

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

ОТМЕНЕН

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные железобетонные
специальные опоры ВЛ 110-220 кВ

№ 407-4-25/75
РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 4

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

(корректировка 1974г.)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА



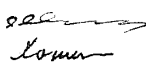
/С. РОКОТЯН/

НАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА




/М. РЕУТ/

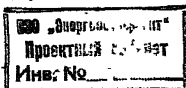
ГЛАВНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ
ИНСТИТУТА



/А. ЛЕВИН/



/В. ОВСЕНКО/



№3083 тм - Т4

МОСХВА-107 № 1 Листов (форм)-38/46

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

СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные железобетонные
специальные опоры ВЛ 110-220кВ.

№ 407-4-25/75

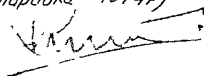
РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 4

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

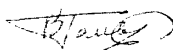
(корректировка 1974г.)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР



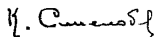
/К. КРЮКОВ/

ЗАМ. НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО
ОТДЕЛА



/В. ГАЛЫПЕРИН/

НАЧ. ОТДЕЛА ТИПОВОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ



/К. СИНЕЛОВОВ/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ Т.О.



/А. КУРНОСОВ/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА



/С. ШТИН/

ЛЕНИНГРАД - 1974 г.

Аннотация

Настоящий том содержит расчеты промежуточных порталных 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 и IV районах по гололеду и в районах по ветру до III включительно

Расчеты выполнены по методу предельных состояний

Расчет корректировки не требуется.

Листу присвоена литера „а“ в связи с замечанием о корректировке.
Рук гр. *Милаш / Цванюба*

N 3083	ТМТ4	Лист
Литера Q		4 38

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. № 1570 тм и „Инструкции по расчету стальных опор и фундаментов к ним“ инв. № 1562 тм.

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

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 порталного типа усилие в опорном сечении стойки в нормальном режиме определены от действия половины нагрузки на конструкцию в целом с учетом „коэффициента схемы -1,06, 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 №3083ТМ-Т1

том 2. Рабочие чертежи промежуточных
и промежуточно-угловых опор ВЛ
110-220 кВ №3083ТМ-Т2

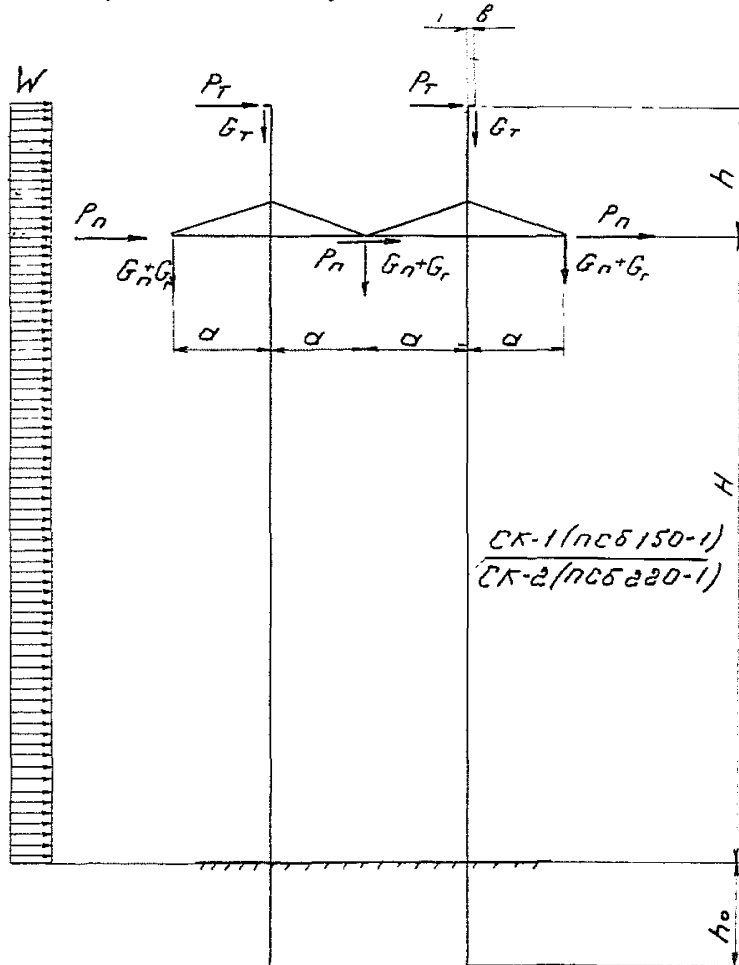
том 3. Рабочие чертежи анкерно-угловых
опор ВЛ 110 кВ №3083ТМ-Т3

том 4. Расчет промежуточных и
промежуточно-угловых
опор ВЛ 110-220 кВ №3083ТМ-Т4

том 5. Расчет анкерно-угловых
опор ВЛ 110 кВ №3083ТМ-Т5

том 6. Патентный формуляр
(хранится в ПК СЗО) №3083ТМ-Т6

Расчетная схема поперечной опоры



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

$$[M] = \frac{M_{\text{пл}} \cdot 1.06}{1.3} \text{ для III - IV районов по гололеду}$$

$$e_{\text{ветр.}} = \frac{[M] - 0.5 (g_n^p e_{\text{вес}} + 0.5 g_{\text{TP}}^p + G_n^p) a - g_{\text{T}}^p e_{\text{вес}} b - \frac{W^p (h+H)^2}{2}}{P_{\text{T}}^p (h+H) + P_n^p H \cdot 1.5}$$

* 1.06 - коэффициент схемы

где G_n^p - расчетная весовая нагрузка от (пог. м. провода

G_{TR}^p - расчетный вес траверсы,

G_g - расчетный вес гирлянды;

G_T^p - расчетная весовая нагрузка от (пог. м. троса;

R_T^p - расчетная ветровая нагрузка на (пог. м. троса;

