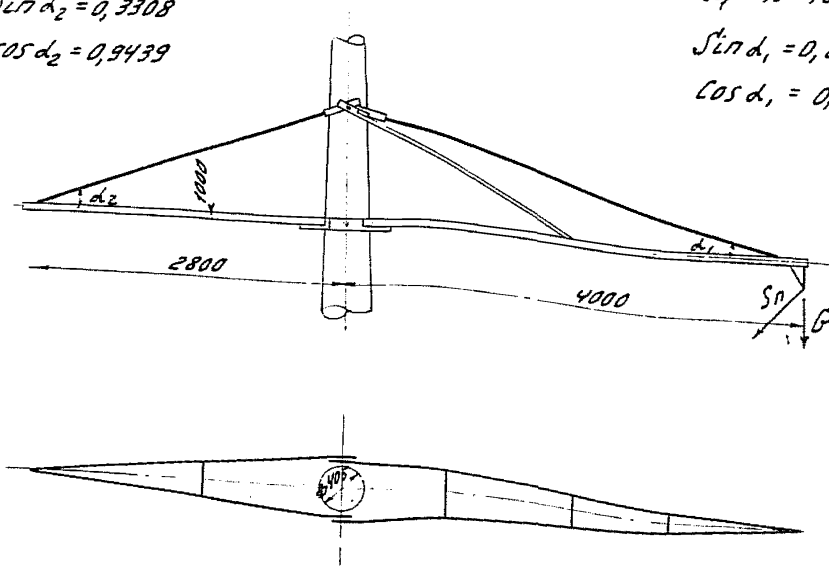
$\cos\alpha_2 = 0{,}9439$

$tg\alpha_1 = \frac{982}{4000} = 0{,}2455$

$\alpha_1 = 13°48'$

$\sin\alpha_1 = 0{,}2385$

$\cos\alpha_1 = 0{,}9711$



Расчет поясов траверсы

Нормальный режим II, III район по гололеду, угол поворота ВЛ8°, провод АСО 240, трос С-50

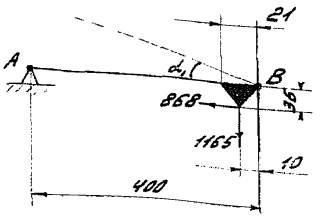
$G_{тр_1} = 165$ кг $\quad G_п^р = 1115$ кг $\quad G_г = 50$ кг

$P_п^р = 260$ кг

$P_{1п}^р = 2 \cdot 3105 \cdot 1{,}4 \cdot \sin 4° = 608$ кг

$P_п^р + P_{1п}^р = 868$ кг

Расчетная схема



$$R_A = \frac{868 \cdot 36 - 1165 \cdot 10}{400} = \frac{31250 - 11650}{400} = 49 \text{ кг}$$

$$M = 49 \cdot 390 = 19120 \text{ кг см}$$

$$R_B = \frac{868 \cdot 36 + 1165 \cdot 390}{400} = \frac{31250 + 454000}{400} = 1215 \text{ кг}$$

Усилие в поясе траверсы

$$U = \frac{1215}{2 \cdot 0{,}2455} = 2470 \text{ кг}$$

Пояс выполнен из L90×7 $\quad F = 12{,}3$ см^2 $\quad J_x = 93{,}4$ см^3

$r_x = 2{,}77$ см $\quad r_{min} = 1{,}78$ см $\quad z_0 = 2{,}47$ см

$$W = \frac{93.4}{9{,}0 - 2{,}19} = \frac{93{,}4}{6{,}81} = 14{,}3 \text{ см}^3$$

$$\lambda = \frac{0.5 \cdot 400}{1.78} = 112 \qquad \varphi = 0{,}506$$

$$\sigma = \frac{2470}{0{,}506 \cdot 12.3} + \frac{19120}{14{,}3} = 396 + 1337 = 1733 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Аварийный режим III

