

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ОПОРЫ ВЛЗ5, 110 и 150 кВ

3.407-44

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

/ корректура 1973 г./

ГОТ/П.В.С/М.С.С.С.

№ 3079 тм-тз

страниц

листов (форм.) 101(1)

чертеж (форм.)

МОСКВА - 1969.. г.

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

3407-94

Рабочие чертежи
ТОМ 3

Расчеты опор для горных районов

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА



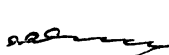
/С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА



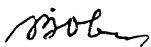
/М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ
ИНСТИТУТА



/А. ЛЕВИН/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ
ИНСТИТУТА ПО ВЛ



/В. ОВСЕНКО/

МОСКВА - 1969.. г.

110070 01/Лес

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ОПОРЫ ВЛЗ5, 110 и 150 кВ

3.407-94

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

/ К. Крюков /

/ И.М. НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА

В. Гальперин / В. Гальперин /

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО

ПРОЕКТИРОВАНИЯ *К. Синелобов*

/ К. Синелобов /

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА

Б. Новгородцев

/ Б. Новгородцев /

ЛЕНИНГРАД 1969 г.

№3079ТМТЗ

Лист
3/107

1. 3/107

3079ТМТЗ

Аннотация

В настоящем томе приводятся расчеты промежуточных и промежуточных угловых свободно-стоящих опор ПЗ5-1, ПСЗ5-4, ПСНО-9, ПСНО-10, ПУСНО-1 и ПУСНО-2 для горных районов, промежуточной опоры на оттяжках ПСНО-11, и расчеты предельных углов поворота, допускаемых на нормальных и специальных анкерно-угловых опорах УЗ5-1, УЗ5-2, УНО-1, УНО-2, УСНО-5 и УСНО-6 при их использовании в горных районах.

3079 м/3 с. 4/104

Все опоры рассчитаны на нагрузки V района по ветру $q = 80 \text{ кг/м}^2$, 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 изменений некоторых

ктов ПУЭ-60 утвержденным решением
государства энергетики и электрификации СССР
от 7 сентября 1967г. при рассмотрении проекта
проектируемых опор.

Секции и элементы опор рассчитаны на
более неблагоприятные условия их примене-
ния

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

Состав проекта

Инвентарный
номер

- том 1. Пояснительная записка 3079 тм - т1
- том 2. Расчеты подставок, опор для городских условий и ответственных опор. 3079 тм - т2
- том 3. Расчеты опор для горных районов 3079 тм - т3
- том 4. Рабочие чертежи пониженных промежуточных опор, подставок и анкерно-угловых опор 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 тм - т6
- том 7. Нагрузки на фундаменты 3079 тм - т7
- том 8. Ответственные тросы и схемы трансмиссии 3079 тм - т8

содержание тома 3

I. Расчет промежуточных опор 35кв

Листы

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 свободстоящих 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

- #### 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 |

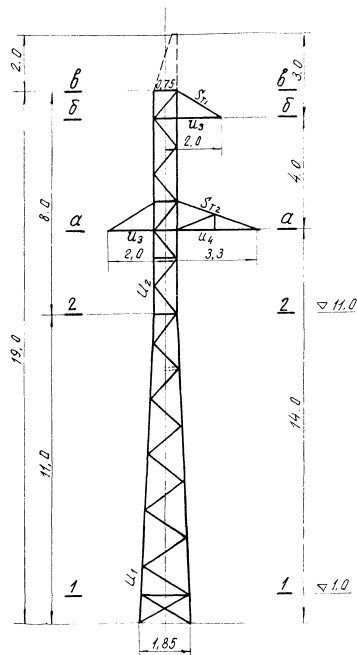
V Расчет предельных углов поворота допускаемых на анкерно-угловых опорах в горных районах.

- | | |
|----------------------------------|--------|
| 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 |

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

шифр опоры	л и с т ы
ПЗС — 1	10, 12-13, 16, 18, 20, 21, 22, 27, 3079ТМ-Т2 л.35. расчётный лист н 3079ТМ-Т6-10.
ПСЗС — 4	11, 14-15, 17, 19, 20, 23 - 25, 26, 28; расчётный лист н 3079ТМ-Т6-11.
ПСНО — 9	29, 31-32, 35, 37, 39, 40-45, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-12
ПСНО — 10	30, 33-34, 36, 38, 39, 40-42, 43, 46-48, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-13.
ПЧСНО — 1	49, 51-52, 55, 57, 59, 61-69, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-30.
ПЧСНО — 2	50, 53-54, 56, 58, 60 - 67, 70-72. расчётный лист н 3079ТМ-Т6-31
ПСНО — 11	73-84, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-18.

ПЗ5-1



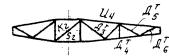
Сечение б-б



Сечение б-б



Сечение а-а



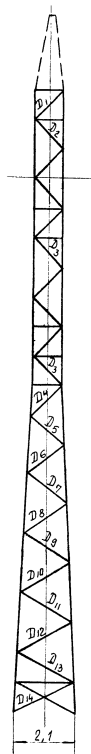
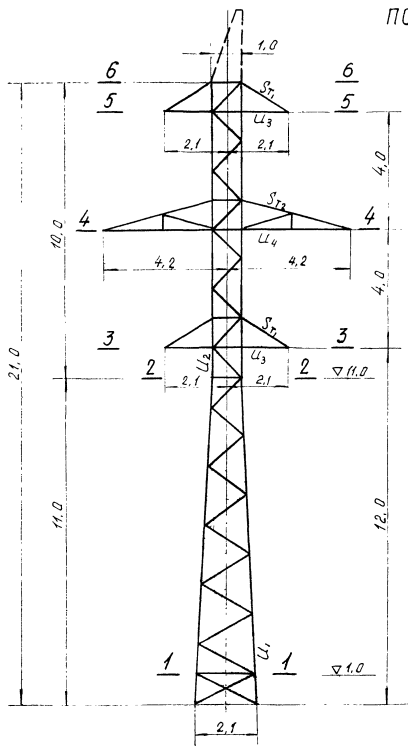
Сечение 2-2



Сечение 1-1



ПС 35-4

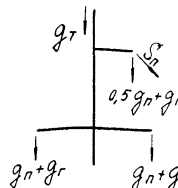
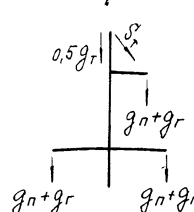
Сечение 6-6Сечение 5-5 и 3-3Сечение 4-4Сечение 2-2Сечение 1-1

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ЛЛ 35 кВ для горных районов шифр ПЗ5-1

таблица №1

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Ряд нагрузок	Общая длина в метрах	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АС-150			С-35			АС-150			С-35		
						330 м						280 м					
						470 м						360 м					
						235 м			200 м								
						Нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q_n^* = 80 \text{ кг/м}^2; q_T^* = 88 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет прово- да, троса	p_n p_T	375	1,2	450	195	1,2	235	320	1,2	385	165	1,2	200
				Вес пролета провода троса	g_n g_T	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125
				Вес гирлянд изоляторов	g_T	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрузка	g_n+g_T g_T	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125
Ia	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под 45° к оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q_n^* = 80 \text{ кг/м}^2; q_T^* = 88 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	p_n p_T	265	1,2	320	140	1,2	170	225	1,2	270	115	1,2	140
				Вес пролета провода, троса	g_n g_T	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125
				Вес гирлянд изоляторов	g_T	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрузка	g_n+g_T g_T	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125
II	Провода и трос не оборваны и покры- ты гололедом Ветер направлен вдоль оси тра- верс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=15 \text{ мм}; q_n^* = 20 \text{ кг/м}^2; q_T^* = 22 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	p_n p_T	375	1,4	525	330	1,4	465	385	1,4	540	355	1,4	495
				Вес пролета провода, троса	g_n g_T	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 гирлянд изоляторов	g_T	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрузка	g_n+g_T g_T	960	—	1635	585	—	1030	1005	—	1790	680	—	1255

Продолжение таблицы №1

№ схем	Расчетные данные	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Rod нагрузок	Общая длина	III р-н гололеда						IV р-н гололеда						
						АС-150			С-35			АС-150			С-35			
						добр	330 м			470 м			280 м			360 м		
						добр	235 м			200 м								
						нормат.	г	расчет	нормат.	г	расчет	нормат.	г	расчет	нормат.	г	расчет	
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.	$t=-5^{\circ}; C=0; q \neq 0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1065	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1110	—	—	—	1065	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1110	—	—	—	
				Вес приета провода, троса	g_n	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125	
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—	
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_r$	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125	
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5^{\circ}; C=0; q=0$		Тяжение троса при обрыве	S_r	—	—	—	560	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	580	—	—	—	560	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	580	
				Вес приета провода троса	g_n	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125	
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—	
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_r$	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125	

Примечания:

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

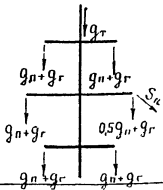
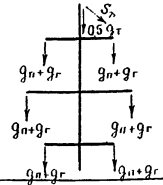
Нагрузки на двухцепную промежуточную опору ВЛ 35 кВ для горных районов шифр пс 35-4

Таблица № 2

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения нагрузки	Таблица №2												
						III р-н гололеда						IV р-н гололеда						
						AC-150			C-35			AC-150			C-35			
						280 м 400 м 200 м			240 м 340 м 170 м			240 м 340 м 170 м						
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	
I	Провода и трос не оборваны и сво- бодны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}; c = 0; q_n = 80 \text{ кг/м}^2; q_{\text{л}} = 106 \text{ кг/м}^2; q_{\text{т}} = 106 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	315	1,2	380	P_t	195	1,2	235	280	1,2	335	170	1,2	205
				Вес пролета про- вода, троса	q_n	250	1,1	275	q_t	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	q_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—	
				Суммарная верти- кальная нагрузка	$q_n + q_r$	275	—	305	$q_t + q_r$	130	—	145	235	—	260	110	—	120
I ^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под 45° к оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}; c = 0; q_n = 80 \text{ кг/м}^2; q_{\text{л}} = 106 \text{ кг/м}^2; q_{\text{т}} = 106 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	220	1,2	265	P_t	140	1,2	170	200	1,2	240	120	1,2	145
				Вес пролета про- вода, троса	q_n	250	1,1	275	q_t	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	q_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—	
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_r$	275	—	305	$q_t + q_r$	130	—	145	235	—	260	110	—	120
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; c = 15 \text{ мм}; q_n = 20 \text{ кг/м}^2; q_{\text{л}} = 26 \text{ кг/м}^2; q_{\text{т}} = 26 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	320	1,4	450	P_t	325	1,4	455	335	1,4	470	365	1,4	510
				Вес пролета провода, троса	q_n	250	1,1	275	q_t	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	q_r	545	2,0	1090	q_t	390	2,0	780	715	2,0	1400	535	2,0	1070
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_r$	820	—	1395	$q_t + q_r$	520	—	925	950	—	1690	645	—	1190