R_n^p - " " " " " " " " " " на (пог. м. провода;

W^p - " " " " " " " " " " на (пог. м. стойки.

$$M_{TP} \leq 1.15 \left[R_T^H (H+h) + R_n^H \cdot H \cdot 1.5 + 0.5 (G_n^H + 0.5 G_{TR}^H + G_g^H) a + G_T^H b + \frac{W^H (H+h)^2}{2} \right], \text{ где}$$

R_T^H - нормативная ветровая нагрузка на пролет троса

R_n^H - " " " " " " " " " " провода

G_n^H - " " " " " " " " " " весовая нагрузка от провода;

G_T^H - " " " " " " " " " " от троса

W^H - " " " " " " " " " " ветровая нагрузка на (пог. м. стойки

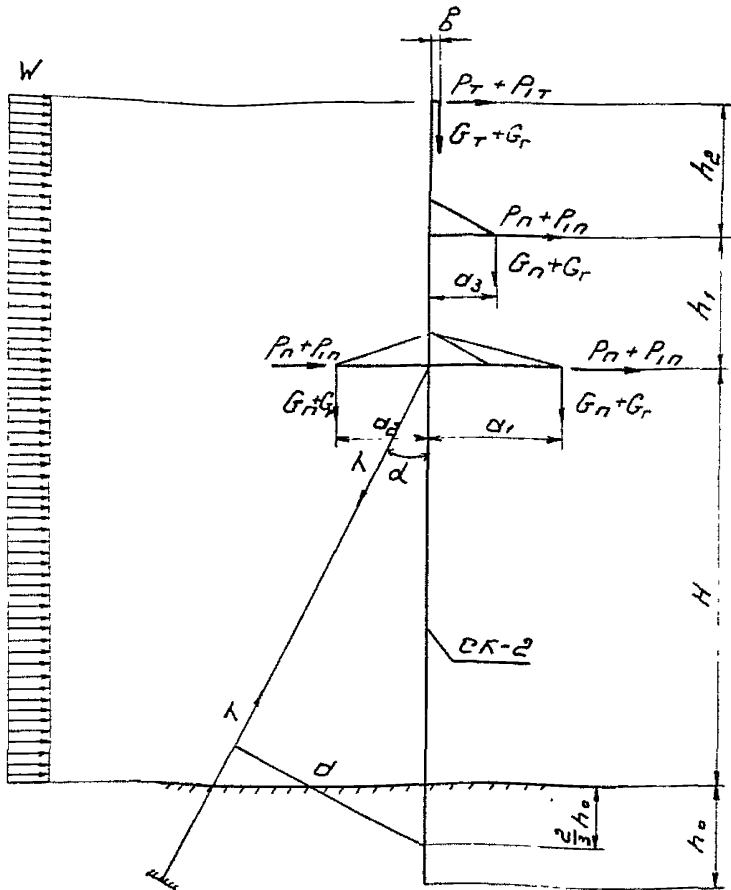
G_{TR}^H - нормативный вес траверсы

G_g^H - " " " " " " " " " " гирлянды

В аварийных режимах опоры рассчитаны

как свободностоящие порталные 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

$$M_{\text{оп}} \leq K \left\{ (P_T + P_{T'}) \cdot (H + h_1 + h_2) + (P_n + P_{n'}) (H + h_1) + 2(P_n + P_{n'}) \cdot H + G_T \cdot \delta + \right. \\ \left. + (G_n + 0.5g_{T_{P_2}}^P + G_r^P) \alpha_3 + (G_n + 0.5g_{T_{P_1}}^P + G_r^P) \alpha_1 - (G_n + 0.5g_{T_{P_2}}^P + G_r^P) \alpha_2 + \frac{W(H + h_1 + h_2)^2}{2} \right\}$$

где $P_{n/(n')}$ - расчетная составляющая вдоль траверсы от тяжения по проводу (тросу) при повороте ВЛ

$M_{\text{оп}}$ - предельный изгибающий момент по прочности стойки в опорном сечении,

G_r^P - расчетный вес гирлянды;

$K = 1,15$ для I - II района по гололеду

1,3 - для III - IV

Расчет по трещиностойкости без оттяжки

$$M_{лт} \leq 1.15 \left[(P_T^H + P_{1n}^H)(H + h_1 + h_2) + (P_n^H + P_{1n}^H)(H + h_1) + 2(P_n^H + P_{1n}^H)H + G_T^H b + (G_n^H + 0.5g_{TP_3}^H + G_r^H) a_3 + (G_n^H + 0.5g_{TP_1}^H + G_r^H) a_1 - (G_n^H + 0.5g_{TP_2}^H + G_r^H) a_2 + \frac{W^H (H + h_1 + h_2)^2}{2} \right], \text{ где}$$

Все нагрузки нормативные,

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

Расчет по прочности с оттяжкой

$$M_{лпн} = k \left\{ (P_T^P + P_{1T}^P)(h_1 + h_2) + (P_n^P + P_{1n}^P)h_1 + G_T^P b + (G_n^P + 0.5g_{TP}^P + g_r^P) a_3 + \frac{W^P (h_1 + h_2)^2}{2} \right\},$$

где все нагрузки расчетные,

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

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

Расчет по трещиностойкости с оттяжкой

$$M_{лтн} \leq 1.15 \left\{ (P_T^H + P_{1T}^H)(h_1 + h_2) + (P_n^H + P_{1n}^H)h_1 + G_T^H b + (G_n^H + 0.5g_{TP_3}^H + G_r^H) a_3 + \frac{W^H (h_1 + h_2)^2}{2} \right\},$$

где все нагрузки нормативные;

Млпк - предельный момент по трещиноватости на отметке Н (на отметке крепления оттяжки)