Обрыв провода АС-185 в IV районе по гололеду

$S^{p}_{n} = 790$ кг $\quad P^{p}_{on} = 55$ кг $\quad G^{p}_{n} = 195$ кг $\quad G^{p}_{г} = 50$ кг

$$G^{p}_{люльки} = 195 \text{ кг}$$

$$R_{в} = \frac{(195 + 195{,}0 + 50) \cdot 390}{400} = 430 \text{ кг}$$

Усилие в поясе траверсы

$$U = \frac{790 \cdot 390 + 55 \cdot 36}{42} + \frac{430}{2 \cdot 0{,}2455} =$$

$$= \frac{308000 + 1980}{42} + \frac{430}{2 \cdot 0{,}2455} = 7370 + 875 =$$

$$= 8245 \text{ кг}$$

$$\sigma = \frac{8245}{0{,}506 \cdot 12.3} = 1325 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Болт в узле стойка - пояс ф 30мм
толщина фасонки $\delta = 12$ мм.

По срезу болт держит 10,6 т > 8,245т.

В узле-пояс - тяга 3 болта ф 20 мм $F = 3{,}142$ см^2

$$\sigma = \frac{8245}{3 \cdot 3{,}142} = 875 \text{ кг/см}^2 < 1300 \text{ кг/см}^2$$

Расчет тяг траверсы

Расчетным для тяг траверсы является нормальный режим II, IV район по гололеду, провод АСО-240, трос С-50, угол поворота ВЛ6°

$\sigma^{p}_{тр_1} = 165$ кг $\quad \sigma^{p}_{п} = 1400$ кг $\quad \sigma^{p}_{г} = 50$ кг

$P^{p}_{п} = 280$ кг

$P^{p}_{1п} = 2 \cdot 3105 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}0523 = 455$ кг

$P^{p}_{п} + P^{p}_{1п} = 735$ кг

$$\sigma_p = 1400 + 50 + 0{,}5 \cdot 165 = 1450 + 83 = 1533 \text{ кг}$$

$$R_B = \frac{735 \cdot 36 + 1533 \cdot 390}{400} = 1560 \text{ кг}$$

Усилие в тяге траверсы

$$S_T = \frac{1560}{0{,}2385} = 6525 \text{ кг}$$

Тяга выполнена из ф 24 мм $\quad F = 4{,}524$ см^2

$$\sigma = \frac{6525}{4{,}524} = 1445 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Траверса Б17

Расчет поясов траверсы

Расчетные режимы те же, что и для траверсы Б18

$$R_A = \frac{31250 - 11650}{280} = 70 \text{ кг}$$

$M = 70 \cdot 270 = 18900$ кг см

$$R_B = \frac{31250 + 1165 \cdot 270}{280} = \frac{31250 + 314500}{280} = 1235 \text{ кг}$$

Усилие в поясе траверсы

$$U = \frac{1235}{2 \cdot 0{,}3505} = 1760 \text{ кг}$$

Пояс выполнен из ∠ 90×7 $\quad \lambda = \frac{0{,}75 \cdot 280}{1{,}78} = 118 \quad \varphi = 0{,}464$

$$\sigma = \frac{1760}{0{,}464 \cdot 12{,}3} + \frac{18900}{14{,}3} = 308 + 1320 = 1628 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Аварийный режим III

Обрыв провода АС-185 в IV районе по гололеду

$S_n^p = 790$ кг $\quad P_{on}^p = 55$ кг $\quad G_n^p = 195$ кг $\quad G_r^p = 50$ кг

$G_{тросы}^p = 195$ кг

$$R_B = \frac{(195 + 195 + 50)\ 270}{280} = 425 \text{ кг}$$

Усилие в поясе траверсы

$$U = \frac{790 \cdot 280 + 55 \cdot 36}{37.5} + \frac{425}{2 \cdot 0{,}3505} =$$

$$= 5950 + 605 = 6555 \text{ кг}$$

$$\sigma = \frac{6555}{0{,}464 \cdot 12{,}3} = 1150 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Расчет тяги траверсы

$$R_B = \frac{735 \cdot 36 + 1533 \cdot 270}{280} = \frac{440.500}{280} = 1575\ кг$$

Усилие в тяге траверсы

$$S_T = \frac{1575}{0,3308} = 4750\ кг$$

Тяга выполнена из ф 24 мм

Напряжение $\sigma = \frac{4750}{4,524} = 1050\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2$

Расчет выполнил рук группы /Иванова/

gost.e-ecolog.ru