3070-ТМ/3 14.11.01

продолжение таблицы №2






№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения Сверх Средн Средн	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АС-150			С-35			АС-150			С-35		
						280 м						240 м					
						400 м						340 м					
						200 м						170 м					
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q^H=0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1065	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	1100	—	—	—	1065	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	1100	—	—	—
				Вес прилета провода, троса	q_n	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	q_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_r$	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120
				Тяжение троса при обрыве	S_r	—	—	—	560	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	580	—	—	—	560	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	580
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$C = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q^H=0$		Вес прилета провода, троса	q_n	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	q_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_r$	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120
				Тяжение троса при обрыве	S_r	—	—	—	560	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	580	—	—	—	560	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	580

Примечания:

- Высота центра тяжести троса — 19,6 м.
Нормативный скоростной напор $q^H = 1,32 \times 80 = 106 \text{ кг/м}^2$;
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
- Максимальное напряжение в тросе принято условно
 $\sigma_{г \text{ max}} = 30 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкцию опоры ПЗ5-1 по схемам I и I^а

Таблица №3

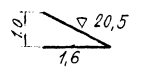
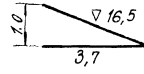
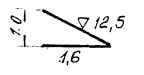
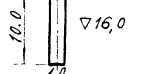

Наименование секций	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы F_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения $\psi = \frac{F_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент фермы $C_F = C_x \cdot \psi = 1,4 \psi$	ζ (при $\frac{S}{L} = 1$)	Аэродинамический коэффициент прогона фермы $C_{FP} = C_F \cdot (1 + \beta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1,35$ и коэфф. перегрузки $\eta = 1,2$ (кг)			
										При ветре \perp траверсе $R_{\perp} = q_0 C_F S$	При ветре под 45° $R_{\parallel} = 0,8 R_p$ \perp траверсе	При ветре \parallel траверсе $R_{\parallel} = q_0 C_F S \beta_{\parallel}$	При ветре под 45° $R_{\perp} = 0,8 R_p$ \parallel траверсе	При ветре \parallel траверсе $R_{\parallel} = 0,8 R_p$	При ветре под 45° $R_{\perp} = 0,8 R_p$ \parallel траверсе
Верхняя траверса		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		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		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		1,0	80	1,89	6,0	0,315	0,441	0,65	0,733	350	280	280	565	450	450
Нижняя секция		1,0	80	2,74	14,3	0,192	0,269	0,84	0,501	580	465	465	935	745	745
Итого:										1010	850	825	1625	1365	1330

Примечания:

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

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

Таблица №4

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скорости ветра по высоте	Нормативная скорость ветра V_0 (кг/м ²)	Площадь элементов формы F_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент запыления $\mu = \frac{F_i}{S}$	Нормативная порывистость ветра $V_{п} = V_0 \cdot \mu = 1,4 V_0$	η (при $\frac{V_{п}}{V_0} = 1,0$)	Аэродинамический коэффициент $C_{пр} = C_{пр} \cdot (1 + \eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $B=1,35$ и коэф. перевертки $\Gamma=1,2$ (кг)
Верхняя траверса		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		1,11	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	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		1,07	86	2,40	10,0	0,24	1,336	0,78	0,600	515	410 410 835 665 665
Нижняя секция		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:

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

Расчет 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 С (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на про- бода M _п и от ветра на конструкцию опо- ры M _{вн} (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)	
	От нагрузок на провода M _п	От ветра на кон- струкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода M _п	От ветра на конструкцию опоры II траверсе M _{вн}				I траверсе M _{вн}
2-2 ▽ 110 м b = 0,75 м	0,45 × 7,0 = 3,15 0,45 × 2 × 3,0 = 2,70 1,35 M _п = 5,85 M _{п.у.} = 0,355 × 3,3 = 1,18 Σ M _п = 7,03	0,04 × 7,5 = 0,1 (0,055 + 0,03) × 3,5 = 0,3 0,565 × 4,0 = 2,25 0,69 M _{вн} = 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 _п = 4,16 M _{п.у.} = 0,355 × 3,3 = 1,18 Σ M _п = 5,34	0,04 × 7,5 = 0,3 (0,055 + 0,03) × 4,5 = 0,38 0,45 × 4 = 1,8 0,575 M _{вн} = 2,48	0,05 × 7,5 = 0,38 (0,08 + 0,04) × 4,5 = 0,54 0,45 × 4 = 1,8 0,62 M _{вн} = 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 _п = 7,02 M _{п.у.} = 1,79 × 3,3 = 5,9 M _п = 12,92 M _{вн} = $\frac{2,93}{4,8}$ = 0,61	1,79 × 3 = 5,37 0,075 × 8,0 = 0,60 5,97
	$U_z = \frac{7,03 + 2,8}{2 \times 0,75} + \frac{1,67}{4} = 6,54 - 0,42 = 7,06 \text{ т}$			$U_z = \frac{5,34 + 2,48 + 2,72 + 1,67}{2 \times 0,75} = 7,05 + 0,42 = 7,47 \text{ т}$			$U_z = \frac{12,92 + 0,61 + 5,97}{2 \times 0,75} = 10,60$		
1-1 ▽ 10 м b = 1,75 м Cos γ = 0,998	7,03 1,35 × 10,0 = 13,50 M _п = 20,53	0,69 × 10 = $\frac{6,90}{1,27}$ 0,85 × 4,5 = 3,82 1,27 M _{вн} = 13,37	1,67 0,075 × 10,0 = 0,75 2,42	5,34 0,96 × 10,0 = 9,60 14,94	$\frac{2,48}{1,02}$ 0,575 × 10,0 = 5,75 0,678 × 5,0 = 3,35 1,02 M _{вн} = 11,00	2,72 0,62 × 10 = 6,20 0,678 × 5,0 = 3,35 1,365 M _{вн} = 12,27	1,67 0,075 × 10,0 = 0,75 2,42	$\frac{12,92}{29,12}$ 1,62 × 10,0 = 16,20 M _п = $\frac{12,43}{4,8}$ = 2,6	$\frac{5,97}{6,72}$ 0,075 × 10,0 = 0,75 6,72
	$U_1 = \frac{20,53 + 13,37}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{2,42}{4 \times 0,998} = 9,70 + 0,63 = 10,33 \text{ т}$			$U_1 = \frac{14,94 + 11,58 + 12,27}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{2,42}{4 \times 0,998} = 11,1 + 0,6 = 11,7 \text{ т}$			$U_1 = \frac{29,12 + 2,6}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{6,72}{4 \times 0,998} = 11,09 \text{ т}$		

Примечания:

1. M_{п.у.} обозначает изги-
бющий момент от
неуравновешенной верти-
кальной нагрузки.

2. Усилие в поясах опреде-
ляется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2,8 \cos \gamma} + \frac{\Sigma G}{4 \cos \gamma}$$

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

Таблица №6

таблица № 0

Сечения, отметки и базы	Схема I, III район гололеда			Схема I ^a ; III район гололеда					Схема II; IV район гололеда;		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки C (т)	Изгибающие моменты		Вертикальные нагрузки G (т)	
	От нагрузок на провода M _п	От ветра на кон- струкцию опоры M _{вп}		От нагрузок на провода M _п	От ветра на конструкцию опоры M _{вп}	I traverse M _{вп}		II traverse M _{вп}			
2-2 ▽ 11,0 м δ = 1,0 м	0,38 × 2 × 9,0 = 6,84 0,38 × 2 × 5,0 = 3,8 0,38 × 2 × 1,0 = 0,76	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	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	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	0,055 × 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	0,305 × 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	1,690 × 6 = 10,1 0,1 × 10,0 = 1,0 11,1	M _п = 14,1 M _в = $\frac{5,75}{4,8} = 1,2$	
	2,28	M _п = 11,4 1,135 M _{вп} = 5,75		1,59	M _п = 7,94 0,965 M _{вп} = 4,89	1,095 M _{вп} = 5,75					
	$U_2 = \frac{11,4 + 5,75}{2 \times 1,0} + \frac{2,83}{4} = 8,66 + 0,71 = 9,2 \text{ т}$			$U_2 = \frac{7,94 + 4,89 + 5,75}{2 \times 1,0} + \frac{2,83}{4} = 9,29 + 0,71 = 10,00 \text{ т}$			$U_2 = \frac{14,1 + 1,2}{2 \times 1,0} + \frac{11,1}{4} = 10,42 \text{ т}$				
1-1 ▽ 1,0 м δ = 2,0 м	2,28 × 10,0 = 22,8 2,28	1,135 × 10,0 = 11,35 0,57 × 5,0 = 2,85 2,105	0,1 × 10,0 = 1,0 3,83	1,59 × 10,0 = 17,4 0,965 × 10,0 = 9,65 0,70 × 5,0 = 3,5 1,725	4,89 3,65 3,5 18,34	5,75 10,95 3,5 19,78	2,83 0,1 × 10,0 = 1,0 3,83	14,1 28,2 3,45	11,1 1,0 12,1	M _п = 42,3 M _в = $\frac{21,95}{4,8} = 4,57$	
	$U_1 = \frac{34,2 + 21,95}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,83}{4 \times 0,998} = 13,4 + 0,96 = 14,36 \text{ т}$			$U_1 = \frac{25,34 + 18,34 + 19,78}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,83}{4 \times 0,998} = 15,1 + 0,96 = 16,0 \text{ т}$			$U_1 = \frac{42,3 + 4,57}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{12,1}{4} = 14,22 \text{ т}$				

Примечание:

1. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\sum M}{2 \delta \cos \gamma} + \frac{\sum G}{4 \cos}$$

Расчет усилий в раскосах ствола опор

таблица 7

	П 35-1	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:

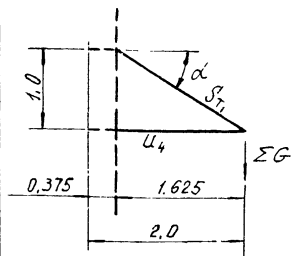
$$D = \frac{Q}{2} - \frac{M_{чз} \cdot \operatorname{tg} \gamma}{b} + \frac{M_{кр}}{2 \cdot b \cdot \cos(\beta + \gamma)}$$

3079 тм/б 20/01

Расчет траверс

(для опоры ПЗ5-1)

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



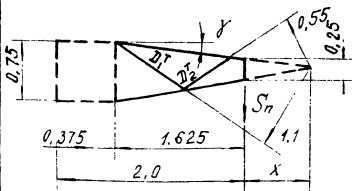
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{1,625} = 0,616$$

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

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

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

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



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

$$S_n = 1,11; \quad g_n = 0,275 \text{ т} \quad g_r = 0,025 \text{ т}; \quad g_l = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$$

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

$$\begin{aligned} \Sigma G &= 0,25 g_n + 0,5 g_r + 0,5 g_l + 0,25 G_{\text{тр}} = \\ &= 0,25 \times 0,275 + 0,5 \times 0,025 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,06 = \\ &= 0,069 + 0,013 + 0,082 + 0,015 = 0,179 \text{ т.} \end{aligned}$$

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

б) Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; IV р-н гололеда; $S_n = 1,11 \text{ т.}$ $x = 0,812 \text{ м}$

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

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

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

$$g_n = 1,955 \tau \quad g_r = 0,030; \quad G_{тр} \approx 0,05 \times 1,1 = 0,06 \tau$$

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

$$= 0,978 + 0,015 + 0,015 = 1,008 \tau.$$

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

4. Траверса $\ell = 3,3 \text{ м}$; (эскиз траверсы см. расчет №3078 тм-т2 Лист 29/37)
(провод АС-150; I-IV р-н гололёда)

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

$$S_n = 1,11 \tau; \quad g_n = 0,250 \quad g_r = 0,030 \tau; \quad g_\lambda = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \tau$$

$$G_{тр} = 0,08 \times 1,1 = 0,09 \tau$$

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

$$= 0,063 + 0,015 + 0,082 + 0,022 = 0,182 \tau.$$

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

б) Усилие в раскосах нижней грани. Схема III;

$$S_n = 1,11 \tau; \quad X = 1,46 \text{ м}; \quad M_{из} = 1,11 \times 1,46 = 1,62 \text{ тм};$$

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

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

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

$$g_n = 1,955 \tau \quad g_r = 0,025; \quad G_{тр} = 0,08 \times 1,1 = 0,09 \tau.$$

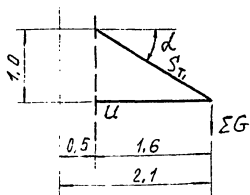
$$\Sigma G = 0,5 \times 1,955 + 0,5 \times 0,030 + 0,25 \times 0,09 = 1,01 \tau.$$

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

3079 тм/3 л. 22/101

Расчет траверс (для опоры ПС35-4)

1. Траверса $\ell = 2,1 \text{ м}$.