Расчетное усилие в оттяжке определяется выражением

$$T = \frac{(P_T + P_{T'}) (H + h_1 + h_2 + \frac{2}{3} h_0) + (P_n + P_n') (H + h_1 + \frac{2}{3} h_0) + 2(P_n + P_n') (H + \frac{2}{3} h_0) + G_T \cdot B + (G_n + 0.5g_{T2}^p + g_r^p) a_3}{d} + \frac{(G_n + 0.5g_{T1}^p + g_r^p) a_1 - (G_n + 0.5g_{T2}^p + g_r^p) a_2 + \frac{W^p (H + h_1 + h_2) (\frac{2}{3} h_0 + H + h_1 + h_2)}{2}}{d}$$

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТОЕК
в опорном сечении

№ № п/п	Шифр стойки	Моп	Мпт	Примечание
		ГГМ	тм	
1	СК-1	28.2	7.13	Применены 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	Применены в опорах ПСБ 220-1 ПЧСБ 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 γ 12.5 м от поверхности земли (на отметке крепления оттяжки)

таблица расчетных пролетов для опор ВЛ 110-220 кВ

тип опоры	Напряжение ВЛ, кВ	ширины 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	НСБ150-1	Ргоб.	330	280	210	175	345	285	235	195	370	320	265	20	370	340	285	245	370	355	300	260	365	355	310	275																															
			Рветр.	460*	385*	295*	245*	425*	480*	330*	270*	515*	445*	370*	15	355	325	275	235	350	335	285	250	345	340	295	260																															
			Рвес.	410	325	280	220	430	355	295	245	480	400	330	28	460	425	355	305	480	445	375	325	455	445	395	265																															
	220	НСБ220-1	Ргоб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																											
			Рветр.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	320	320	285	255	320	320	305	275																							
			Рвес.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	425	425	375	295	370	370	345	275																							
Промежуточно-угловые	110	НУСБ110-1	Ргоб.	230	180	145	120	230	200	160	140	240	225	185	10	240	235	200	175	240	240	210	185	235	235	215	195																															
			Рветр.	230	180	145	120	230	200	160	140	240	225	185	10	240	235	200	175	240	240	210	185	235	235	215	195																															
			Рвес.	290	225	180	150	290	250	200	175	300	280	230	30	300	295	250	220	300	300	260	230	290	300	270	245																															
	Угол поворота ВЛ для опоры оттяжки			8°																																																						
	Угол поворота ВЛ для опоры без оттяжки			6°																																																						
				5°				4°				3°				1°				4°				2°				1°				3°				1°				—				2°				—				—				—		

Примечание. Ветровые пролеты, отмеченные *, ограничены величиной 1.4 Ргоб.

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

Прободы	Радиус по гололеду	Нормальный режим I К=1.0								Нормальный режим II К=1.0									
		От ветра				От веса				От ветра				От веса					
		Норматив		Расчетн.		Норм	Расчетн.			Норматив		Расчетн.		Норматив		Расчетные			
		$q_0 = 50 \text{ кг/м}^2$				g_n^H	$g_n^P = n g_n^H$			$q=12.5$	$q=140$	$q=12.5$	$q=140$	$g_n^H = g_n^H + g_{гон}^H$			$g_n^P = n g_n^H + n g_{гон}^H$		
		$\rho^H = d C_x q_0 F 10^3$	$\rho^P = n \rho^H$	n	ρ^P		n	g_n^P	ρ^H	ρ^H	ρ^P	ρ^P	g_n^H	$g_{гон}^H$	g_n^H	n	$n g_n^H$	n	$n g_{гон}^H$
d	C_x	ρ^H	n			ρ^P			ρ^H	ρ^H	ρ^P	ρ^P	g_n^H	$g_{гон}^H$	g_n^H	n	$n g_n^H$	n	$n g_{гон}^H$
AC-50	I																		
	II																		
	III	0.78	1.2	0.449	1.2	0.539	0.198	1.1	0.818	0.294	0.330	0.411	0.461	0.206	0.402			0.412	0.628
	IV									0.434	0.497	0.606	0.695	0.555	0.751	1.1	0.216	2.0	1.110
AC-70	I																		
	II																		
	III	0.78	1.2	0.534	1.2	0.640	0.275	1.1	0.302	0.321	0.360	0.449	0.504	0.232	0.507			0.464	0.776
	IV									0.471	0.528	0.660	0.738	0.578	0.853	1.1	0.302	2.0	1.156
AC-95	I																		
	II																		
	III	0.78	1.2	0.631	1.2	0.758	0.386	1.1	0.426	0.352	0.395	0.492	0.552	0.262	0.648			0.524	0.949
	IV									0.502	0.564	0.701	0.789	0.527	0.913	1.1	0.426	2.0	1.054
AC-120	I																		
	II																		
	III	0.78	1.2	0.715	1.2	0.856	0.402	1.1	0.541	0.378	0.423	0.529	0.591	0.286	0.776			0.572	1.113
	IV									0.528	0.592	0.737	0.827	0.715	1.205	1.1	0.541	2.0	1.426
AC-150	I																		
	II																		
	III	0.78	1.2	0.800	1.2	0.960	0.617	1.1	0.678	0.405	0.453	0.566	0.634	0.311	0.928			0.622	1.300
	IV									0.555	0.622	0.776	0.870	0.765	1.382	1.1	0.678	2.0	1.530
AC-185	I																		
	II																		
	III	0.78	1.2	0.895	1.2	1.073	0.771	1.1	0.848	0.435	0.488	0.609	0.682	0.340	1.111			0.680	1.528
	IV									0.585	0.655	0.817	0.915	0.821	1.592	1.1	0.848	2.0	1.642
ACD-240	I																		
	II																		
	III	0.78	1.1	0.925	1.2	1.110	0.937	1.1	1.031	0.474	0.552	0.663	0.772	0.377	1.314			0.754	1.785
	IV									0.625	0.700	0.874	0.980	0.888	1.825	1.1	1.031	2.0	0.776
ACD-300	I																		
	II																		
	III	0.78	1.7	1.01	1.2	1.211	1.098	1.1	1.209	0.474	0.552	0.663	0.772	0.377	1.314			0.754	1.785
	IV									0.625	0.700	0.874	0.980	0.888	1.825	1.1	1.031	2.0	0.776
ACD-400	I																		
	II																		
	III	0.78	1.1	1.165	1.2	1.398	1.501	1.1	1.651	0.533	0.562	0.745	0.788	0.404	1.502			0.808	2.017
	IV									0.668	0.732	0.934	1.023	0.947	2.045	1.1	1.209	2.0	1.894

