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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные специальные опоры ВЛ35, 110 и 150кв

3.407-94

Рабочие чертежи

Том 3

Расчеты опор для горных районов

/ Корректировка 1973 г /

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

№ 3079 тм-т3
страниц
листов (форм.)101(1
чертеж. (форм.)

МОСКВА - 1969.. г.

gost.e-ecolog.ru

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 35, 110 и 150 кв

3.407-94

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ ИНСТИТУТА /Л. ЛЕВИН/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ ИНСТИТУТА ПО ВЛ /В. ОВСЕЕНКО/

МОСКВА - 1969 г.

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 35, 110 и 150 кв

3.407-94

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР /К. Крюков/

/ЗАМ. НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА /В. Гальперин/

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ /К. Синелобов/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА /Б. Новгородцев/

ЛЕНИНГРАД 1960 г.

Инв. № 3/101
3079 тм/3

Аннотация

В настоящем томе приводятся расчеты промежуточных и промежуточных угловых свободностоящих опор П35-1, ПС35-4, ПС110-9, ПС110-10, ПУС 110-1 и ПУС 110-2 для горных районов, промежуточной опоры на оттяжках ПС 110-11, и расчеты предельных углов поворота, допускаемых на нормальных и специальных анкерно-угловых опорах У35-1 У35-2, У110-1, У110-2, УС110-5 и УС110-6 при их использовании в горных районах.

Все опоры рассчитаны на нагрузки V района по ветру /$q = 80$ кг/м²/, марки проводов по ГОСТ 839-59 и районы по гололеду, принятые в расчетах каждой опоры, указаны на листах нагрузок (см. листы 12-15, 31-34, 51-54, 74-75)

Расчеты опор выполнены по методу предельных состояний согласно нормам ПУЭ-66, СН и П II-И.9-62 с учетом изменении некоторых

3079 м/3 л 4/101

ктов ПУЭ-60 утвержденных решением

стерства энергетики и электрификации СССР

т 7 сентября 1967г. при рассмотрении проекта

фицированных опор.

Секций и элементы опор рассчитаны на более неблагоприятные условия их применения

Расчетные листы включены в объем тома 6 „Рабочие чертежи опор для горных районов."

Состав проекта

		Инвентарный номер
том 1.	Пояснительная записка	3079 тм-т 1
том 2.	Расчеты подставок, опор для городских условий и ответвительных опор.	3079 тм – т2
том 3.	Расчеты опор для горных районов	3079 тм – т3
том 4.	Рабочие чертежи пониженных промежуточных опор, подставок и анкерно-угловой опоры с горизонтальным расположением проводов.	3079 тм – т4
том 5.	Рабочие чертежи опор для городских условий.	3079 тм – т5
том 6.	Рабочие чертежи опор для горных районов.	3079 тг – т6
том 7	Нагрузки на фундаменты	3079 тм – т7
том 8	Ответвительные опоры и схемы транспозиции	3079 тм – т8

Содержание тома 3

		Листы
	I. Расчет промежуточных опор 35кв	
1	Эскизы опор	10 - 11
2	Нагрузки на опоры	12 - 15
3	Давление ветра на конструкцию опор	16 - 17
4	Расчет поясов ствола опор	18 - 19
5.	Расчет раскосов ствола опор	20
6.	Расчет траверс	21 - 25
7	Расчет распорок и диафрагм	26
8.	Расчет стыков поясов ствола	27 - 28
	II. Расчет промежуточных свободностоящих опор 110кв.	
1.	Эскизы опор	29 - 30
2.	Нагрузки на опоры	31 - 34
3.	Давление ветра на конструкцию опор	35 - 36
4.	Расчет поясов ствола опор	37 - 38
5.	Расчет раскосов ствола опор	39
6.	Расчет траверс	40 - 42
7.	Расчет распорок и диафрагм	43
8.	Расчет стыков поясов ствола	44 - 48
	III. Расчет промежуточных угловых опор	
1.	Эскизы опор	49 - 50
2.	Нагрузки на опоры	51 - 54

3079т/1 А 7/101
Комплект СЗО Зак 182-200 п/ф. 4

		Листы
3	Давление ветра на конструкцию опор	55-56
4	Расчет поясов ствола опор	57-58
5.	Расчет раскосов ствола опор	59-60
6	Расчет траверс и трасостойки	61-66
7	Расчет распорок и диафрагм	67
8	Расчет стыков поясов ствола	68-72
	IV. Расчет опоры на оттяжках	
1	Эскиз опоры	73
2.	Нагрузки на опору	74-75
3.	Давление ветра на конструкцию опоры	76
4	Расчет стойки	77-79
5.	Расчет оттяжек	80
6.	Расчет траверс	80-83
7.	Расчет стыков поясов ствола	84
	V Расчет предельных углов поворота допускаемых на анкерно-угловых опорах в горных районах.	
1	Расчет опоры У35-1	85-88
2.	Расчет опоры У35-2	89-92
3.	Расчет опоры У110-1 и УС110-5	93-95
4	Расчет опоры У110-2 и УС110-6	96-101

3079тм11 л.8/101

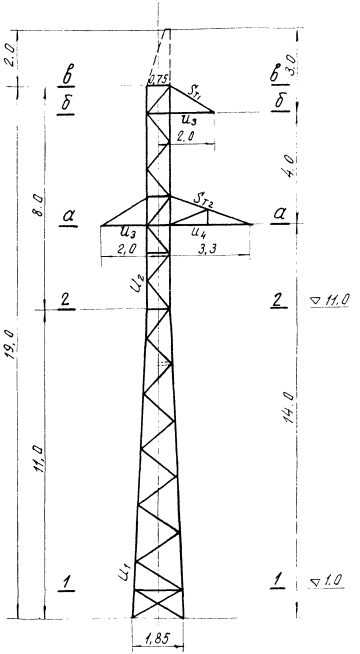
При необходимости комплектования расчета какой-либо одной опоры выдавать листы по нижеследующему перечню.

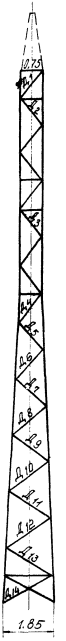
шифр опоры	листы
П35 — 1	10, 12-13, 16, 18, 20, 21, 22, 27, 3078тм-т2 л.35, расчётный лист N 3079тм-т6-10.
ПС35 — 4	11, 14-15, 17, 19, 20, 23-25, 26, 28; расчётный лист N 3079тм-т6-11.
ПС110 — 9	29, 31-32, 35, 37, 39, 40-45, расчетный лист N 3079тм-т6-12
ПС110 — 10	30, 33-34, 36, 38, 39, 40-42, 43, 46-48, расчётный лист N 3079тм-т6-13.
ПУС110 — 1	49, 51-52, 55, 57, 59, 61-69, расчётный лист N 3079тм-т6-30.
ПУС110 — 2	50, 53-54, 56, 58, 60-67, 70-72. расчётный лист N 3079тм-т6-31
ПС110 — 11	73-84, расчётный лист N 3079тм-т6-18.

3079тм/3 л. 9/101

Комитер ОЗО ЭСП Зак 182-200 11/8-68г.

П35-1





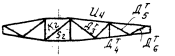
Сечение в-в



Сечение б-б



Сечение а-а



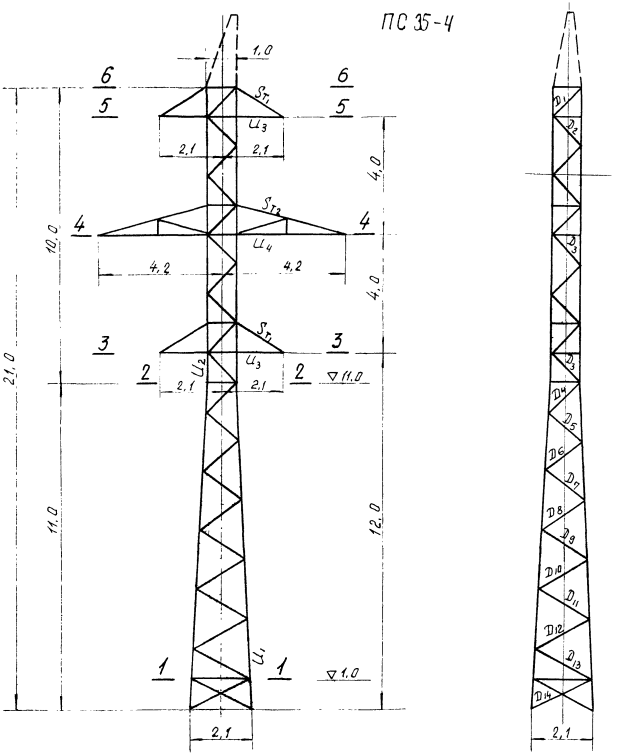
Сечение 2-2



Сечение 1-1



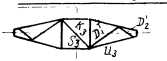
3079тм/3 л 10/101



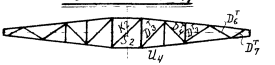
Сечение 6-6



Сечение 5-5 и 3-3



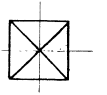
Сечение 4-4



Сечение 2-2



Сечение 1-1

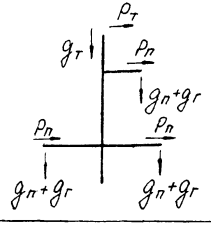
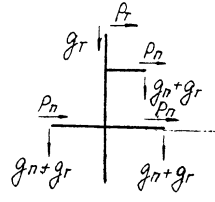
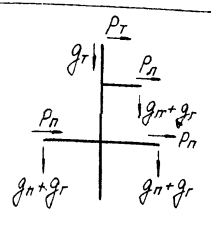


3079тм/3 л 11/101

N3079тм-т3 Лист 11/101

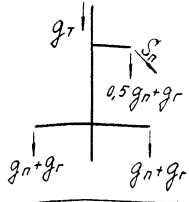
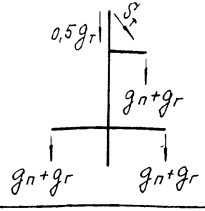
Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ЛЛ 35 кв для горных районов шифр П35-1

таблица N1

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда АС-150			III р-н гололеда С-35			IV р-н гололеда АС-150			IV р-н гололеда С-35		
					l ветр	330 м						280 м					
					l вес	470 м						360 м					
					l габ.	235 м						200 м					
						Нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C; C=0$ $\begin{cases} q_п^н = 80\ кг/м^2 \\ q_т^н = 88\ кг/м^2 \end{cases}$		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ $P_т$	375	1,2	450	195	1,2	235	320	1,2	385	165	1,2	200
				Вес проета провода троса	$g_п$ $g_т$	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125
				Вес гирянд изолятров	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарна вертикальная нгрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125
I^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$t=-5°C; C=0$ $\begin{cases} q_п^н = 80\ кг/м^2 \\ q_т^н = 88\ кг/м^2 \end{cases}$		Давление ветра на пролет провода, троа	$P_п$ $P_т$	265	1,2	320	140	1,2	170	225	1,2	270	115	1,2	140
				Вес проета провода, троса	$g_п$ $g_т$	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125
				Вес гирлянд изоляпоров	$g_т$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарна вертикальная нгрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C; C=15мм$ $\begin{cases} q_п^н = 20\ кг/м^2 \\ q_т^н = 22\ кг/м^2 \end{cases}$ $t=-5°C; C=20мм$		Давление ветра на пролет провода, троа	$P_п$ $P_т$	375	1,4	525	330	1,4	465	385	1,4	540	355	1,4	495
				Вес проета провода, проса	$g_п$ $g_т$	295 640	1,1 2,0	325 1280	155 430	1,1 2,0	170 860	225 755	1,1 2,0	250 1510	115 565	1,1 2,0	125 1130
				Вес гирянд изолятоов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарна вертикальная нгрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	960	—	1635	585	—	1030	1005	—	1790	680	—	1255

3079тм/3 л.№ 101

Продолжение таблицы N 1

NN схем	Расчетные данные	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АС-150			С-35			АС-150			С-35		
					$\ell_{вер}$	330 м						280 м					
					$\ell_{вес}$	470 м						360 м					
					$\ell_{габ}$	235 м						200 м					
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчет.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.	$t=-5°C$; $C=0$ $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1065	1,3×0,8 =1,04	1110	—	—	—	1065	1,3×0,8 =1,04	1110	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	295	1,1	325	155	1,1	170	225 225	1,1	250	115	1,1	125
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	560	1,3×0,8 =1,04	580	—	—	—	560	1,3×0,8 =1,04	580
				Вес пролета провода троса	$g_п$ $g_т$	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125

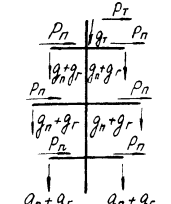
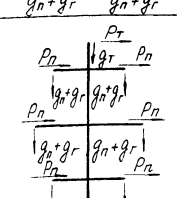
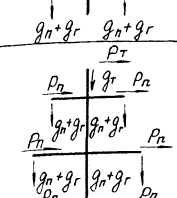
Примечания:

1. Высота центра тяжести троса - 16,6 м. Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1{,}11 \times 80 = 89$ кг/м².
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 30$ кг/мм².
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

3079 тм/3 л 13/101

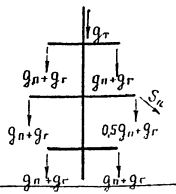
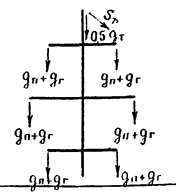
Нагрузки на двухцепную промежуточную опору ВЛ 35 кв для горных районов шифр ПС 35-4

Таблица № 2

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АС-150			С-35			АС-150			С-35		
					$l_{вет}$	280 м						240 м					
					$l_{вес}$	400 м						340 м					
					$l_{гол}$	200 м						170 м					
						нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчет.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$; $q_п^н=80$ кг/м²; $q_т^н=106$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$p_п$ / $p_т$	315	1,2	380	195	1,2	235	280	1,2	335	170	1,2	205
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ / $g_т$	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120
I[а]	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$; $q_п^н=80$ кг/м²; $q_т^н=106$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$p_п$ / $p_т$	220	1,2	265	140	1,2	170	200	1,2	240	120	1,2	145
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ / $g_т$	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t°=-5°C$; $C=15$мм; $q_п^н=20$ кг/м²; $t°=-5°C$; $C=20$мм; $q_т^н=28$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$p_п$ / $p_т$	320	1,4	450	325	1,4	455	335	1,4	470	365	1,4	510
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ / $g_т$	250 / 545	1,1 / 2,0	275 / 1090	130 / 390	1,1 / 2,0	145 / 780	210 / 715	1,1 / 2,0	230 / 1400	110 / 535	1,1 / 2,0	120 / 1070
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	820	—	1395	520	—	925	950	—	1690	645	—	1190

3079тм/3 № 14/101

продолжение таблицы N 2

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АС-150			С-35			АС-150			С-35		
					$l_{ветр}$	280 м						240 м					
					$l_{вес}$	400 м						340 м					
					$l_{габ}$	200 м						170 м					
						нормат.	п	расчетн	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчетн	нормат	п	расчет.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.	$t=-5°C;\ C=0;\ q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1065	1,3×0,8=1,04	1100	—	—	—	1065	1,3×0,8=1,04	1100	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$C=-5°C;\ C=0;\ q^н=0;$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	560	1,3×0,8=1,04	580	—	—	—	560	1,3×0,8=1,04	580
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса – 19,6 м.
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,32 \times 80 = 106$ кг/м²;
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 30$ кг/мм².
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

3079тм/3 в 15/.91

Давление ветра на конструкцию опоры П35-1 по схемам I и I^а

Таблица №3

Наименование секций	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы φ_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\varphi_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент фермы $C_\Phi = c_1 \varphi + 1,4\varphi$	ζ (при $\frac{b}{h}=1$)	Аэродинамический коэффициент пространственной фермы $C_{пр} = C_\Phi \times (1+\zeta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики β=1,35 и коэфф. перегрузки n=1,2 (кг)		
										При ветре ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°		При ветре ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°	
										$P_\perp = q_0 C_{пр} S$	$P_\perp = 0,8P$ ⊥ траверсе	$P_\parallel = 0,8P$ ∥ траверсе	$P_\perp = q_0 C_{пр} S \beta n$	$P_\perp = 0,8 P_p$ ⊥ траверсе	$P_\parallel = 0,8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	▽18,5 / 1,625	1,25	100	0,2	0,81	0,247	0,346	0,77	0,614	25 [2] (50)	30 [3]	25 [3]	40	50	40
Нижняя траверса	▽14,5 / 2,925	1,0	80	0,41	1,46	0,281	0,394	0,71	0,674	35 [2] (80)	50 [3]	35 [3]	55	80	55
Нижняя траверса	▽14,5 / 1,625	1,0	80	0,2	0,81	0,247	0,346	0,71	0,614	20 [2] (40)	25 [3]	20 [3]	30	40	30
Верхняя секция	0,75 / 8,0 / ▽15,0 / 0,75	1,0	80	1,89	6,0	0,315	0,441	0,65	0,733	350	280	280	565	450	450
Нижняя секция	0,75 / 11,0 / ▽5,5 / 1,85	1,0	80	2,74	14,3	0,192	0,269	0,81	0,501	580	465	465	935	745	745
								Итого:		1010	850	825	1625	1365	1330

3079 тм/3 л 16/101

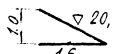
Примечания:

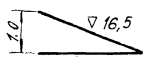
1. Опора расчитана на скоростной напор 80 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$.
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0,65\ P_{тр}$, а $P_\parallel = 0,45\ P_{тр}$.

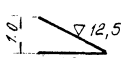
Давление ветра на конструкцию опоры ПС 35-4 для горных районов

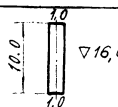
Таблица N 4

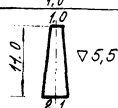
Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы φ_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\varphi_i}{S}$	Аэродинамический плоской фермы $C_ф = C_i \varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h}$ = 1,0)	Аэродинам. коэфф. пространств. фермы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэфф. перегрузки $П = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8 P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,0; ▽ 20,5; 1,6	1,36	109	0,19	0,80	0,238	0,334	0,78	0,595	25[2] × 2 (52)	35[3] × 2	25[3] × 2	40 × 2	55 × 2	40 × 2
Средняя траверса	1,0; ▽ 16,5; 3,7	1,11	89	0,53	1,85	0,286	,400	0,69	0,677	50[2] × 2 (112)	75[3] × 2	50[3] × 2	80 × 2	120 × 2	80 × 2
Нижняя траверса	1,0; ▽ 12,5; 1,6	1,0	80	0,19	0,80	0,238	,334	0,78	0,595	20[3] × 2 (38)	25[3] × 2	20[3] × 2	30 × 2	40 × 2	30 × 2
Верхняя секция	1,0; 10,0; ▽ 16,0; 1,0	1,07	86	2,40	10,0	0,24	,336	0,78	0,600	515	410	410	835	665	665
Нижняя секция	1,0; 11,0; ▽ 5,5; 2,1	1,0	80	3,23	17,0	0,19	0,266	0,82	0,485	660	530	530	1070	860	860
									Итого:	1365	1210	1130	2205	1955	1825











Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45\,P_{тр}$.
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65\,P_{тр}$; $P_\parallel = 0{,}45\,P_{тр}$.

3079 тм/3 л 17/101

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П 35-1

Таблица №5

Сечения, отметки и базы	Схема I, III район гололеда			Схема I[а], III р-н гололеда				Схема II, IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка C (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода M_n и от ветра на конструкцию опоры M_{w_n} (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода M_n	От ветра на конструкцию опоры M_{w_n}		От нагрузок на провода M_n	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе M_{w_n}	От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверсе $M_{w_\perp}$			
2-2 ▽ 11,0 м b = 0,75 м	0,45 × 7,0 = 3,15 0,45 × 2 × 3,0 = 2,70 1,35 M_n = 5,85 $M_{н.у.}$ = 0,355 × 3,3 = 1,18 ΣM_n = 7,03	0,04 × 7,5 = 0,3 (0,055 + 0,03) × 3,5 = 0,3 0,565 × 4,0 = 2,25 0,69 M_{w_n} = 2,85	0,355 × 3 = 1,07 0,075 × 8,0 = 0,6 1,67	0,32 × 7,0 = 2,24 0,32 × 2 × 3 = 1,92 0,96 M_n = 4,16 $M_{н.у}$ = 0,355 × 3,3 = 1,18 ΣM_n = 5,34	0,04 × 7,5 = 0,3 (0,055 + 0,03) × 4,5 = 0,38 0,45 × 4 = 1,8 0,575 M_{w_n} = 2,48	0,05 × 7,5 = 0,38 (0,08 + 0,04) × 4,5 = 0,54 0,45 × 4 = 1,8 0,62 . $M_{w_\perp}$ = 2,72	0,355 × 3 = 1,07 0,075 × 8,0 = 0,6 1,67	0,540 × 7,0 = 3,78 0,540 × 2 × 3 = 3,24 1,62 M_n = 7,02 $M_{ну}$ = 1,79 × 3,3 = 5,9 M_n = 12,92 $M_{w_n} = \frac{2,93}{4,8}$ = 0,61	1,79 × 3 = 5,37 0,075 × 8,0 = 0,60 5,97
	$U_2 = \frac{7,03 + 2,8}{2 \times 0,75} + \frac{1,67}{4}$ = 6,54 − 0,42 = 7,06 т			$U_2 = \frac{5,34 + 2,48 + 2,72}{2 \times 0,75} + \frac{1,67}{4}$ = 7,05 + 0,42 = 7,47 т				$U_2 = \frac{12,92 + 0,61}{2 \times 0,75} + \frac{5,97}{4}$ = 10,60	
1-1 ▽ 1,0 м b = 1,75 м Cos γ = 0,998	7,03 1,35 × 10,0 = 13,50 M_n = 20,53	0,69 × 10 = 6,90 0,85 × 4,5 = 3,82 1,27 M_{w_n} = 13,37	1,67 0,075 × 10,0 = 0,75 2,42	5,34 0,96 × 10,0 = 9,60 14,94	2,48 0,575 × 10,0 = 5,75 0,678 × 5,0 = 3,35 1,37 M_{w_n} = 11,58	2,72 0,62 × 10 = 6,20 0,678 × 5,0 = 3,35 1,365 $M_{w_\perp}$ = 12,27	1,67 0,075 × 10,0 = 0,75 2,42	1,62 × 10,0 = 12,92 / 16,20 29,12 $M_{w_n} = \frac{12,43}{4,8}$ = 2,6	5,97 0,075 × 10,0 = 0,75 6,72
	$U_1 = \frac{20,53 + 13,37}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{2,42}{\times 0,988}$ = 9,70 + 0,63 = 10,33 т			$U_1 = \frac{14,94 + 11,58 + 12,27}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{2,42}{4 \times 0,998}$ = 11,1 + 0,6 = 11,7 т				$U_1 = \frac{29,12 + 2,6}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{6,72}{4 \times 0,998}$ = 11,09 т	

Примечания:

1. $M_{н.у}$ обозначает изгибающий момент от неуравновешенной вертикальной нагрузки.
2. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2b\cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4\cos\gamma}.$$

3079 тм/3 л. 18/101

Подсчет изгибающих моментов вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПС 35-4

Таблица №6

Сечения, отметки и базы	Схема I, III район гололеда			Схема I а; III район гололеда				Схема II; IV район гололеда;	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки C (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	I траверсе $M_{W_{I}}$			
2-2 ▽ 11,0 м в = 1,0 м	0,38 × 2 × 9,0 = 6,84 0,38 × 2 × 5,0 = 3,8 0,38 × 2 × 1,0 = 0,76 2,28 M_{II} = 11,4	0,04 × 2 × 9,5 = 0,76 0,08 × 2 × 5,5 = 0,72 0,03 × 2 × 1,5 = 0,09 0,835 × 5,0 = 4,18 1,135 $M_{W_{II}}$ = 5,75	0,305 × 6 = 1,83 0,1 × 10,0 = 1,0 2,83	0,265 × 2 × 9,0 = 4,76 0,265 × 2 × 5,0 = 2,65 0,265 × 2 × 1,0 = 0,53 1,59 M_{II} = 7,94	0,04 × 2 × 9,5 = 0,76 0,08 × 2 × 5,5 = 0,72 0,03 × 2 × 1,5 = 0,09 0,665 × 5,0 = 3,32 0,965 $M_{W_{II}}$ = 4,89	0,055 × 2 × 9,5 = 0,99 0,12 × 2 × 5,5 = 1,32 0,04 × 2 × 1,5 = 0,12 0,665 × 5,0 = 3,32 1,095 $M_{W_{I}}$ = 5,75	0,301 × 6 = 1,83 0,1 × 10,0 = 1,0 2,83	0,47 × 2 × 9,0 = 8,46 0,47 × 2 × 5,0 = 4,70 0,47 × 2 × 1,0 = 0,94 2,82 M_{II} = 14,1 $M_{W_{II}} = \frac{5,75}{4,8} = 1,2$	1,690 × 6 = 10,1 0,1 × 10,0 = 1,0 11,1
	$U_2 = \frac{11,4 + 5,75}{2 \times 1,0} + \frac{2,83}{4} = 8,56 + 0,71 = 9,2$ т			$U_2 = \frac{7,94 + 4,89 + 5,75}{2 \times 1,0} + \frac{2,83}{4} = 9,29 + 0,71 = 10,00$ т				$U_2 = \frac{14,1 + 1,2}{2 \times 1,0} + \frac{11,1}{4} = 10,42$ т	
1-1 ▽ 1,0 м в = 2,0 м	11,4 2,28 × 10,0 = 22,8 2,28 M_{II} = 34,2	5,73 1,135 × 10,0 = 11,35 0,97 × 5,0 = 4,85 2,105 $M_{W_{II}}$ = 21,93	2,83 0,1 × 10,0 = 1,0 3,83	7,94 1,59 × 10,0 = 17,4 1,59 M_{II} = 25,34	4,89 0,965 × 10,0 = 9,65 0,70 × 5,0 = 3,5 1,725 $M_{W_{II}}$ = 18,34	5,75 1,095 × 10,0 = 10,95 0,70 × 5,0 = 3,5 1,855 $M_{W_{I}}$ = 19,78	2,83 0,1 × 10,0 = 1,0 3,83	14,1 2,82 × 10,0 = 28,2 3,45 M_{II} = 42,3 $M_{W_{II}} = \frac{21,95}{4,8} = 4,57$	11,1 0,1 × 10,0 = 1,0 12,1
	$U_1 = \frac{34,2 + 21,95}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,83}{4 \times 0,998} = 13,1 + 0,96 = 14,36$ т			$U_1 = \frac{25,34 + 18,34 + 19,78}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,83}{4 \times 0,998} = 15,1 + 0,96 = 16,0$ т;				$U_1 = \frac{42,3 + 4,57}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{12,1}{4} = 14,22$ т	

Примечание:

1. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2 B \cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4 \cos}$$

3079-тм-т3 л 19/101

Расчет усилий в раскосах ствола опор

Таблица 7

	П35-1	ПС 35-4
$M_{кр}$	0,406 тм	
D_1	0,91	0,91
$M_{кр}$	2,22 тм	2,31 тм
D_2	3,38	2,41
$M_{кр}$	3,663 тм	4,62 тм
D_3	4,98	4,04
D_4	3,80	3,4
D_5	3,47	2,98
D_6	2,95	2,65
D_7	2,56	2,38
D_8	2,26	2,16
D_9	2,02	1,99
D_{10}	1,83	1,83
D_{11}	1,67	1,7
D_{12}	1,54	1,59
D_{13}	1,42	1,49
D_{14}	1,32	1,40

Расчет раскосов выполнен на машине на основании исходной формулы:

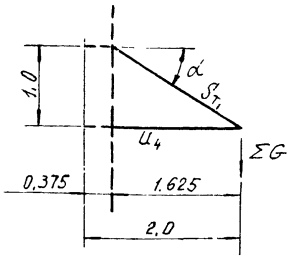
$$D = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из} \cdot tg\gamma}{b}}{Cos(\beta+\gamma)} + \frac{M_{кр}}{2b\,Cos(\beta+\gamma)}$$

3079 тм/3 ф 20/101

Расчет траверс

(для опоры П35-1)

1. Траверса $\ell = 2,0$ м (провод АС-150)



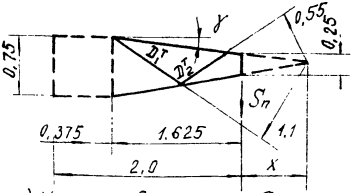
$$tg\alpha = \frac{1,0}{1,625} = 0,616$$

$$\cos\alpha = 0,851$$

$$tg\gamma = \frac{0,25}{1,625} = 0,154$$

$$\cos\gamma = 0,988$$

$$X = \frac{0,25}{2 \times tg\gamma} = 0,812 \text{ м}$$



а) Усилие в поясе. Схема III; IV р-н гололеда

$S_n = 1,11$; $g_п = 0,275$т $g_г = 0,025$т; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$т

$G_{тр} = 0,05 \times 1,1 = 0,06$т.

$$\Sigma G = 0,25 g_п + 0,5 g_г + 0,5 g_л + 0,25 G_{тр} =$$

$$= 0,25 \times 0,275 + 0,5 \times 0,025 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,06 =$$

$$= 0,069 + 0,013 + 0,082 + 0,015 = 0,179 \text{ т.}$$

$$U_3 = \frac{1,11 \times 1,625}{0,75 \times 0,988} + \frac{0,179 \times 1,625}{1,0 \times 0,988} = 2,44 + 0,30 = 2,74$$

б) Усилие в раскосах нижней грани.