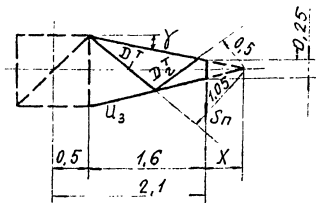
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{1,6} = 0,624$$

$$\cos \alpha = 0,848$$

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

$$\cos \gamma = 0,973$$

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



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

$$S_n = 1,1 \text{ м}; g_n = 0,275 \text{ т}; g_r = 0,03 \text{ т}; g_{\lambda} = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$$

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

$$\Sigma G = 0,25 g_n + 0,5 g_r + 0,5 g_{\lambda} + 0,25 G_{\text{тр}} =$$

$$= 0,25 \times 0,275 + 0,5 \times 0,03 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,06 = 0,18 \text{ т}$$

$$U_3 = \frac{1,1 \times 1,6}{1,0 \times 0,973} + \frac{0,18 \times 1,6}{1,0 \times 0,973} = 1,81 + 0,3 = 2,11 \text{ т}$$

3079 ТМ/3 1.23/101

б) Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; III район гололеда

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

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

в) Усилия в тяге

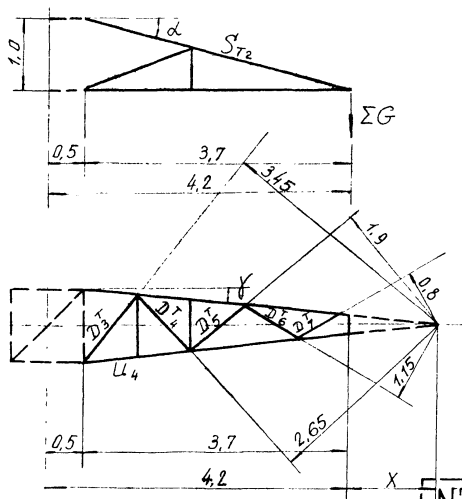
Схема II*); IV район гололеда.

$$q_n = 1,955 \tau; \quad q_r = 0,03 \tau; \quad G_{тр} \approx 0,05 \times 1,1 = 0,06 \tau;$$

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

$$S_T = \frac{1,02 \times 1,6}{1,0 \times 0,848 \times 0,973} = 1,98 \tau.$$

2. Траверса $e = 4,2 \text{ м}$.



3079 т/3 а. 24/101

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

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

$$\cos \alpha = 0,965$$

$$\cos \gamma = 0,994$$

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

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

$$S_n = 1,1 \tau; g_n = 0,275 \tau; g_r = 0,03 \tau; g_A = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \tau;$$

$$G_{TP} = 0,11 \times 1,1 = 0,12 \tau;$$

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

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

б) Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; III район гололеда.

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

$$D_3^T = \frac{1,37}{3,45} = 0,4 \tau;$$

$$D_6^T = \frac{1,37}{1,15} = 1,19 \tau.$$

$$D_4^T = \frac{1,37}{2,65} = 0,52 \tau;$$

$$D_7^T = \frac{1,37}{0,8} = 1,71 \tau$$

$$D_5^T = \frac{1,37}{1,9} = 0,72 \tau;$$

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

$$g_n = 1,955 \tau; g_r = 0,03 \tau; G_{TP} = 0,11 \times 1,1 = 0,12 \tau;$$

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

$$S_{T_2} = \frac{1,02 \times 3,7}{1,0 \times 0,965 \times 0,994} = 3,93 \tau;$$

3079 тм/3 25/101

Расчет распорок и диафрагм.
опоры ПС 35-4

$$S'_1 = \frac{S_n \ell}{2\alpha};$$

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

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

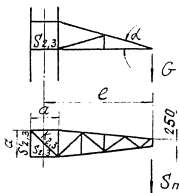


Схема III; III район гололеда; $S_n = 1,1 \text{ м}$.

а) Траверса $\ell = 2,1 \text{ м}$; $\alpha = 1,0 \text{ м}$.

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

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

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

б) Траверса $\ell = 4,2 \text{ м}$

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

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

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

3079 ТМ/3. 26/101

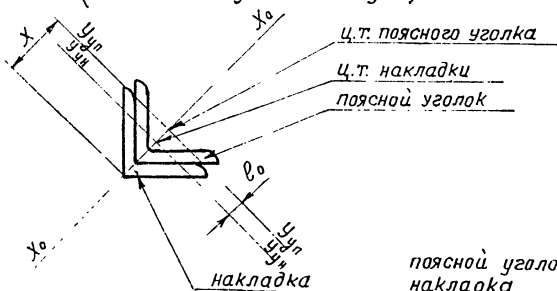
Расчет распорок и диафрагм опоры ПЗ5-1

(См. расчет №3078тм-т2, лист 35/37)

Расчет стоек

Стык верхней и нижней секции

(стык на одной накладке)



поясной уголок L 70×6
накладка L 70×6

$$G = \frac{N}{n \Psi_{BH} F}; \quad N = 10,6 \pi;$$

$$n = 0,95; \quad F = 8,15 \text{ cm}^2;$$

$$\lambda = \frac{100}{1,38} = 72 \quad \rho_0 = \frac{(1,94 + 0,6) - 1,94}{0,707} = 0,85 \text{ cm};$$

$$m_1 = \eta m, \text{ где } \eta = 1,0 \quad m = \ell \frac{FX}{J_{y_0} - y_0}, \quad J_{y_0} - y_0 = 15,5 \text{ cm}^4;$$

$$x = \frac{1,94}{0,707} = 2,74 \text{ cm}; \quad \rho = 0,5 \rho_0 = 0,5 \times 0,85 = 0,425 \text{ cm}.$$

$$= 0.425 \text{ cm}$$

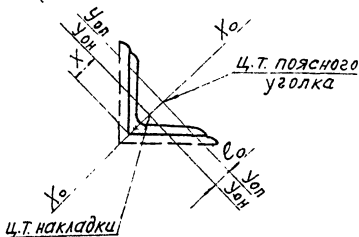
$$m = 0,425 \frac{8,15 \times 2,74}{15,5} = 0,61$$

$$m_i = 1,0 \times 0,61 = 0,61 \quad \mathcal{I}_{B_H} = 0,655$$

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

Расчет стыков опоры ПС 35-4

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



поясной уголок
накладка

Л 70x6
Л 90x7

$$\sigma = \frac{N}{n \cdot F_{bH} \cdot F}$$

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

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

$$m_1 = \eta m, \quad \text{где } \eta = 1,0; \quad m = e \cdot \frac{F \cdot x}{J_{y_0-y_0}};$$

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

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

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

$$m_1 = 1,0 \times 0,144 = 0,144 \quad \lambda = 72$$

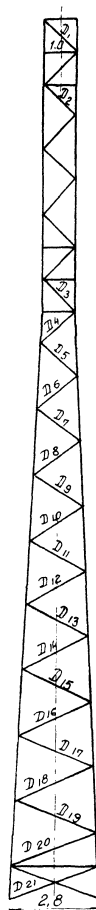
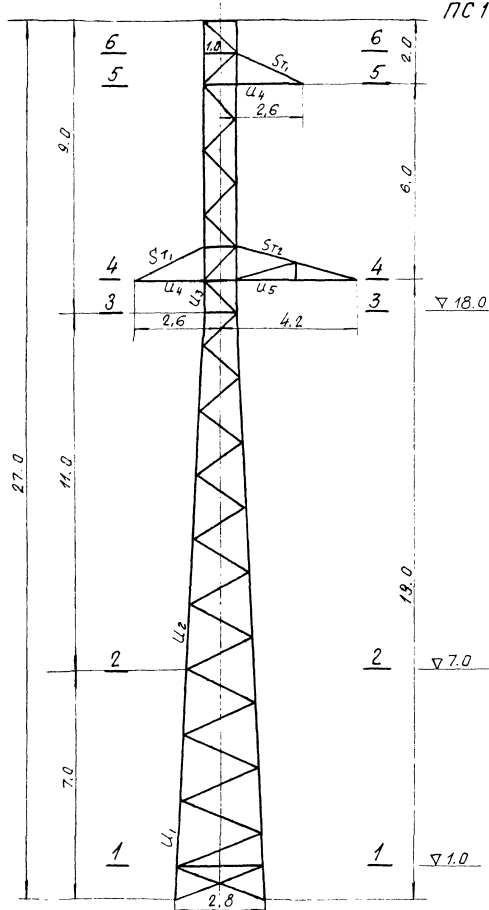
$$F_{bH} = 0,798 \quad \sigma = \frac{10420}{8,15 \times 0,95 \times 0,798} = 1690 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Рассчитал *М.И. Покарёва*.

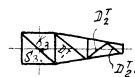
Проверил *И.И. Жеглова*.

3074.1/3 1.24/101

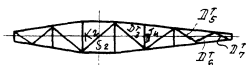
ПС 110-9



Сечение 5-5



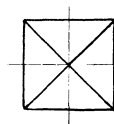
Сечение 4-4

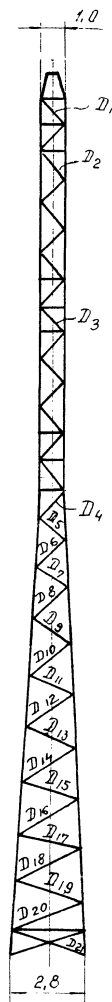


Сечение 3-3



Сечение 1-1





A diagram of a truss structure with nodes labeled $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ and members labeled $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$. The truss is a long, narrow structure with a central vertical axis. The nodes are located at the joints of the members. The members are labeled as follows: A_1 is the top chord member between S_1 and S_2 ; A_2 is the top chord member between S_2 and S_3 ; A_3 is the top chord member between S_3 and S_4 ; A_4 is the top chord member between S_4 and S_5 ; A_5 is the top chord member between S_5 and S_6 ; A_6 is the top chord member between S_6 and S_7 ; A_7 is the top chord member between S_7 and S_8 . The truss is supported by a central vertical axis.