N3083MT4
 Номер 16 38

Таблица № 1		Высота по галерею		Нормальный режим I K=1,0										Нормальный режим II K=1,0								Таблица № 1							
				От ветра					От веса					От ветра				От веса											
				Нормативн		Расчетн			Норм.		Расчетн			Нормативные		Расчетные		Нормативные		Расчетные									
				$C_x = 1,2$		$\rho^H = \alpha C_x q F \cdot 10^{-3}$			$\rho^P = n \cdot \rho^H$		$q^H = n q^H$			$\rho^H = \alpha C_x q F \cdot 10^{-3}$		$\rho^P = n \cdot \rho^H$		$q^H = q^H + q^H_{гол}$		$q^P = n q^H + n \cdot q^H_{гол}$									
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				
		q	α	ρ^H	n	ρ^P	q^H	n	q^P	q	ρ^H	q	ρ^H	ρ^P	ρ^P	q^H	$q^H_{гол}$	q^H	n	$n q^H$	n	$n \cdot q^H_{гол}$	q^P						
0,5 - 3	1-011 9260	I										13,5	0,309		0,346	0,431	0,484			0,199	0,617			0,398	0,858				
		II	1,08	54	0,76	0,447	1,2	0,536	0,418	1,1	0,460			0,471		0,527	0,659	0,736	0,418		0,540	0,958	1,1	0,460	2,0	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			
	1-051 926	I											12,5	0,286		0,321	0,400	0,450			0,199	0,617			0,398	0,858			
		II	1,0	50	0,78	0,425	1,2	0,510	0,418	1,1	0,460			0,436		0,489	0,610	0,685	0,418		0,540	0,958	1,1	0,460	2,0	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			
Таблица № 2 (Высота - 105 220-1)																													
№ 3083ТМ-14	17	38	I																										
			II	1,0	50	0,78	0,515	1,2	0,618	0,623	1,1	0,685	12,5	0,315		0,353	0,440	0,494			0,226	0,849			0,452	1,137			
			III														0,465		0,520	0,650	0,728	0,623	0,594	1,217	1,1	0,685	2,0	1,188	1,873
			IV																0,689		0,964		1,102	1,725			2,204	2,889	
																				1,752	2,375			3,504	4,189				

Примечание.

В таблице даны нормативные и расчетные погонные ветровые и весовые нагрузки на трубы С-50 и С-70 в м/м.

Нагрузки на опоры от проводов и тросов

№ № схем	Характеристики схем	Расчетн. климат. условия	Схемы нагрузок	Ряд нагрузок	Обозначения
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда Ветер направлен перпендикулярно оси ВЛ	$q = 50 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ $t = -5^\circ \text{C}$ $c = 0$		Давление ветра на пролет провода	P_n
				Давление ветра на пролет тросов	P_T
				Вес пролета провода	G_n
				Вес гирлянд изоляторов	G_r
				Вес пролета троса	G_T
II	Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен перпендикулярно оси ВЛ	$t = -5^\circ \text{C}$ $q = 12,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ $c = 5 \div 10 \text{ мм}$ $q_T = 14 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ $c = 15 \div 20 \text{ мм}$		Давление ветра на пролет провода	P_n
				Давление ветра на пролет тросов	P_T
				Вес пролета провода	G_n
				Вес гирлянд изоляторов	G_r
				Вес пролета троса	G_T
III	Оборваны провода одной фазы, дающие наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору. Трос не оборван	$q = 0$ $t = -5^\circ \text{C}$ $c = 0$		Тяжение провода при обрыве	S_n
				Вес пролета провода	G_n
				Вес гирлянд изоляторов	G_r
				Вес пролета троса	G_T
IV	Оборван трос, провода не оборваны	$q = 0$ $t = -5^\circ \text{C}$ $c = 0$		Тяжение троса при обрыве	S_T
				Вес пролета провода	G_n
				Вес гирлянд изоляторов	G_r
				Вес пролета троса	G_T

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																			
		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-120	С-50	АС-120	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-150	С-50	АС-185	С-50	АС-185	С-50	АС-240	С-50	АС-240	С-50																		
I	Р _{раб.}	330		280		210		175		345		285		195		370		320		285		230		370		340		285		245		370																			
	Р _{ветр.}	460*		365*		295*		245*		485*		400*		330*		270*		515*		445*		370*		300		465		465		355		300																			
	Р _{вес}	410		325		260		220		430		355		295		245		460		400		330		290		460		425		355		305																			
II	Р _н ; Р _т	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 _н ; G _т	125	190	100	150	80	120	85	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 _г	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 _н +g _г	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		
III	Р _н ; Р _т	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 _н ; G _т	315	350	475	500	675	650	650	625	410	365	525	545	695	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 _г	50	-	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 _н +g _г	365	350	525	500	725	650	900	625	460	365	575	545	945	735	1100	920	565	390	840	615	1200	825	1410	1085	650	390	990	650	1260	825	1535	1140	755	390	1160	680	1450	935	1760	1220	860	385	1300	680	1640	965	1995	1270		
IV	S _н ; S _т	280	7	260	-	260	-	260	-	365	-	365	-	365	-	365	-	520	-	520	-	520	-	520	-	665	-	665	-	665	-	665	-	815	-	815	-	815	-	815	-	815	-	815	-	815	-	815	-		
	G _н ; G _т	125	190	100	150	80	120	85	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 _г	50	-	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 _н +g _г	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		
V	S _т	-	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 _н ; G _т	125	190	100	150	80	120	85	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 _г	50	-	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 _н +g _г	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		