Схема III; IV р-н гололеда; $S_n = 1,11$ т. $X = 0,812$м

$M_{из} = 1,11 \times 0,812 = 0,9$ тм;

$$D_1^T = \frac{0,9}{1,1} = 0,82 \text{ т}; \quad D_2^T = \frac{0,9}{0,55} = 1,64 \text{ т}$$

3079 тм т3 л 21/101

в) Усилие в тяге. Схема II; IV р-н гололёда;

$g_п = 1,955$ т $\quad g_г = 0,030$; $\quad G_{тр} \cong 0,05 \times 1,1 = 0,06$ т

$\Sigma G = 0,5 \times 1,955 + 0,5 \times 0,030 + 0,25 \times 0,06 =$

$= 0,978 + 0,015 + 0,015 = 1,008$ т.

$$S_{T_1} = \frac{1,008 \times 1,625}{1,0 \times 0,851 \times 0,988} = 1,92 \text{ т}$$

4. Траверса $\ell = 3,3$ м; (эскиз траверсы см. расчет №3078тм-т 2 лист 29/37)
(провод АС-150; I-IV р-н гололеда)

а) Усилие в поясе. Схема III; IV р-н гололеда

$S_п = 1,11$ т; $g_п = 0,250$ $g_г = 0,030$ т; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$ т

$G_{тр} = 0,08 \times 1,1 = 0,09$ т

$\Sigma G = 0,25 \times 0,250 + 0,5 \times 0,030 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,09 =$

$= 0,063 + 0,015 + 0,082 + 0,022 = 0,182$ т.

$$U_4 = \frac{1,11 \times 2,925}{0,75 \times 0,996} + \frac{0,182 \times 2,925}{1,0 \times 0,996} \times 4,33 + 0,63 = 4,86 \text{ т.}$$

б) Усилие в раскосах нижней грани. Схема III;

$S_п = 1,11$ т; $X = 1,46$ м; $M_{из} = 1,11 \times 1,46 = 1,62$ тм;

$D_3^т = \frac{1,62}{2,6} = 0,62$ т $\quad D_5^т = \frac{1,62}{1,15} = 1,41$ т;

$D_4^т = \frac{1,62}{1,75} = 0,93$ т $\quad D_6^т = \frac{1,62}{0,95} = 1,7$ т;

в) Усилие в тяге. Схема II; IV р-н гололеда

$g_п = 1,955$ т $\quad g_г = 0,025$; $\quad G_{тр} = 0,08 \times 1,1 = 0,09$ т.

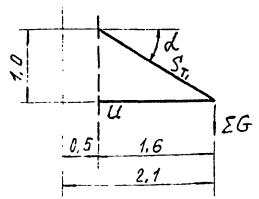
$\Sigma G = 0,5 \times 1,955 + 0,5 \times 0,030 + 0,25 \times 0,09 = 1,01$ т.

$$S_{T_2} = \frac{1,01 \times 2,925}{1,0 \times 0,946 \times 0,996} = 3,13 \text{ т.}$$

3079 тм/3 т.22/101

Расчет траверс (для опоры ПС35-4)

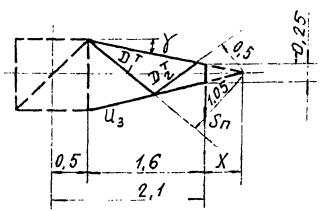
1. Траверса $\ell = 2{,}1$ м.



$$tg\alpha = \frac{1,0}{1,6} = 0,624$$
$$Cos\alpha = 0,848$$

$$tg\gamma = \frac{0,75}{2 \times 1,6} = 0,234$$
$$Cos\gamma = 0,973$$

$$X = \frac{0,25}{2\,tg\gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,234} = 0,532 м$$



а) Усилие в поясе. Схема III; III район гололеда

$S_п = 1,1$ т; $g_п = 0,275$ т; $g_г = 0,03$ т; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$ т

$G_{тр} \cong 0,05 \times 1,1 = 0,06$ т

$$\Sigma G = 0,25 g_п + 0,5 g_г + 0,5 g_л + 0,25 G_{тр} =$$
$$= 0,25 \times 0,275 + 0,5 \times 0,03 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,06 = 0,18 т$$

$$U_з = \frac{1,1 \times 1,6}{1,0 \times 0,973} + \frac{0,18 \times 1,6}{1,0 \times 0,973} = 1,81 + 0,3 = 2,11 т.$$

3079 тм/3 л. 23/101

б) Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; III район гололеда

$S_n = 1,1\ т$; $X = 0,532\ м$; $M_{из} = 1,1 \times 0,532 = 0,585\ тм$;

$$D_1^T = \frac{0,585}{1,05} = 0,56\ т; \qquad D_2^T = \frac{0,585}{0,5} = 1,17\ т;$$

в) Усилие в тяге

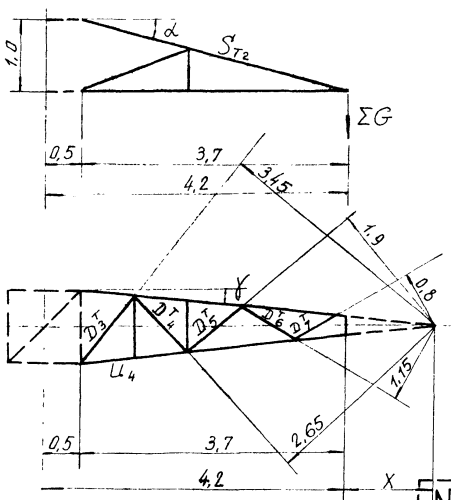
Схема II*; IV район гололеда.

$g_n = 1,955\ т$; $g_г = 0,03\ т$; $G_{тр} \cong 0,05 \times 1,1 = 0,06\ т$;

$\Sigma G = 0,5 \times 1,955 + 0,5 \times 0,03 + 0,25 \times 0,06 = 1,02\ т$

$$S_{т_1} = \frac{1,02 \times 1,6}{1,0 \times 0,848 \times 0,973} = 1,98\ т.$$

2. Траверса $e = 4,2\ м$.



$tg\,\alpha = \frac{1,0}{3,7} = 0,27$ $\qquad tg\,\gamma = \frac{1,0 - 0,25}{2,0 \times 3,7} = 0,101$

$Cos\,\alpha = 0,965$ $\qquad Cos\,\gamma = 0,994$

$X = \frac{0,25}{2\,tg\,\gamma} = \frac{0,25}{2 \cdot 0,101} = 1,24$ м.

а) Усилие в поясе. Схема III; III район гололеда.

$S_n = 1,1$ т; $g_n = 0,275$ т; $g_г = 0,03$ т; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$ т;

$G_{тр} = 0,11 \times 1,1 = 0,12$ т;

$\Sigma G = 0,25 \times 0,275 + 0,5 \times 0,03 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,12 = 0,2$ т.

$U_4 = \frac{1,1 \times 3,7}{1,0 \times 0,994} + \frac{0,2 \times 3,7}{1,0 \times 0,994} = 4,1 + 0,74 = 4,84$ т.

б) Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; III район гололеда.

$S_n = 1,1$ т; $X = 1,24$ м; $M_{из} = 1,10 \times 1,24 = 1,37$ тм;

$D_3^т = \frac{1,37}{3,45} = 0,4$ т; $\qquad D_6^т = \frac{1,37}{1,15} = 1,19$ т.

$D_4^т = \frac{1,37}{2,65} = 0,52$ т; $\qquad D_7^т = \frac{1,37}{0,8} = 1,71$ т

$D_5^т = \frac{1,37}{1,9} = 0,72$ т;

в) Усилие в тяге. Схема II *); II район гололеда.

$g_n = 1,955$ т; $g_г = 0,03$ т; $G_{тр} = 0,11 \times 1,1 = 0,12$ т;

$\Sigma G = 0,5 \times 1,955 + 0,5 \times 0,03 + 0,25 \times 0,12 = 1,02$ т.

$S_{т_2} = \frac{1,02 \times 3,7}{1,0 \times 0,965 \times 0,994} = 3,93$ т;

3079 тм/3 ч 25/101

Расчет распорок и диафрагм.

опоры ПС 35-4

$$S' = \frac{S_n \ell}{2a};$$

$$S = \frac{S_n \times \ell}{a} + \frac{G}{2 tg\alpha};$$

$$K = \frac{S_n \ell}{\sqrt{2}\, a};$$

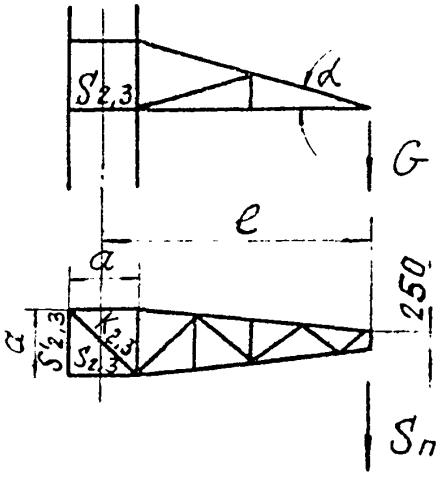


Схема III; III район гололеда; $S_n = 1,1$ м.

а) Траверса $\ell = 2,1$ м; $a = 1,0$ м.

$$S'_3 = \frac{1,1 \times 2,1}{2 \times 1,0} = 1,16 \text{ т};$$

$$S_3 = \frac{1,1 \times 2,1}{1,0} + 0,3^{*)} = 2,31 + 0,3 = 2,61 \text{ т};$$

$$K_3 = \frac{1,1 \times 2,1}{\sqrt{2} \times 1,0} = 1,63 \text{ т};$$

б) Траверса $\ell = 4,2$ м

$$S'_2 = \frac{1,1 \times 4,2}{2 \times 1,0} = 2,31 \text{ т};$$

$$S_2 = \frac{1,1 \times 4,2}{1,0} + 0,74^{*)} = 4,62 + 0,74 = 5,36 \text{ т};$$

$$K_1 = \frac{1,1 \times 4,2}{\sqrt{2} \times 1,0} = 3,26 \text{ т};$$

3079 тм/3 ал 26/101

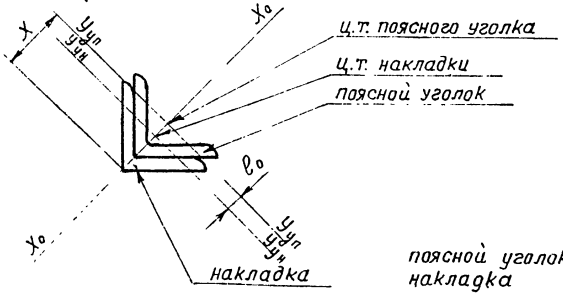
Расчет распорок и диафрагм опоры П35-1

(См. расчет N 3078тм-т2, лист 35/37)

Расчет стыков

Стык верхней и нижней секций

(стык на одной накладке)



поясной уголок L 70×6
накладка L 70×6

$\sigma = \frac{N}{n \varphi_{вн} F}$; $N = 10,6$ т;

$n = 0,95$; $F = 8,15$ см^2;

$\lambda = \frac{100}{1,38} = 72$ $l_0 = \frac{(1,94 + 0,6) - 1,94}{0,707} = 0,85$ см;

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1,0$ $m = l \frac{-Fx}{J_{y_0 - y_0}}$, $J_{y_0 - y_0} = 15,5$ см^4;

$x = \frac{1,94}{0,707} = 2,74$ см; $l = 0,5\, l_0 = 0,5 \times 0,85 = 0,425$ см.

$= 0,425$ см

$m = 0,425 \frac{8,15 \times 2,74}{15,5} = 0,61$

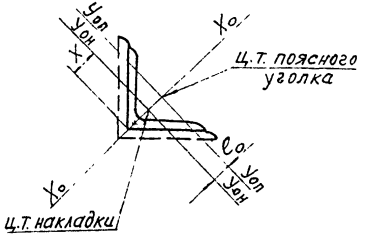
$m_1 = 1,0 \times 0,61 = 0,61$ $\varphi_{вн} = 0,655$

$\sigma = \frac{10600}{0,95 \times 0,655 \times 8,15} = 2100$ кг/см^2

3079тм/3 л 27/101
Гомейор СЗО ЗСП Зак 182-200 п/ф-68г

Расчет стыков опоры ПС 35-4

1. Стык верхней и нижней секций (стык на одной накладке)



поясной уголок $\angle 70\times6$
накладка $\angle 90\times7$

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F};$$

$N = 10{,}42т$ $\quad n_1 = 0{,}95;$ $\quad F = 8{,}15\ см^2$

$$\lambda = \frac{100}{1{,}38} = 72 \qquad e_0 = \frac{(1{,}94 + 0{,}7) - 2{,}47}{0{,}707} = 0{,}24\ см;$$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1{,}0$; $\quad m = e\dfrac{Fx}{J_{y_0-y_0}};$

$F = 8{,}15\ см^2;$ $\quad J_{y_0-y_0} = 15{,}5\ см^4;$ $\quad x = \dfrac{1{,}94}{0{,}707} = 2{,}74\ см;$

$e = 0{,}5\, e_0 = 0{,}5 \times 0{,}24 = 0{,}12\ см;$

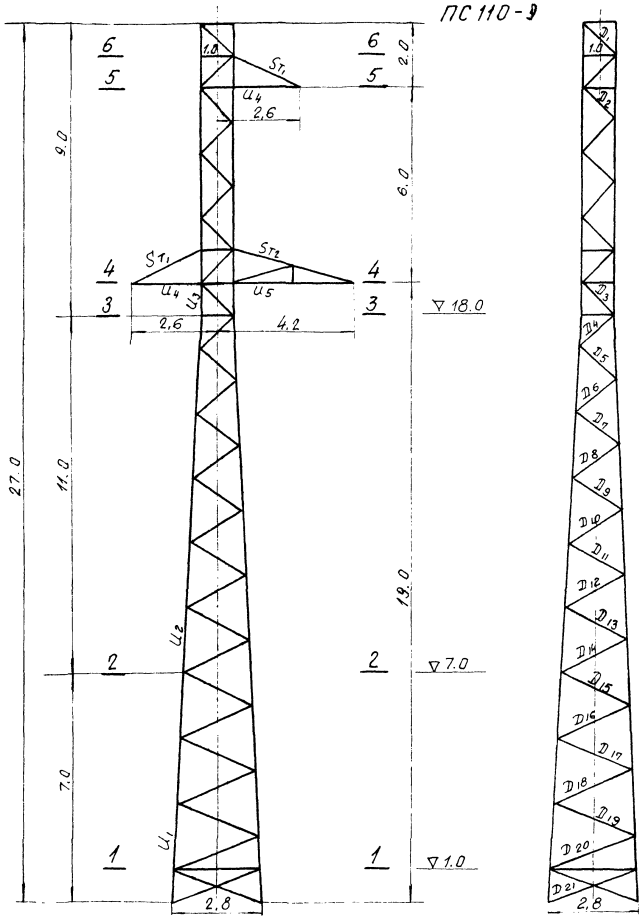
$$m = 0{,}12 \times \frac{8{,}15 \times 2{,}74}{15{,}5} = 0{,}144$$

$m_1 = 1{,}0 \times 0{,}144 = 0{,}144 \qquad \lambda = 72$

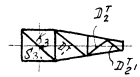
$$\varphi_{вн} = 0{,}798 \qquad \sigma = \frac{10\,420}{8{,}15 \times 0{,}95 \times 0{,}798} = 1690\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2$$

Рассчитал [подпись] /Токарева/.
Проверил [подпись] /Жеглова/.

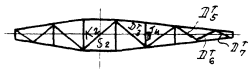
3079 тм/3 л. 28/101



Сечение 5-5



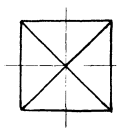
Сечение 4-4



Сечение 3-3

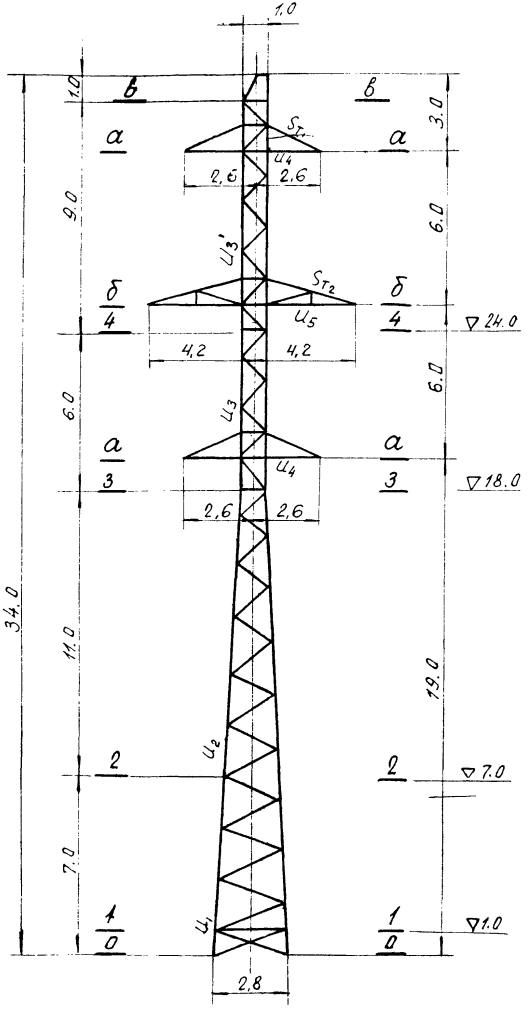


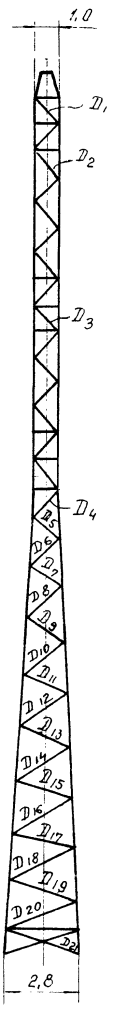
Сечение 1-1



3079тм/3 л 29/101

ПС 10-10

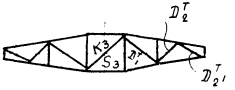




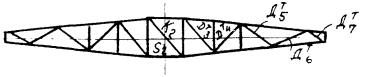
Сечение в-в



Сечение а-а



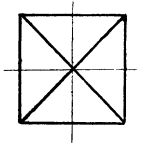
Сечение б-б



Сечение 3-3



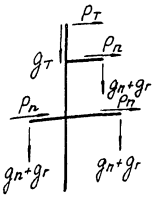
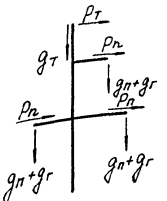
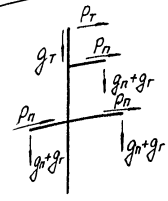
Сечение 1-1



3079 тм/3 л.30/101

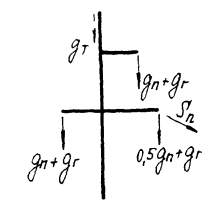
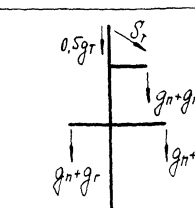
Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кв для горных районов шифр ПС110-9

Таблица N8

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда АСО-240			III р-н гололеда С-50			IV р-н гололеда АСО-240			IV р-н гололеда С-50		
					$l_{ветр}$	400 м						390 м					
					$l_{вес}$	600 м						560 м					
					$l_{габ}$	320 м						280 м					
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$, $C=0$ $\begin{cases} q_п^н = 80\ кг/м^2 \\ q_т^н = 109\ кг/м^2 \end{cases}$		Давление ветра на пролет провода троса	$p_п$ $p_т$	530	1,2	635	330	1,2	395	515	1,2	620	320	1,2	385
				Вес пролета провода, троса,	$g_п$ $g_т$	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
I^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$ $\begin{cases} q_п^н = 80\ кг/м^2 \\ q_т^н = 109\ кг/м^2 \end{cases}$		Давление ветра на пролет провода, троса	$p_п$ $p_т$	375	1,2	450	235	1,2	280	365	1,2	440	230	1,2	275
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t^o=-5°C$; $C=15мм$; $C=20мм$ $\begin{cases} q_п^н = 20\ кг/м^2 \\ q_т^н = 27\ кг/м^2 \end{cases}$		Давление ветра на пролет провода, троса	$p_п$ $p_т$	495	1,4	695	505	1,4	705	575	1,4	805	620	1,4	870
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	560 930	1,1 2,0	615 1860	245 610	1,1 2,0	270 1220	525 1320	1,1 2,0	575 2640	230 925	1,1 2,0	250 1850
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1535	—	2525	855	—	1490	1890	—	3265	1155	—	2100

3079тм/3 л.31/101

Продолжение таблицы №8

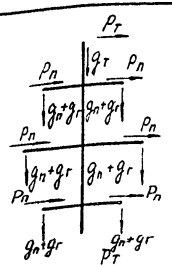
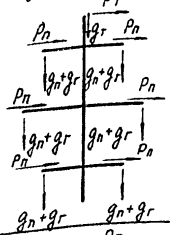
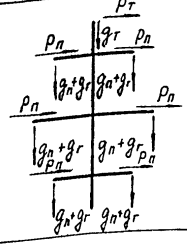
№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузки	Обозначения	III район гололеда						IV район гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					$k_{гр}$	400 м						400 м					
					$k_{вес}$	600 м						600 м					
					$k_{веб}$	320 м.						280 м					
						нормат.	$n_г$	расчетн.	нормат.	$n_г$	расчетн.	нормат.	$n_г$	расчетн.	нормат.	$n_г$	расчетн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору	$t=-5°C$; $C=0$; $q_н=0$;		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	Р40	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ / $g_т$	60	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	15	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	05	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_н=0$;		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ / $g_т$	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов		45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка		605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса 20,4 м. Нормативный скоростной напор $q^н = 1,36 \times 80 = 109$ кг/м².
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм².
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

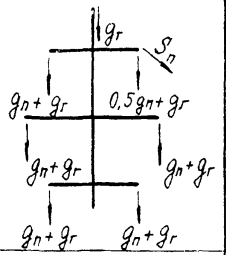
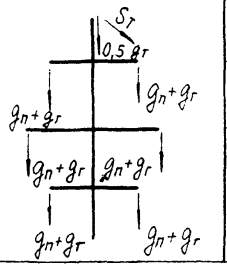
Нагрузки на двухцепную промежуточную опору ВЛ 110 кв для горных районов шифр ПС 110-10

Таблица N 9

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузк	Обозначения	III район гололеда						IV район гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					l ветр	400 м						390 м					
					l вес	600 м						560 м					
					l габ	320 м						280 м					
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C; C=0; \begin{cases} q_п^н = 85\ кг/м^2 \\ q_т^н = 123\ кг/м^2 \end{cases}$		Давление ветр на пролет провод троса.	$p_п$ $p_т$	565	1,2	680	370	1,2	445	550	1,2	665	360	1,2	435
				Вес пролета оовода, троса	$g_п$ $g_т$	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
I-а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$t=-5°C; C=0; \begin{cases} q_п^н = 85\ кг/м^2 \\ q_т^н = 123\ кг/м^2 \end{cases}$		Давление ветр на пролет провод, троса	$p_п$ $p_т$	400	1,2	480	260	1,2	310	390	1,2	470	255	1,2	305
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вотикальная нагрзка	$g_п+g_г$ $g_т$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C; C=15мм; \begin{cases} q_п^н = 21\ кг/м^2 \\ q_т^н = 31\ кг/м^2 \end{cases}$ $t=-5°C; C=20мм$		Давление ветра на пролет првода троса	$p_п$ $p_т$	520	1,4	730	580	1,4	810	605	1,4	850	715	1,4	995
				Вес пролета провода, троа.	$g_п$ $g_т$	560 930	1,1 2,0	615 1860	245 610	1,1 2,0	270 1220	525 1320	1,1 2,0	575 2640	230 925	1,1 2,0	250 1850
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вотикальная нагрзка	$g_п+g_г$ $g_т$	1535	—	2525	855	—	1490	1890	—	3265	1155	—	2100

3079 тм-т3 л 33/101

Продолженые таблицы №9

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначение	III район гололеда						IV район гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					ℓветр.	400 м						400 м					
					ℓ вес.	600 м						600 м					
					ℓ габ.	320 м						280 м					
						нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчет.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_н=0$;		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролет провода, троса	$g_п$ $g_т$	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса - 27,9 м;
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,53 \times 80 = 123$ кг/м².
2. Высота центра тяжести провода - 15,9 м.
   Нормативный скоростной напор $q_п^н = 1,063 \times 80 = 85$ кг/м².
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
4. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм².
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

ПС 110-9

Давление ветра на конструкцию опоры по схемам I и I^{a}

Таблица №10

Наименование секций	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м^2)	Площадь элементов фермы $\sum \varphi_i$ (м^2)	Площадь по контуру S (м^2)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\sum \varphi_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент: коэффициент тяжести фермы $C_\Phi = C_\Phi \cdot \gamma = 1.4\,\varphi$	ζ (при $\frac{b}{h}$ = 1)	Аэродинамический коэффициент фермы $C_{пр} = C_\Phi(1+\zeta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики β=1,35 и коэфф перегрузки n=1,2 (кг)		
										При ветре ⊥траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45° $P_\perp = 0{,}8\,P$ ⊥траверсе	При ветре под ∠45° $P_{\parallel} = 0{,}8\,P$ ∥траверсе	При ветре ⊥траверсе $P_p = \beta n q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45° $P_\perp = 0{,}8\,P_p$ ⊥траверсе	При ветре под ∠45° $P_{\parallel} = 0{,}8\,P_p$ ∥траверсе
Верхняя траверса	1,0 / 2,1 / ▽25,5	1,48	118	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	25 [2] (55)	35 [3]	25 [3]	40	55	40
Нижняя траверса	1,0 / 3,7 / ▽19,5	1,32	106	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	0,683	60 [2] (135)	90 [3]	60 [3]	95	145	95
Нижняя траверса	1,0 / 2,1 / ▽19,5	1,32	106	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	25 [2] (50)	35 [3]	25 [3]	40	55	40
Верхняя секция	1,0 / 9,0 / 1,0 / ▽23,0	1,42	114	2,54	10,00	0,254	1,356	0,76	0,627	715	570	570	1160	920	920
Средняя секция	1,0 / 11,0 / 2,1 / ▽12,5	1,0	80	3,32	17,00	0,195	1,274	0,85	0,507	690	550	550	1120	890	890
Нижняя секция	2,1 / 7,0 / 2,8 / ▽3,5	1,0	80	2,64	17,10	0,154	1,216	0,92	0,415	570	455	455	920	735	735
									Итого:	2085	1735	1685	3375	2800	2720

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м^2 на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45\,P_{тр}$
3. При ветре под ∠ 45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65\,P_{тр}$, а $P_{\parallel} = 0{,}45\,P_{тр}$.