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кВ для горных районов шифр ПС 110-9
Таблица №8

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Масштаб рисунка	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО - 240			С - 50			АСО - 240			С - 50		
						С ветр	400 м					390 м					
						С вес	600 м					560 м					
						С габ	320 м					280 м					
						нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$\begin{cases} q_n^H = 80 \text{ кг/м}^2 \\ q_T^H = 103 \text{ кг/м}^2 \end{cases}$ $t = -5^\circ\text{C}; C = 0$		Давление ветра на пролет провода троса	R_p	530	1,2	635	330	1,2	395	515	1,2	620	320	1,2	385
				Вес пролета про- вода, прося,	G_p	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	G_g	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрузка	$G_p + G_g$	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.	$\begin{cases} q_n^H = 80 \text{ кг/м}^2 \\ q_T^H = 103 \text{ кг/м}^2 \end{cases}$ $t = -5^\circ\text{C}; C = 0$		Давление ветра на пролет провода, троса	R_p	375	1,2	450	235	1,2	280	365	1,2	440	230	1,2	275
				Вес пролета про- вода, троса	G_p	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	G_g	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрузка	$G_p + G_g$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
II	Провода и трос не оборваны и покрыты голо- ледом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$\begin{cases} q_n^H = 20 \text{ кг/м}^2 \\ q_T^H = 27 \text{ кг/м}^2 \end{cases}$ $t = -5^\circ\text{C}; C = 15 \text{ мм}$		Давление ветра на пролет провода, троса	R_p	495	1,4	695	505	1,4	705	575	1,4	805	620	1,4	870
				Вес пролета про- вода, троса	G_p	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	G_g	930	2,0	1860	610	2,0	1220	1320	2,0	2640	925	2,0	1850
				Суммарная верти- кальная нагрузка	$G_p + G_g$	1535	—	2525	855	—	1490	1890	—	3265	1155	—	2100

Продолжение таблицы №8

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузки	III район гололеда												IV район гололеда											
					ACO-240						C-50						ACO-240						C-50					
					400 м						400 м						400 м						400 м					
					600 м						600 м						600 м						600 м					
320 м.						280 м.						280 м.						280 м.										
						нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.					
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момен- ты на опору	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; q_n = C;$		Тяжение провода при обрыве	S_n	P40	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1290	—	—	—	1240	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
					Вес пролета провода, т/с	g_n	60	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250	—	—	—	—	—	—	—	—		
						Вес гирлянд изоляторов	g_r	15	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
							Суммарная вер- тикальная нагрузка	$g_n + g_r$	75	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса рав- но половине макси- мального тяжения.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; q_n = C;$		Тяжение троса при обры- ве	S_n	—		—	1305	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1360	—	—	—	1305	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1360	—	—	—	—	—	—					
					Вес пролета провода, т/с	g_n	60	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250	—	—	—	—	—	—	—			
						Вес гирлянд изоляторов	g_r	15	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
							Суммарная вер- тикальная нагрузка	$g_n + g_r$	75	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания:

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

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

Таблица № 9

Масштаб	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Единица измерения	III район гололеда						IV район гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
						400 м						390 м					
						600 м						560 м					
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; q_n^{\text{н}} = 85 \text{ кг/м}^2; q_{\text{т}}^{\text{н}} = 123 \text{ кг/м}^2$		Давление ветр на пролет проводов троса.	P_n P_t	565	1,2	680	370	1,2	445	550	1,2	665	360	1,2	435
				Вес пролета ово- да, троса	g_n g_t	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрз ка	$g_n + g_r$ g_t	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
I ^р	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под $\angle 45^{\circ}$ к оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; q_n^{\text{н}} = 85 \text{ кг/м}^2; q_{\text{т}}^{\text{н}} = 123 \text{ кг/м}^2$		Давление ветр на пролет проводов, троса	P_n P_t	400	1,2	480	260	1,2	310	390	1,2	470	255	1,2	305
				Вес пролета про- вода, троса	g_n g_t	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрзка	$g_n + g_r$ g_t	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 15 \text{ мм}; q_n^{\text{н}} = 21 \text{ кг/м}^2; q_{\text{т}}^{\text{н}} = 31 \text{ кг/м}^2; C = 20 \text{ мм}; q_{\text{т}}^{\text{н}} = 31 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет проводов троса	P_n P_t	520	1,4	730	580	1,4	810	605	1,4	850	715	1,4	995
				Вес пролета провода, троса.	g_n g_t	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_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрзкс	$g_n + g_r$ g_t	1535	—	2525	855	—	1490	1890	—	3265	1155	—	2100

Продолжение таблицы №9

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Общая весовая нагрузка	III район гололеда						IV район гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
						400 м			400 м			600 м			600 м		
						320 м			280 м			280 м			280 м		
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q_n=0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1240	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1290	—	—	—	1240	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	g_n g_r	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянды изоляторов	g_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная во- тимальная на- грузка	$g_n + g_r$ g_r	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q_n=0$		Тяжение троса при обрыве	S_r	—	—	—	1305	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1360	—	—	—	1305	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1360
				Вес пролет провода, троса	g_n g_r	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянды изоляторов	g_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная ер- тимальная на- грузка	$g_n + g_r$ g_r	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250

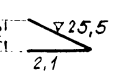
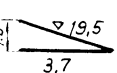
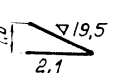
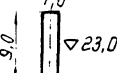
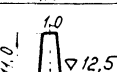
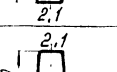
Примечания:

- 1 Высота центра тяжести троса - 27,9 м;
Нормативный скоростной напор $q_n^H = 1,53 \times 80 = 123 \text{ кг/м}^2$
- 2 Высота центра тяжести провода - 15,9 м.
Нормативный скоростной напор $q_n^H = 1,063 \times 80 = 85 \text{ кг/м}^2$
- 3 Для схем аварийного режима коэффициенты пере-
грузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
- 4 Максимальное напряжение в тросе принято
условно $\sigma_{\text{тах}} = 54 \text{ кг/мм}^2$
- 5 Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

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

ПС 110-9

Таблица №10

Таблица 1															
Наименование секции	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скорости по высоте	Нормативный пор. v_0 (м/с)	Площадь элементов формы $\sum F_i$ (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения $\mu = \frac{\sum F_i}{S}$	коэффициент формы $C_F = C_{F1} \cdot C_{F2} = 1,4$	γ (при $\frac{v}{v_0} = 1$)	Аэродинамический коэф. проф. для фермы $C_{pr} = C_F \cdot (1 + \gamma)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф. динам. (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динам. $\beta = 1,35$ коэф. перегрузки $\eta = 1,2$ (кг)		
										При ветре // траверсе	При ветре под 45°	При ветре // траверсе	При ветре под 45°	При ветре // траверсе	При ветре под 45°
										$P = q \cdot C_{pr} \cdot S$	$P_{\perp} = 0,8 P$ // траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ // траверсе	$P_{\perp} = 0,8 P$ // траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ // траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ // траверсе
Верхняя траверса		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		1,32	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		1,32	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		1,42	114	2,54	10,00	0,254	1,356	0,76	0,627	715	570	570	1160	920	920
Средняя секция		1,0	80	3,32	17,00	0,195	1,274	0,85	0,507	690	550	550	1120	890	890
Нижняя секция		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:

- Опора рассчитана на скоростной напор 80 м^2 на высоте до 15 м.
- Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках определены при направлении ветра \perp траверсе. При ветре \perp оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0,45 P_{тр}$.
- 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 по схемам I и II^a

Таблица №11

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Кэф. увеличе-ния скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь эле-ментов формы $\sum F_i$ (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент запыления $\mu = \frac{\sum F_i}{S}$	Аэродинамическ. коэф. флюид. формы $C_x = C_y = 1,4$ (при $\frac{b}{h} = 1,0$)	$\frac{b}{h}$ (при $\frac{b}{h} = 1,0$)	Аэродинамическ. коэф. флюид. формы $C_x = C_y = 1,4$ (при $\frac{b}{h} = 1,0$)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\beta = 1,35$ и коэф. перерезки $\Gamma = 1,2$ (кг)			
										При ветре // траверсе $R = q_0 C_{пр} S$	При ветре под $\angle 45^\circ$	При ветре // траверсе $R_L = 0,8 R$ I траверсе	При ветре под $\angle 45^\circ$ II траверсе $R_{II} = 0,8 R$	При ветре // траверсе $R_L = 0,8 R$ I траверсе	При ветре под $\angle 45^\circ$ II траверсе $R_{II} = 0,8 R$
Верхняя траверса		1,61	129	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	1594	$25^2 \times 2$ (60)	$40^2 \times 2$	$25^2 \times 2$	70×2	65×2	40×2
Средняя траверса		1,48	119	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	1684	$70^2 \times 2$ (150)	$100^2 \times 2$	$70^2 \times 2$	115×2	160×2	115×2
Нижняя траверса		1,32	106	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	$20^2 \times 2$ (50)	$30^2 \times 2$	$20^2 \times 2$	30×2	50×2	30×2
Верхняя секция		1,56	125	2,93	10,00	0,293	0,410	0,685	0,691	865	690	690	1400	1120	1120
Верхняя секция		1,37	110	1,71	6,00	0,285	0,400	0,70	0,680	450	360	360	730	585	585
Средняя секция		1,00	80	3,83	17,00	0,225	0,315	0,81	0,57	775	620	620	1250	1000	1000
Нижняя секция		1,00	80	2,94	17,1	0,172	0,241	0,895	0,456	625	500	500	1010	810	810
Итого:										2945	2510	2460	4760	4065	3885

Примечания:
1. Проект рассчитан на ветровую нагрузку с учетом коэф. динамики $\beta = 1,35$ и коэф. перерезки $\Gamma = 1,2$.

Примечания:

- Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м^2 на высоту до 15 м.
- Ветровые нагрузки на траверсы R_T , указанные в скобках, определены при направлении ветра I траверсе. При ветре I оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0,45 R_T$.
- При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси ВЛ $R_L = 0,65 R_T$, а $R_{II} = 0,45 R_T$.