Примечания: 1. Ветровая нагрузка на трос рассчитана с коэффициентом увеличения скоростного напора 1,0.
2. Максимальное напряжение в тросе G_{т, max} = 35 кг/мм²

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

Схема	I		II		III		IV		I		II		III		IV		I		II		III		IV										
	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-240	C-50									
Е _{греб.}	350		305		255		215		350		325		275		235		350		335		285		250										
Е _{вемп.}	490*		425*		355*		300		465		455*		355		285		415		415		345		260										
Е _{век.}	435		380		320		270		435		405		345		295		435		420		355		265										
P _n , P _T	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	445	205	365	170	295	135	
G _n , G _T	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	440	195	380	170	335	150	
g _r	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	
G _n +g _r , G _T	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	510	195	450	170	405	150	
P _n , P _T	260	195	315	260	380	325	390	345	265	185	355	280	395	325	380	330	255	165	340	255	400	320	375	310	265	160	350	245	400	305	380	295	
G _n , G _T	465	370	750	580	995	800	1220	1020	565	370	695	620	1205	860	1440	1110	665	370	1050	645	1325	685	1635	1160	770	365	1195	650	1530	925	1860	1220	
g _r	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	
G _n +g _r , G _T	555	370	820	580	1065	800	1290	1020	635	370	965	620	1275	860	1510	1110	735	370	1120	645	1395	685	1705	1160	840	365	1265	650	1600	925	1930	1220	
S _n	520	-	520	-	520	-	520	-	665	-	665	-	665	-	665	-	815	-	815	-	815	-	815	-	810	-	810	-	810	-	810	-	
G _n , G _T	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	440	195	380	170	335	150	
g _r	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	
G _n +g _r , G _T	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	510	195	450	170	405	150	
0.5G _n +g _r	185	-	175	-	165	-	145	-	220	-	210	-	190	-	170	-	255	-	250	-	220	-	200	-	290	-	290	-	260	-	240	-	
S _T	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-	885	-
G _n , G _T	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	440	195	380	170	335	150	
g _r	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	70	-	
G _n +g _r , G _T	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	510	195	450	170	405	150	
0.5G _T	-	100	-	90	-	75	-	65	-	100	-	95	-	80	-	70	-	100	-	100	-	85	-	75	-	100	-	100	-	85	-	75	-

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

Расчетные нагрузки от проводов и тросов на опору
НСБ 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
Схема	$P_{греб.}$	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	$P_n; P_T$	515	265	515	265	455	230	380	185	515	230	515	230	485	215	385	170
	$G_n; G_T$	485	275	485	275	430	245	30	220	660	275	660	275	630	260	570	240
	g_r	95	-	95	-	95	-	9	-	95	-	95	-	95	-	95	-
	$G_n+g_r; G_T$	580	275	580	275	525	245	4,5	220	755	275	755	275	725	260	665	240
II	$P_n; P_T$	315	185	395	275	470	360	4,5	345	290	160	370	240	465	335	435	330
	$G_n; G_T$	805	455	1245	750	1590	1025	1165	1340	1025	455	1500	750	1990	1100	2410	1445
	g_r	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-
	$G_n+g_r; G_T$	900	455	1340	750	1685	1025	2160	1340	1120	455	1595	750	2085	1100	2505	1445
III	S_n	980	-	980	-	980	-	90	-	1300	-	1300	-	1300	-	1300	-
	$G_n; G_T$	485	275	485	275	430	245	310	220	660	275	660	275	630	260	570	240
	g_r	95	-	95	-	95	-	9	-	95	-	95	-	95	-	95	-
	$G_n+g_r; G_T$	580	275	580	275	525	245	4,5	220	755	275	755	275	725	260	665	240
	$0,5 G_n+g_r$	340	-	340	-	310	-	2,0	-	425	-	425	-	410	-	380	-
IV	S_T	-	1320	-	1320	-	1320	-	1320	-	1320	-	1320	-	1320	-	1320
	$G_n; G_T$	485	275	485	275	430	245	3,0	220	660	275	660	275	630	260	570	240
	g_r	95	-	95	-	95	-	9	-	95	-	95	-	95	-	95	-
	G_n+g_r	580	275	580	275	525	245	4,5	220	755	275	755	275	725	260	665	240
	$0,5 G_T$	-	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 $\sigma_{Tmax} = 5 \text{ кг/мм}^2$