3079 тм/3 л 35/10

Давление ветра на конструкцию опоры по схемам I и I^а

Таблица N11

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэфф. увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_o (кг/м²)	Площадь элементов фермы Σf_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\Sigma f_i}{S}$	Аэродинамическ. коэффиц. плоской фермы $C_\varphi = C_1 \psi_1 = 1,4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1,0$)	Аэродинамическ. коэффициент отдельной фермы $C_{пр} = C_\varphi (1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффиц. динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1,35$ и коэфф. перегрузки $n = 1,2$ (кг)		
										При ветре ∥ траверсе $P = q_o C_{пр} S$	При ветре под ∠ 45° $P_\perp = 0,8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45° $P_{\parallel} = 0,8P$ ∥ траверсе	При ветре ∥ траверсе $P_p = q_o C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠ 45° $P_\perp = 0,8 P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45° $P_{\parallel} = 0,8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,0 ▽31,5 2,1	1,61	129	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	25 [2] ×2 (60)	40 [3] ×2	25 [3] ×2	70 ×2	65 ×2	40 ×2
Средняя траверса	1,0 ▽25,5 3,7	1,48	119	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	0,684	70 [2] ×2 (150)	100 [3] ×2	70 [3] ×2	115 ×2	160 ×2	115 ×2
Нижняя траверса	1,0 ▽19,5 2,1	1,32	106	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	20 [2] ×2 (50)	30 [3] ×2	20 [3] ×2	30 ×2	50 ×2	30 ×2
Верхняя секция	▽29,5 10,0 1,0	1,56	125	2,93	10,00	0,293	0,410	0,685	0,691	865	690	690	1400	1120	1120
Верхняя секция	1,0 ▽21,0 6,0 1,0	1,37	110	1,71	6,00	0,285	0,400	0,70	0,680	450	360	360	730	585	585
Средняя секция	1,0 ▽12,5 11,0 2,1	1,00	80	3,83	17,00	0,225	0,315	0,81	0,57	775	620	620	1250	1000	1000
Нижняя секция	2,1 ▽3,5 7,0 2,8	1,00	80	2,94	17,1	0,172	0,241	0,895	0,456	625	500	500	1010	810	810
									Итого:	2945	2510	2400	4760	4065	3885

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м² на высоту до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ, ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0,65 P_{тр}$, а $P_{\parallel} = 0,45 P_{тр}$

3079 тм-т3 л. 36/101

Таблица 12

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПС110-9

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема I^{а}; III район гололеда;				Схема II; III район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки, G(т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры M_W (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос. M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	⊥ траверсе $M_{W_{\perp}}$			
3-3 ▽ 18,0 м в = 1,0 м	0,395 × 9,0 = 3,55 0,635 × 7,0 = 4,45 0,635 × 2 × 1,0 = 1,27 2,3 M_{II} = 9,27 $M_{н.у}$ = 2,8 ΣM_{II} = 12,07	0,04 × 7,5 = 0,3 (0,095+0,04) × 1,5 = 0,2 1,16 × 5,0 = 5,8 1,335 $M_{W_{II}}$ = 6,3	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 3 = 1,995 0,113 × 10,0 = 1,13 3,4	0,280 × 9,0 = 2,52 0,450 × 7,0 = 3,14 0,450 × 2 × 1,0 = 0,9 1,63 M_{II} = 6,56 $M_{н.у}$ = 2,8 ΣM_{II} = 9,36	0,04 × 7,5 = 0,3 (0,095+0,04) × 1,5 = 0,2 0,92 × 5,0 = 4,6 1,095 $M_{W_{II}}$ = 5,1	0,055 × 7,5 = 0,41 (0,145+0,055) × 1,5 = 0,3 0,92 × 5,0 = 4,6 1,175 $M_{W_{\perp}}$ = 5,31	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 3 = 1,995 0,113 × 10 = 1,13 3,4	0,87 × 9,0 = 7,85 0,805 × 7,0 = 5,65 0,805 × 2 × 1,0 = 1,61 M = 15,11 $M_{н.у.}$ = 13,7 28,81 $M_{W_{II}} = \frac{6,3}{4,8}$ = 1,31	2,1 × 1 = 2,1 3,265 × 3 = 9,795 0,113 × 10 = 1,13 13,03
	$U_3 = \frac{12,07 + 6,3}{2 \times 1,0} + \frac{3,4}{4} = 9,19 + 0,85 = 10,04$ т.			$U_3 = \frac{5,1 + 5,31 + 9,36}{2 \times 1,0} + \frac{3,4}{4} = 9,86 + 0,85 = 10,71$				$U_3 = \frac{28,81 + 31}{2 \times 1,} + \frac{13,03}{4} = 18,30$	
2-2 ▽ 7,0 м в = 2,1 м cos γ = 0,998	12,07 2,3 × 11,0 = 25,3 2,3 M_{II} = 37,37	6,3 1,335 × 11,0 = 14,7 1,12 × 5,5 = 6,2 2,455 $M_{W_{II}}$ = 27,2	3,4 0,113 × 11,0 = 1,24 4,64	9,36 1,63 × 11,0 = 17,92 1,63 M_{II} = 27,28	5,1 1,095 × 11,0 = 12,1 0,890 × 5,5 = 4,90 1,985 $M_{W_{II}}$ = 22,1	5,31 1,175 × 11,0 = 12,9 0,890 × 5,5 = 4,90 2,065 $M_{W_{\perp}}$ = 23,11	3,4 0,113 × 11,0 = 1,24 4,64	28,81 3,285 × 11,0 36,2 M = 65,01 $M_{W_{II}} = \frac{27,2}{4,8}$ = 5,66	13,03 0,113 × 11,0 = 1,24 14,27
	$U_2 = \frac{37,37 + 27,2}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{4,64}{4 \times 0,998} = 15,35 + 1,16 = 16,51$т			$U_2 = \frac{27,28 - 22,1 + 23,11}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{4,64}{4 \times 0,998} = 17,4 + 1,16 = 18,56$ т.				$U_2 = \frac{65,01 + 68}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{14,27}{4 \times 0,998} = 20,38$ т.	
1-1 ▽ 1,0 м в = 2,7 м cos γ = 0,998	37,37 2,3 × 6,0 = 13,8 2,3 M_{II} = 51,17	27,2 2,455 × 6,0 = 14,7 0,79 × 3,0 = 2,37 3,245 $M_{W_{II}}$ = 44,27	4,64 0,113 × 6,0 = 0,68 5,32	27,28 1,63 × 6,0 = 9,79 1,63 M_{II} = 37,07	22,1 1,985 × 6,0 = 11,9 0,63 × 3,0 = 1,89 2,615 $M_{W_{II}}$ = 35,89	23,11 2,065 × 6,0 = 12,3 0,63 × 3,0 = 1,89 2,695 $M_{W_{\perp}}$ = 37,30	4,64 0,113 × 6,0 = 0,68 5,32	65,01 3,285 × 6,0 19,70 M = 84,71 $M_{W_{II}} = \frac{44,27}{4,8}$ = 9,2	14,27 0,113 × 6,0 = 0,68 14,95
	$U_1 = \frac{51,17 + 44,27}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{5,32}{4 \times 0,998} = 17,6 + 1,33 = 18,93$ т.			$U_y = \frac{37,07 + 35,89 + 37,30}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{5,32}{4 \times 0,998} = 20,5 + 1,33 = 21,83$ т.				$U_1 = \frac{84,71 + 2}{2 \times 2,7 \times 998} + \frac{14,95}{4 \times 0,998} = 21,14$	

Примечание:

1. Усилие в поясе определяется по формуле

$$U = \frac{\Sigma M}{2 B \cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4 \cos\gamma};$$

3079 тм/3 ал 37/101

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПС 110Й-10

Таблица №13

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема I^{а}; III район гололеда				Схема II; IX район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры M_W (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	От ветра на конструкцию опоры: L траверсе $M_{W_{\perp}}$			
4-4 ▽ 24,0 м b = 1,0 м	0,445 × 10,0 = 4,45 0,680 × 2 × 7,0 = 9,52 0,680 × 2 × 1,0 = 1,36 3,165 M_{II} = 15,33	0,04 × 2 × 7,5 = 0,60 0,115 × 2 × 1,5 = 0,35 1,4 × 5,5 = 7,7 1,71 $M_{W_{II}}$ = 8,65	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 4 = 2,66 0,128 × 11 = 1,41 4,34	0,31 × 10,0 = 3,10 0,480 × 2 × 7,0 = 6,76 0,480 × 2 × 1,0 = 0,96 2,23 M_{II} = 10,82	0,04 × 2 × 7,5 = 0,60 0,115 × 2 × 1,5 = 0,35 1,12 × 5,5 = 6,15 1,43 $M_{W_{II}}$ = 7,10	0,065 × 2 × 7,5 = 0,98 0,16 × 2 × 1,5 = 0,48 1,12 × 5,5 = 6,15 1,57 $M_{W_{\perp}}$ = 7,61	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 4 = 2,66 0,128 × 11,0 = 1,41 4,34	0,995 × 10,0 = 9,95 0,85 × 2 × 7,0 = 11,9 0,85 × 2 × 1,0 = 1,7 4,4 M_{II} = 23,28 $M_{W_{II}} = \frac{8,65}{4,8} = 1,8$	2,1 × 1 = 2,1 3,265 × 4 = 13,1 0,128 × 11,0 = 1,41 16,61
	$U_3' = \frac{15,33 + 8,65}{2 \times 1,0} + \frac{4,34}{4} = 12,0 + 1,08 = 13,08$ т			$U_3' = \frac{10,82 + 7,10 + 7,61}{2 \times 1,0} + \frac{4,34}{4} = 12,75 + 1,08 = 13,83$ т				$U_3' = \frac{23,28 + 1,8}{2 \times 1,0} + \frac{16,61}{4} = 16,69$ т.	
3-3 ▽ 18,0 м b = 1,0 м	15,33 3,165 × 6,0 = 19,0 0,680 × 2 × 1,0 = 1,36 4,525 M_{II} = 35,69	8,65 1,71 × 6,0 = 10,3 0,03 × 2 × 1,5 = 0,09 0,73 × 3,0 = 2,19 2,5 $M_{W_{II}}$ = 21,23	4,34 0,665 × 2 = 1,33 0,128 × 6,0 = 0,77 6,44	10,82 2,23 × 6,0 = 13,4 0,180 × 2 × 1,0 = 0,96 3,19 M_{II} = 25,18	7,10 1,43 × 6,0 = 8,58 0,03 × 2 × 1,5 = 0,09 0,585 × 3,0 = 1,76 2,075 $M_{W_{II}}$ = 17,53	7,61 1,57 × 6,0 = 9,42 0,05 × 2 × 1,5 = 0,15 0,585 × 3,0 = 1,76 2,255 $M_{W_{\perp}}$ = 18,94	4,34 0,665 × 2 = 1,33 0,128 × 6,0 = 0,77 6,44	23,28 4,4 × 6,0 = 26,4 0,85 × 2 × 1,0 = 1,7 6,1 M_{II} = 51,38 $M_{W_{II}} = \frac{21,23}{4,8} = 4,41$	16,61 3,265 × 2 = 6,53 0,128 × 6,0 = 0,77 23,91
	$U_3 = \frac{35,69 + 21,23}{2 \times 1,0} + \frac{6,44}{4} = 28,46 + 1,61 = 30,07$			$U_3 = \frac{25,18 + 17,53 + 18,94}{2 \times 1,0} + \frac{6,44}{4} = 30,8 + 1,61 = 32,41$ т				$U_3 = \frac{51,38 + 4,41}{2 \times 1,0} + \frac{23,91}{4} = 33,87$	
2-2 ▽ 7,0 м b = 2,1 м cos γ = 0,998	35,69 4,525 × 11,0 = 49,8 4,525 M_{II} = 85,49	21,23 2,5 × 11,0 = 27,5 1,25 × 5,5 = 6,87 3,75 $M_{W_{II}}$ = 55,6	6,44 0,128 × 11,0 = 1,41 7,85	25,18 3,19 × 11,0 = 35,2 3,19 M_{II} = 60,38	17,53 2,075 × 11,0 = 22,8 1,00 × 5,5 = 5,5 3,075 $M_{W_{II}}$ = 45,83	18,94 2,255 × 11,0 = 24,8 1,00 × 5,5 = 5,5 3,255 $M_{W_{\perp}}$ = 49,24	6,44 0,128 × 11,0 = 1,41 7,85	51,38 6,1 × 11,0 = 67,2 6,1 M_{II} = 118,58 $M_{W_{II}} = \frac{55,6}{4,8} = 11,58$	23,91 0,128 × 11,0 = 1,41 25,32
	$U_2 = \frac{85,49 + 55,6}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{7,85}{4 \times 0,998} = 33,5 + 1,97 = 35,47$ т			$U_2 = \frac{60,38 + 45,83 + 49,24}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{7,85}{4 \times 0,998} = 37,1 + 1,97 = 39,07$				$U_2 = \frac{118,58 + 1,58}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{25,32}{4} = 37,42$	
1-1 ▽ 1,0 м b = 2,7 м cos γ = 0,998	85,49 4,525 × 6,0 = 27,2 4,525 M_{II} = 112,69	55,6 3,75 × 6,0 = 22,5 0,865 × 3,0 = 2,59 4,615 $M_{W_{II}}$ = 80,69	7,85 0,128 × 6,0 = 0,77 8,62	60,38 3,19 × 6,0 = 19,15 3,19 M_{II} = 79,53	45,83 3,075 × 6,0 = 18,5 0,695 × 3,0 = 2,09 3,77 $M_{W_{II}}$ = 66,42	49,24 3,255 × 6,0 = 19,5 0,695 × 3,0 = 2,09 3,95 $M_{W_{\perp}}$ = 70,83	7,85 0,128 × 6,0 = 0,77 8,62	118,58 6,1 × 6,0 = 36,6 6,1 M_{II} = 155,18 $M_{W_{II}} = \frac{80,6}{4,8} = 16,8$	25,32 0,128 × 6,0 = 0,77 26,09
	$U_1 = \frac{112,69 + 80,69}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{8,62}{4 \times 0,998} = 35,9 + 2,15 = 38,05$ т			$U_1 = \frac{79,53 + 66,42 + 70,83}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{8,62}{4 \times 0,998} = 40,2 + 2,15 = 42,35$ т				$U_1 = \frac{155,18 + 6,8}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{26,09}{4 \times 0,998} = 38,44$ т.	

Примечание:

1. Усилие в поясе определяется по формуле

$$U = \frac{\Sigma M}{2 b \cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4 \cos\gamma};$$

3079 тм/3 л.38/1

Расчет усилий в раскосах ствола опор

Таблица N 14

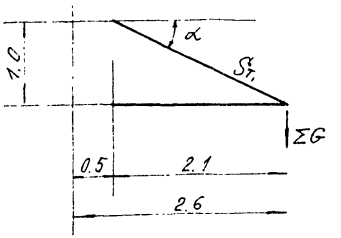
Шифр опор / обозн. раскосов	ПС 110-9	ПС 110-10
$M_{кр}$	1,09	0
D_1	1,73	0,96
D_2	1,73	0,96
$M_{ср}$	3,36	3,36
D_2	3,28	3,28
$M_{кр}$	5,42	5,42
D_3	4,73	4,73
D_4	4,33	3,82
D_5	3,79	3,35
D_6	3,37	2,97
D_7	3,03	2,68
D_8	2,76	2,43
D_9	2,53	2,23
D_{10}	2,33	2,06
D_{11}	2,16	1,91
D_{12}	2,02	1,78
D_{13}	1,89	1,67
D_{14}	1,78	1,57
D_{15}	1,68	1,49
D_{16}	1,60	1,41
D_{17}	1,52	1,34
D_{18}	1,45	1,28
D_{19}	1,38	1,22
D_{20}	1,33	1,17
D_{21}	1,27	1,12

Расчет раскосов выполнен на машине, на основании исходной формулы:

$$D = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из}}{B} tg\gamma}{\cos(\beta+\gamma)} + \frac{M_{кр}}{2B\cos(\beta+\gamma)};$$

Расчет траверс

1. Траверса $\ell = 2{,}6$ м.



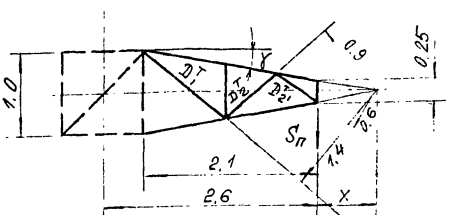
$tg\alpha = \frac{1{,}0}{2{,}1} = 0{,}476$

$\cos\alpha = 0{,}903$

$tg\gamma = \frac{1{,}0 - 0{,}25}{2 \times 2{,}1} = 0{,}178$

$\cos\gamma = 0{,}984$

$x = \frac{0{,}25}{2tg\gamma} = \frac{0{,}25}{2 \times 0{,}178} = 0{,}7$ м.



а) Усилие в поясе. Схема III ; III р.г.

$S_п = 1{,}29$ т; $q_п = 0{,}615$ т; $q_г = 0{,}05$ т; $q_л = 0{,}15 \times 1{,}1 = 0{,}165$ т.

$G_{тр} \cong 0{,}05 \times 1{,}1 = 0{,}06$ т.

$\Sigma G = 0{,}25 q_п + 0{,}5 q_г + 0{,}5 q_л + 0{,}25 G_{тр} =$

$= 0{,}25 \times 0{,}615 + 0{,}5 \times 0{,}05 + 0{,}5 \times 0{,}165 + 0{,}25 \times 0{,}06 = 0{,}277$ т.

$U_и = \frac{1{,}29 \times 2{,}1}{1{,}0 \times 0{,}984} + \frac{0{,}277 \times 2{,}1}{1{,}0 \times 0{,}984} = 2{,}75 + 0{,}59 = 3{,}34$ т.

Усилие в поясе. Схема II , IV р.г.

$q_п = 3{,}215$ т; $q_г = 0{,}05$ т; $G_{тр} \cong 0{,}05 \times 1{,}1 = 0{,}06$ т.

$\Sigma G = 0{,}5 \times 3{,}215 + 0{,}5 \times 0{,}05 + 0{,}25 \times 0{,}06 = 1{,}65$ т.

$U_4 = \frac{1{,}65 \times 2{,}1}{1{,}0 \times 0{,}984} = 3{,}52$ т.

б) Усилия в раскосах нижней грани. Схема III , IV р.г.

$S_п = 1{,}29$ т; $x = 0{,}7$ м $\quad M_{из} = 1{,}29 \times 0{,}7 = 0{,}903$ тм.

$Д_1^т = \frac{0{,}903}{1{,}4} = 0{,}64$ т $\quad Д_{2'}^т = \frac{0{,}903}{0{,}6} = 1{,}5$ т

$Д_2^т = \frac{0{,}903}{0{,}9} = 1{,}0$ т

3079 тм/3 л. 40/101

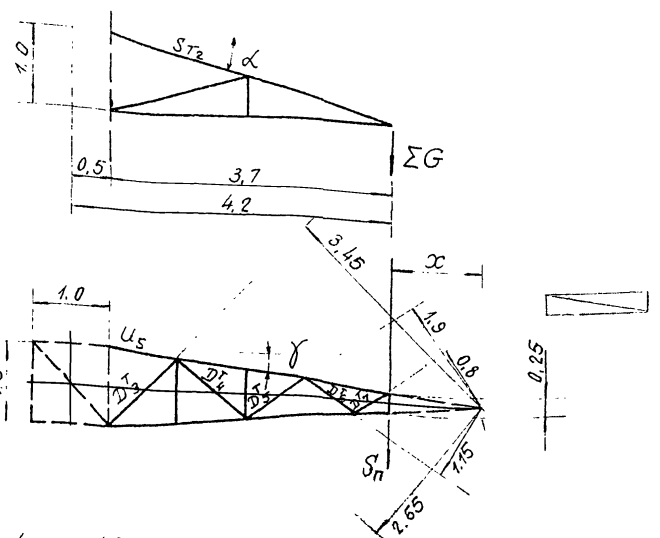
б) Усилие в тяге, Схема II *), IV р.г

$g_п = 3,215$ т; $g_г = 0,05$т; $G_{тр} \cong 0,05 \times 1,1 = 0,06$ т.

$\Sigma G = 0,5 \times 3,215 + 0,5 \times 0,05 + 0,25 \times 0,06 = 1,65$т.

$$S_{т_1} = \frac{1,65 \times 2,1}{1,0 \times 0,984 \times 0,903} = 3,9 \text{ т}.$$

2. Траверса $e = 4,2$ м;



$tg\,\alpha = \frac{1,0}{3,7} = 0,27$

$\cos\alpha = 0,965$

$tg\,\gamma = \frac{0,75}{2 \times 3,7} = 0,101$

$\cos\gamma = 0,994$

$$X = \frac{0,25}{2\,tg\,\gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,101} = 1,24 \text{ м}$$

3079 тм-т3 ал 41/101

а) Усилие в поясе. Схема III ; III р.г.

$S_п = 1,29$т; $g_п = 0,615$т; $g_г = 0,05$т; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$т;

$G_{тр} \cong 0,11 \times 1,1 = 0,12$т;

$\Sigma G = 0,25\, g_п + 0,5\, g_г + 0,5\, g_л + 0,25\, G_{тр} =$

$= 0,25 \times 0,615 + 0,5 \times 0,05 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,12 = 0,292$ т;

$$U_5 = \frac{1,29 \times 3,7}{1,0 \times 0,994} + \frac{0,292 \times 3,7}{1,0 \times 0,994} = 4,81 + 1,08 = 5,89\text{т}.$$

*) Усилие в поясе Схема II, IV р г

$g_п = 3,215$ т; $g_г = 0,05$ т; $G_{тр} \cong 0,11 \times 1,1 = 0,12$ т;

$\Sigma G = 0,5 \times 3,215 + 0,5 \times 0,05 + 0,25 \times 0,12 = 1,66$ т

$$U_5 = \frac{1,66 \times 3,7}{1,0 \times 0,994} = 6,17\text{т};$$

б) Усилия в раскосах нижней грани. Схема III; IV р г.

$S_п = 1,29$т; $X = 1,24$ м; $M = 1,29 \times 1,24 = 1,6$ тм;

$D_3^т = \frac{1,6}{3,45} = 0,46$т $\qquad D_6^т = \frac{1,6}{1,15} = 1,4$т;

$D_4^т = \frac{1,6}{2,65} = 0,6$т $\qquad D_7^т = \frac{1,6}{0,8} = 2,0$т;

$D_5^т = \frac{1,6}{1,9} = 0,84$т.

в) Усилие в тяге. Схема II *), IV р.г.

$g_п = 3,215$ т; $g_г = 0,05$ т;

$G_{тр.} = 0,11 \times 1,1 = 0,12$т.

$\Sigma G = 0,5 \times 3,215 + 0,5 \times 0,05 + 0,25 \times 0,12 = 1,66$ т.

$$S_{T_2} = \frac{1,66 \times 3,7}{1,0 \times 0,965 \times 0,994} = 6,41\text{т}$$

*) Монтажный режим - не является расчетным.

Расчет распорок и диафрагм.

$$S' = \frac{S_п l}{2a};$$

$$S = \frac{S_п l}{a} + \frac{G}{2 tg\alpha};$$

$$K = \frac{S_п l}{\sqrt{2}\, a};$$

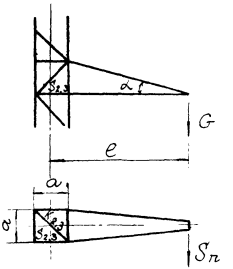


Схема III; IV район гололеда; $S_п = 1,29$ т;

а) Траверса $l = 2,6$ м; $a = 1,0$ м;

$$S_3' = \frac{1,29 \times 2,6}{2 \times 1,0} = 1,36 \text{ т};$$

$$S_3 = \frac{1,29 \times 2,6}{1,0} + 0,59 = 3,35 + 0,59 = 3,94 \text{ т}.$$

$$K_3 = \frac{1,29 \times 2,6}{\sqrt{2} \times 1,0} = 2,4 \text{ т}.$$

б) Траверса $l = 4,2$ м; $a = 1,0$ м;

$$S_2' = \frac{1,29 \times 4,2}{2 \times 1,0} = 2,71 \text{ т};$$

$$S_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{1,0} + 1,08^{*)} = 5,41 + 1,08 = 6,49 \text{ т};$$

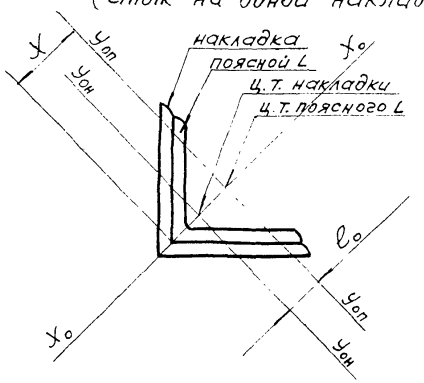
$$K_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{\sqrt{2} \times 1,0} = 3,82 \text{ т};$$

*) Смотри расчет траверс.

3079тм/3 л. 43/101

Расчет стыков опоры ПС110-9

1. Стык верхней и средней секций
(стык на одной накладке)



∠ 90×7 поясной ∠
∠ 100×7 накладка

$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}$; $N = 21,83$ т.

$n_1 = 0,95$; $F = 12,3$ см^2;

$\lambda = \frac{100}{1,78} = 56$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1,0$; $m = e_x \frac{FX}{J_{y_0}}$;

$X = \frac{2,47}{0,707} = 3,5$ см $\quad J_{y_0} = 38,9$ см^4

$e_0 = \frac{(2,47 + 0,7) - 2,71}{0,707} = 0,65 \quad e = 0,5 e_0 = 0,5 \times 0,65 = 0,325$ см

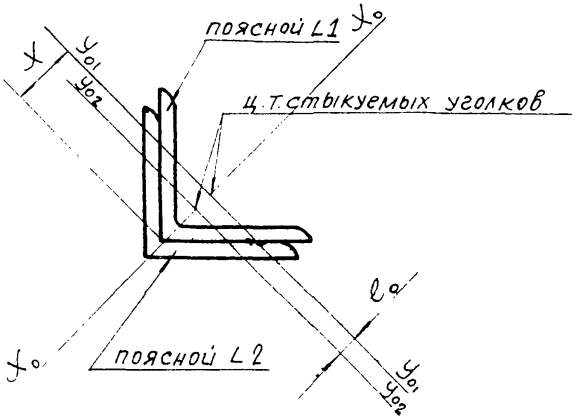
$m = 0,325 \times \frac{12,3 \times 3,5}{38,9} = 0,36. \quad m_1 = 1,0 \times 0,36 = 0,36$

$\varphi_{вн} = 0,89$

$$\sigma = \frac{21830}{0,95 \times 0,89 \times 12,3} = 2100 \text{ кг/см}^2$$

3079 тм/3 л 44/101

2. Стык средней и нижней секций
(стык телескопический)



L 100×7 – поясной уголок 1
L 100×7 – поясной уголок 2

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}; \qquad N = 20,38 \text{ т.}$$

$n_1 = 1,0$; $F = 13,8 \text{ см}^2$;

$$\lambda = \frac{200 \times 1,14}{3,08} = 74;$$

$m_1 = \eta m$; где $\eta = 1,0$, $\qquad m = e \frac{FX}{J_{y_0}}$;

$J_{y_0} = 54,2 \text{ см}^4$, $\qquad X = \frac{2,71}{0,707} = 3,83 \text{ см}$;

$$e_0 = \frac{0,7}{0,707} = 0,99 \text{ см}; \quad e = 0,5\, e_0 = 0,5 \times 0,99 = 0,495$$

$$m = 0,495 \times \frac{13,8 \times 3,83}{54,2} = 0,482$$

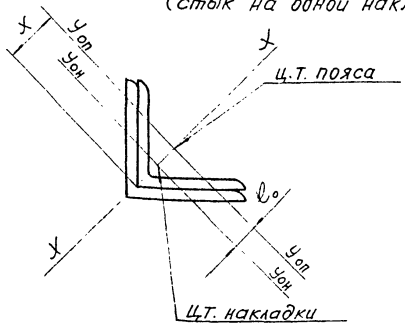
$\varphi_{вн} = 0,704$

$$\sigma = \frac{20380}{1,0 \times 0,704 \times 13,8} = 2100$$

3079 тм/3 ал. 45/101

Расчет стыков опоры ПС110-10

1. Стык верхних секций
(стык на одной накладке)



$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}$; $N = 16,69$ т — ∠ 90×7 — поясной; ∠ 125×8 — накладки

$n_1 = 0,95$ $\quad F = 12,3\ см^2$

$\lambda = \frac{100}{1,78} = 56$

$m_1 = \rho m$, где $\rho = 1,0$ $\quad m = e \times \frac{FX}{J_{y_o}}$;

$X = \frac{2,47}{0,707} = 3,5$ см. $\quad J_{y_o} = 38,9\ см^4$;

$\ell_o = \frac{(2,47 + 0,8) - 3,27}{0,707} = 0,127$ см; $e = 0,5$ $\ell_o = 0,064$ см;

$m = 0,064 \frac{12,3 \times 3,5}{38,9} = 0,071$ $\quad m_1 = 1,0 \times 0,071 = 0,071$

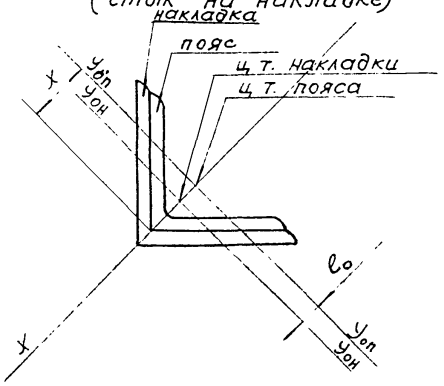
$\varphi_{вн.} = 0,726$

$\sigma = \frac{16690}{0,95 \times 0,726 \times 12,3} = 1960\ кг/см^2 < 2100$

3079тм/3 ч 46/101

2. Стык верхней и средней секций

(стык на накладке)



∟ 125×8 — пояс
∟ 140×9 — накладка

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}; \quad N = 33,87\ т;$$

$$n_1 = 0,95; \quad F = 19,7\ см^2$$

$$\lambda = \frac{150}{2,49} = 60;$$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1,0$; $\quad m = e\frac{FX}{J_{y_0}}$;

$$X = \frac{3,36}{0,707} = 4,75\ см; \quad J_{y_0} = 122\ см^4;$$

$$e_0 = \frac{(3,36 + 0,9) - 3,78}{0,707} = 0,68\ см. \quad e_0 = 0,5 \times 0,68 = 0,34 см$$

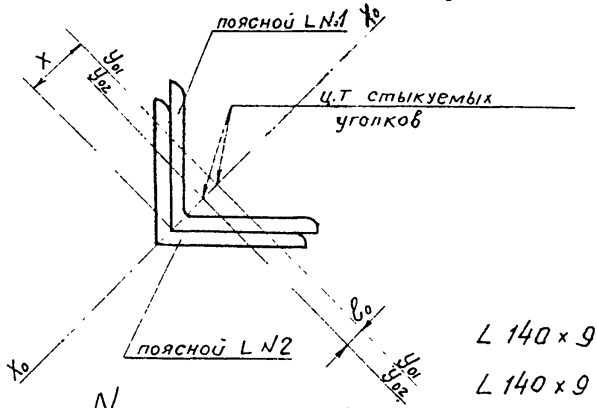
$$m = 0,34\ \frac{19,7 \times 4,75}{122,0} = 0,26 \quad m_1 = 1,0 \times 0,26 = 0,26$$

$$\varphi_{вн} = 0,86$$

$$\sigma = \frac{33870}{0,95 \times 0,86 \times 19,7} = 2100\ кг/см^2$$

3079тм/3 л. 47/101

3. Стык средней и нижней секций.
(стык телескопический).