Таблица 12

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах створа опоры ПС 110-9

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

Примечание:

1. Усилие в поясе определяется по формуле

$$U = \frac{\sum M}{2 \delta \cos \gamma} + \frac{\sum G}{4 \cos \gamma};$$

3019 т/л/3 237/101

Расчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствóла опоры ПС 110-10
Таблица №13

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 G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M _п	От ветра на конструкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода и трос M _п	От ветра на конструкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода и трос M _п	От ветра на конструкцию опоры M _{вн}	
4-4 ▽ 24,0 м δ = 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 _п = 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 _{вн} = 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 _п = 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 _{вн} = 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 _{вн} = 7,61	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 4 = 2,66 0,128 × 11,0 = 1,41 4,4 M _п = 23,28 M _{вн} = $\frac{8,65}{4,8} = 1,8$	2,1 × 1 = 2,1 3,265 × 4 = 13,1 0,128 × 11,0 = 1,41 16,61	
	$U_3' = \frac{15,33 + 8,65}{2 \times 1,0} + \frac{4,34}{4} = 12,0 + 1,08 = 13,08 \text{ т}$			$U_3' = \frac{10,82 + 7,10 + 7,61}{2 \times 1,0} + \frac{4,34}{4} = 12,75 + 1,08 = 13,83 \text{ т}$			$U_3' = \frac{23,28 + 1,8}{2 \times 1,0} + \frac{16,61}{4} = 16,69 \text{ т}$		
3-3 ▽ 18,0 м δ = 1,0 м	15,33 3,165 × 6,0 = 19,0 0,680 × 2 × 1,0 = 1,36 4,525 M _п = 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 _{вн} = 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 0,480 × 2 × 1,0 = 0,96 3,19 M _п = 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 _{вн} = 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 _{вн} = 18,94	4,34 0,665 × 2 = 1,33 0,128 × 6,0 = 0,77 6,1 M _п = 51,38 M _{вн} = $\frac{21,23}{4,8} = 4,41$	23,28 4,4 × 6,0 = 26,4 0,85 × 2 × 1,0 = 1,7 23,91	16,61 3,265 × 2 = 6,53 0,128 × 6,0 = 0,77 23,91
	$U_3 = \frac{35,69 + 21,23}{2 \times 1,0} + \frac{6,44}{4} = 28,46 + 1,61 = 30,07$			$U_3 = \frac{25,18 + 17,53 + 18,94}{2 \times 1,0} + \frac{6,44}{4} = 20,8 + 1,61 = 22,41$			$U_3 = \frac{51,38 + 4,41}{2 \times 1,0} + \frac{23,91}{4} = 27,90$		
2-2 ▽ 7,0 м δ = 2,1 м cos γ = 0,998	35,69 4,525 × 11,0 = 49,8 4,525 M _п = 85,49	21,23 2,5 × 11,0 = 27,5 1,25 × 5,5 = 6,87 3,75 M _{вн} = 55,6	6,44 0,128 × 11,0 = 1,41 7,85	25,18 3,19 × 11,0 = 35,2 3,19 M _п = 60,38	17,53 2,075 × 11,0 = 22,8 1,00 × 5,5 = 5,5 3,075 M _{вн} = 45,83	18,94 2,255 × 11,0 = 24,8 1,00 × 5,5 = 5,5 3,255 M _{вн} = 49,24	6,44 0,128 × 11,0 = 1,41 6,1 M _п = 118,58 M _{вн} = $\frac{55,6}{4,8} = 11,58$	23,91 6,1 × 11,0 = 67,2 0,128 × 11,0 = 1,41 25,32	
	$U_2 = \frac{85,49 + 55,6}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{7,85}{4 \times 0,998} = 33,5 + 1,97 = 35,47 \text{ т}$			$U_2 = \frac{60,38 + 45,83 + 49,24}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{7,85}{4 \times 0,998} = 37,1 + 1,97 = 39,07$			$U_2 = \frac{118,58 + 11,58}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{25,32}{4} = 37,42$		
1-1 ▽ 1,0 м δ = 2,7 м cos γ = 0,998	85,49 4,525 × 6,0 = 27,2 4,525 M _п = 112,69	55,6 3,75 × 6,0 = 22,5 0,865 × 3,0 = 2,59 4,615 M _{вн} = 80,69	7,85 0,128 × 6,0 = 0,77 8,62	60,38 3,19 × 6,0 = 19,15 3,19 M _п = 79,53	45,83 3,075 × 6,0 = 18,5 0,695 × 3,0 = 2,09 3,77 M _{вн} = 66,42	49,24 3,255 × 6,0 = 19,5 0,695 × 3,0 = 2,09 3,95 M _{вн} = 70,83	7,85 0,128 × 6,0 = 0,77 6,1 M _п = 155,18 M _{вн} = $\frac{80,69}{4,8} = 16,8$	25,32 6,1 × 6,0 = 36,6 0,128 × 6,0 = 0,77 26,09	
	$U_1 = \frac{112,69 + 80,69}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{8,62}{4 \times 0,998} = 35,9 + 2,15 = 38,05 \text{ т}$			$U_1 = \frac{79,53 + 66,42 + 70,83}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{8,62}{4 \times 0,998} = 40,2 + 2,15 = 42,35 \text{ т}$			$U_1 = \frac{155,18 + 16,8}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{26,09}{4 \times 0,998} = 38,44 \text{ т}$		

Примечание:

1. Усилие в поясе определяется по формуле

$$U = \frac{\sum M}{2 \delta \cos \gamma} + \frac{\sum G}{4 \cos \gamma};$$

Расчет усилий в раскосах ствoла опор

таблица №14

шифр обозн. раскосов	опор	ПС 110-9	ПС 110-10
Мкр		1,09	0
Д ₁		1,73	0,96
Д ₂		1,73	0,96
Мср		3,36	3,36
Д ₂		3,28	3,28
Мкр		5,42	5,42
Д ₃		4,73	4,73
Д ₄		4,33	3,82
Д ₅		3,79	3,35
Д ₆		3,37	2,97
Д ₇		3,03	2,68
Д ₈		2,76	2,43
Д ₉		2,53	2,23
Д ₁₀		2,33	2,06
Д ₁₁		2,16	1,91
Д ₁₂		2,02	1,78
Д ₁₃		1,89	1,67
Д ₁₄		1,78	1,57
Д ₁₅		1,68	1,49
Д ₁₆		1,60	1,41
Д ₁₇		1,52	1,34
Д ₁₈		1,45	1,28
Д ₁₉		1,38	1,22
Д ₂₀		1,33	1,17
Д ₂₁		1,27	1,12

Расчет раскосов выполнен на машине, на основании исходной формулы:

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

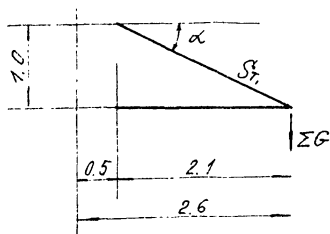
№3079ТМ-ТЗ

лист
39/101

3079ТМ/3 л 39/101

Расчет траверс

1. Траверса $e = 2,6$ м.



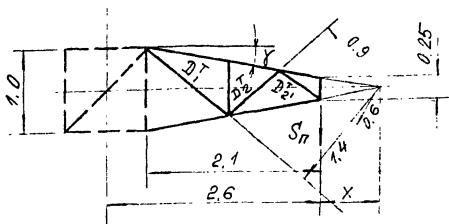
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{2,1} = 0,476$$

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

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

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

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



а) Усилия в поясе. Схема III; III.p.r.

$$S_n = 1,29 \tau; q_n = 0,615 \tau; q_r = 0,05 \tau; q_A = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \tau.$$

$$G_{Tp} \approx 0,05 \times 1,1 = 0,06 \tau.$$

$$\Sigma G = 0,25 q_n + 0,5 q_r + 0,5 q_A + 0,25 G_{Tp} =$$

$$= 0,25 \times 0,615 + 0,5 \times 0,05 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,06 = 0,277 \tau.$$

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

Усилия в поясе. Схема II, IV.p.r.

$$q_n = 3,215 \tau; q_r = 0,05 \tau; G_{Tp} \approx 0,05 \times 1,1 = 0,06 \tau.$$

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

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

б) Усилия в раскосах нижней грани. Схема III, IV.p.r.

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

$$D_1^T = \frac{0,903}{1,4} = 0,64 \tau \quad D_2^T = \frac{0,903}{0,6} = 1,5 \tau$$

$$D_2^T = \frac{0,903}{0,9} = 1,0 \tau$$

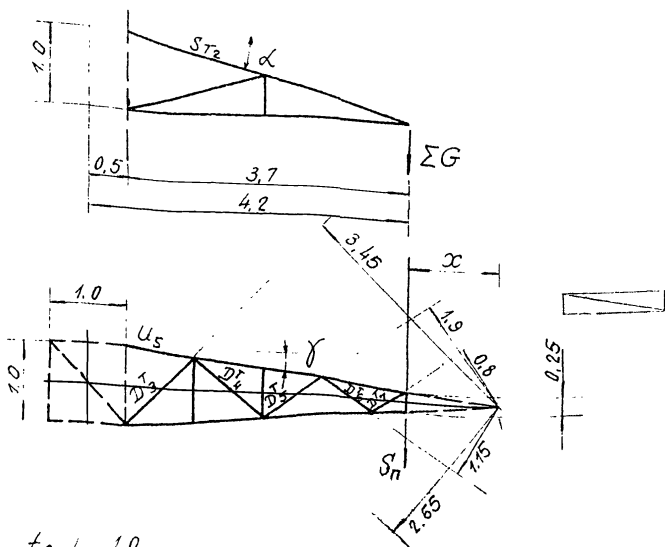
в) Усилие в тяге, Схема II^{*}), IV р.г

$$g_n = 3,215 \text{ т}; g_r = 0,05 \text{ т}; G_{тр} \approx 0,05 \times 1,1 = 0,06 \text{ т.}$$

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

$$S_{T_1} = \frac{1,65 \times 2,1}{1,0 \times 0,984 \times 0,903} = 3,9 \text{ т.}$$

2. Траверса $e = 4,2 \text{ м}$;



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

$$\cos \alpha = 0,965$$

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

$$\cos \gamma = 0,994$$

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

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

$$S_n = 1,29 \text{ т}; g_n = 0,615 \text{ т}; g_r = 0,05 \text{ т}; g_A = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т};$$

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

$$\Sigma G = 0,25 g_n + 0,5 g_r + 0,5 g_A + 0,25 G_{тр} =$$
$$= 0,25 \times 0,615 + 0,5 \times 0,05 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,12 = 0,292 \text{ т};$$

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

*) Усилие в поясе Схема II, IV р.г

$$g_n = 3,215 \text{ т}; g_r = 0,05 \text{ т}; G_{тр} \cong 0,11 \times 1,1 = 0,12 \text{ т};$$

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

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

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

$$S_n = 1,29 \text{ т}; X = 1,24 \text{ м}; M = 1,29 \times 1,24 = 1,6 \text{ тм};$$

$$D_3^T = \frac{1,6}{3,45} = 0,46 \text{ т}$$

$$D_6^T = \frac{1,6}{1,15} = 1,4 \text{ т};$$

$$D_4^T = \frac{1,6}{2,65} = 0,6 \text{ т}$$

$$D_7^T = \frac{1,6}{0,8} = 2,0 \text{ т};$$

$$D_5^T = \frac{1,6}{1,9} = 0,84 \text{ т}.$$

в) Усилия в тяге. Схема II*), IV р.г.

$$g_n = 3,215 \text{ т}; g_r = 0,05 \text{ т};$$

$$G_{тр.} = 0,11 \times 1,1 = 0,12 \text{ т}.$$

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

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

*) Монтажный режим - не является расчетным.