Нагрузки на опоры от проводов и тросов

№ схем	Характеристики схем	Расчетные климатические условия	Схема нагрузок	Род нагрузок	Обозначения
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда	$q = 50 \frac{кг}{м^2}$ $t = -5^\circ C$ $C = 0$		<p>Составляющая взвесь тросов от давления ветра на пролет провода. То же тросы</p> <p>Составляющая взвесь тросов от тяжения проводов. То же по тросу</p> <p>Суммарная горизонтальная нагрузка взвесь тросов в точке крепления проводов (тросов)</p> <p>Вес пролета провода, троса</p> <p>Вес гирлянды изоляторов</p>	$P_n; P_T$ $P_{nn}; P_{Tn}$ $P_n + P_{nn}; P_T + P_{Tn}$ $G_n; G_T$ g_r
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом	$t = -5^\circ C$ $q = 12.5 \frac{кг}{м^2}$ $C = 5 \div 10_{мм}$ $q = 14 \frac{кг}{м^2}$ $C = 15 \div 20_{мм}$		<p>Составляющая взвесь тросов от давления ветра на пролет провода. То же тросы</p> <p>Составляющая взвесь тросов от тяжения проводов, троса</p> <p>Суммарная горизонтальная нагрузка взвесь тросов в точке крепления проводов (тросов)</p> <p>Вес пролета провода, троса</p> <p>Вес гирлянды изоляторов</p>	$P_n; P_T$ $P_{nn}; P_{Tn}$ $P_n + P_{nn}; P_T + P_{Tn}$ $G_n; G_T$ g_r
III	Оборваны провода одной фазы, дающие наибольший, изгибающий или крутящий моменты на опоры. Трос не оборван.	$q = 0$ $t = 5^\circ C$ $C = 0$		<p>Составляющая поперек тросов от тяжения на проводах при обрыве</p> <p>Составляющая взвесь тросов от тяжения целого провода</p> <p>Составляющая взвесь тросов от тяжения на проводах при обрыве</p> <p>Вес пролета провода, троса</p> <p>Вес гирлянды изоляторов</p>	S_n P_{nn} P_n $G_n; G_T$ g_r
IV	Оборван трос, провода не оборваны	$q = 0$ $t = -5^\circ C$ $C = 0$		<p>Составляющая поперек тросов от тяжения троса при обрыве</p> <p>Составляющая взвесь тросов от тяжения целого троса</p> <p>Составляющая взвесь тросов от тяжения на тросу при обрыве</p> <p>Вес пролета провода, троса</p> <p>Вес гирлянды изоляторов</p>	S_T P_T P_n $G_n; G_T$ g_r

Давление ветра на стойку

Таблица

Зона	Высота зоны h [м]	Отметка середины зоны [м]	Кэфф. увелич. скорости K	Скоростной напор q [кг/м ²]	mq [кг/м ²]	$v = 4\sqrt{mq}$	Диаметр среднего сечения зоны - d	$Re = \frac{vd}{\nu}$	C_x	$Q^H = C_x mq^2 h^3$
I	15	7,5	1	50	50	28,3	$\frac{283 \cdot 0,455}{0,145 \cdot 10^{-4}} = 8,89 \cdot 10^5$	0,475	0,475	163
				12,5	12,5	14,15	$4,44 \cdot 10^5$	0,45	0,45	38,5
				14,0	14,0	14,95	$4,69 \cdot 10^5$			43,1
II	4,6	17,3	1,18	50	59	30,75	$7,57 \cdot 10^5$	0,45	0,45	43,7
				12,5	14,75	15,37	$3,78 \cdot 10^5$	0,475	0,475	11,52
				14,0	16,5	16,25	$4,0 \cdot 10^5$	0,45	0,45	12,2

$\beta = 1$ на основании п. 2.10 СНиП 11-У.9-62

Значения W кг/мм, принятые в расчете

Нормативные

Расчетные

Схемы без гололеда

$$q = 50 \text{ кг/м}^2 \quad W^H = \frac{163 + 43,7}{15 + 4,6} \approx 10,5 \quad W^P = 1,2 \cdot 10,5 = 12,6 \text{ кг/мм}$$

Схемы с гололедом

$$q = 12,5 \text{ кг/м}^2 \quad W^H = \frac{38,5 + 11,52}{15 + 4,6} \approx 2,6 \text{ кг/мм} \quad W^P = 1,0 \cdot 2,6 = 2,6 \text{ кг/мм}$$

$$q = 14 \text{ кг/м}^2 \quad W^H = \frac{43,1 + 12,2}{15 + 4,6} \approx 2,8 \text{ кг/мм} \quad W^P = 1,0 \cdot 2,8 = 2,8 \text{ кг/мм}$$

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 АСГ-240 и троса С-50 в
I районе по гололеду.

$$l_{\text{всп}} = 400 \text{ м} \quad l_{\text{вст}} = 460 \text{ м} \quad q^H = 50 \text{ кг/м}^2 \quad W^H = 10,5 \text{ кг/п.м}$$

$$P_T^H = 0,425 \cdot 400 = 170 \text{ кг} \quad P_n^H = 0,925 \cdot 400 = 370 \text{ кг}$$

$$G_T^H = 0,418 \cdot 460 = 193 \text{ кг} \quad G_n^H = 0,937 \cdot 460 = 431 \text{ кг}$$

$$G_{\text{тр}}^H = 60 \text{ кг}$$

$$M^H = 1,15 \left[0,170 \cdot 20,5 + 0,37 \cdot 1,5 \cdot 17,5 + 0,5 (0,431 + 0,03) \cdot 2,5 + \right. \\ \left. + 0,193 \cdot 0,2 + \frac{0,0105 \cdot 20,5^2}{2} \right] = \\ = 1,15 (3,48 + 9,61 + 0,576 + 0,038 + 2,21) = 18,32 \text{ мм}$$

$$0,85 \cdot 18,32 = 15,6 \text{ мм} = M_{\text{нт}} = 15,61 \text{ мм}$$

Проверка прочности стойки в аварийных
режимах работы.

Аварийный режим III.

Обрыв консольного провода АС-185

$$S_n^p = 815 \text{ кг}$$

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

Аварийный режим IV.

Обрыв троса С-50

$$S_T^p = 885 \text{ кг}$$

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

Опора ПСБ 220-1

Проверка трещиностойкости стойки СК-2пр
в опорном сечении.