L 140 × 9 – пояс N 1
L 140 × 9 – пояс N 2

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}; \qquad N = 39{,}07\ т;$$

$$n_1 = 1{,}0; \qquad F = 24{,}7\ см^2;$$

$$\lambda = \frac{200}{4{,}34} = 46 \times 1{,}14 = 52$$

$$m_1 = \eta m, \text{ где } \eta = 1{,}0 \qquad m = e \frac{FX}{J_{y_0}},$$

$$J_{y_0} = 192 \qquad X = \frac{3{,}78}{0{,}707} = 5{,}35\ см;$$

$$e_0 = \frac{0{,}9}{0{,}707} = 1{,}27\ см; \qquad e = 0{,}5 \times 1{,}27 = 0{,}635$$

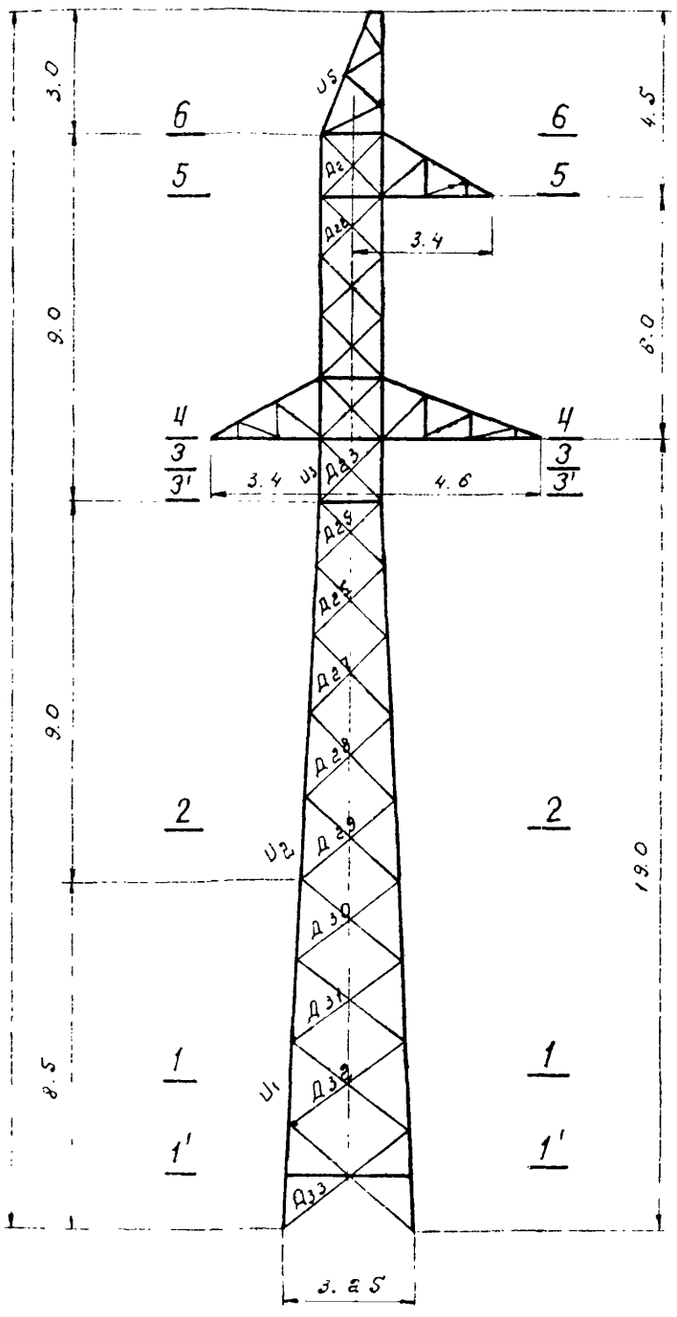
$$m = 0{,}635 \frac{24{,}7 \times 5{,}35}{192} = 0{,}44\ см.$$

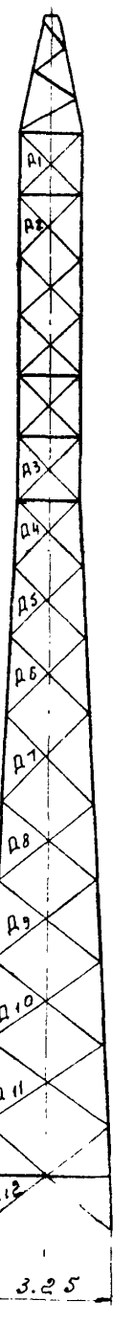
$$\varphi_{вн} = 0{,}737$$

$$\sigma = \frac{39070}{1{,}0 \times 24{,}7 \times 0{,}737} = 2150\ кг/см^2 > 2100$$

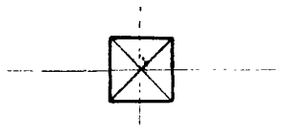
Рассчитал /Токарева/.
Проверил /Цейтлин/.

3079 тм/3 ч 48/101

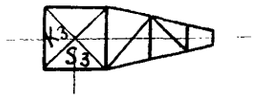




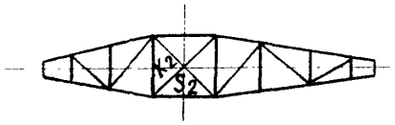
Сечение 6-6



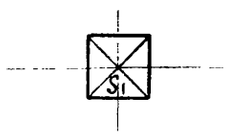
Сечение 5-5



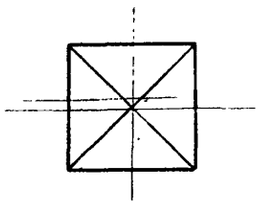
Сечение 4-4



Сечение 3'-3'

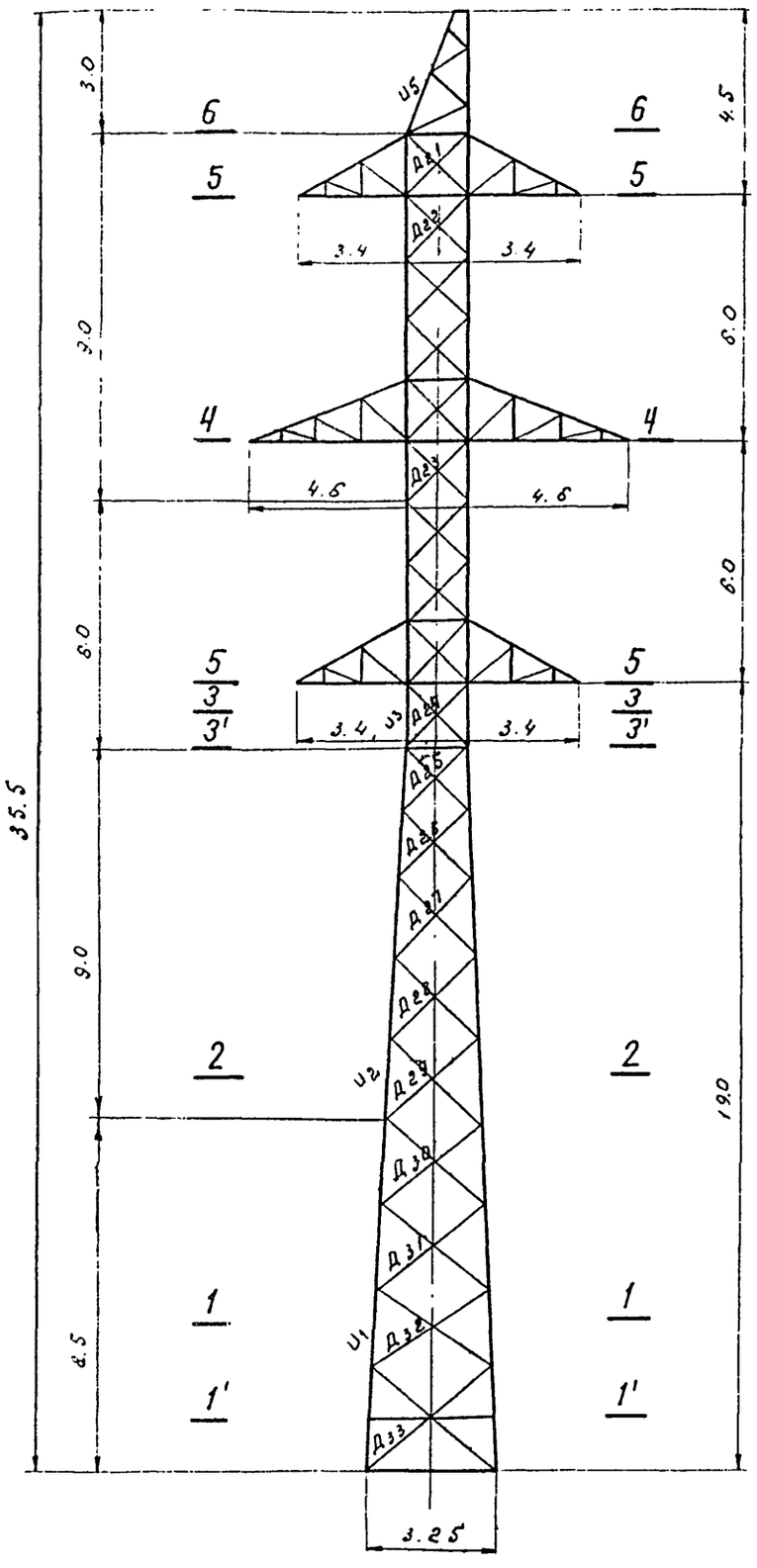


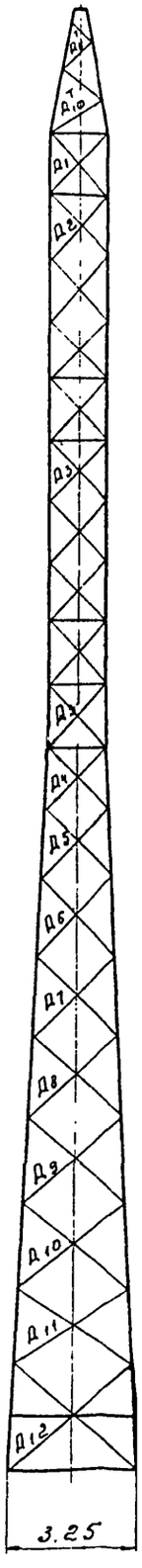
Сечение 1'-1'



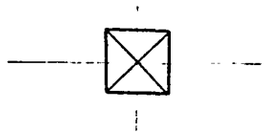
3019 тм/3 49/101

ПУС 110-2

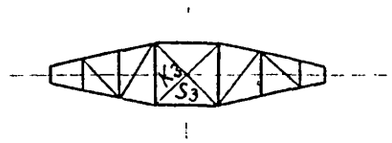




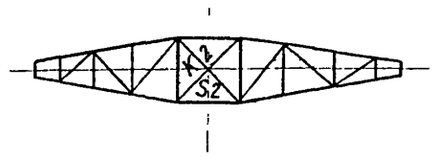
Сечение 6-6



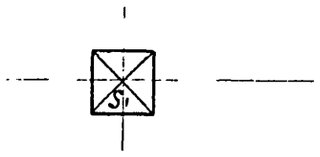
Сечение 5-5



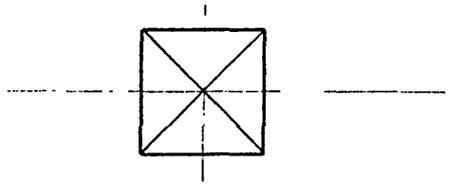
Сечение 4-4



Сечение 3'-3'



Сечение 1'-1'

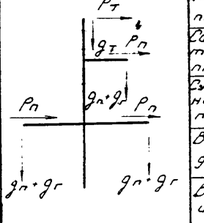
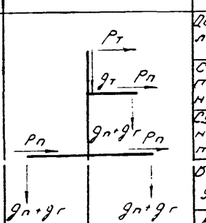
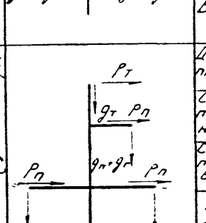


3079тм/3 д.3ш/101

N3079тм-т3 Лист 50 101

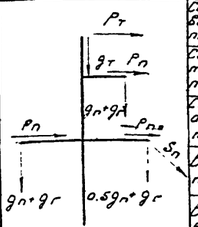
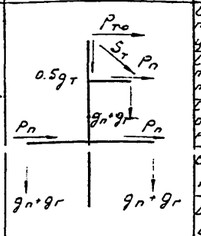
Нагрузки на одноцепную промежуточно-угловую опору ВЛ 110 кВ для горных районов Шифр ПУС 110-1

Таблица № 15

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда												IV район гололеда											
						АС-150					АСО-240				С-50			АС-150					АСО-240				С-50		
					Ветр.	400 м					350 м				350 м			360 м					300 м				300 м		
					Глю.	600 м					600 м				600 м			510 м					560 м				560 м		
					Глю.	295 м					320 м				–			255 м					280 м						
						Нормативн.		п	Расчетные		Нормативн.		п	Расчетные	Нормативн.		п	Расчетн.		Нормативн.		п	Расчетн.		Нормативн.		п	Расчетн.		Нормативн.		п	Расчетн.	
						2°	10°		2°	10°	2°	10°		2°	10°	2°	10°		2°	10°	2°	10°		2°	10°	2°	10°		2°	10°		2°	10°
I-I	Провод и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	2 кг/м² 0,6 кг/м² 0,6 кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	455	455	1.2	545	545	465	465	1.2	560	560	290	290	1.2	350	350	410	410	1.2	490	490	400	400	1.2	480	480	250	250	1.2	300	300
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	45	230	1.3	60	300	70	345	1.3	90	450	75	290	1.3	100	380	35	170	1.3	45	225	55	270	1.3	70	350	70	290	1.3	90	380
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы.	$P_п$	500	685	—	605	755	535	810	—	650	1010	365	580	-	450	730	445	580	—	535	715	455	670	—	550	830	320	540	—	390	680
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	370		1.1	410		560		1.1	615	245		1.1	270		370		1.1	410		520		1.1	570		230		1.1	250	
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50		45		1.1	50	—		—	—		45		1.1	50		45		1.1	50		—		—	—	
I-Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда Ветер направлен вдоль оси траверс	2 кг/м² 0,6 кг/м² 0,6 кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	320	320	1.2	385	385	330	330	1.2	395	395	205	205	1.2	245	245	290	290	1.2	345	345	280	280	1.2	335	335	175	175	1.2	210	210
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	40	185	1.3	50	240	60	290	1.3	80	380	65	260	1.3	85	340	30	150	1.3	40	210	45	225	1.3	60	290	65	260	13	85	340
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	$P_п$	360	505	—	435	625	390	620	—	475	775	270	465	—	330	585	320	450	—	385	555	325	505	—	395	625	840	435	—	295	550
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	370		1.1	410		560		1.1	615	245		1.1	270		370		1.1	410		520		1.1	570		230		1.1	250	
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50		45		1.1	50	—		—	—		45		1.1	50		45		1.1	50		—		—	—	
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	2 кг/м² 1,2 кг/м² 2,0 кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P	450	450	1.4	630	630	435	435	1.4	610	610	445	445	1.4	625	625	495	495	1.4	695	695	445	445	1.4	625	625	475	475	1.4	665	665
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса.	P_t	75	370	1.4	100	520	110	540	1.4	155	755	75.	300	1.4	105	420	75	370	1.4	100	480	110	540	1.4	155	755	75	300	1.4	105	420
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	$P_п$	525	820	—	730	1150	545	975	—	765	1365	520	745	—	730	1045	570	865	—	795	1175	555	985	—	780	1380	550	775	—	770	1080
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	370 / 815		1.1 / 2.0	410 / 1630		560 / 930		1.1 / 2.0	615 / 1860	245 / 610		1.1 / 2.0	270 / 1220		370 / 1070		1.1 / 2.0	410 / 2140		520 / 1320		1.1 / 2.0	570 / 2540		230 / 920		1.1 / 2.0	250 / 1840	
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50		45		1.1	50	—		—	—		45		1.1	50		45		1.1	50		—		—	—	

3079 тм-т 3 51/101

3079 тм/3 л 52/101

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда: АС-150					АСО-240					С-50					IV район гололеда: АС-150					АСО-240					С-50				
					$q_{ветр}$	400 м					350 м					350 м					360 м					300 м					300 м				
					$q_{вес}$	600 м					600 м					600 м					510 м					560 м					560 м				
					$q_{габ}$	295 м					320 м					–					255 м					280 м					–				
						Нормативные			Расчетные		Нормативн			Расчетные		Норматив.			Расчетн.		Нормат.			Расчетн.		Нормат.			Расчетн		Нормат.			Расчет	
						2°	10°	п	2°	10°	2°	10°	п	2°	10°	2°	10°	п	2°	10°	2°	10°	п	2°	10°	2°	10°	п	2°	10°	2°	10°	п	2°	10°
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	$P_п$, $P_т$	20	110	1.04	20	115	40	205	1.04	40	215	55	265	1.04	55	275	15	80	1.04	15	85	30	165	1.04	30	170	55	270	1.04	55	280
				Составляющая вдоль траверсы, от тяжения провода при обрыве	$P_{по}$	20	95	1.04	20	100	20	105	1.04	20	110	–	–	–	–	–	20	95	1.04	20	100	20	105	1.04	20	110	–	–	–	–	–
				Составляющая ⊥ тр-се от тяжения провода при обрыве	$S_п$	1065	1060	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	–	–	–	–	–	1065	1060	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	12.90	1280	–	–	–	–	–
				Вес пролета провода, троса	$g_п$, $g_т$	370		1.1	410		560		1.1	615		245		1.1	270		315		1.1	350		520		1.1	570		245		1.1	270	
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50		45		1.1	50		–		–	–		45		1.1	50		45		1.1	50		–		–	–	
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение по тросу равно половине его максимального тяжения	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	$P_п$, $P_т$	20	110	1.04	20	115	40	205	1.04	40	215	–	–	–	–	–	15	80	1.04	15	85	30	165	1.04	30	170	–	–	–	–	–
				Составляющая вдоль тр-сы от тяжения троса равного $\frac{1}{2}$ макс. тяж.	$P_{то}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	95	1.04	20	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	95	1.04	20	100
				Составляющая ⊥ тр-се от тяжения троса равного $\frac{1}{2}$ максим. тяжен.	$S_т$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1090	1090	1.04	1130	1130	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1090	1090	1.04	1130	1130
				Вес пролета провода, троса	$P_п$, $P_т$	370		1.1	410		560		1.1	615		245		1.1	270		315		1.1	350		520		1.1	570		245		1.1	270	
				Вес гирлянд изоляторов	$P_г$	45		1.1	50		45		1.1	50		–		–	–		45		1.1	50		45		1.1	50		–		–	–	

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса – 20.4 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1{,}36 \times 80 = 10.4 \frac{кг}{м^2}$
2. Нормативный скоростной напор $q_п^н = 80 \frac{кг}{м^2}$.
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
4. Максимальное напряжение в тросе в III и районах гололеда $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм².
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.
6. Тяжение провода по схеме I^а определено из расчета при поперечной нагрузке 0,707 $P_ч$.

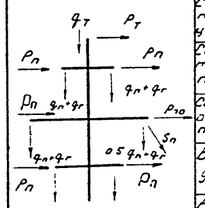
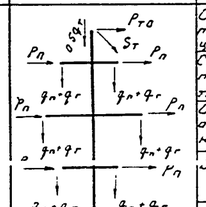
Нагрузки на двухцепные промежуточно-угловые опоры ВЛ 110 кВ для горных районов шифр ЛУС 110-2

Таблица № 16

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатическ. условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III район гололеда										IV район гололеда									
						АС-150				АСО-240				С-50		АС-150				АСО-240				С-50	
					Ветр.	400 м				350 м				350 м		360 м				300 м				300 м	
					Грол.	600 м				600 м				600 м		510 м				560 м				600 м	
						295 м				320 м				-		255 м				280 м				-	
						Нормативн.			Расчетные	Нормативн.			Расчетные	Нормативн.		Нормативн.			Расчетные	Нормативн.			Расчетные	Нормативн.		Расчетные
						2°	10°	n	2° 10°	2°	8°	n	2° 8°	2°	8°	n	2°	8°	n	2° 10°	2°	8°	n	2° 8°	2°	8°	n	2° 8°
I	Провод и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверсы.	$q_n^н = 85$ кг/м², $t = -5°C$, $C = 0$; $q_т^н = 123$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	425	485	1.2	580 580	495	495	1.2	595 595	325	325	1.2	390 390	410	410	1.2	490 490	425	425	1.2	510 510	280	280	1.2	335 335
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	45	230	1.3	60 300	70	275	1.3	90 360	75	290	1.3	100 380	35	170	1.3	45 220	55	210	1.3	70 270	70	290	1.3	90 380
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы.	P_n $P_т$	530	715	—	540 880	565	770	—	685 955	400	615	—	490 770	445	580	—	485 660	480	635	—	580 780	350	570	—	425 715
				Вес пролета провода, троса	g_n $g_т$	370		1.1	405	550		1.1	615	245		1.1	270	320		1.1	350	520		1.1	575	245		1.1	270
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50	45		1.1	50	—		—	—	45		1.1	50	45		1.1	50	—		—	—
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 85$ кг/м², $t = -5°C$, $C = 0$ $q_т^н = 123$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	340	340	1.2	410 410	350	350	1.2	420 420	230	230	1.2	275 275	290	290	1.2	350 350	300	300	1.2	360 360	200	200	1.2	240 240
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	35	185	1.3	45 240	60	230	1.3	80 300	65	260	1.3	85 340	25	140	1.3	35 180	45	180	1.3	60 230	65	260	1.3	85 340
				Суммарная горизонт. нагрузка вдоль траверсы	P_n $P_т$	375	525	—	455 650	410	580	—	500 720	295	490	-	360 615	285	400	—	385 530	245	480	—	420 590	265	460	—	325 580
				Вес пролета провода, троса	g_n $g_т$	370		1.1	405	560		1.1	615	245		1.1	270	320		1.1	405	520		1.1	575	245		1.1	270
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50	45		1.1	50	—		—	—	45		1.1	50	45		1.1	50	—		—	—
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 20$ кг/м², $t = -5°C$, $C = 0.6$ $q_т^н = 31$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	450	450	1.4	630 630	455	455	1.4	640 640	510	510	1.4	710 710	520	520	1.4	725 725	465	465	1.4	650 650	545	545	1.4	760 760
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	75	370	1.4	105 520	110	435	1.4	155 610	75	300	1.4	105 420	75	370	1.4	105 520	110	435	1.4	155 610	75	300	1.4	105 420
				Суммарная горизонт. нагрузка вдоль траверсы	P_n $P_т$	525	820	—	735 1150	565	890	—	795 1250	585	810	-	815 1130	595	890	—	830 1240	575	900	—	805 1260	620	845	—	865 1180
				Вес пролета провода, троса	g_n $g_т$	370 815		1.1 2.0	405 1630	560 930		1.1 2.0	615 1860	245 610		1.1 2.0	270 1220	370 1070		1.1 2.0	405 2140	520 1320		1.1 2.0	575 2640	245 985		1.1 2.0	270 1970
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50	45		1.1	50	—		—	—	45		1.1	50	45		1.1	50	—		—	—

3079 тм/3 л 53/101

продолжение таблицы №16

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Район	III район гололеда										IV район гололеда									
						АС-150					АСО-240				С-50				АС-150				АСО-240				С-50			
					$l_{вес}$	400 м					350 м				350 м				360 м				300 м				300 м			
					$l_{вес}$	600 м					500 м				600 м				510 м				560				600 м			
					$l_{гол}$	295 м					320 м				-				255 м				280 м				-			
						нормативные			расчетные		нормативные			расчетные		нормативные			расчетные			нормативные			расчетные		нормативные			расчетные	
						2°	10°	n	2°	10°	2°	8°	n	2°	8°	2°	8°	n	2°	8°		2°	10°	n	2°	10°	2°	8°	n	2°	8°
III	Оборван один провод дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t = -5°C$, $c=0$, $q^н=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	$P_п$ / $P_т$	20	110	1.04	20	115	40	165	1.04	40	170	55	210	1.04	55	220	15	80	1.04	15	85	30	130	1.04	30	135	55	215	1.04	55	225
				Составляющая вдоль траверсы, от тяжения провода при обрыве	$P_{по}$	20	95	1.04	20	100	20	85	1.04	20	90	—	—	—	—	—	20	95	1.04	20	100	20	85	1.04	20	90	—	—	—	—	—
				Составляющая $\perp$ тр-се от тяжения провода при обрыве	$S_п$	1085	1080	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	—	—	—	—	—	1085	1080	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	—	—	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$q_п$ / $q_т$	370		1.1	405		560		1.1	515		245		1.1	270		315		1.1	345		525		1.1	575		245		1.1	270	
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50		45		1.1	50		—		—	—		45		1.1	50		45		1.1	50		—		—	—	
IV	Оборван один трос Провода не оборваны Тяжение по тросу равно половине его максимального тяжения	$t = -5°C$ $c=0$, $q^н=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода троса	$P_п$	20	110	1.04	20	115	40	165	1.04	40	170	—	—	—	—	—	15	80	1.04	15	85	30	130	1.04	30	135	—	—	—	—	—
				Составляющая вдоль тр-сы от тяжения троса равного $\frac{1}{2}$ максим тяжен	$P_{то}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	75	1.04	20	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	75	1.04	20	80
				Составляющая $\perp$ тр-се от тяжения троса равного $\frac{1}{2}$ максим тяжения	$S_т$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1090	1090	1.04	1130	1130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1090	1090	1.04	1130	1130
				Вес пролета провода, троса	$q_п$ / $q_т$	370		1.1	405		560		1.1	515		245		1.1	270		315		1.1	345		525		1.1	575		245		1.1	270	
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45		1.1	50		45		1.1	50		—		—	—		45		1.1	50		45		1.1	50		—		—	—	

Примечания.