Расчет распорок и диафрагм.

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

$$S = \frac{S_n e}{a} + \frac{G}{2 \operatorname{tg} \alpha};$$

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

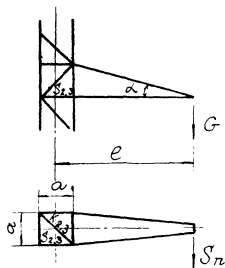


Схема III ; IV район гололеда ; $S_n = 1,29 \tau$;

а) Траверса $e = 2,6 \text{ м}$; $a = 1,0 \text{ м}$;

$$S'_3 = \frac{1,29 \times 2,6}{2 \times 1,0} = 1,36 \tau;$$

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

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

б) Траверса $e = 4,2 \text{ м}$; $a = 1,0 \text{ м}$;

$$S'_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{2 \times 1,0} = 2,71 \tau;$$

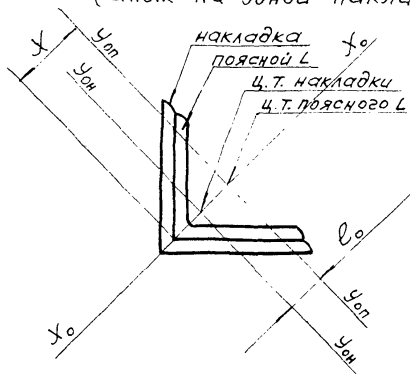
$$S'_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{1,0} + 1,08^*) = 5,41 + 1,08 = 6,49 \tau;$$

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

*) Смотри расчет траверс.

Расчет стыков опоры ПС 110-9

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



L 90x7 поясной L
L 100x7 накладка

$$\sigma = \frac{N}{\rho_{\text{н}} \cdot F} ; N = 21,83 \text{ т}$$

$$\rho_{\text{н}} = 0,95 ; F = 12,3 \text{ см}^2 ;$$

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

$$m_1 = \eta m , \text{ где } \eta = 1,0 ; m = l_0 \times \frac{F \cdot x}{J_{y_0}} ;$$

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

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

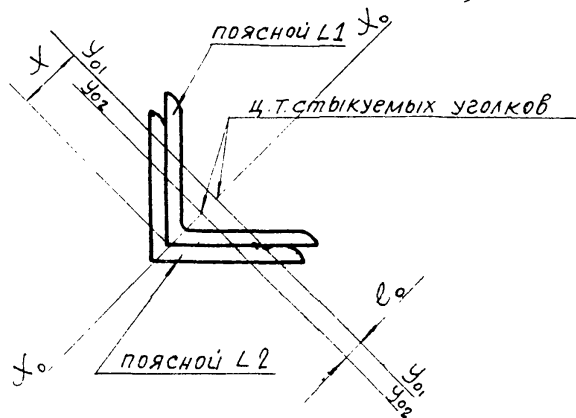
$$m = 0,325 \times \frac{12,3 \times 3,5}{38,9} = 0,36 \quad m_1 = 1,0 \times 0,36 = 0,36$$

$$\rho_{\text{н}} = 0,89$$

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

3079ТМ/3 л. 44/101

2. Стык средней и нижней секций
(стык телескопический)



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

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \cdot \eta_{\text{вн}} \cdot F}; \quad N = 20,38 \text{ т.}$$

$$n_1 = 1,0; \quad F = 13,8 \text{ см}^2;$$

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

$$m_1 = \eta m; \quad \text{где } \eta = 1,0, \quad m = e \frac{Fx}{\gamma_{y_0}};$$

$$\gamma_{y_0} = 54,2 \text{ см}^4, \quad x = \frac{2,71}{0,707} = 3,83 \text{ см};$$

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

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

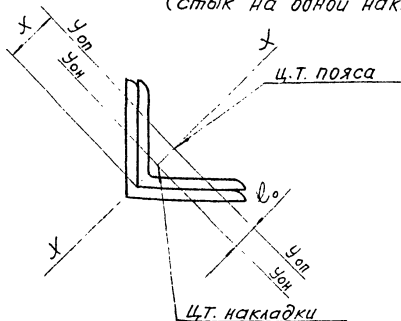
$$\eta_{\text{вн}} = 0,704$$

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

3079 тм/3 а 45/101

Расчет стыков опоры ПС110-10

1. Стык верхних секций
(стык на одной накладке)



$$\sigma = \frac{N}{\pi \cdot y_{вн} \cdot F}; \quad N = 16,69 \text{ т} \quad \begin{array}{l} \angle 90 \times 7 - \text{поясной} \\ \angle 125 \times 8 - \text{накладки} \end{array}$$

$$\pi_1 = 0,95 \quad F = 12,3 \text{ см}^2$$

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

$$m_1 = \eta m, \text{ где } \eta = 1,0 \quad m_1 = e \times \frac{F x}{J_{y_0}};$$

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

$$e_0 = \frac{(2,47 + 0,8) - 3,27}{0,707} = 0,127 \text{ см}; \quad e = 0,5 \quad e_0 = 0,064 \text{ см};$$

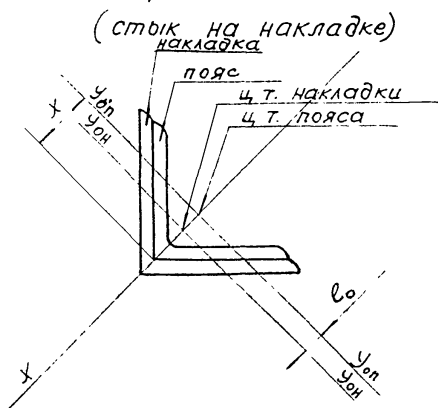
$$m = 0,064 \frac{12,3 \times 3,5}{38,9} = 0,071 \quad m_1 = 1,0 \times 0,071 = 0,071$$

$$y_{вн.} = 0,726$$

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

3079ТМ/3 а 46/101

2. Стык верхней и средней секций



L 125x8 — пояс
L 140x9 — накладка

$$\sigma = \frac{N}{n \cdot y_{0H} \cdot F}; \quad N = 33,87 \text{ Т};$$

$$n_1 = 0,95; \quad F = 19,7 \text{ см}^2$$

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

$$m_1 = \eta m, \text{ где } \eta = 1,0; \quad m = l \frac{Fx}{J_{y_0}};$$

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

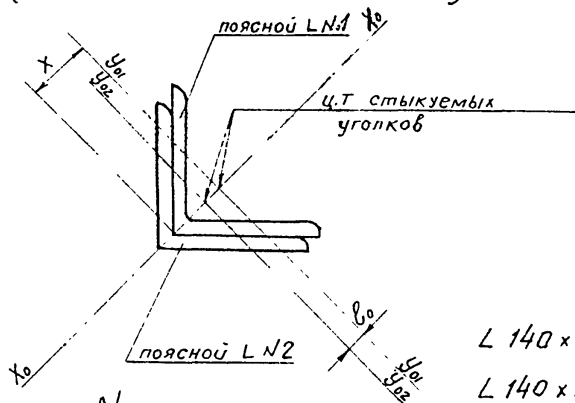
$$l_0 = \frac{(3,36 + 0,9) - 3,78}{0,707} = 0,68 \text{ см}. \quad l_0 = 0,5 \times 0,68 = 0,34 \text{ см}$$

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

$$y_{0H} = 0,86$$

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

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



L 140 x 9 - пояс N1

L 140 x 9 - пояс N2

$$\sigma = \frac{N}{n_i \varphi_{bH} F}; \quad N = 39,07 \text{ Т};$$

$$n_i = 1,0; \quad F = 24,7 \text{ см}^2;$$

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

$$m_i = \eta m, \text{ где } \eta = 1,0 \quad m = e \frac{Fx}{Fy_0},$$

$$Fy_0 = 192 \quad x = \frac{3,78}{0,707} = 5,35 \text{ см};$$

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

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

$$\varphi_{bH} = 0,737$$

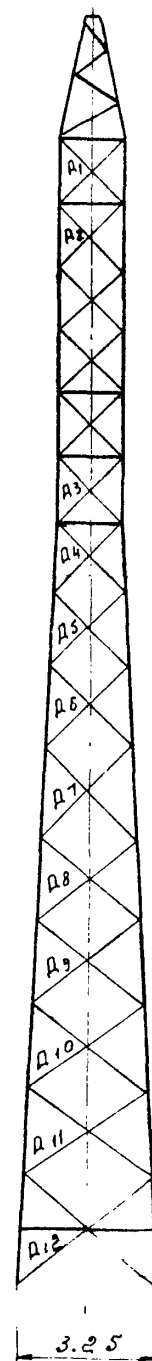
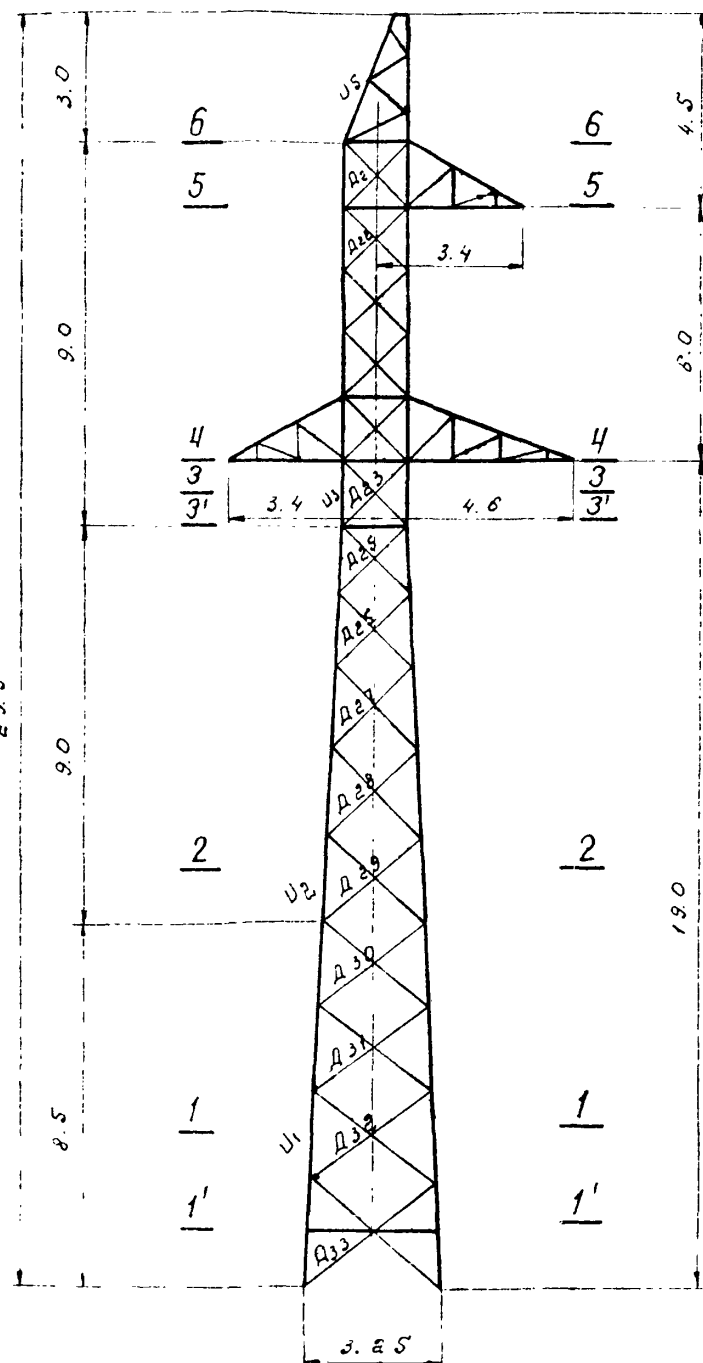
$$\sigma = \frac{39070}{1,0 \times 24,7 \times 0,737} = 2150 \text{ кг/см}^2 > 2100$$