Нормальный режим I, I район по гололеду
провод АСО-400, трос С-70.

$$L_{\text{ветр}} = 370 \text{ м}$$

$$L_{\text{вес}} = 400 \text{ м}$$

$$P_T^H = 0,618 \cdot 370 = 229 \text{ кг}$$

$$P_n^H = 1,165 \cdot 370 = 431 \text{ кг}$$

$$G_T^H = 0,623 \cdot 400 = 249 \text{ кг}$$

$$G_n^H = 1,501 \cdot 400 = 600 \text{ кг}$$

$$G_{\text{тр}}^H = 70 \text{ кг}$$

$$M^H = 1,15 \left[0,229 \cdot 20,5 + 0,431 \cdot 17,5 \cdot 1,5 + 0,5(0,6 + 0,035) \cdot 2,8 + \right. \\ \left. + 0,249 \cdot 0,4 + \frac{0,0105 \cdot 20,5^2}{2} \right] = \\ = 1,15(4,7 + 11,3 + 0,888 + 0,1 + 2,21) = 1,15 \cdot 19,198 = 22,05 \text{ тм} \\ 0,85 \cdot 22,05 = 18,75 \approx M_{\text{нТ}} = 18,84 \text{ тм}$$

Проверка прочности стойки в аварийных режимах работы

Аварийный режим III

Обрыв консольного провода АСО-400

Обрывное усилие по проводу $S_n = 1300 \text{ кг}$

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

Аварийный режим IV

Обрыв троса С-70

Обрывное усилие по тросу $S_T = 1320 \text{ кг}$

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

Опора ПУСБ 110-1

Проверка прочности 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

$$W^H = 10.5 \text{ кг/м}^2$$

$$L_{\text{ветра}} = 230 \text{ м}$$

$$L_{\text{вес}} = 290 \text{ м}$$

$$P_T^H = 0.447 \cdot 230 = 103 \text{ кг}$$

$$P_n^H = 0.631 \cdot 230 = 145 \text{ кг}$$

$$P_{1T}^H = 184 \text{ кг}$$

$$P_{1n}^H = 100 \text{ кг}$$

$$P_T^H + P_{1T}^H = 287 \text{ кг}$$

$$P_n^H + P_{1n}^H = 245 \text{ кг}$$

$$G_T^H = 0.418 \cdot 290 = 121 \text{ кг}$$

$$G_n^H = 0.386 \cdot 290 = 112 \text{ кг}$$

$$G_r^H = 45 \text{ кг}$$

$$G_{TP1} = 150 \text{ кг}$$

$$G_{TP2} = 80 \text{ кг}$$

$$G_{TP3} = 40 \text{ кг}$$

$$M^H = 1.15 \left[0.287 \cdot 20.5 + 0.245 \cdot 41.5 + 0.121 \cdot 0.2 + (0.112 + 0.075 + 0.05) \cdot 4.0 + (0.112 + 0.02 + 0.05) \cdot 2.0 - (0.112 + 0.04 + 0.05) \cdot 2.8 + \frac{0.0105 \cdot 20.5^2}{2} \right] =$$

$$= 1.15 (5.89 + 10.18 + 0.02 + 0.95 + 0.36 - 0.565 + 2.21) = 22.55 \text{ мн}$$

$$0.85 \cdot 22.55 = 19.1 \text{ мн} \approx M_{пр} = 18.84 \text{ мн}$$

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. $W^H = 2,8 \text{ кг/п.м}$

$$L_{\text{вентр}} = 185 \text{ м}$$

$$L_{\text{вес}} = 230 \text{ м}$$

$$P_T^H = 87 \text{ кг}$$

$$P_n^H = 103 \text{ кг}$$

$$P_{1T}^H = 320 \text{ кг}$$

$$P_{1n}^H = 380 \text{ кг}$$

$$P_T^H + P_{1T}^H = 87 + 320 = 407 \text{ кг}$$

$$P_n^H + P_{1n}^H = 103 + 380 = 483 \text{ кг}$$

$$G_T^H = 785 \text{ кг}$$

$$G_n^H = 1100 \text{ кг}$$

$$G_r^H = 45 \text{ кг}$$

$$G_{TP3}^H = 40 \text{ кг}$$

$$M^H = 1,15 \left\{ 0,407 \cdot 8,0 + 0,483 \cdot 4,0 + 0,785 \cdot 0,2 + (1,1 + 0,02 + 0,05) \cdot 2,0 + \frac{0,0028 \cdot 8,0^2}{2} \right\} = 1,15 (3,26 + 1,93 + 1,57 + 2,34 + 0,09) =$$

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

$$0,85 \cdot 10,57 = 8,96 \text{ мм} < M_{пТ} = 9,85 \text{ мм}$$

Определение расчетного усилия в оттяжке

Расчетным для оттяжки является нормальный режим II, IV район по гололеду; $\alpha = 8^\circ$,

провод АС-185, трос С-50

$$P_n^P + P_m^P = 820 \text{ кг} \quad P_T^P + P_{17}^P = 658 \text{ кг} \quad W^P = 2,8 \text{ кг/пм}$$

$$G_n = 1210 \text{ кг} \quad G_T = 860 \text{ кг}$$

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

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

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

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

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

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

Проверка прочности оттяжки

Оттяжка выполнена из каната $\phi 15,5 \text{ мм}$

по ГОСТ 3064 - 55.

Разрывное усилие каната в целом 16,7 т.

$$\begin{aligned} \text{Расчетное усилие} & 16,7 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = \\ & = 9,62 \text{ т} > T = 8,76 \text{ т} \end{aligned}$$

Прессуемый зажим НС-150-1

Разрушающая зажим нагрузка по каталогу - 20,60 т

$$\begin{aligned} \text{Расчетное усилие} & 20,60 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = \\ & = 11,88 \text{ т} > 8,76 \text{ т} \end{aligned}$$

Соединительная планка Б 727

Площадь ослабленного сечения

$$F_{нт} = (8,0 - 3,1) \cdot 0,5 = 2,94 \text{ см}^2$$

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

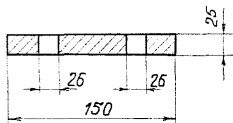
Б 728

Площадь 2 болтов $\phi 24$ мм по ослабленному сечению

$$F_{нт} = 2 \cdot 3,09 = 6,18 \text{ см}^2$$

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

Коромысло Б 729



Изгибающий момент

$$M_{изз} = 4380 \cdot 5,0 = 21,900 \text{ кгсм}$$

Момент сопротивления

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

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

Проверка прочности металлических деталей

Расчет трюверс Б14 и Б16 не приведен, т.к. их элементы проверены в расчете нормальных опор № 3082 ТМ-Т5 (Б6) и № 3082 ТМ-Т6 (Б10)