1. Высота центра тяжести троса - 27.9 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1.53 \times 80 = 123$ кг/м²
2. Высота центра тяжести провода - 15.9 м
   Нормативный скоростной напор $q_п^н = 1.063 \times 80 = 85$ кг/м²
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания: $1.3 \times 0.8 = 1.04$
4. Максимальное напряжение в тросе в III и IV районах гололеда $\sigma_{т\,max} = 45$ кг/мм²
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

3079 тм/3 л 54 /101

Давление ветра на конструкцию опоры ПУС 110-1 по схемам I и I^а

Таблица № 17

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м	Коэф увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамическ. коэффиц. плоск. фермы $C_ф = C_i \varphi = 1.49$	η (при $\frac{b}{h} = 1.0$)	Аэродинамическ. коэфф. простран. фермы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффиц. динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P_{\parallel} = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_{\perp} = 0.8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_{\parallel} = 0.8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф динамики $\beta = 1.35$ и коэф. перегрузки $n = 1.2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45°: $P_{\perp} = 0.8 P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_{\parallel} = 0.8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1.5; ▽25.75; 2.65	1.48	119	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	60 2) (130)	85 3)	60 3)	95	140	95
Нижняя траверса	1.5; ▽19.75; 3.85	1.34	108	0.59	2.88	0.205	0.287	0.84	0.529	75 2) (165)	110 3)	75 3)	120	180	120
Нижняя траверса	1.5; ▽19.75; 2.65	1.34	108	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	55 2) (120)	80 3)	553	90	130	90
Просостойка	0.3; 0.3; 3.0; ▽28.0; 1.5; 1.5	1.54	123	0.59	2.7	0.218	0.306	0.81	0.554	180	145	145	290	235	235
Верхняя секция	1.5; 9.0; ▽22.0; 1.5	1.4	112	3.43	13.5	0.254	0.356	0.76	0.627	950	760	760	1540	1230	1230
Средняя секция	1.5; 10.5; ▽12.25; 2.55	1.0	80	3.7	21.25	0.174	0.244	0.889	0.46	785	630	630	1300	1020	1020
Нижняя секция	2.55; 7.0; ▽3.5; 3.25	1.0	80	3.9	20.3	0.193	0.27	0.86	0.502	815	650	650	1320	1050	1050
								Итого		2920	2460	2375	4755	3985	3840

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м² на высоте до 15 м
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$ указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0.45 $P_{тр}$.
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_{\perp} = 0.65 P_{тр}$, а $P_{\parallel} = 0.45 P_{тр}$.

3079 тм/3 л. 55/121

Давление ветра на конструкцию опоры по схемам I и I^а ПУС 110-2

Таблица № 18

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэф. плоской фермы $C_\Phi = k \cdot \varphi = 1.4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1.0$)	Аэродинамический коэф пространственной фермы $C_{пр} = C_\Phi (1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1.35$ и коэфф. перегрузки $n = 1.2$ (кг)		
										При ветре II траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°		При ветре II траверсе $P_р = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45°	
											$P_\perp = 0.8 P_\perp$ траверсе	$P_{II} = 0.8 P_{II}$ траверсе		$P_\perp = 0.8 P_р$ ⊥ траверсе	$P_{II} = 0.8 P_р$ II траверсе
Верхняя траверса	1.5; 2.65; ▽31.75	1.62	130	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	65 [2] ×2 (145)	95 [3] ×2	65 [3] ×2	105 ×2	155 ×2	105 ×2
Средняя траверса	1.5; 3.85; ▽25.75	1.48	119	0.59	2.88	0.205	0.287	0.84	0.529	80 [2] ×2 (180)	115 [3] ×2	80 [3] ×2	130 ×2	185 ×2	130 ×2
Нижняя траверса	1.5; 2.65; ▽19.75	1.33	107	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	50 [2] ×2 (115)	75 [3] ×2	50 [3] ×2	80 ×2	120 ×2	80 ×2
Трос-стойка	0.3; 0.3; 6.0; 1.5; 1.5; ▽33.75	1.66	133	0.59	2.7	0.218	0.306	0.81	0.554	200	160	160	320	260	260
Верхняя секция	1.5; 9.0; 1.5; ▽28.0	1.54	123	2.92	13.5	0.216	0.302	0.82	0.550	915	730	730	1480	1180	1180
Верхняя секция	1.5; 8.0; 1.5; ▽20.5	1.36	109	2.28	9.0	0.253	0.355	0.765	0.625	610	490	490	985	795	795
Средняя секция	1.5; 10.5; 2.55; ▽12.25	1.0	80	5.01	21.25	0.236	0.331	0.76	0.59	1000	800	800	1620	1300	1300
Нижняя секция	2.55; 7.0; 3.125; ▽3.5	1.0	80	3.8	20.3	0.187	0.262	0.87	0.49	800	640	640	1300	1040	1040
								Итого		3915	3390	3210	6335	5495	5205

3079 тм/3 л 56/101

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПУС 110-1

Таблица № 19

Вес опоры по обз. л 3 200 т

$\frac{4.00}{29.5} = 0.135$

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема I а; III район гололеда				Схема II; V район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W II}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W II}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: // траверсе $M_{W II}$	⊥ траверсе $M_{W \perp}$			
3-3 ▽ 18.2 м β = 1.5 м	0.73 × 11.3 = 8.25 1.01 × 6.8 = 6.86 1.01 × 2 × 0.8 = 1.62 3.76 M_{II} = 16.73 $M_{H.y}$ = 0.665 × 4.6 = 3.06 $\sum M_{II}$ = 19.79	0.29 × 9.8 = 2.74 0.095 × 7.55 = 0.72 (0.12 + 0.09) × 1.55 = 0.33 1.54 × 4.15 = 6.4 2.14 $M_{W II}$ = 10.19	0.27 × 1 = 0.27 0.665 × 3 = 1.995 0.135 × 11.3 = 1.53 3.8	0.585 × 11.3 = 6.61 0.775 × 6.8 = 5.26 0.775 × 2 × 0.8 = 1.24 2.91 M_{II} = 13.11 $M_{H.y}$ = 0.665 × 4.6 = 3.06 $\sum M_{II}$ = 16.17	0.235 × 9.8 = 2.3 0.095 × 7.55 = 0.72 (0.12 + 0.09) × 1.55 = 0.33 1.23 × 4.15 = 5.1 1.77 $M_{W II}$ = 8.45	0.235 × 9.8 = 2.3 0.14 × 7.55 = 1.06 (0.18 + 0.13) × 1.55 = 0.48 1.23 × 4.15 = 5.1 1.92 $M_{W \perp}$ = 8.94	0.27 × 1 = 0.27 0.665 × 3 = 1.995 0.135 × 11.3 = 1.53 3.8	1.065 × 11.3 12.28 1.38 × 6.8 = 9.4 1.38 × 2 × 0.2 = 2.21 5.225 M_{II} 23.89 $M_{H.y}$ = 3.26 × 1.6 = 15.0 $M_{W_{II}} = \frac{10.1}{4.8} \cdot 2.12$ $\sum$ = 41.01	2.09 × 1 = 2.09 3.26 × 3 = 9.78 0.135 × 11.3 = 1.53 13.4
	$U_3 = \frac{19.79 + 10.19}{2 \times 1.5} - \frac{3.8}{4} = 9.99 + 0.95 = 10.94$ т			$U_3 = \frac{16.17 + 8.45 + 8.94}{2 \times 1.5} - \frac{3.8}{4} = 11.19 + 0.95 = 12.14$ т				$U_3 = \frac{41.0}{2 \times 1.5} - \frac{13.4}{4} = 13.67 + 3.35 = 17.02$	
2-2 ⌀ 95" β = 2.5 м cos φ = 0.998	19.79 3.76 × 8.7 = 32.70 3.76 M_{II} = 52.49	10.19 2.14 × 8.7 = 18.6 1.30 × 4.25 = 5.53 3.44 $M_{W II}$ = 34.32	3.8 0.135 × 8.7 = 1.17 4.97	16.17 2.91 × 8.7 = 25.30 2.91 M_{II} = 41.47	8.45 1.77 × 8.7 = 15.4 1.02 × 4.25 = 4.33 2.79 $M_{W II}$ = 20.18	8.94 1.92 × 8.7 = 16.7 1.02 × 4.25 = 4.33 2.94 $M_{W \perp}$ = 21.31	3.8 0.135 × 8.7 = 1.17 4.97	38.89 5.225 × 8.7 45.5 5.225 M 84.39 $M_{W_{II}} = \frac{34.32}{4.8} = 7.15$	13.4 0.135 × 8.7 = 1.17 14.57
	$U_2 = \frac{52.49 + 34.32}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{4.97}{4 \times 0.998} = 17.4 + 1.29 = 18.69$			$U_2 = \frac{41.47 + 28.18 + 29.97}{2 \times 2.5 \times 0.998} - \frac{4.97}{4 \times 0.998} = 20.0 + 1.29 = 21.29$ т.				$U_2 = \frac{84.39 \cdot 7.15}{2 \times 2 \times 0.998} + \frac{14.57}{4 \times 0.998} = 22.04$	
1-1 ▽ 3.5 м β = 2.9 м cos φ = 0.998	52.49 3.76 × 6.0 = 22.57 3.76 M_{II} = 75.06	34.32 3,44 × 6,0 = 20,60 0,66 × 2,75 = 1,65 4.10 56.57	4.97 0.135 × 6.0 = 0.82 5.79	41.47 2.91 × 6.0 = 17.47 2.91 M_{II} = 58.94	28.18 2.79 × 6.0 = 16.80 0.525 × 2.75 = 1.44 3.315 · $M_{W II}$ = 46.42	29.97 2.94 × 6.0 = 17.60 0.525 × 2.75 = 1.44 3.265 $M_{W \perp}$ = 49.01	4.97 0.135 × 6.0 = 0.82 5.79	84.39 5.225 × 6 = 31.30 5.225 M = 115.69 $M_{W_{II}} = \frac{56.57}{4.8} = 11.8$	14.57 0.135 × 4.0 = 0.82 15.39
	$U_1 = \frac{75.06 + 56.57}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{5.79}{4 \times 0.998} = 22.6 + 1.46 = 24.06$			$U_1 = \frac{58.94 + 46.42 + 49.01}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{5.79}{4 \times 0.998} = 26.6 + 1.46 = 28.06$				$U_1 = \frac{115.69 \cdot 11.8}{2 \times 2.9 \cdot 0.998} - \frac{15.39}{4 \times 0.998} = 25.85$	

3079тм/3 л. 31/101

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПУС но-2

Таблица № 20

Сечения отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема I^а; III район гололеда				Схема II, I район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты от нагрузок с провода и троса $M_н$ и от ветра на конструкцию опоры $M_в$ (тм)	Вертикальные нагрузки
	От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{Wн}$	G (т)	От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{Wн}$	От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверсе $M_{W⊥}$	G (т)		G (т)
4-4 ▽ 24.2 м δ = 1.5 м	0.77×11.3 = 8.7 0.955×2×6.8 = 13.0 0.955×2×0.8 = 1.53 4.59 $M_н$ = 23.23	0.32×9.8 = 3.14 0.105×2×7.55 = 1.59 0.13×2×1.55 = 0.4 1.48×4.15 = 6.15 2.27 $M_{Wн}$ = 11.28	0.27×1 = 0.27 0.665×4 = 2.66 0.155×11.3 = 1.75 4.68	0,615×11.3 = 6.95 0.72×2×6.8 = 9.8 0.72×2×0.8 = 1.15 3.495 – $M_н$ = 17.9	0.26×9.8 = 2.55 0.105×2×7.55 = 1.59 0.13×2×1.55 = 0.4 1.18×4.15 = 4.9 1.91 $M_{Wн}$ = 9.44	0.254×9.8 = 2.55 0.155×2×7.55 = 2.34 0.185×2×1.55 = 0.57 1.18×4.15 = 4.9 2.12 $M_{W⊥}$ = 10.36	0.27×1 = 0.27 0.665×4 = 2.66 0.155×11.3 = 1.75 4.68	1.18×11.3 = 13.3 1.26×2×6.8 = 17.2 1.26×2×0.8 = 2.02 6.22 $M_н$ = 32.55 $M_{Wн} = \frac{11.28}{4.8}$ = 2.34	2.24×1 = 2.24 3.265×4 = 13,05 0.155×11.3 = 1.75 17.04
	$U_4 = \frac{23.23 + 11.28}{2 \times 1.5} + \frac{4.68}{4} = 11.5 + 1.17 = 12.67$ т			$U_4 = \frac{17.9 + 9.44 + 10.36}{2 \times 1.5} + \frac{4.68}{4} = 12.55 + 1.17 = 13.72$ т				$U_4 = \frac{32.55 + 2.34}{2 \times 1.5} + \frac{17.04}{4} = 15.91$ т.	
3-3 ▽ 18.2 м δ = 1.5 м	4.59×6.0 = 27.5 (23.23) 0.955×2×0.8 = 1.53 6.5 $M_н$ = 52.26	0.08×2×1.55 = 0.25 (11.28) 2.27×6.0 = 13.65 0.985×3.0 = 2.95 3.415 $M_{Wн}$ = 28.13	0.665×2 = 1.33 (4.68) 0.155×6.0 = 0.93 6.94	3.495×6.0 = 21.0 (17.9) 0.72×2×0.8 = 1.15 4.94 $M_н$ = 40.05	1.91×6.0 = 11.5 (9.44) 0.08×2×1.55 = 0.25 0.795×3.0 = 2.38 2.865 $M_{Wн}$ = 23.57	2.12×6.0 = 12.72 (10.36) 0.12×2×1.55 = 0.37 0.795×3.0 = 2.385 3.15 $M_{W⊥}$ = 25.83	0.665×2 = 1.33 (4.68) 0.155×6.0 = 0.93 6.94 т	6.22×6.0 = 37.3 (32.55) 1.26×2×0.8 = 2.02 8.74 M = 71.87 $M_{Wн} = \frac{28.1}{4.8}$ = 5.86	3.265×2 = 6.54 (17.04) 0.155×6.0 = 0.93 24.51
	$U_3 = \frac{52.26 + 28.13}{2 \times 1.5} + \frac{6.94}{4} = 26.8 + 1.73 = 28.53$ т			$U_3 = \frac{40.05 + 23.57 + 25.83}{2 \times 1.5} + \frac{6.94}{4} = 29.8 + 1.73 = 31.53$ т.				$U_3 = \frac{71.87 + 5.86}{2 \times 1.5} + \frac{24.51}{4} = 29.82$ т.	
2-2 ▽ 9.5 м δ = 2.5 м cos γ = 0.998	6.5×8.7 = 56.50 (52.26) 6.5 $M_н$ = 108.76	3.415×8.7 = 29.70 (28.13) 1.62×4.25 = 6.87 5.035 $M_{Wн}$ = 64.70	0.155×8.7 = 1.35 (6.94) 8.29	4.94×8.7 = 43.00 (40.05) 4.94 $M_н$ = 83.05	2.865×8.7 = 24.9 (23.57) 1.30×4.25 = 5.53 4.165 $M_{Wн}$ = 54.00	3.15×8.7 = 27.4 (25.83) 1.30×4.25 = 5.52 4.45 $M_{W⊥}$ = 58.75	0.155×8.7 = 1.35 (6.94) 8.29	8.74×8.7 = 76.00 (71.87) 8.74 M = 147.87 $M_{Wн} = \frac{64}{4.8}$ = 13.5	0.155×8.7 = 1.35 (24.51) 25.86
	$U_2 = \frac{108.76 + 64.70}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{8.29}{4 \times 0.998} = 34.8 + 2.07 = 36.87$ т.			$U_2 = \frac{83.05 + 54.0 + 58.75}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{8.29}{4 \times 0.998} = 39.0 + 2.07 = 41.07$ т.				$U_2 = \frac{147.87 + 13.5}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{25.86}{4 \times 0.998} = 40.9$ т.	
1-1 ▽ 3.5 м δ = 2.9 м cos γ = 0.998	6.5×6.0 = 38.0 (108.76) 6.5 $M_н$ = 147.76	5.035×6.0 = 30.2 (64.7) 0.65×2.75 = 1.78 5.685 $M_{Wн}$ = 96.68	0.155×6.0 = 0.93 (8.29) 9.22	4.94×6.0 = 29.60 (83.05) 4.94 $M_н$ = 112.65	4.165×6.0 = 25.0 (54.0) 0.52×2.75 = 1.43 4.685 $M_{Wн}$ = 80.43	4.45×6.0 = 26.70 (58.75) 0.52×2.75 = 1.43 4.96 $M_{W⊥}$ = 86.88	0.155×6.0 = 0.93 (8.29) 9.22	8.74×6.0 = 52.50 (147.87) $M_н$ = 200.37 $M_{Wн} = \frac{96.68}{4.8}$ = 20.2	0.155×6.0 = 0.93 (25.86) 26.79
	$U_1 = \frac{147.76 + 96.68}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{9.22}{4 \times 0.998} = 42.3 + 2.31 = 44.61$ т			$U_1 = \frac{112.65 + 80.43 + 86.88}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{9.22}{4 \times 0.998} = 48.3 + 2.31 = 50.61$ т.				$U_1 = \frac{200.37 + 20.2}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{26.79}{4 \times 0.998} = 44.6$ т	

Примечание:

1. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2b\cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4\cos\gamma},$$

3079 тм/3 л 58/101

Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПУС 110-1

Таблица № 21

Обозначение элементов	Схема	База в (м)	cos β	Нагрузки в (т) и (тм)			2 cos β	$\frac{M_{из}}{в} tg\gamma$	4в cos β	Усилия в раскосах (т)		
				Перерезывающая сила Q	Изгибающий момент $M_{из}$	Крутящ. момент $M_{кр}$				$Д' = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из}}{в} tg\gamma}{2\cos\beta}$	$Д'' = \frac{M_{кр}}{4\cos\beta}$	$Д = Д' + Д''$
$Д_1$	IV	1.5	0.707	1.13	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
$Д_2$	III	1.5	0.707	1.29	—	4.39	1.414	—	4.25	0.46	1.03	1.49
$Д_3$	III	1.5	0.707	1.29	-	5.94	1.414	—	4.25	0.46	1.40	1.86
$Д_4$	III	1.575	0.707	1.29	2.84	5.94	1.414	0.09	4.46	0.39	1.33	1.72
$Д_5$	III	1.725	0.743	1.29	4.78	5.94	1.486	0.14	4.98	0.34	1.19	1.53
$Д_6$	III	1.9	0.669	1.29	6.97	5.94	1.338	0.18	5.09	0.35	1.17	1.52
$Д_7$	III	2.1	0.719	1.29	9.55	5.94	1.438	0.23	6.04	0.29	0.98	1.27
$Д_8$	III	2.3	0.754	1.29	12.13	5.94	1.508	0.26	6.94	0.25	0.86	1.12
$Д_9$	III	2.5	0.766	1.29	14.71	5.94	1.532	0.29	7.66	0.23	0.78	1.01
$Д_{10}$	III	2.7	0.798	1.29	17.29	5.94	1.596	0.32	8.64	0.20	0.69	0.89
$Д_{11}$	III	2.9	0.819	1.29	19.87	5.94	1.638	0.34	9.5	0.19	0.63	0.82
$Д_{12}$	III	3.12	0.788	1.29	22.71	5.94	1.576	0.36	9.85	0.18	0.60	0.78
$Д_{21}$	I	1.5	0.707	1.12	—	—	1.414	—	4.25	0.40	-	0.40
$Д_{22}$	I	1.5	0.707	2.48	—	—	1.414	—	4.25	0.88	-	0.88
$Д_{23}$	I	1.5	0.707	5.71	—	—	1.414	—	4.25	2.02	-	2.02
$Д_{25}$	I	1.575	0.707	5.92	36.24	—	1.414	1.15	4.46	1.28	-	1.28
$Д_{26}$	I	1.725	0.743	6.13	46.7	—	1.486	1.35	4.98	1.16	—	1.16
$Д_{27}$	I	1.9	0.669	6.37	57.3	—	1.338	1.51	5.09	1.26	—	1.26
$Д_{28}$	I	2.1	0.719	6.5	70.32	—	1.438	1.67	6.04	1.1	—	1.1
$Д_{29}$	I	2.3	0.754	6.93	83.9	—	1.508	1.82	6.94	1.1	—	1.1
$Д_{30}$	I	2.5	0.766	7.17	97.17	—	1.532	1.94	7.66	1.08	—	1.08
$Д_{31}$	I	2.7	0.798	7.48	111.82	—	1.596	2.06	8.64	1.05	—	1.05
$Д_{32}$	I	2.9	0.819	7.72	126.87	—	1.638	2.18	9.5	1.03	-	1.03
$Д_{33}$	I	3.12	0.788	8.06	144.24	—	1.576	2.31	9.85	1.09	-	1.09

Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПУС 110-2

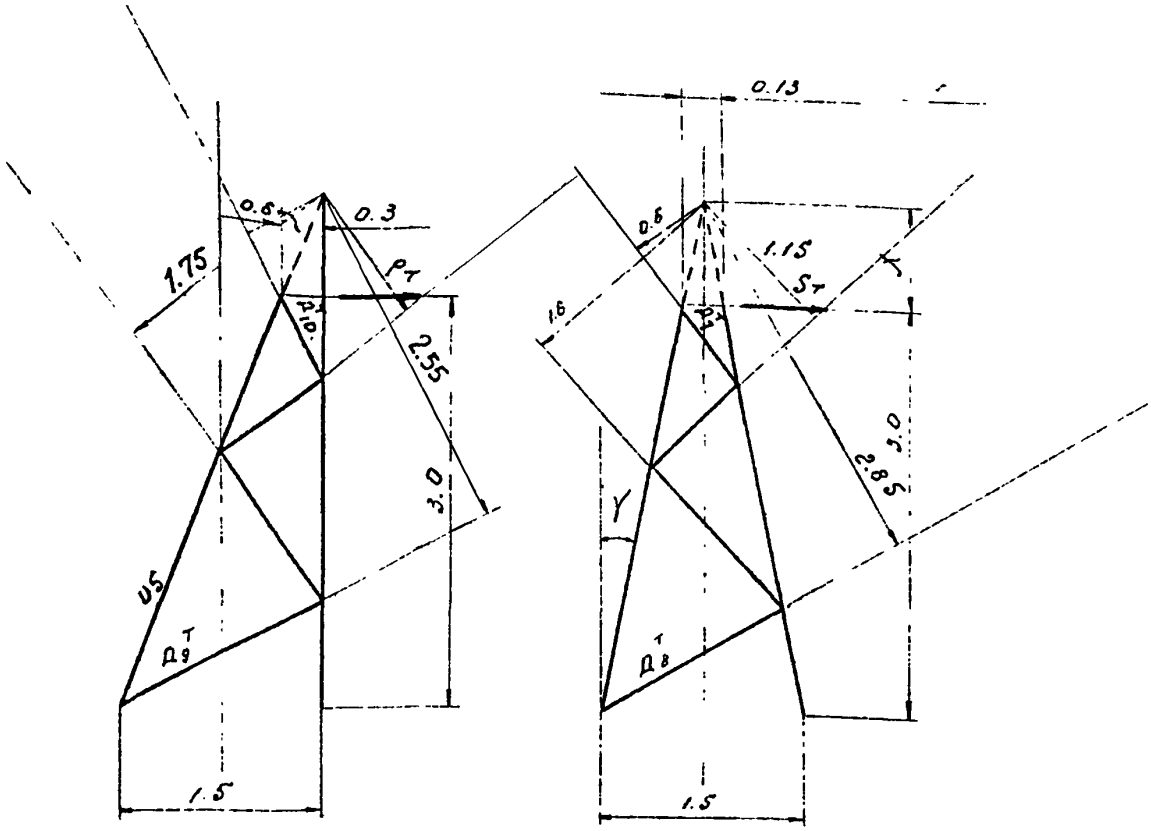
Таблица № 22

Обозначение элементов	Схема	База - в (м)	$\cos\beta$	Нагрузки в (т) и (тм)			$2\cos\beta$	$\frac{M_{из}\cdot q}{g}$	$4g\cos\beta$	Усилия в раскосах (т)		
				Перерезывающая сила Q	Изгибающий момент $M_{из.}$	Крутящий момент $M_{кр.}$				$Д' = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из}\cdot q}{g}}{2\cos\beta}$	$Д'' = \frac{M_{кр}}{4g\cos\beta}$	$Д = Д' + Д''$
$Д_1$	IV	1.5	0.707	1.13	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
$Д_2$	III	1.5	0.707	1.29	—	4.39	1.414	—	4.25	0.46	1.03	1.49
$Д_3$	III	1.5	0.707	1.29	—	5.94	1.414	—	4.25	0.46	1.40	1.86
$Д_4$	III	1.575	0.707	1.29	10.6	5.94	1.414	0.34	4.46	0.22	1.33	1.55
$Д_5$	III	1.725	0.743	1.29	12.54	5.94	1.486	0.36	4.98	0.19	1.19	1.38
$Д_6$	III	1.9	0.669	1.29	14.8	5.94	1.338	0.39	5.09	0.19	1.17	1.36
$Д_7$	III	2.1	0.719	1.29	17,38	5.94	1.438	0.41	6.04	0.16	0.98	1.14
$Д_8$	III	2.3	0.754	1.29	19.96	5.94	1.508	0.43	6.04	0.14	0.86	1.00
$Д_9$	III	2.5	0.766	1.29	22.54	5.94	1.532	0.45	7.66	0.13	0.78	0.91
$Д_{10}$	III	2.7	0.798	1.29	25.12	5.94	1.596	0.47	8.64	0.11	0.69	0.80
$Д_{11}$	III	2.9	0.819	1.29	27.7	5.94	1.638	0.48	9.5	0.10	0.63	0.73
$Д_{12}$	III	3.12	0.788	1.29	30.54	5.94	1.576	0.49	9.85	0.10	0.60	0.70
$Д_{21}$	I	1.5	0.707	1.3	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
$Д_{22}$	I	1.5	0.707	3.58	—	—	1.414	—	4.25	1.27	—	1.27
$Д_{23}$	I	1.5	0.707	6.86	—	—	1.414	—	4.25	2.42	—	2.42
$Д_{24}$	I	1.5	0.707	9.65	—	—	1.414	—	4.25	3.41	—	3.41
$Д_{25}$	I	1.575	0.707	9.83	94.08	—	1.414	2.98	4.46	1.37	—	1.37
$Д_{26}$	I	1.725	0.743	10.1	110.5	—	1.486	3.2	4.98	1.25	—	1.25
$Д_{27}$	I	1.9	0.669	10.38	125.7	—	1.338	3.3	5.09	1.42	—	1.42
$Д_{28}$	I	2.1	0.719	10.7	144.3	—	1.438	3.44	6.04	1.33	—	1.33
$Д_{29}$	I	2.3	0.754	11.0	166.8	—	1.508	3.63	6.94	1.24	—	1.24
$Д_{30}$	I	2.5	0.766	11.39	191,04	—	1.532	3.82	7.66	1.23	—	1.23
$Д_{31}$	I	2.7	0.798	11.7	212.8	—	1.596	3.95	8.64	1.2	—	1.2
$Д_{32}$	I	2.9	0.819	12.1	238.2	—	1.638	4.07	9.5	1.21	—	1.21
$Д_{33}$	I	3.12	0.788	12.53	280.4	—	1.576	4,5	9.85	1.12	—	1,12