Рассчитал *Токарева* / Токарева /
Проверил *Цейтлин* / Цейтлин /

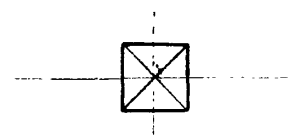
N3079 ТМ-ТЗ

Лист
48/101

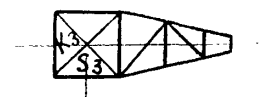
3079 ТМ/З 48/101



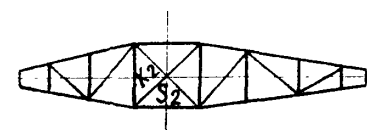
Сечение 6-6



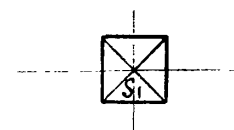
Сечение 5-5



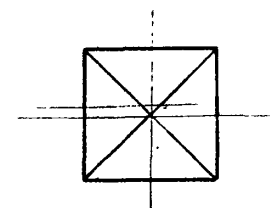
Сечение 4-4



Сечение 3-3'

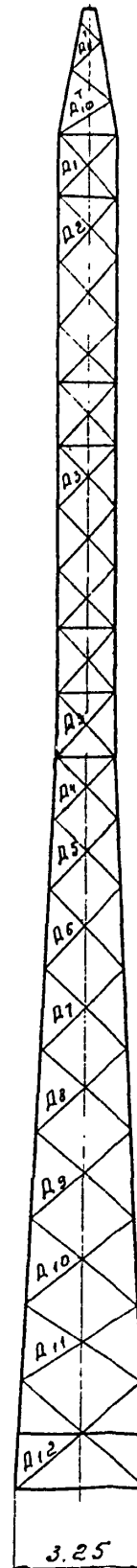
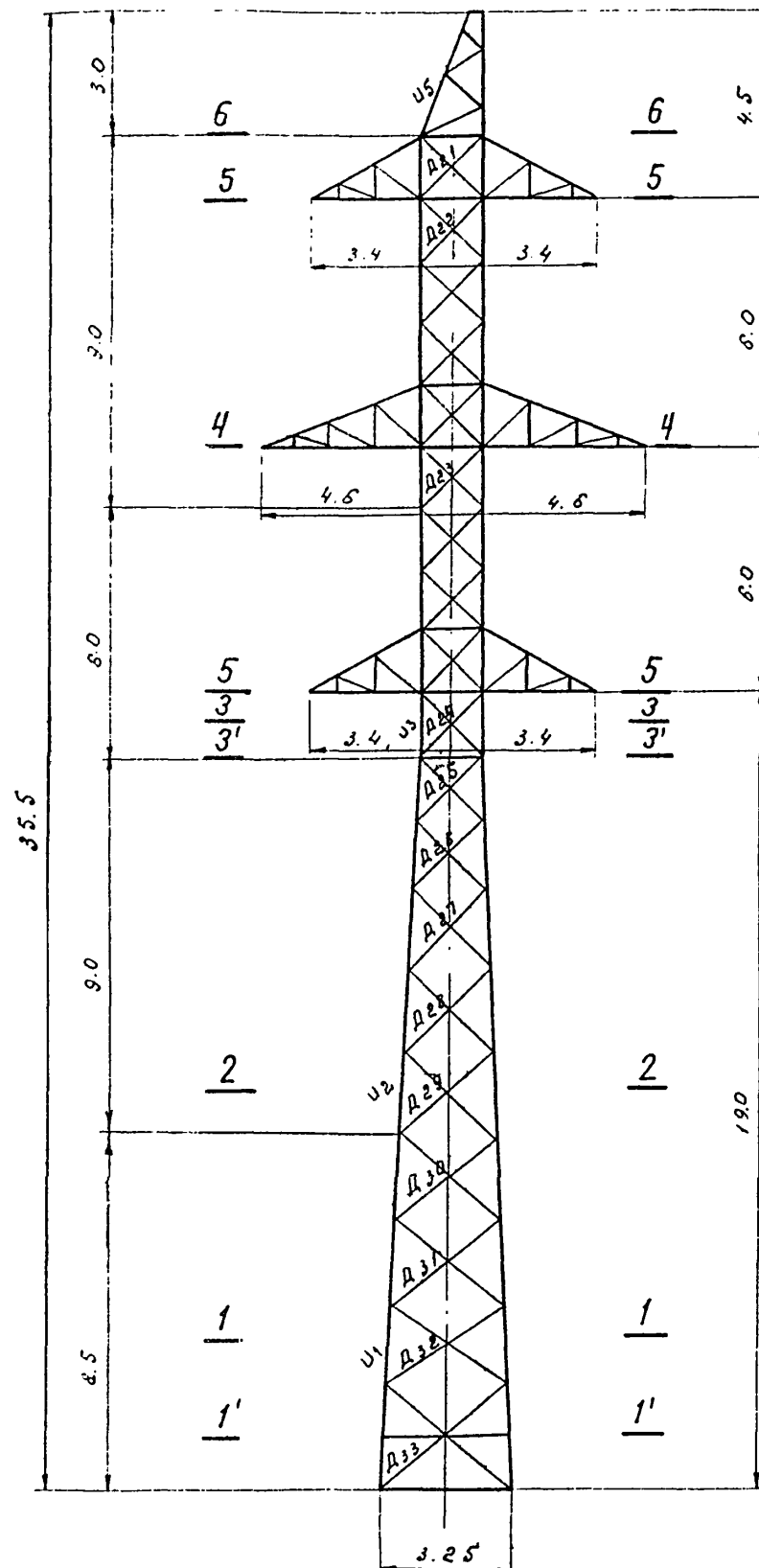


Сечение 1-1'

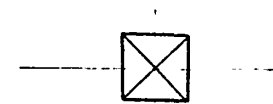


ПЧС 110-2

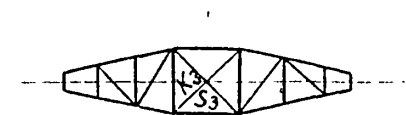
3079ТМ/3 д. 50/101



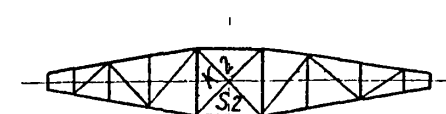
Сечение 6-6



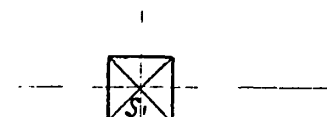
Сечение 5-5



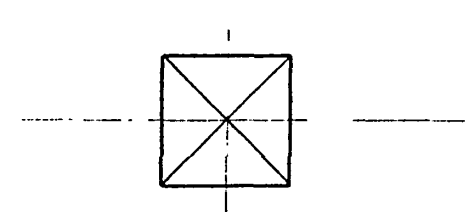
Сечение 4-4



Сечение 3'-3'



Сечение 1'-1'



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	Добав.	III район гололеда															IV район гололеда															
						АС-150					АСО-240					С-50					АС-150					АСО-240					С-50					
						400м					350м					350м					360м					300м					300м					
						600м					600м					600м					510м					560м					560м					
						295м					320м					-					255м					280м										
						Нормативн.			Расчетные			Нормативн.			Расчетные			Нормативн.			Расчетные			Нормативн.			Расчетные			Нормативн.			Расчетные			
						2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	
I	Провод и трос не оборваны и сво- бодны от гололе- да. Ветер на- правлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}, C = 0,7$ $g_n = 80 \text{ кг/м}^2$ $g_t = 109 \text{ кг/м}^2$		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 тяжени- я 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 горизонталь- ная нагрузка вдоль траверсы	P _н	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 прово- да, троса.	g _п	370			1.1	410			1.1	615			1.1	270			1.1	410			520			1.1	570			1.1	230			
				Вес гирлянды изоля- торов	g _г	45			1.1	50			1.1	50			-	-			1.1	45			1.1	50			1.1	50			-	-		
II	Провод и трос не оборваны и свободны от голо- леда. Ветер на- правлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}, C = 0,7$ $g_n = 80 \text{ кг/м}^2$ $g_t = 109 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на про- лет 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 тяже- ния провода, троса	P ₂	40	185	1.3	50	240	60	290	1.3	80	380	85	260	1.3	85	340	30	160	1.3	40	210	45	225	1.3	60	290	65	260	1.3	85	340	
				Суммарная горизонталь- ная нагрузка вдоль траверсы	P _н	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 прово- да, троса.	g _п	370			1.1	410			1.1	615			1.1	270			1.1	410			520			1.1	570			1.1	230			
				Вес гирлянды изоля- торов	g _г	45			1.1	50			1.1	50			-	-			1.1	45			1.1	50			1.1	50			-	-		
III	Провод и трос не оборваны и по- крыты гололе- дом. Ветер на- правлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}, C = 1,5$ $g_n = 20 \text{ кг/м}^2$ $g_t = 27 \text{ кг/м}^2$		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 тяже- ния провода, троса.	P ₂	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	78	300	1.4	105	420	
				Суммарная горизон- тальная нагрузка вдоль траверсы	P _н	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	370			1.1	410			1.1	615			1.1	270			1.1	410			520			1.1	570			1.1	230			
				Вес гирлянды изоляторов	g _г	815			2.0	1630			2.0	1860			2.0	1220			2.0	1070			2.0	2140			2.0	2540			2.0	1840		
						45			1.1	50			1.1	50			-	-			1.1	45			1.1	50			1.1	50			-	-		

3079ТМ/3 а 52/101

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	продолжение таблицы №15																													
						III район гололеда												IV район гололеда																	
						АС-150			АСО-240			С-50			АС-150				АСО-240				С-50												
						400м			350м			350м			360м				300м				300м												
						600м			600м			600м			510м				560м				560м												
						295м			320м						255м				280м																
						Нормативные			Расчетные			Нормативн			Расчетн.			Нормат.			Расчетн.			Нормат.											
						2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п									
III	Оборван один провод, дающий наибольший из- гибающий или крутящий мо- мент на опору	$\delta = -5^\circ\text{C}; \sigma = 0; q_n = 0$		Составляющая вдоль тра- версы от тяжения целого провода, троса	P_T	20	110	1.04	20	115	40	205	1.04	40	215	55	285	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_{n0}	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 т.т.т. с от тяжения провода при обрыве	S_n	1065	1060	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	-	-	-	-	1065	1060	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	-	-	-	-	-	
				Вес пролета провода, троса	g_n	370	1.1	410	560	1.1	615	245	1.1	270	315	1.1	350	520	1.1	570	245	1.1	270	315	1.1										
				Вес гирлянды из изолято- ров	g_r	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1										
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны	$\delta = -5^\circ\text{C}; \sigma = 0; q_n = 0$		Составляющая вдоль тра- версы от тяжения целого провода, троса	P_T	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 тросы от тяжения тросы равного макс. тяж.	P_{T0}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	95	1.04	20	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
				Составляющая т.т.т. с от тяжения троса равного макс. тяжен.	S_T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1090	1090	1.04	1130	1130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
				Вес пролета провода, троса	g_n	370	1.1	410	560	1.1	615	245	1.1	270	315	1.1	350	520	1.1	570	245	1.1	270	315	1.1										
				Вес гирлянды из изоляторов	g_r	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1										

ПРИМЕЧАНИЯ:

ПРИМЕЧАНИЯ:

- Высота центра тяжести троса - 20.4м
Нормативный скоростной напор $q_n = 1,36 \times 80 = 109 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$
- Нормативный скоростной напор $q_n = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
- Максимальное напряжение в тросе в III и IV районах гололеда $\sigma_{T \max} = 54 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.
- Тяжение провода по схеме I^а определено из расчета при поперечной нагрузке 0,707 P_ч.