Трюверса Б18 (опора ПУСБ-110-1)

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

$$\alpha_2 = 19^{\circ} 19'$$

$$\operatorname{Sin} \alpha_2 = 0,3308$$

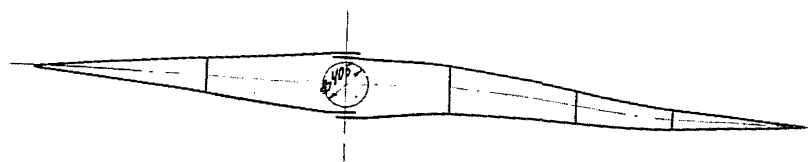
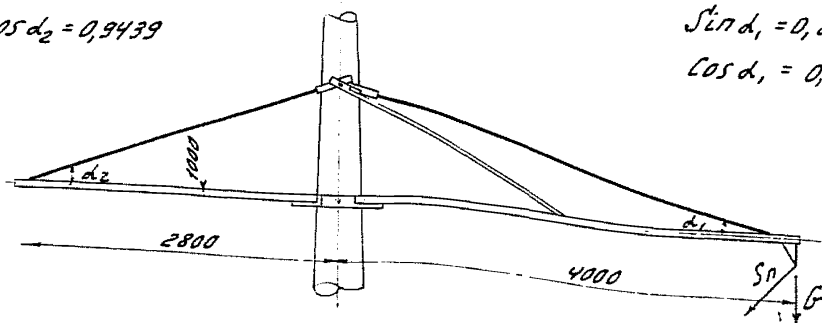
$$\operatorname{Cos} \alpha_2 = 0,9439$$

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

$$\alpha_1 = 13^{\circ} 48'$$

$$\operatorname{Sin} \alpha_1 = 0,2385$$

$$\operatorname{Cos} \alpha_1 = 0,9711$$



№ 3083 ТМ-Т4		Лист
ИМПЕР	33	38

Расчет поясов траверсы

Нормальный режим II, III район по гололеду, угол поворота $ВЛ8^\circ$, проваг АСО 240, трос С-50

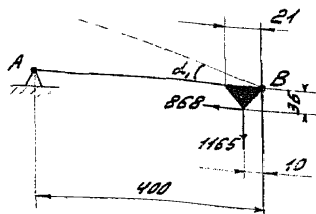
$$G_{TP} = 165 \text{ кг} \quad G_n^p = 1115 \text{ кг} \quad G_r = 50 \text{ кг}$$

$$P_n^p = 260 \text{ кг}$$

$$P_{111}^p = 2 \cdot 3125 \cdot 1,4 \cdot \sin 4^\circ = 608 \text{ кг}$$

$$P_n^p + P_{111}^p = 868 \text{ кг}$$

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 выполним из 190×7 $F = 12,3 \text{ см}^2$ $J_k = 93,4 \text{ см}^3$

$$Z_k = 2,77 \text{ см} \quad Z_{\min} = 1,78 \text{ см} \quad Z_0 = 2,47 \text{ см}$$

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

$$L = \frac{0,5 \cdot 400}{1,78} = 112$$

$$\psi = 0,506$$

$$G = \frac{2470}{0,506 \cdot 12,3} + \frac{19120}{14,3} = 396 + 1337 = 1733 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Аварийный режим III

Обрыв провода АС-185 в IV районе по гололеду

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

$$G_{ляльки}^p = 195 \text{ кг}$$

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

Усилие в поясе traversы

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

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

$$= 8245 \text{ кг}$$

$$G = \frac{8245}{0,506 \cdot 12,3} = 1325 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Болт в узле стойка - пояс ϕ 30 мм
толщина фланки $\delta = 12$ мм.

По срезу болт держит $10,6 \text{ т} > 8,245 \text{ т}$.

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

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

Расчет тяг тросов

Расчетным для тяг тросов является нормальный режим II, III район по гололеду, провод ЯСО-240, трос С-50, угол поворота $ВЛБ^\circ$

$$G_{TP}^p = 165 \text{ кг} \quad G_n^p = 1400 \text{ кг} \quad G_r^p = 50 \text{ кг}$$

$$P_n^p = 280 \text{ кг}$$

$$P_{1n}^p = 2 \cdot 3105 \cdot 1,4 \cdot 0,0523 = 455 \text{ кг}$$

$$P_n^p + P_{1n}^p = 735 \text{ кг}$$

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

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

Условие в тяге тросов

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

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

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

Тросов Б17

Расчет поясов тросов

Расчетные режимы те же, что и для тросов Б18

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

$$M = 70 \cdot 270 = 18900 \text{ кг см}$$

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

Усилие в поясе трюверсы

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

Пояс выполнен из L 90x7 $\lambda = \frac{0,75 \cdot 280}{1,78} = 118$ $\varphi = 0,464$

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

Аварийный режим III

Обрыв провода ЯС-185 в IV равне по гололеду

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

$$G_{\text{полюсы}} = 195 \text{ кг}$$

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

Усилие в поясе трюверсы

$$U = \frac{790 \cdot 280 + 55 \cdot 36}{37,5} + \frac{425}{2 \cdot 0,3505} =$$

$$= 5950 + 605 = 6555 \text{ кг}$$

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

Расчет тяги тросов

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

Усилие в тяге тросов

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

Тяга выполнена из ϕ 24 мм

$$\text{Напряжение } \sigma = \frac{4750}{4524} = 1050 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Расчет выполнил рук группы *Ивант* (Иванова)