3079 тм/3 л. 60/101

Расчет тросостойки

для опор ПУС 110-1 и ПУС 110-2



$$tg\gamma = \frac{1.5-0.3}{2\times 3.0} = 0.2 \qquad \cos\gamma = 0.980$$

$$X = \frac{0.3}{2tg\gamma} = \frac{0.3}{2\times 0.2} = 0.75\,м$$

1. Усилие в поясе

Схема II; IV р.г.; $\alpha = 10°$

$P_1 = 0.76\,т$ $P_2 = 0.525\,т$ $P_T = 0.76 + 0.525 = 1.285\,т$

$g_T = 2.24\,т$; $G_{тр.ст.} = 0.1\,т$

$M_{из.} = 1.285\times 3.0 + 0.32\times 1.5 = 4.34\,тм$; $\Sigma G = 0.1 + 2.24 = 2.34\,т$

$$U_5 = \frac{4.34}{2\times 1.5\times 0.98} + \frac{2.34}{4\times 0.98} = 1.48 + 0.6 = 2.08\,т$$

3079 тм/3 л.61/101

2) Усилия в раскосах

Схема II; $\alpha = 10°$

$P_T = 1.285$ $\quad M_{из.} = 1.285 \times 0.75 = 0.95$ тм

$$Д_{10}^{T} = \frac{0.95}{2 \times 0.6} = 0.79\,т \qquad Д_{9}^{T} = \frac{0.95}{2 \times 2.55} = 0.19\,т$$

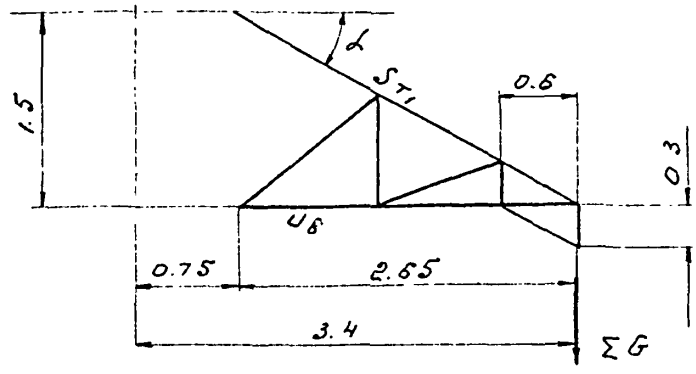
Схема IV; $\alpha = 2°$

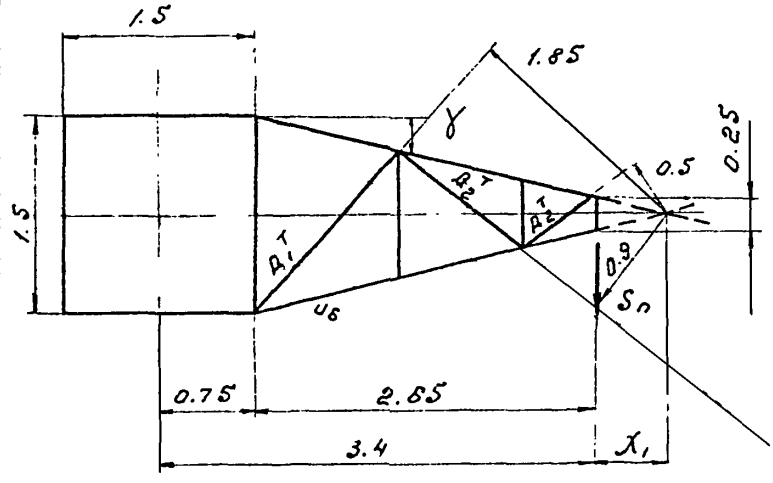
$S_T = 1.13$ $\quad M_{из.} = 1.13 \times 0.75 = 0.85$ тм

$$Д_{7}^{T} = \frac{0.85}{2 \times 0.6} = 0.71\,т \qquad Д_{8}^{T} = \frac{0.85}{2 \times 2.85} = 0.15\,т$$

Расчет траверс

1 траверса $\ell = 3.4$ м





$$tg\gamma = \frac{1.5 - 0.25}{2 \times 2.65} = 0.236 \qquad \cos\gamma = 0.973$$

$$tg\alpha = \frac{1.5}{2.65} = 0.565 \qquad \cos\alpha = 0.870$$

$$X = \frac{0.25}{2 \times tg\gamma} = \frac{0.25}{2 \times 0.236} = 0.53\ м$$

3079тм/3 л. 63/101

а) Усилие в поясе. Схема III; III р.г. $\alpha = 0°$

$S_п = 1.29$т; $g_п = 0.615$т; $g_г = 0.05$т; $G_{тр.} = 0.1 \times 1.1 \approx 0.11$т

$g_л = 0.15 \times 1.1 = 0.165$т

$\Sigma G = 0.25 g_п + 0.5 g_г + 0.5 g_л + 0.25 G_{тр.} =$

$= 0.25 \times 0.615 + 0.5 \times 0.05 + 0.5 \times 0.165 + 0.25 \times 0.11 = 0.29$т

$$U_б = \frac{0.29 \times 2.65}{1.5 \times 0.973} + \frac{1.29 \times 2.65}{1.5 \times 0.973} + \frac{0.02}{2 \times 0.973} =$$

$= 0.53 + 2.34 + 0.01 = 2.88$т;

Схема II; IV р.г. $\alpha = 8°$

$g_п = 3.435$т; $g_г = 0.05$т;

$P_п = 1.260$т;

$\Sigma G = 0.5 g_п + 0.5 g_г + 0.25 G_{тр} = 0.5 \times 3.435 + 0.5 \times 0.05 +$

$+ 0.25 \times 1.1 = 1.77$т;

$$U_б = \frac{1.77 \times 2.65}{1.5 \times 0.973} + \frac{1.260}{2 \times 0.973} = 3.22 + 0.65 = 3.87\text{т};$$

б) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; $\alpha = 0°$;

$S_п = 1.29$т; $\lambda_1 = 0.53$ м

$M_{из.} = 1.29 \times 0.53 = 0.68$тм;

$$Д_1^т = \frac{0.68}{1.85} = 0.37\text{т} \qquad Д_3^т = \frac{0.68}{0.5} = 1.35\text{т}$$

$$Д_2^т = \frac{0.68}{0.9} = 0.76\text{т}$$

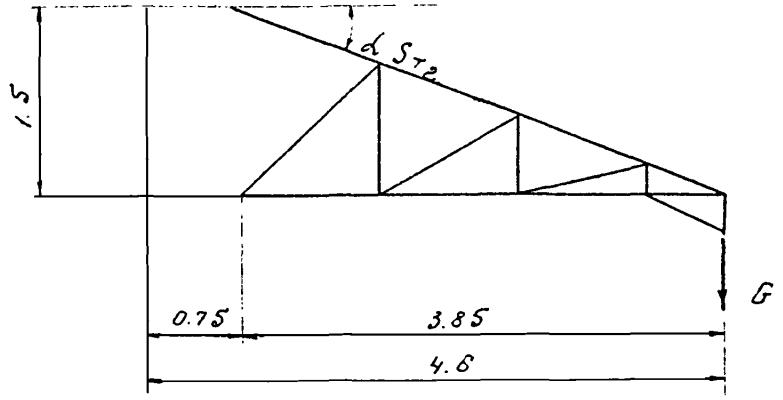
б) Усилие в тяге. Схема II/т; IV р.г.

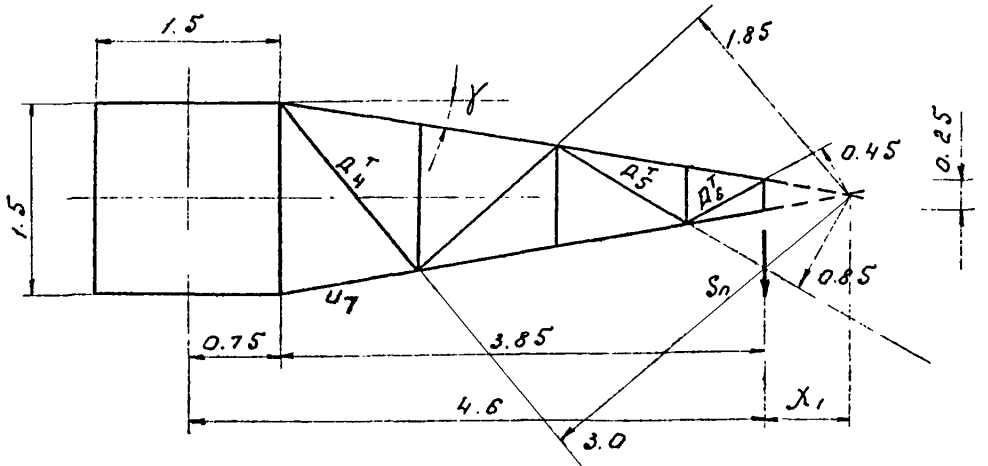
$g_п = 3.435$т; $g_г = 0.05$т; $G_{тр.} = 0.11$т $\Sigma G = 1.77$т

$$S_{т_1} = \frac{1.77 \times 2.65}{1.5 \times 0.973 \times 0.87} = 3.68\text{т}$$

3079тм/3 л. 64/101

2. Траверса $\ell = 4.6$ м





$$tg\gamma = \frac{1.5 - 0.25}{2 \times 3.85} = 0.162 \qquad \cos\gamma = 0.987$$

$$tg\alpha = \frac{1.5}{3.85} = 0.39 \qquad \cos\alpha = 0.931$$

$$X_1 = \frac{0.25}{2\,tg\gamma} = \frac{0.25}{2 \times 0.162} = 0.65\ м$$

3079тм/3 л. 65/101

а) Усилие в поясе. Схема III; III р.г. $\alpha = 0°$;

$S_n = 1.29$ т, $g_n = 0.615$ т; $g_г = 0.05$ т; $G_{тр.} = 0.12 \times 1.1 = 0.132$ т;

$P_{n_0} = 0.02$ т, $g_л = 0.15 \times 1.1 = 0.165$ т;

$\sum G = 0.25 \times 0.615 + 0.5 \times 0.05 + 0.5 \times 0.165 + 0.25 \times 0.132 =$

$= 0.296$ т;

$$U_7 = \frac{0.296 \times 3.85}{1.5 \times 0.987} + \frac{1.29 \times 3.85}{1.5 \times 0.987} + \frac{0.02}{2 \times 0.987} =$$

$= 0.77 + 3.36 + 0.01 = 4.14$ т;

Схема II; IV р.г. $\alpha = 8°$;

$g_n = 3.435$ т; $g_г = 0.05$ т;

$P_n = 1.26$ т;

$\sum G = 0.5 \times 3.435 + 0.5 \times 0.05 + 0.025 \times 0.132 = 1.78$

$$U_7 = \frac{1.78 \times 3.85}{1.5 \times 0.987} + \frac{1.26}{2 \times 0.987} = 4.6 + 0.63 = 5.23 \text{ т};$$

б) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; III р.г. $\alpha = 0°$,

$S_n = 1.29$ т; $\lambda_1 = 0.65$ м;

$M_{из} = 1.29 \times 0.65 = 0.84$ тм

$$Д_4^т = \frac{0.84}{3.0} = 0.28 \text{ т} \qquad Д_6^т = \frac{0.84}{0.45} = 1.87$$

$$Д_5^т = \frac{0.84}{0.85} = 0.99 \text{ т}$$

в) Усилие в тяге. Схема II; IV р.г.;

$g_n = 3.435$ т; $g_г = 0.05$ т; $G_{тр} = 0.132$ т;

$G = 0.5 \times 3.435 + 0.5 \times 0.05 + 0.25 \times 0.132 \times 1.78$ т

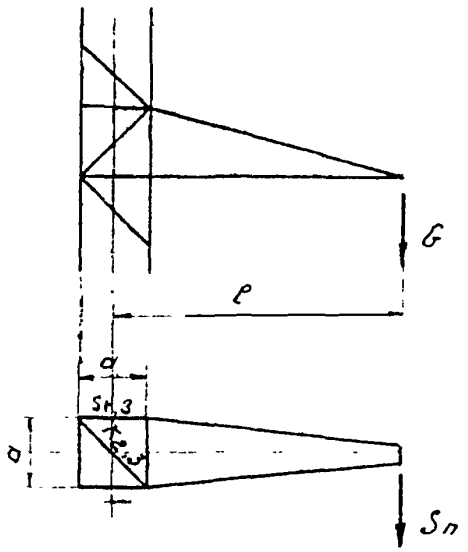
$$S_{т_2} = \frac{1.78 \times 3.85}{1.5 \times 0.987 \times 0.931} = 4.95 \text{ т}$$

3079 тм/3 л. 66/101

Расчет распорок и диафрагм

$$S = \frac{S_n \ell}{a} + \frac{G}{2 tg\alpha}$$

$$K = \frac{S_n \ell}{\sqrt{2}\, a};$$



а) Траверса $\ell = 3.4$ м; $a = 1.0$ м

Схема III; IV р.г.

$$S_3 = \frac{1.29 \times 3.4}{2 \times 1.5} + 0.53^{*)} = 1.46 + 0.53 = 1.99\text{ т}$$

$$K_3 = \frac{1.29 \times 3.4}{\sqrt{2} \times 1.5} = 2.07\text{ т}$$

Схема II; IV р.г.

$$S_3 = 3.22 + 0.65 = 3.87\text{ т}^{*)},$$

б) Траверса $\ell = 4.6$ м; $a = 1.0$ м,

Схема III; IV р.г;

$$S_2 = \frac{1.29 \times 4.6}{2 \times 1.5} + 0.77^{*)} = 2.75\text{ т}$$

$$K_2 = \frac{1.29 \times 4.6}{\sqrt{2} \times 1.5} = 2.8\text{ т};$$

Схема II; IV р.г.

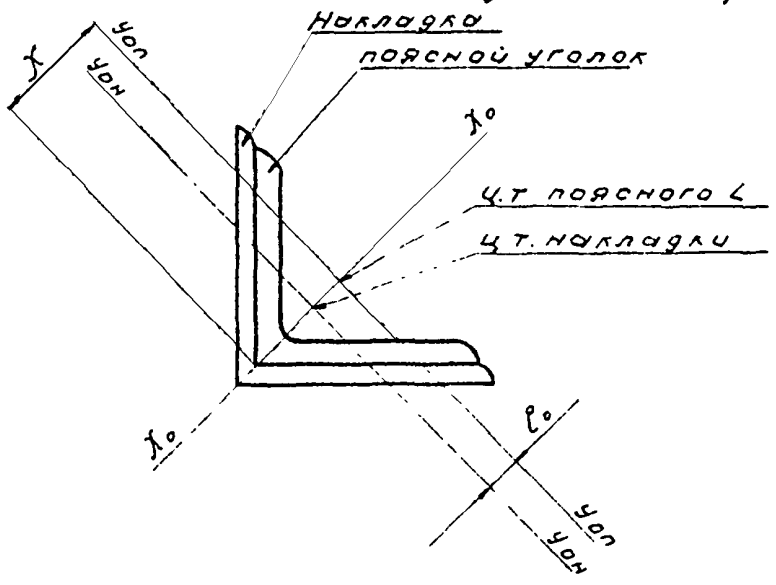
$$S_2 = 4.6 + 0.63 = 5.23^{*)}$$

*) См. расчет соответствующей траверсы

3079тм/3 л. 67/101

Расчет стыков опоры ПУС 110-1

1. Стык верхней и средней секций



$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вн} F}$; $N = 17.02$ т; ∠90×7 поясной ∠125×8 накладка

$\eta_1 = 0.95$; $F = 12.3$ см^2;

$\lambda = \frac{150}{1.78} = 84$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1.0$; $m = \ell \times \frac{Fx}{J_{y_0}}$;

$x = \frac{2.47}{0.707} = 3.5$ см; $J_{y_0} = 38.9$ см^4;

$\ell_0 = \frac{(2.47 + 0.8) - 3.36}{0.707} = 0.127$ $\ell = 0.5\ell_0 = 0.5 \times 0.127 = 0.064$ см

$m = 0.064 \times \frac{12.3 \times 3.5}{38.9} = 0.071$ $m_1 = 1.0 \times 0.071 = 0.071$;

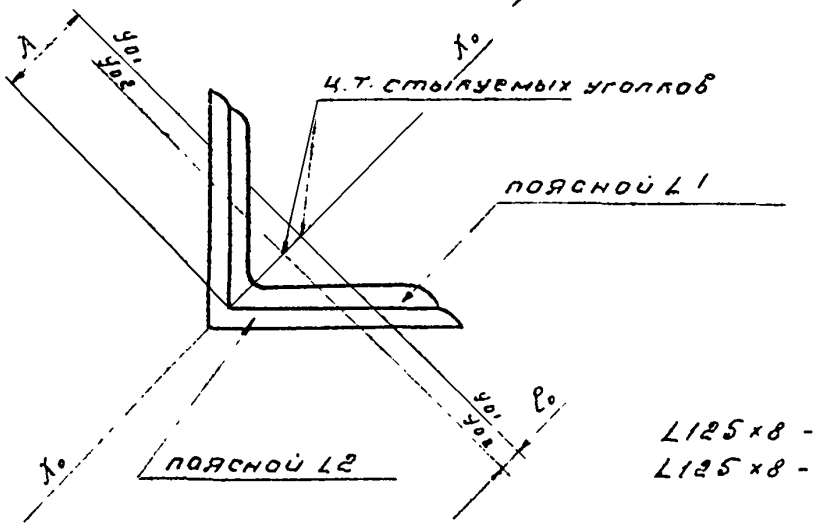
$\varphi_{вн} = 0.726$

$\sigma = \frac{17020}{0.95 \times 0.726 \times 12.3} = 2030$ кг/см^2 < 2100

3079 тм/3 л. 68/101

2. Стык средней и нижней секций

(стык телескопический)



L125×8 - поясной 1
L125×8 - поясной 2

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{6н} F}; \qquad N = 22.04\,т$$

$n_1 = 1.0$; $F = 19.7\,см^2$

$$\lambda = \frac{200}{2.49} = 80$$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1.0$ $\qquad m = \rho \frac{Fx}{J_{y_0}}$;

$J_{y_0} = 122\,см^4$ $\qquad x = \frac{3.36}{0.707} = 4.75\,см$;

$$\ell_0 = \frac{0.8}{0.707} = 1.13 \qquad \rho = 0.5 \times 1.13 = 0.565\,см$$

$$m = 0.565 \times \frac{19.7 \times 4.75}{122} = 0.435$$

$\varphi_{6п.} = 0.546$

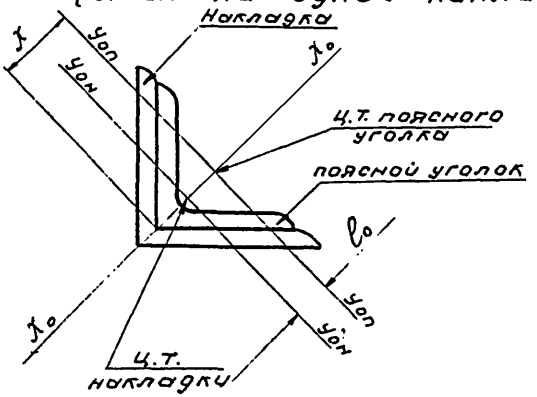
$$\sigma = \frac{22040}{19.7 \times 0.546} = 2020\ кг/см^2 < 2100$$

3079 тм/3 л. 59/101

Расчет стыков опоры ПУС 110-2

1. Стык верхних секций

(стык на одной накладке)



$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}, \qquad N = 15.91\,т. \qquad \angle 90\times7 \text{ - поясной}, \quad \angle 125\times8 \text{ - накладка}$$

$n_1 = 0.95 \qquad F = 12.3\ см^2$

$$\lambda = \frac{150}{1.78} = 84$$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1.0 \qquad m = l \times \frac{F x}{J_{y_0}}$;

$J_{y_0} = 38.9\ см^4; \qquad x = \frac{2.47}{0.707} = 3.5\ см;$

$2.47 + 0.8 = 3.27\ см \qquad 3.36 - 3.27 = 0.09\ см$

$l_0 = \frac{0.09}{0.707} = 0.127\ см \qquad l = 0.5 \times l_0 = 0{,}5 \times 0.127 = 0.064\ см;$

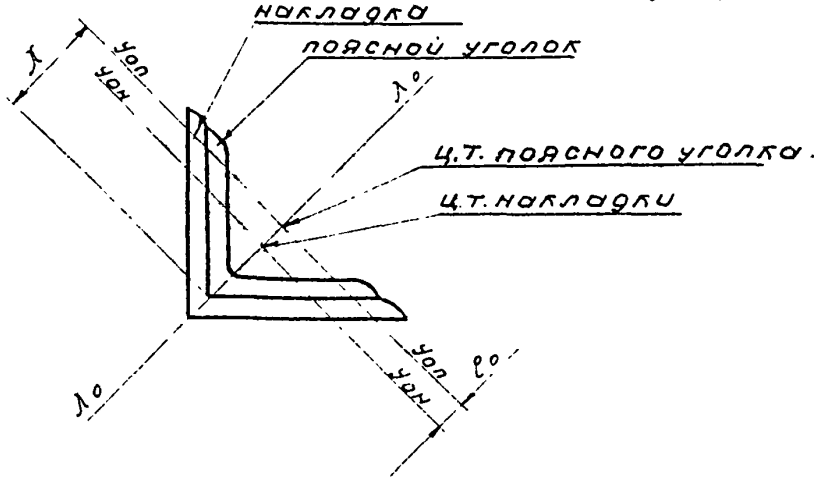
$$m = 0.064 \times \frac{12.3 \times 3.5}{38.9} = 0.071 \qquad m_1 = 1.0 \times 0.071 = 0.071$$

$\varphi_{вн.} = 0.726$

$$\sigma = \frac{15910}{0.95 \times 0.726 \times 12.3} = 1880\ кг/см^2 < 2100$$

3079 тм/3 л. 70/101

2. Стык верхней и средней секций (стык на одной накладке).



$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вн} F}; \quad N = 32.03\ т;$$

$\angle 125\times8$ - поясной
$\angle 160\times10$ - накладка

$\eta_1 = 0.95; \quad F = 19.7\ см^2;$

$$\lambda = \frac{150}{2.49} = 60$$

$m_1 = \eta m$; где $\eta = 1.0$ $\qquad m = \ell \times \frac{F\lambda}{J_{y_0}};$

$$\lambda = \frac{3.36}{0.707} = 4.75\ см; \quad J_{y_0} = 122\ см^4;$$

$$\ell_0 = \frac{(3.36+1.0)-4.3}{0.707} = \frac{0.06}{0.707} = 0.085\ см$$

$\ell = 0.5 \times \ell_0 = 0.5 \times 0.085 = 0.043\ см;$

$$m = 0.043\ \frac{19.7\times4.75}{122.0} = 0.033 \qquad m_1 = 1.0 \times 0.033 = 0.033$$

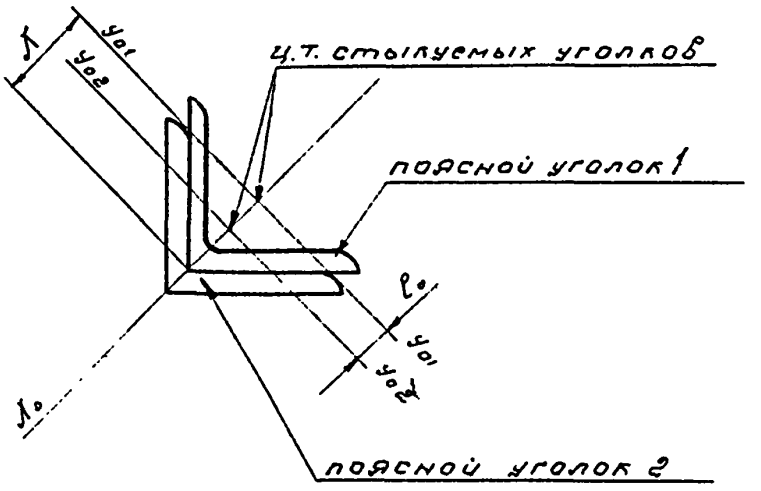
$\varphi_{вн.} = 0.860$

$$\sigma = \frac{32030}{0.95 \times 0.86 \times 19.7} = 2010\ кг/см^2 < 2100$$

3079 тм/3 л. 71/110

3. Стык средней и нижней секций

(стык телескопический)



∠160×10 - поясной 1.
∠160×10 - поясной 2.

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}; \qquad N = 44.85 т.$$

$n_1 = 1.0; \qquad F = 31.4 \text{ см}^2$

$$\lambda = \frac{200}{3.19} = 63$$

$m_1 = \eta m; \quad$ где $\eta = 1.0; \qquad m = \ell \frac{F\lambda}{J_{y_0}};$

$J_{y_0} = 319 \text{ см}^4; \qquad \lambda = \frac{4.30}{0.707} = 6.07$

$$\ell_0 = \frac{1.0}{0.707} = 1.41 \text{ см}; \qquad \ell = 0.5 \times 1.41 = 0.71 \text{ см};$$

$$m = 0.71 \times \frac{31.4 \times 6.07}{319.0} = 0.42;$$

$\varphi_{вп.} = 0.68$

$$\sigma = \frac{44850}{31.4 \times 0.68} = 2100 \text{ кг/см}^2$$

Рассчитал [signature] /Токарева/.
Проверил [signature] /Груздев/.

N3079 тм-т3	Лист 72	101

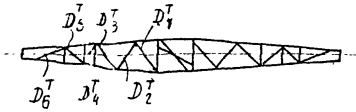
3079 тм/3 л. 72/101

ПС 110-11

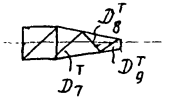
Сечение 1-1

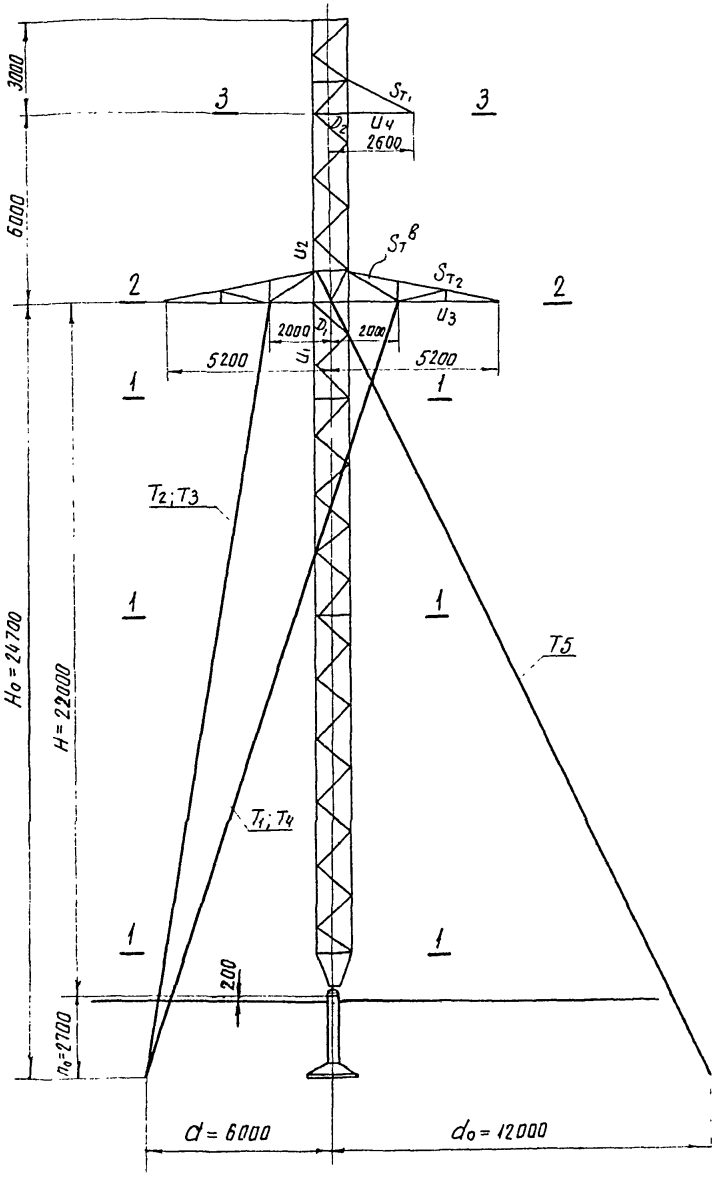


Сечение 2-2



Сечение 3-3



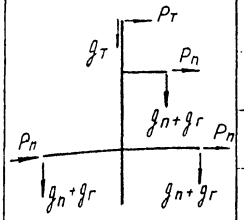
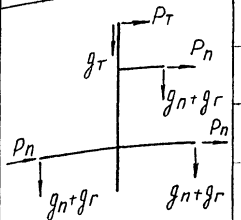


3079тм/3 л. 73/101

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кв для горных районов

Шифр ПС 110 – 11

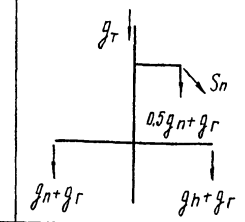
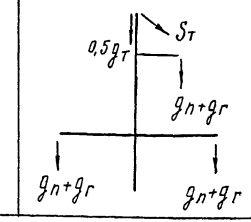
Таблица № 23

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатич. условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда АСО-240			III р-н гололеда С-50			IV р-н гололеда АСО-240			IV р-н гололеда С-50		
					l ветр	500						400					
					l вес	720						630					
					l габ	360						315					
						нормат	n	расчетн	нормат	n	расчетн	нормат	n	расч.	нормат	n	расч.
I	Провода и трос не оборваны, свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$, $C=0$ $q_п^н = 80$ кг/м² $q_т^н = 112$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ $P_т$	660	1,2	790	425	1,2	510	535	1,2	640	340	1,2	405
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260	—	285
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$; $C=15$ мм $q_п^н=20$ кг/м² $C=20$ мм $q_т^н=28$ кг/м		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	620	1,4	870	650	1,4	910	590	1,4	830	665	1,4	930
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	280
						1110	2,0	2220	730	2,0	1460	1480	2,0	2960	1030	2,0	2060
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1825		3010	1020	—	1830	2110	—	3600	1290	—	2340

3079 тм/3 л 74/101

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кВ для горных районов
Шифр ПС 110-7

Продолжение таблицы № 23

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					$\ell_{ветр}$	500						400					
					$\ell_{вес}$	720						630					
					$\ell_{габ}$	360						360					
						нормат	n	расчетн	нормат	n	расчетн	нормат	n	расч.	нормат	n	расчетн
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$, $c=0$, $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260	—	285
IV	Оборван один трос, провода не оборваны Тяжение троса равно половине максимального тяжения	$t=-5°C$, $c=0$, $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролета провода троса	$g_п$ $g_т$	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260		285

Примечания

1. Высота центра тяжести троса 22,6 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,4 \cdot 80 = 112$ кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5кг

3079 тм/3 л 75/104

Давления ветра на конструкцию опоры

Табл. № 24

$n = 1,2$
$\beta = 1,45$

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэфф. увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы F_e	Площадь по контуру S (м²)	Коэфф. загорожения $\varphi = \frac{F_e}{S}$	Аэродинам. коэфф. плоской фермы $C_\Phi = C_x \cdot \varphi = 1,4\varphi$	ζ (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродин. коэфф. простр. фермы $C_{пр} = C_\Phi(1+\zeta)$	Нормативная ветр. нагр. $P_н = q_0 C_{пр} S$	Расчетная ветров. нагр. $P_р = P_н \cdot n \cdot \beta$
Верхняя траверса	28,5 / 2,1	1,55	124	0,25	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	35 (77)	61
Нижняя траверса	22,5 / 1,0 / 4,7	1,40	112	0,89	2,35	0,378	0,53	0,52	0,805	2×95 (2×212)	2×165
Верхняя секция	26,5 / 9,0 / 1,0	1,50	120	2,64	9,0	0,264	0,370	0,74	0,644	770	1340
Нижняя секция	17,0 / 22,0 / 1,0	1,1	88	5,27	22,0	0,239	0,335	0,78	0,596	1150	2000
Оттяжки		1,1	88							71	123
									Итого	2216	3854

Примечания:

1. Опора рассчитана на на скоростной напор 80 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках определены при направлении ветра ⊥ оси траверсы. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0,45 P_{тр}$.

Расчёт опоры производился на ЭЦ ВМ „Урал-2" по программе расчёта одностоечной опоры с двумя расщеплёнными и одной одиночной оттяжками (№ 3002 тм-т6)

3079 тм/3 № 76/101

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Таблица результатов расчета опоры ПС 110-11 на ЭЦВМ

Таблица № 25

Обознач.	Схема I(1) Ветер слева	Схема I(2) Ветер справа	Схема II Гололёд, ветер слева	Схема III(1) обрыв верхнего провода	Схема III(2) обрыв левого нижнего провода	Схема III(3) обрыв правого нижнего провода	Схема IV обрыв троса
T_1 (кг)	6270	1270	5250	5960	4500	0	1710
T_2 (кг)	7425	95	6800	3005	0	4400	1740
T_3 (кг)	7425	95	6800	3005	6595	1470	4280
T_4 (кг)	6270	1270	5250	5960	1470	6810	4335
T_5 (кг)	0	15115	0	5950	6050	6295	5910
Rx (кг)	325	290	520	254	51,6	79,0	47,3
$N-No$(кг)	8550	-160	5605	4,3	600	895	8,0
Δx	27,5	-16,4	21,5	-0,9	-0,9	-0,53	0,15
Δy	0	0	0	5,3	4,2	5,6	5,5
φ	0,003	0,003	0,005	0,002	0,004	0,006	-0,003
B	0	0	0	0,27	-0,54	0,58	0,013
Mc(кгсм)	-1500500	1578370	-1706260	-55925	-113605	-173660	-104140
Ry (кг)	0	0	0	370	0	0	550
Nn (кг)	29145	-20430	35995	-20345	-20940	-21235	-20460
Na (кг)	8935	1215	10900	3280	3995	4030	3110
qax (кг)	2350	380	2520	620	1295	655	7490
qay (кг)	-3615	-490	-4410	-1330	-1620	-1630	-1260
NB (кг)	12370	1215	10900	7560	7350	7390	7770
qBx (кг)	2905	380	2520	2010	1400	2175	1880
qBy (т)	5010	490	4410	3060	2980	2990	3150
Nc (кг)	0	13596	0	5355	5440	5660	5320
qcx (кг)	0	-6605	0	-2600	-2660	-2750	-2580

T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 - усилия в оттяжках

Rx, Ry - горизонтальные реакции в опорном шарнире

Nn - вертикальная реакция в опорном шарнире

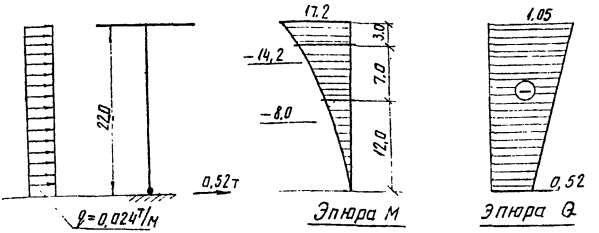
Mc - момент в стойке на уровне нижних траверс

$\Delta x, \Delta y, \varphi, B$ - перемещение стойки на тамже уровне

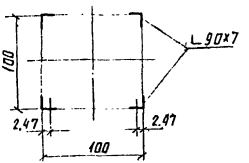
Na, qax, qay, NB - нагрузки на анкерные плиты.

Расчет стойки ниже уровня нижних траверс

Схема II; IV р-н гололеда, ветер слева.



Определение усилия в поясах



$N = N_п - G_{ст}$

$N = 35995 - \frac{2}{3} \times 2760 = 34150\,т.$

$U = \frac{N}{4} + \frac{Mc}{2b} = \frac{34,15}{4} + \frac{17,2}{2 \times 0,94} =$

$= 8,55 + 9,15 = \underline{17,7\,т}$

Определение усилия в раскосах стойки

$Q = 1,05\,т \qquad \cos\alpha = 0,707$

$D = \frac{1,05}{2 \times 0,707} = \underline{0,75\,т}.$

Согласно п. 3.9. инструкции по расчёту опор производим проверку поясов стойки по ф-ле

$U = \frac{N_p}{4} + \frac{M_p}{2b} + \frac{n N^p \left(f_0 + \frac{1}{750} l\right)}{2b\left(1 - \frac{N_p}{N_э}\right)}$; $n = 1,0$ для сварной опоры

Схема II

$N_p = 34,15\,т \qquad M_p = 17,2\,тм \qquad b = 0,94\,м$

f_0 – максимальный прогиб стойки под действием расчетных поперечных нагрузок

$f_0 = \frac{5}{384} \times \frac{q H^4}{EJ} \qquad q = 0,024\,т/м$

3079 ТМ/3 л.78/101
Фильтр сзо зел. 1-182-300 п/д-6а

$$f_0 = \frac{5 \times 0{,}024 \times 22{,}0^4}{384 \times 22{,}8 \cdot 10^3} = 0{,}32 \cdot 10^{-2}\ м = 0{,}32\ см.$$

$N_э$ – критическая сила

$$N_э = \frac{\pi^2 E J}{l^2} = \frac{3{,}14^2 \times 22{,}8 \cdot 10^3}{22^2} = 465\ т$$

$$U_1 = \frac{34{,}15}{4} + \frac{17{,}2}{2 \times 0{,}94} + \frac{1{,}0 \times 34{,}15\left(0{,}32 \cdot 10^{-2} + \frac{22}{750}\right)}{2 \times 0{,}94\left(1 - \frac{34{,}15}{465}\right)} =$$

$$= 8{,}55 + 9{,}15 + 0{,}12 = 17{,}82 \cong 17{,}7\ т.$$

Расчёт стойки выше уровня нижних траверс

Пояс верхней части стойки (⌖ 22.0)

Схема II ; IV р-н гололёда

$$M_{II} = 0{,}93 \times 8{,}0 + 0{,}83 \times 5{,}0 + 3{,}6 \times 2{,}6 + \frac{0{,}024 \times 8{,}0^2}{2} =$$

$$= 7{,}45 + 4{,}15 + 9{,}33 + 0{,}77 = 21{,}7\ тм.$$

$$G = 2{,}34 + 3{,}6 + (0{,}55 + 0{,}06) = 2{,}34 + 3{,}6 + 0{,}61 = 6{,}55\ т$$

$$U_2 = \frac{21{,}7}{2 \times 0{,}94} + \frac{6{,}55}{4} = 11{,}5 + 1{,}6 = \underline{13{,}1\ т}$$

Расчёт раскосов

Схема III $S_п. = 1290\ т.$

$M_{кр.} = 1{,}29 \times 2{,}6 = 3{,}36\ тм$

$Q = 1{,}29$ $\cos\beta = 0{,}707$

$$D = \frac{1{,}29}{2 \times 0{,}707} + \frac{3{,}36}{2 \times 1{,}0 \times 0{,}707} = 0{,}91 + 2{,}37 = \underline{3{,}28\ т}$$

3079 тм/3 л. 79/101

Ромайор сзо эсп Зап. 182-2ва тр-68г

Подбор сечения оттяжек

Для оттяжек 1, 2, 3, 4 расчетное усилие в нормальном режиме по схеме I (1) – 7,425т

Примем канат ф14 (ГОСТ 3064-66)

Разрывное усилие – 13650 кг.

$R_н^р = 13650 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 = 7860 > 7425$ кг.

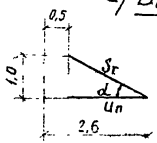
В биссекторной оттяжке расчётное усилие в нормальном режиме по схеме I (2) – 15115 кг.

Примем 2 каната ф14

$R_н^р = 2 \times 13650 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 = 15720 > 15115$ кг

Расчёт траверс

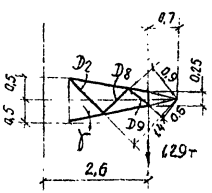
а) Верхняя траверса



Для тяги расчетной является схема II, IV р-н гололеда

$$tg\alpha = \frac{1,0}{2,1} = 0,476$$

$$Sin\alpha = 0,43$$



$$tg\gamma = \frac{1,0 - 0,25}{2 \times 2,1} = 0,179$$

$$\cos\gamma = 0,985$$

$$x = \frac{0,25}{2tg\gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,179} = 0,7м$$

Для тяг расчетной является схема II, IV р-н гололёда

$G = 3,6$ т

$$S_т = \frac{G}{2\sin\alpha\cos\gamma} = \frac{3600}{2 \times 0,43 \times 0,985} = 4,25\ т$$

Для поясов нижней грани расчетной является схема III (1), IV р-н гололёда,

$S_п = 1,29$ т $g_п = 0,690$ т, $g_т = 0,045$ т,
$g_л = 0,165$ т, $G_{тр} = 0,07$ т

3079 тм/3 л 80/101
Инв. № подл. 230 Зак 182-240 ЛГ-68

$$\Sigma G = 0{,}25 g_п + 0{,}5 g_г + 0{,}5 g_л + 0{,}25\ G_{тр} =$$

$$= 0{,}25 \times 0{,}69 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}5 \times 0{,}165 + 0{,}25 \times 0{,}07 =$$

$$= 0{,}172 + 0{,}023 + 0{,}082 + 0{,}002 = 0{,}279\ т.$$

$$U_п = \frac{1{,}29 \times 2{,}1}{1{,}0 \times 0{,}985} + \frac{0{,}279 \times 2{,}1}{1{,}0 \times 0{,}985} = 2{,}65 + 0{,}59 = \underline{3{,}24\ т}.$$

Усилия в раскосах нижней грани.

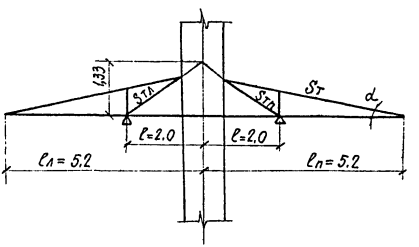
$$M = 1{,}29 \times 0{,}7 = 0{,}9\ тм$$

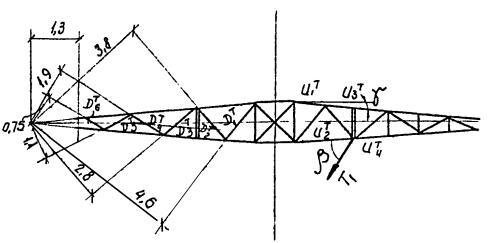
$$D_7 = \frac{0{,}9}{1{,}4} = 0{,}64\ т.$$

$$D_8 = \frac{0{,}9}{0{,}9} = 1{,}0\ т$$

$$D_9 = \frac{0{,}5}{0{,}6} = 1{,}5\ т.$$

б). Нижняя траверса.





Номер сзо эсп Зак. 182-200 п/ф-68г. 3079тм/3 л. 81/101

1. Для силовых внутренних тяг расчетной является схема I (1) нормального режима (ветер слева)

Расчетной является тяга левой траверсы

$$S_{тл} = \frac{1}{2}(T_2+T_3)\frac{H_0}{L_2}\frac{\sqrt{h_1^2+e^2}}{h_1} = \frac{2}{2}\cdot 7{,}425 \times \frac{24{,}7}{27{,}0}\frac{\sqrt{1{,}33^2+2{,}0^2}}{1{,}33} =$$

$$= 6{,}8 \times \frac{2{,}4}{1{,}33} = 12{,}2\,т$$

2. Для наружных тяг расчётной является схема II нормального режима

$$S_т = \frac{G}{2\sin\alpha\cdot\cos\gamma}$$

$$G = g_п + g_г + \frac{1}{2}G_{тр.} = 3{,}6 + 0{,}05 + \frac{1}{2}\times 0{,}3 = \underline{3{,}8\,т}$$

$$S_т = \frac{3.8}{2\times 0.208\times 0{,}995} = \underline{9.2\,т}.$$

$$\sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{1{,}0^2+4{,}7^2}} = \frac{1}{4{,}8} = 0{,}208$$

$$\cos\gamma = \frac{4{,}7}{\sqrt{0{,}4^2+4{,}7^2}} = \frac{4{,}7}{4{,}72} = 0{,}995$$

3. Расчет поясов.

Для правых пролетных поясов расчетной является схема III (3)

$$U_п^0 = \left[\frac{G}{2tg\alpha} + \frac{T_1+T_4}{2}\frac{H_0}{L_0}\frac{e}{h_1} + \frac{1}{2}(T_1+T_4)\frac{d+e}{L_1}\cos\beta\right)\times\frac{1}{\cos\gamma},$$

$$G = \frac{g_п}{2} + g_г + \frac{1}{2}G_{тр.} = \frac{740}{2} + 50 + \frac{1}{2}\times 300 = 370 + 50 \times 150 = 570\,кг$$

$$tg\alpha = 0{,}213;\quad \cos\gamma = 0{,}595$$

$$U_п^0 = \left[\frac{0{,}570}{2\times 0{,}213} + \frac{6.81}{2}\times\frac{24{,}7}{27{,}8}\times\frac{2.0}{1{,}33} + \frac{1}{2}\times 6{,}81\times\frac{6+2}{27.8}\times 0{,}625\right)\frac{1}{0{,}955} =$$

$$= (1{,}34 + 4{,}57 + 0{,}61)\times\frac{1}{0{,}995} = 6{,}6\,т.$$

$$U_i = U_0 + Q\frac{e_i}{6_i};\quad Q = S\frac{e_п - e}{2e} = 4{,}29\times\frac{5{,}2-2.0}{2\times 2.0} = 1{,}03\,т$$

Альбом сер. 3.017-2-82 Выпуск 1

3079 тм-т3 л. 82/101

$$U_1^T = 6,6 + 1,03 \times \frac{2,5}{1,0} = 6,6 + 2,6 = 9,2т.$$

$$U_2^T = 6,6 + 1,03 \times \frac{3,05}{0,88} = 6,6 + 4,5 = \underline{11,1т}$$

$$U_3^T = 6,6 + 1,03 \times \frac{4,0}{0,75} = 6,6 + 5,5 = 12,1т.$$

Для помов пролётной части расчётной является схема III

$$U_4^T = \frac{G}{2tg\alpha \cos\beta} + S_n \frac{\ell_л - \ell}{b} =$$

$$= \frac{0,570}{2 \times 0,213 \times 0,995} + 1,29 \times \frac{32}{0,74} = 1,35 + 5,55 = \underline{6,9т}$$

4. Расчёт раскосов нижней грани

Для раскосов средней части траверсы расчётной является схема III (3).

$$M = Q\left[(\ell_л + h) - \ell\right] = Q\,(5,2 + 1,3 - 2,0) = Q \times 4,5$$

$$Q = T_4 \times \frac{a}{L_1} = 681 \times \frac{10}{27,8} = 2,45т.$$

$$M = 2,45 \times 4,5 = 11,0тм.$$

$$D_i^T = \frac{M}{r_i};$$

$$D_1^T = \frac{11,1}{4,6} = 2,38т \qquad D_2^T = \frac{11,1}{3,8} = 2,96т.$$

Для раскосов консольной части расчётной является схема III.

$$M = S \times 1,3 = 1,29 \times 1,3 = 1,68тм.$$

$$D_3^T = \frac{1,68}{2,8} = 0,6т$$

$$D_4^T = \frac{1,68}{1,9} = 0,89т$$

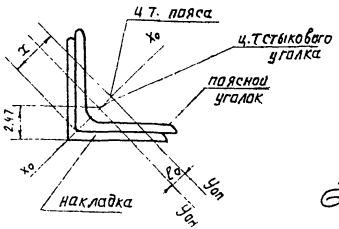
$$D_5^T = \frac{1,68}{1,1} = 1,53т$$

$$D_6^T = \frac{1,68}{0,75} = 2,24т$$

3079 тм/3 л 83/101
Комбинат СЭО зап Зак 182-200 11/IV-68

Расчет стыков секций.

Стык верхней и средней секции



Поясной уголок $\angle 90 \times 7$

Накладка $\angle 90 \times 7$

$$N = \frac{34,15}{4} + \frac{14,2}{2 \times 0,94} =$$

$$= 8,5 + 7,5 = 16,0\,т.$$

$$\sigma = \frac{N}{n \cdot \varphi_{вн} F},$$

$$n_1 = 0,95 \qquad F = 12,3\,см^2$$

$$\lambda = \frac{200}{2,77} = 72 \qquad m_1 = \eta\, m; \quad , \text{ где } \eta = 1,0, \; m = l\,\frac{Fx}{J_{y_0}},$$

$$x = \frac{2,47}{0,707} = 3,5\,см. \qquad J_{y_0} = 38,9\,см^4$$

$$l = 0,5\, l_0; \qquad l_0 = \frac{(2,47 + 0,7) - 2,47}{0,707} = 0,99\,см$$

$$l = 0,5 \times 0,99 = 0,495\,см$$

$$m_1 = 0,495 \times \frac{12,3 \times 3,5}{38,9} = 0,548 \qquad \varphi_{вн} = 0,65$$

$$\sigma = \frac{16000}{0,95 \times 0,65 \times 12,3} = \frac{16000}{7,6} = 2100\,кг/см^2$$

Стык нижней и средней секции

$$N = \frac{34,15}{4} + \frac{8,0}{2 \times 0,94} = 8,5 + 4,3 = 12,8\,т.$$

$$\sigma = \frac{12800}{7,6} = 1680\,кг/см^2$$

Рассчитал Богд. /Богданова/.

Проверил Элк. /Элькинд/.

3079 тм/3 л. 84/101

Ленинград СЗО Зак 182 200 п/д-68г.

Расчет опоры У35 – 1

Определение предельного угла поворота на опоре У35-1 в горных районах при $q^н = 80$ кг/м².

Опора У35-1 рассчитана на подвеску проводов марок до АС-150 включительно и троса С-35 в I-IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q^н = 50$ кг/м² (см. расчет N 3078 тм-Т3, листы 6/31 ÷ 22/31 и расчетный лист N 3078 тм-137).

Увеличение скоростного напора с 50 до 80 кг/м² отражается только на схемах нормального режима I и II.

На схему аварийного режима III ($q=0$) увеличение скоростного напора не оказывает влияния; практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему IIк, т.к. доля ветровой нагрузки в этом режиме незначительна. Таким образом проверке подлежат элементы, рассчитанные по схеме II, т.е. пояса ствола опоры и тросостойки. Эти элементы должны быть проверены на повышенные нагрузки по схеме II, а также по схеме I. Как показывает расчет на листах 86, 87, 88 опору У35-1 с тросом можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота до 54 включительно, а без троса до 60° включительно.

3079 тм/3 л. 85/101

Схемы расчетных нагрузок
(провод АС-150, трос С-35)

с тросом
$\alpha = 54°$

Схема I

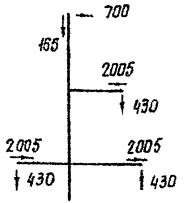
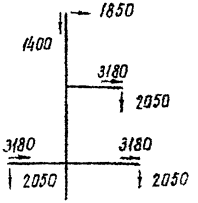
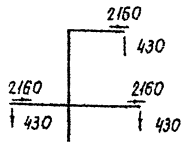
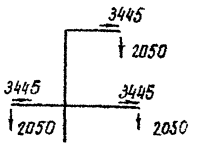


Схема II



без троса
$\alpha = 60°$





Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда
III район гололедности, без разности тяжений,
$t = -5°C$; $C = 0$; $q_п^н = 80 \frac{кг}{м^2}$;
$q_т^н = 88 кг/м^2$,

$l_{ветр.} = 330 м$; $l_{вес} = 470 м$;

$l_{габ} = 235 м$

Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом
IV район гололедности, без разности тяжении,
$t = -5°C$; $C = 20 мм$;
$q_п^н = 20 кг/м^2$, $q_т^н = 22 \frac{кг}{м^2}$;
$l_{ветр.} = 280 м$; $l_{вес} = 400 м$
$l_{габ} = 200 м$

3079 тм/3 л. 86/101

Определение усилий в поясах ствола опоры (опора У35-1 тросом)

Таблица № 26

Отметка, база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 54°$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 54°$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)			Изгибающие моменты (тм)		
	От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{Wн}$	Вертикальная нагрузка G (т)	От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{Wн}$	Вертикальная нагрузка G (т)
▽ 9,5	0,70 × 8,4 = 5,88 2,005 × 3,5 = 7,03 2,005 × 2 × 0,5 = 2,00 6,71 $M_н$ = 14,91 $M_{нy}$ = 0,43 × 3,5 = 1,50 $\Sigma M_н$ = 16,41	0,047 × 4,0 = 0,188 0,059 × 1,0 = 0,059 0,047 × 1,0 = 0,047 0,645 × 2,25 = 1,450 0,256 × 6,5 = 1,536 1,054 $M_{Wн}$ = 3,28	0,165 × 1 = 0,165 0,43 × 3 = 1,290 0,18 × 8,4 = 1,510 2,97	1,85 × 8,4 = 15,55 3,18 × 3,5 = 11,10 3,18 × 2 × 0,5 = 3,18 11,39 $M_н$ = 29,83 $M_{нy}$ = 2,05 × 3,5 = 7,18 $\Sigma M_н$ = 37,01	0,001 × 4,0 = 0,004 0,013 × 1,0 = 0,013 0,001 × 1,0 = 0,001 0,135 × 2,25 = 0,304 0,055 × 6,5 = 0,357 0,21 $M_{Wн}$ = 0,68	1,4 × 1 = 1,40 2,05 × 3 = 6,15 0,18 × 8,4 = 1,5 9,06
b = 1,5м	$U_2 = \frac{16,41 + 3,28}{2 \times 1,5} + \frac{2,97}{4} = 6,56 + 0,74 = 7,3$ т			$U_2 = \frac{37,01 + 0,68}{2 \times 1,5} + \frac{9,06}{4} = 12,56 + 2,27 = 14,83$ т		
▽ 1,7	6,71 × 7,8 = 52,40 (16,41) $\Sigma M_н$ = 68,81	10,54 × 7,8 = 8,23 (3,28) 1,3 × 3,9 = 5,07 $\Sigma M_{Wн}$ = 16,58	0,17 × 7,81 = 1,33 (2,97) 4,30	11,39 × 7,8 = 88,90 (37,01) $\Sigma M_н$ = 125,91	0,21 × 7,8 = 1,64 (0,68) 0,27 × 3,9 = 1,05 $\Sigma M_н$ = 3,37	0,17 × 7,8 = 1,33 (9,06) 10,39
b = 3,7м 0,5 β = 0,985	$U_1 = \frac{68,81 + 16,58}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{4,30}{4 \cdot 0,989} = 11,70 + 1,09 = 12,79$ т			$U_1 = \frac{125,91 + 3,37}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{10,39}{4 \cdot 0,989} = 17,75 + 2,63 = 20,38$ т		

Пояс U_1 $\quad \sigma = \frac{20,38}{9,7} = 2100 \frac{кг}{см^2} = [2100]$

Пояс U_2 $\quad \sigma = \frac{14,83}{7,87} = 1880 \frac{кг}{см^2} < [100]$

Определение усилия в поясе трассостойки

$M_н = 1,85 \times 3,9 = 7,2$ тм

$M_{Wн} = 0,055 \times 1,95 = 0,11$ тм

$\Sigma M = 7,31$ тм

$G = 0,18 + 1,4 = 1,58$ т

$U_3 = \frac{7,31}{2 \times 1,5 \times 0,987} + \frac{1,58}{4 \times 0,987} = 2,88$ т

$\sigma = \frac{2,88}{2,07} = 1390 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

3079 тм/3 – 87/101

Определение усилий в поясах ствола опоры
(опора У35-1 без троса)

Таблица № 27

Отметка, база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 60°$, без разности тяжений			Схема II; IV р-н гололеда, $\alpha = 60°$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{wII}		От нагрузок на провода M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{wII}	
▽ 9,5 в=1,5м	2,16 × 3,5 = 7,56 2,16 × 2×0,5 = 2,16 6,48 M_{II} = 9,72 $M_{ну}$ = 0,43×3,5 = 1,50 ΣM_{II} = 11,22	0,047 × 4,0 = 0,188 0,059 × 1,0 = 0,059 0,047 × 1,0 = 0,047 0,645 × 2,25 = 1,450 0,798 M_{wII} = 1,74	0,43 × 3 = 1,29 0,27 × 4,5 = 1,21 2,50	3,445 × 3,5 = 12,1 3,445 × 2×0,5 = 3,45 10,34 M_{II} = 15,55 $M_{ну}$ = 2,05×3,5 = 7,21 ΣM_{II} = 22,76	0,001 × 4,0 = 0,004 0,013 × 1,0 = 0,013 0,001 × 1,0 = 0,001 0,135 × 2,25 = 0,304 0,15 M_{wII} = 0,32	2,06 × 3 = 6,18 0,27 × 4,5 = 1,21 7,39
	$U_2 = \frac{11,22 + 1,74}{2 \times 1,5} + \frac{2,50}{4} = 4,27 + 0,63 = 4,90$ т			$U_2 = \frac{22,76 + 0,32}{2 \times 1,5} + \frac{7,39}{4} = 7,7 + 1,85 = \underline{9,56}$ т		
▽ 1,7 в=3,7м Cos φ=0,989	6,48 × 7,8 = 11,22 / 50,50 6,48 ΣM_{II} = 61,72	0,798 × 7,8 = 1,74 / 6,24 1,3 × 3,9 = 5,07 ΣM_{II} = 13,05	0,17 × 7,8 = 2,50 / 1,33 3,83	10,34 × 7,8 = 22,76 / 80,6 ΣM_{II} = 103,36	0,15 × 7,8 = 0,32 / 1,17 0,27 × 3,9 = 1,05 ΣM_{II} = 2,53	0,17 × 7,8 = 7,39 / 1,33 8,72
	$U_1 = \frac{61,72 + 13,05}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{3,83}{4 \cdot 0,989} = 10,20 + 0,97 = 11,17$ т			$U_1 = \frac{103,36 + 2,53}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{8,72}{4 \cdot 0,989} = 14,45 + 2,21 = \underline{16,66}$ т		

Пояс U_1 $\sigma = \frac{16,66}{9,7} = 1720 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Пояс U_2 $\sigma = \frac{9,56}{7,87} = 1210 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

3079 тм/3 л 88/101

Расчет опоры У35-2

Определение предельного угла поворота на опоре У35-2 в горных районах при $q^{н} = 80 \frac{кг}{м^2}$

Опора У35-2 рассчитана на подвеску проводов марок до АС-150 включительно и троса С-35 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q^{н} = 50\ кг/м^2$ (см. расчет N 3078 тм-т3, листы $^{23}/_{31} \div {}^{31}/_{31}$ и расчетный лист N 3078 тм-138).

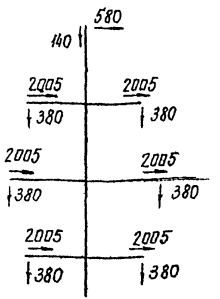
Увеличение скоростного напора с 50 до 80 $кг/м^2$ отражается только на схемах нормального режима I и II. Поэтому элементы опоры, рассчитанные по схеме II, т.е. пояса ствола опоры и троса-стойки, подлежат проверке на повышенные ветровые нагрузки по схемам II и I.

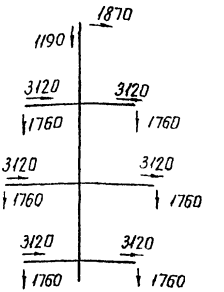
Как показывает расчет на листах 90, 91, 92 опору У35-2 с тросом можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота до 54° включительно, а без троса до 60° включительно.

3078тм/3 л 89/101

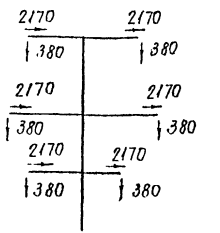
Схемы расчетных нагрузок (провод АС-150, трос С-35)

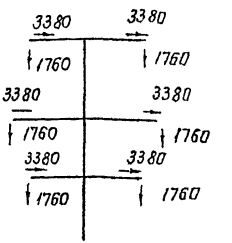
с тросом $\alpha = 54°$





без троса $\alpha = 60°$





Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.
III район гололедности без разности тяжений.
$t = -5°C$, $c = 0$; $q_п^н = 80 \frac{кг}{м^2}$,
$q_т^н = 106 \frac{кг}{м^2}$.
ℓ ветр. = 280 м ℓ вес. = 400 м
ℓ габ. = 200 м

Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.
IV район гололедности без разности тяжений.
$t = -5°C$, $c = 20$ мм;
$q_п^н = 20 \frac{кг}{м^2}$; $q_т^н = 26,5 \frac{кг}{м^2}$
ℓ ветр. = 240 м ℓ вес. = 340 м
ℓ габ. = 170 м

3079 тм/3 ал 90/101

Определение усилий в поясах ствола опоры
(опора У35-2 с тросом)

Таблица № 28

Отметка базы	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 54°$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 54°$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{Wн}$		От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{Wн}$	
▽9,75 в=1,5м	0,580 × 11,65 = 6,75 2,005 × 2×6,75 = 27,00 2,005 × 2×3,75 = 15,00 2,005 × 2×0,75 = 3,00 12,61 $M_н$ = 51,75	0,371 × 9,75 = 3,62 0,046 × 2×7,25 = 0,67 0,058 × 2×4,25 = 0,49 0,042 × 2×1,25 = 0,10 1,02 × 3,9 = 3,98 1,68 $M_{Wн}$ = 8,86	0,14×1 = 0,14 0,38×6 = 2,28 0,27×11,65 = 3,15 5,57	1,87 × 11,65 = 21,80 3,12 × 2×6,75 = 42,10 3,12 × 2×3,75 = 23,40 3,12 × 2×0,75 = 4,67 20,59 $M_н$ = 91,97	0,078 × 9,75 = 0,76 0,011 × 2×7,25 = 0,16 0,013 × 2×4,25 = 0,11 0,008 × 2×1,25 = 0,02 0,213 × 3,9 = 0,83 0,355 $M_{Wн}$ = 1,88	1,19×1 = 1,19 1,76×6 = 10,56 0,27×11,65 = 3,15 14,9
	$U_2 = \frac{51,75 + 8,86}{2 \times 1,5} + \frac{5,57}{4} = 20,35 + 1,39 = 21,72$			$U_2 = \frac{91,97 + 1,88}{2 \times 1,5} + \frac{14,9}{4} = 31,28 + 3,72 = \underline{35,00т}$		
▽71,7 в=3,7м cos φ=0,989	51,75 12,61 × 8,05 = 101,60 $M_н$ = 153,35	8,86 1,68 × 8,05 = 13,50 1,36 × 4,02 = 5,47 $M_{Wн}$ = 27,83	5,57 0,21 × 8,05 = 1,69 7,26	91,97 20,59 × 8,05 = 165,7 $M_н$ = 257,67	1,88 0,355 × 8,05 = 2,86 0,282 × 4,02 = 1,13 $M_{Wн}$ = 5,87	14,9 0,21 × 8,05 = 1,69 16,59
	$U_1 = \frac{153,35 + 27,83}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{7,26}{4 \times 0,989} = 24,80 + 1,85 = 26,65$			$U_1 = \frac{257,67 + 5,87}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{16,59}{4 \times 0,989} = 36,00 + 4,2 = \underline{40,2т}$		

Пояс U_1 $\sigma = \frac{40,2}{19,1} = 2100 \frac{кг}{мм^2} = [2100]$

Пояс U_2 $\sigma = \frac{35,00}{16,8} = 2080 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Определение усилия в поясе трассостойки

$M_н = 1,87 \times 3,9 = 7,3$ тм

$M_{Wн} = 0,078 \times 1,95 = 0,15$ тм

$\Sigma M = 7,45$ тм

$G = 0,18 + 1,19 = 1,37$т

$U_3 = \frac{7,45}{2 \times 1,5 \times 0,987} + \frac{1,37}{4 \times 0,987} = 2,51 + 0,35 = 2,86$т

$\sigma = \frac{2,86}{2,07} = 1380 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

3079тм/3 л 91/101

Определение усилий в поясах ствола опоры
(опора У35-2 без троса)

Таблица №29

Отметка, база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 60°$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 60°$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{Wн}$		От нагрузок на провода $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{Wн}$	
▽9,5	2,17 × 2 × 6,75 = 29,30 2,17 × 2 × 3,75 = 16,30 2,17 × 2 × 0,75 = 3,26 13,02 $M_н$ = 48,86	0,046 × 2 × 7,25 = 0,67 0,058 × 2 × 4,25 = 0,49 0,042 × 2 × 1,25 = 0,10 1,02 × 3,9 = 3,98 1,31 $M_{Wн}$ = 5,24	0,38 × 6 = 2,28 0,27 × 7,75 = 2,09 4,37	3,38 × 2 × 6,75 = 45,60 3,38 × 2 × 3,75 = 25,40 3,38 × 2 × 0,75 = 5,07 20,28 $M_н$ = 76,07	0,011 × 2 × 7,25 = 0,16 0,013 × 2 × 4,25 = 0,11 0,008 × 2 × 1,25 = 0,02 0,213 × 3,9 = 0,83 0,277 $M_{Wн}$ = 1,12	1,76 × 6 = 10,56 0,27 × 7,75 = 2,09 12,65
B=1,5м	$U_2 = \frac{48,86 + 5,24}{2 \times 1,5} + \frac{4,37}{4} = 18,03 + 1,09 = 19,1$т			$U_2 = \frac{76,07 + 1,12}{2 \times 1,5} + \frac{12,65}{4} = 25,73 + 3,16 = \underline{28,89}$т		
▽1,7	48,86 13,02 × 8,05 = 105,00 $M_н$ = 153,86	5,24 1,31 × 8,05 = 10,56 1,36 × 4,02 = 5,47 $M_{Wн}$ = 21,27	4,37 0,21 × 8,05 = 1,69 6,06	76,07 20,28 × 8,05 = 163,10 $M_н$ = 239,17	1,12 0,277 × 8,05 = 2,22 0,282 × 4,02 = 1,13 $M_{Wн}$ = 4,47	12,65 0,21 × 8,05 = 1,69 14,34
B=3,7м cos ψ=0,989	$U_1 = \frac{153,86 + 21,27}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{6,06}{4 \times 0,989} = 24,00 + 1,53 = 25,53$т			$U_1 = \frac{239,17 + 4,47}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{14,34}{4 \times 0,989} = 33,4 + 3,63 = \underline{37,03}$т		

Пояс U_1 $\sigma = \frac{37,03}{19,1} = 190 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Пояс U_2 $\sigma = \frac{28,89}{16,8} = 172 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

3079тм/3 ч 92/101

Расчет опоры У110-1 и УС110-5

Определение предельного угла поворота на опоре У110-1 в горных районах при $q^{н} = 80$ кг/м²:

Опора У110-1 рассчитана на подвеску проводов марки до АСО-240 включительно и троса С-50 в I – IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q^{н} = 50$ кг/см² (см. расчет N 3078 тм-т6 листы 7/35 – 23/35 и расчетный лист N 3078 тм-155)

Увеличение скоростного напора с 50 до 80 кг/м² отражается только на схемах нормального режима I и II

На схему аварийного режима III ($q=0$) увеличение скоростного напора не оказывает влияния; практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему IIк, т к доля ветровой нагрузки в этом режиме незначительна

Таким образом проверке подлежат элементы, рассчитанные по схеме II, т.е. пояса ствола опоры и тросостойки

Эти элементы должны быть проверены на повышенные нагрузки по схеме II, а также по схеме I

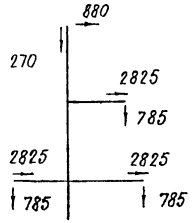
Как показывает расчет на листах 94 и 95, опору У110-1 можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота линии до 52° включительно

Опору УС110-5 можно применять при углах поворота до 52° включительно

3079 тм/3 л. 93/101

Схемы расчетных нагрузок
(провод АСО-240, трос С-50)

Схема I $\alpha = 52^\circ$



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.

III р-н гололедности, без разности тяжений,

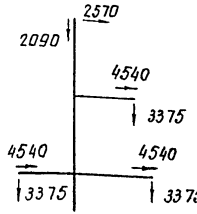
$t = -5^\circ C$, $C = 0$, $q_п^н = 80 \frac{кг}{м^2}$;

$q_т^н = 109 \frac{кг}{м^2}$,

$\ell_{ветр.} = 400 м$, $\ell_{вес.} = 600 м$

$\ell_{габ.} = 320 м$

Схема II



Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом

IV район гололёдности, без разности тяжений,

$t = -5^\circ C$, $C = 20 мм$;

$q_п^н = 20 \frac{кг}{м^2}$, $q_т^н = 27 \frac{кг}{м^2}$

$\ell_{ветр.} = 390 м$; $\ell_{вес.} = 560 м$;

$\ell_{габ.} = 280 м$

3079 тм/3 л. 94/101

Определение усилий в поясах ствола опоры У110-1

Таблица №30

Отметка. база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 52°$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 52°$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры $M_{wн}$		От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию $M_{wн}$	
▽9,75 в=2,0м	0,88 × 10,95 = 9,64 2,825 × 4,75 = 13,4 2,825 × 2 × 0,75 = 4,24 9,355 $M_н$ = 27,28 $M_{н.у.}$ = 3,92 $\Sigma M_н$ = 31,2	0,428 × 8,55 = 3,66 0,059 × 5,45 = 0,32 0,109 × 1,45 = 0,16 0,059 × 1,45 = 0,09 $\frac{1,655 \cdot 6,15^2}{6,9 \cdot 2}$ = 4,54 2,135 $M_{wн}$ = 8,77	0,270 × 1 = 0,270 0,785 × 3 = 2,355 0,272 × 10,95 = 2,98 5,61	2,57 × 10,95 = 28,2 4,54 × 4,75 = 21,6 4,54 × 2 × 0,75 = 6,8 16,19 $M_н$ = 56,6 $M_{н.у.}$ = 16,9 $\Sigma M_н$ = 73,5	$M_{wн} = \frac{8,77}{4,8} = 1,83$ (см. схему I)	2,09 × 1 = 2,09 3,375 × 3 = 10,13 0,272 × 10,95 = 2,98 15,12
	$U_2 = \frac{31,2 + 8,77}{2 \times 2,0} + \frac{5,61}{4} = 9,97 + 1,4 = 11,37$т			$U_2 = \frac{73,5 + 1,83}{2 \times 2,0} + \frac{15,2}{4} = 18,80 + 3,8 = 22,6$т		
▽1,8 в=4,2м cos β=0,989	9,355 × 7,95 = 31,2 / 74,5 $\Sigma M_н$ = 105,7	2,135 × 7,95 = 8,77 / 17,00 1,655 × 0,75 × 7,95 = 1,43 6,9 $\frac{1,68}{9,0} \times \frac{7,2^2}{2}$ = 4,84 $M_{wн}$ = 32,04	0,234 × 7,25 = 5,61 / 1,86 7,47	16,19 × 7,95 = 73,5 / 128,9 $\Sigma M_н$ = 202,4	$M_{wн} = \frac{32,04}{4,8} = 6,7$	0,234 × 7,95 = 15,2 / 1,86 17,06
	$U_1 = \frac{105,7 + 32,04}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{7,47}{4 \cdot 0,989} = 16,6 + 1,89 = 18,49$т			$U_1 = \frac{202,4 + 6,7}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{17,06}{4 \times 0,989} = 25,2 + 4,31 = 29,51$т		

Пояс U_1 $\sigma = \frac{29,51}{14,1} = 2090 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Пояс U_2 $\sigma = \frac{22,6}{13,4} = 1690 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_н = 2,57 \times 4,8 = 12,3$тм

$M_{wн} = 0,089 \times 2,4 = 0,21$тм

$\Sigma M = 12,51$тм

$G = 0,24 + 2,09 = 2,33$т

$U_3 = \frac{12,51}{2 \times 2,0 \times 0,985} + \frac{2,33}{4 \times 0,985} = 3,16 + 0,59 = 3,75$т

$\sigma = \frac{3,75}{1,17} = 1730 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

3079тм/3 л.95/101

Расчет опоры У110-2

Определение предельного угла поворота на опоре У 110-2 в горных районах при $q^н = 80$ кг/м2

Опора У 110-2 рассчитана на подвеску проводов марки до АСО – 240 включительно и троса С-50 в I–IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q^н = 50$ кг/м2 (см расчет № 3078 тм-т6 листы 24/35 ÷ 35/35 и расчетный лист № 3078 тм – 156).

Увеличение скоростного напора с 50 до 80 кг/м2 отражается только на схемах нормального режима I и II. На схему аварийного режима III (q-0) увеличение скоростного напора не оказывает влияния

Практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему II к т. к. доля ветровой нагрузки в этом режиме незначительна.

Таким образом проверке подлежат элементы, рассчитанные по схеме II, т. е. пояса ствола опоры и трассстойки.

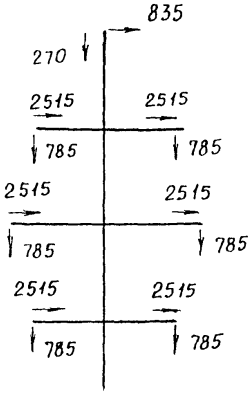
Эти элементы должны быть проверены на повышенные нагрузки по схеме I.

Как показывает расчет на листах 97 и 98 опору У 110-2 можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота линии до 44° включительно.

3079 тм/3 л. 96/101

Схемы расчетных нагрузок
(провода АСО–240, трос С–50)

$\alpha = 44°$



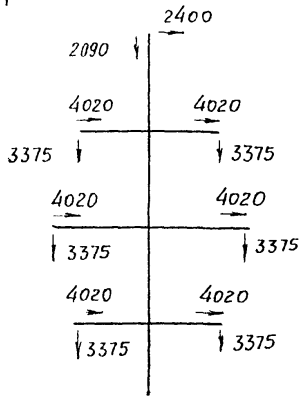
Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.
III р-н гололедности, без разности тяжений.

$t = -5°C$, $C = 0$; $q_{п}^{н} = 80 \frac{кг}{м^2}$;

$q_{т}^{н} = 118 \frac{кг}{м^2}$;

$\ell_{ветр} = 400 м$; $\ell_{вес} = 600 м$;

$\ell_{габ} = 320 м$.



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.

IV район гололедности, без разности тяжений,

$t = -5°C$; $C = 20 мм$

$q_{п}^{н} = 20 \frac{кг}{м^2}$, $q_{т}^{н} = 29{,}5 \frac{кг}{м^2}$

$\ell_{ветр} = 390 м$; $\ell_{вес} = 560 м$;
$\ell_{габ} = 280 м$.

3079 тм/3 л 97/101

Определение усилий в поясах ствола опоры У110-2

Таблица N 31

Отметка, база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 44°$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 44°$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W II}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W II}$	
▽9,75 в=2,0м	0,835 x 14,85 = 12,4 2,515 x 2x8,75 = 44,0 2,515 x 2x4,75 = 23,9 2,515 x 2x0,75 = 3,8 15,93 M_{II} = 84,1	0,484 x 12,45 = 6,04 0,072 x 2x9,25 = 1,33 0,109 x 5,25 = 1,14 0,059 x 1,25 = 0,15 1,65 x 5,0 = 8,25 2,614 $M_{W II}$ = 16,91	0,27 x 1 0,270 0,785 x 6 4,710 0,36 x 14,85 5,350 10,33	2,4 x 14,85 = 35,6 4,02 x 2x8,75 = 70,4 4,02 x 2x4,75 = 38,2 4,02 x 2x0,75 = 6,0 26,52 M_{II} = 150,2	$M_{W II} = \frac{16,91}{4,8} = 3,52$ (см. схему I)	2,09 x 1 = 2,09 3,375 x 6 = 20,25 0,36 x 14,85 = 5,35 27,69
	$U_2 = \frac{84,1 + 16,91}{2 \times 2,0} + \frac{10,33}{4} = 25,2 + 2,6 = 27,8$т			$U_2 = \frac{150,2 + 3,52}{2 \times 2,0} + \frac{27,69}{4} = 38,43 + 6,88 = 45,31$т		
▽1,8м в=4,2м cosγ=0,989	84,1 15,93 x 7,95 = 126,9 211,0	16,91 2,614 x 7,95 = 20,80 1,52 x 3,9 = 5,94 $M_{W II}$ = 43,65	10,33 0,28 x 7,95 2,22 12,55	150,2 26,52 x 7,95 = 211,0 361,2	$M_{W II} = \frac{43,65}{4,8} = 9,1$	27,69 0,28 x 7,95 = 2,22 29,91
	$U_1 = \frac{211,0 + 43,69}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{12,55}{4 \cdot 0,989} = 30,7 + 3,18 = 33,88$т			$U_1 = \frac{361,2 + 9,1}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{29,91}{4 \times 0,989} = 44,6 + 7,54 = 52,14$т		

Пояс U_1 $\sigma = \frac{52,14}{24,8} = 2100 \frac{кг}{см^2} = [1100]$

Пояс U_2 $\sigma = \frac{45,31}{27,7} = 1640 \frac{кг}{см^2} < [1100]$

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_{II} = 2,4 \times 4,8 = 11,5$ тм

$M_{W II} = 0,101 \times 2,4 = 0,24$ тм

$\Sigma M = 11,74$ тм

$G = 0,24 + 2,09 = 2,33$т

$U_3 = \frac{11,74}{2 \times 2,0 \times 0,985} + \frac{2,33}{4 \times 0,985} = 2,8 + 0,59 = 3,39$ т

$\sigma = \frac{3,39}{2,17} = 1560$ кг/см² $< [2100]$

3079 тм/3 - 98/101

Расчет опоры УС 110-6

Определение предельного угла поворота на опоре УС 110-6 в горных районах при $q^н = 80 \frac{кг}{м^2}$.

Опора УС 110-6 рассчитана на подвеску проводов марки до АСО-240 включительно и троса С-50 в районах I-IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q^н = 50\ кг/м^2$ (см расчет № 3079 тм-2 листы 39/50 — 46/50 и расчетный лист № 3079 тм-т5-8)

Увеличение скоростного напора с 50 до 80 $\frac{кг}{м^2}$ отражается только на схемах нормального режима I и II На схему аварийного режима III ($q=0$) увеличение скоростного напора не оказывает влияния, практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему II к, т к доля ветровой нагрузки в этом режиме незначительна

Таким образом проверке подлежат элементы, рассчитанные по схеме II, т. е. пояса ствола опоры и тросостойки.

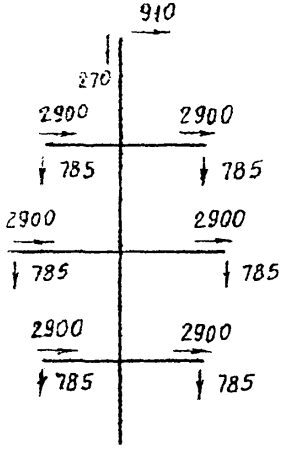
Эти элементы должны быть проверены на повышенные нагрузки по схеме II, а также по схеме I

Как показывает расчет на листах 100 и 101 опору УС 110-6 можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота линии до 54° включительно

3079 тм/3 л 99/101

Схемы расчетных нагрузок (провод АСО-240, трос С-50)

$\alpha = 54°$



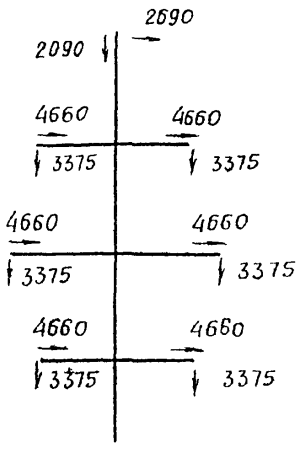
Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.
III р-н гололедности, без разности тяжений

$t = -5°C$; $C = 0$; $q_п^н = 80 \frac{кг}{м2}$;

$q_т^н = 118 \frac{кг}{м2}$,

$\ell_{ветр}$ 400 м; $\ell_{вес} = 600$ м;

$\ell_{габ.} = 320$ м



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.
IV район гололедности, без разности тяжений

$t = -5°C$; $C = 20$ мм;

$q_п^н = 20 \frac{кг}{м2}$, $q_т^н = 29.5 \frac{кг}{м2}$;

$\ell_{ветр.} = 390$ м; $\ell_{вес.} = 560$ м;

$\ell_{габ.} = 280$ м.

3079 тм/3 альбом

Определение усилий в поясах ствола опоры УС110-6

Таблица № 32

Отметка, база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha=54°$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha=54°$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$	
▽14,8 $b=2,0$м	0,91 × 14,8 = 13,5 2,9 × 2 × 8,7 = 50,5 2,9 × 2 × 4,7 = 27,2 2,9 × 2 × 0,7 = 4,1 18,31 M_{II} = 95,3	0,087 × 2 × 9,2 = 1,60 0,149 × 2 × 5,2 = 1,55 0,062 × 2 × 1,2 = 1,49 0,525 × 12,4 = 6,51 2,16 × 4,9 = 10,60 3,28 $M_{W_{II}}$ = 21,75	0,270 × 1 = 0,27 0,785 × 6 = 4,71 0,338 × 14,8 = 5,00 9,98	2,69 × 14,8 = 39,8 4,66 × 2×8,7 = 81,0 4,66 × 2×4,7 = 43,8 4,66 × 2×0,7 = 6,5 30,65 M_{II} = 171,1	$M_{W_{II}} = \frac{21,75}{4,8} = 4,53$ (см. схему I)	2,09×1 = 2,09 3,375×6 = 20,25 0,338×14,8 = 5,00 27,34
	$U_2 = \frac{95,3 + 21,75}{2 \times 2,0} + \frac{9,98}{4} = 29,24 + 2,5 = 3,74$т			$U_2 = \frac{171,1 + 4,53}{2 \times 2,0} + \frac{27,34}{4} = 43,91 + 6,8 = \underline{50,71т}$		
▽6,05 $b=2,8$м $\cos\gamma=0,998$	18,31 × 8,75 = 95,3 / 160,0 18,31 M_{II} = 255,3	3,28 × 8,75 = 21,75 / 28,70 1,64 × 4,4 = 7,20 4,92 $M_{W_{II}}$ = 57,65	0,29 × 8,75 = 998 / 2,54 11,52	30,65 × 8,75 = 171,1 / 268,0 30,65 M_{II} = 439,1	$M_{W_{II}} = \frac{57,65}{4,8} = 12,0$	0,29 × 8,75 = 27,34 / 2,54 29,88
	$U_1 = \frac{255,3 + 57,65}{2 \times 2,8 \times 0,998} \quad \frac{12,52}{4 \times 0,998} = 56,0 + 3,14 = 59,14$т			$U_1 = \frac{439,1 + 12,0}{2 \times 2,8 \times 0,998} + \frac{29,88}{4\ 0,998} = 80,8 + 7,45 = \underline{88,25т}$		
▽1,6 $b=3,24$ $\cos\gamma=0,998$	18,31 × 4,45 = 255,3 / 81,5 M_{II} = 336,8	0,135 × 2,2 = 57,65 / 1,62 4,92 × 4,45 = 22,0 $M_{W_{II}}$ = 81,27	0,51 × 4,45 = 12,52 / 2,27 14,79	30,65 × 4,45 = 439,1 / 136,5 M_{II} = 575,6	$M_{W_{II}} = \frac{79,37}{4,8} = 16,5$	0,51 × 4,45 = 29,88 / 2,27 32,15
	$U_6 = \frac{336,8 + 81,27}{2 \times 3,24 \times 0,998} + \frac{14,79}{4\ 0,998} = 64,5 + 3,7 = 68,2$т			$U_6 = \frac{575,6 + 16,5}{2 \times 3,24 \times 0,998} + \frac{32,15}{4 \times 0,998} = 91,5 + 8,0 = \underline{99,5т}$		

Пояс U_1 $\quad \sigma = \frac{88,25}{42,0} = 2100 \frac{кг}{см^2} = [2100]$

Пояс U_2 $\quad \sigma = \frac{50,71}{28,2} = 1800 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Пояс U_6 $\quad \sigma = \frac{99,5}{51,0} = 1950 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Определение усилия в поясе тросостойки

M_{II} $\quad 2,69 \times 4,8 = 12,9$ тм

$M_{W_{II}}$ $\quad 0,109 \times 2,4 = 0,26$ тм

$\sum M = 12,9 + 0,26 = 13,16$ тм

$G = 0,24 + 2,09 = 2,33$ т

$U_3 = \frac{13,16}{2 \times 2,0 \times 0,985} + \frac{2,33}{4\ 0,985} = 3,33 + 0,59 = 3,92$т

$\sigma = \frac{3,92}{2,7} = 1810 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Рассчитал [signature] / Константинова

Проверил [signature] / Токарева /.

gost.e-ecolog.ru

3079тм/3 . 101/101