Нормы на электрические расчеты для линий электропередачи для районов с индексом ПЭС 110-2

Таблица № 16

3079 ГМ/3 и 53/104

		III район гололеда																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
--	--	--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

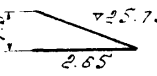
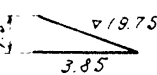
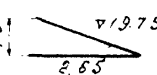
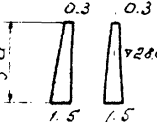
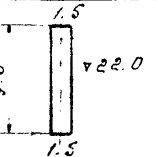
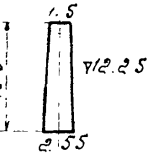
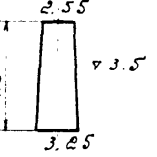
№ схемы	расчетные схемы	расчетные климатическ условия	схемы нагрузок	Род нагрузок	Изоляц	III район гололеда															IV район гололеда														
						АС-150					АСО-240					С-50					АС-150					АСО-240					С-50				
						400 м					350 м					350 м					360 м					300 м					300 м				
						600 м					600 м					600 м					510 м					560 м					600 м				
						295 м					320 м					-					255 м					280 м					-				
нормативные		п	расчетные		нормативные		п	расчетные		нормативные		п	расчетные		нормативные		п	расчетные		нормативные		п	расчетные		нормативные		п	расчетные							
2°	10°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	10°	2°	8°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°						
III	Оборван один провод дающий наибольший из- гибающий или крутящий мо- мент на опо- ру	t=-50°C, c=0, q ^{н.0}		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	P _н	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 _{но}	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 ⊥ тр-сы от тяжения провода при обрыве	S _н	1065	1060	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	-	-	-	-	1065	1060	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	-	-	-	-	-	
				Вес пролета прово- да, троса	q _н	370		1.1	405		560		1.1	615		245		1.1	270		315		1.1	345		525		1.1	575		245		1.1	270	
				Вес гирлянд изоляторов	q _г	45		1.1	50		45		1.1	50		-		-	-	45	1.1	50		45		1.1	50		-		-	-	-	-	
				IV	Оборван один трос Провода не обор- ваны Тяжение по тросу равно полови- не его макси- мального тяжен	t=-50°C, c=0, q ^{н.0}		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода троса	P _н	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 1/2 макси- мального	P _{то}	-	-					-	-	-	-	-	-	-	20	75	1.04	20	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	75	1.04	20	80
Составляющая ⊥ тр-се от тяжения троса рав- ного 1/2 макси- мального	S _т	-	-					-	-	-	-	-	-	-	1090	1090	1.04	1130	1130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1090	1090	1.04	1130	1130
Вес пролета тросо- да, троса	q _н	370						1.1	405		560		1.1	615		245		1.1	270		315		1.1	345		525		1.1	575		245		1.1	270	
Вес гирлянд изоляторов	q _г	45						1.1	50		45		1.1	50		-		-	-	45	1.1	50		45		1.1	50		-		-	-	-	-	

Примечания.

- Высота центра тяжести троса - 27.9 м
Нормативный скоростной напор $q_T^{н.0} = 1.53 \times 10 = 15.3 \text{ кг/м}^2$
- Высота центра тяжести провода - 15.9 м
Нормативный скоростной напор $q_n^{н.0} = 1.063 \times 10 = 10.63 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки
умножены на коэффициент сочетания: $1.3 \times 0.8 = 1.04$
- Максимальное напряжение в тросе в III и IV районах
гололеда $\sigma_{T \max} = 45 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки округлены до значения кратных 5 кг

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

Таблица №17

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скорости ветра по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы f_1 (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения μ	Аэродинамический коэффициент плоской фермы $C_x = C_{x1} \cdot C_{x2}$	α (град)	Коэффициент поправки C_{wp} (1+ μ)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\beta = 1.35$ и коэф. перегрузки $\eta = 1.2$ (кг)			
										При ветре траверсе	При ветре под $\angle 45^\circ$	При ветре траверсе	При ветре под $\angle 45^\circ$	При ветре траверсе	При ветре под $\angle 45^\circ$
										$P_{II} = q_0 C_x \mu S$	$P_L = 0.8 P$ траверсе	$P_{II} = 0.8 P$ траверсе	$P_{II} = 0.8 P$ траверсе	$P_L = 0.8 P$ траверсе	$P_{II} = 0.8 P$ траверсе
Верхняя секция		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 секция		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 секция		1.34	108	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	55 ²⁾ (120)	80 ³⁾	55 ³⁾	90	130	90
Промежуточная секция		1.54	123	0.59	2.7	0.218	0.308	0.81	0.554	180	145	145	290	235	235
Верхняя секция		1.4	112	3.43	13.5	0.254	0.356	0.76	0.627	950	760	760	1540	1230	1230
Средняя секция		1.0	80	3.7	21.25	0.174	0.244	0.889	0.46	785	630	630	1300	1020	1020
Нижняя секция		1.0	80	3.9	20.3	0.193	0.27	0.86	0.502	815	650	650	1320	1050	1050
Итого										2920	2480	2375	4755	3985	3840

ПРИМЕЧАНИЯ:

- Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м² на высоте 15 м
- Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$ указанные в скобках, определены при направлении ветра \perp траверсе. При ветре \perp оси ВЛ в траверс нагрузка составляет 0.45 $P_{тр}$.
- При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси ВЛ $P_L = 0.65 P_{тр}$, а $P_{II} = 0.45 P_{тр}$.

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

Таблица № 18

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скорости по высоте	Нормативная скорость по q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов формы f_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения $\beta = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент формы $C_{x0} = 1.4$	η (при $\frac{h}{b} = 1.0$)	Аэродинамический коэффициент формы $C_{x0} = 1.4$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\beta = 1.35$ и коэф. перегрузки $\eta = 1.2$ (кг)		
										При ветре траверсе $P = q_0 C_{x0}$	При ветре под 45°		При ветре траверсе $P_L = 0.8 P$	При ветре под 45°	
											$P_L = 0.8 P \perp$	$P_{II} = 0.8 P \parallel$		$P_L = 0.8 P$	$P_{II} = 0.8 P \parallel$
Верхняя секция		1.62	130	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	$65^2 \times 2$ (145)	$95^3 \times 2$	$65^3 \times 2$	105×2	155×2	105×2
Средняя секция		1.48	119	0.59	2.88	0.205	0.287	0.84	0.529	$80^2 \times 2$ (180)	$115^3 \times 2$	$80^3 \times 2$	130×2	185×2	130×2
Нижняя секция		1.33	107	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	$50^2 \times 2$ (115)	$75^3 \times 2$	$50^3 \times 2$	80×2	120×2	80×2
Просекция		1.66	133	0.59	2.7	0.218	0.306	0.81	0.554	200	160	160	320	260	260
Верхняя секция		1.54	123	2.92	13.5	0.216	0.302	0.82	0.550	915	730	730	1480	1180	1180
Средняя секция		1.36	109	2.28	9.0	0.253	0.355	0.765	0.625	610	490	490	985	795	795
Нижняя секция		1.0	80	5.01	21.25	0.236	0.331	0.76	0.59	1000	800	800	1620	1300	1300
Нижняя секция		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

Расчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах тболо опоры ЛУС 110-1

Таблица № 19

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема II; IV район гололеда					Схема V; VII район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на пробода и трос от ветра и комат (тм) M _{WII}	Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на пробода и трос от ветра и комат (тм) M _{WII}
	От нагрузок на пробода и трос M _{II}	От ветра на конструкцию опоры M _{WII}		От нагрузок на пробода и трос M _{II}	II Траверсе M _{WII}	I Траверсе M _{WI}				
3-3 H 18.2 м B = 1.5 м	$0.73 \times 11.3 = 8.25$ $1.01 \times 6.8 = 6.86$ $1.01 \times 2 \times 0.8 = 1.62$ <hr/> 3.76 M _{II} = 16.73 M _{WII} = 0.665 × 4.6 = 3.06 Σ M _{II} = 19.79	$0.29 \times 9.8 = 2.74$ $0.095 \times 7.55 = 0.72$ $0.12 + 0.09 \times 1.55 = 0.33$ $1.54 \times 4.15 = 6.4$ <hr/> 2.14 M _{WII} = 10.19	$0.27 \times 1 = 0.27$ $0.665 \times 3 = 1.995$ $0.135 \times 11.3 = 1.53$ <hr/> 3.8	$0.585 \times 11.3 = 6.61$ $0.775 \times 6.8 = 5.26$ $0.775 \times 2 \times 0.8 = 1.24$ <hr/> 2.91 M _{II} = 13.11 M _{WII} = 0.665 × 4.6 = 3.06 Σ M _{II} = 16.17	$0.235 \times 9.8 = 2.3$ $0.095 \times 7.55 = 0.72$ $(0.12 + 0.09) \times 1.55 = 0.33$ $1.23 \times 4.15 = 5.1$ <hr/> 1.77 M _{WII} = 8.45	$0.235 \times 9.8 = 2.3$ $0.14 \times 7.55 = 1.06$ $(0.18 + 0.13) \times 1.55 = 0.48$ $1.23 \times 4.15 = 5.1$ <hr/> 1.92 M _{WI} = 8.94	$0.27 \times 1 = 0.27$ $0.665 \times 3 = 1.995$ $0.135 \times 11.3 = 1.53$ <hr/> 3.8	$1.085 \times 11.3 = 12.28$ $1.38 \times 6.8 = 9.4$ $1.38 \times 2 \times 0.2 = 2.21$ <hr/> 5.225 M _{II} = 23.89 M _{WII} = 3.26 × 1.6 = 5.2 M _{WII} = $\frac{10.1}{4.8} = 2.12$ Σ M = 41.01	$2.09 \times 1 = 2.09$ $3.26 \times 3 = 9.78$ $0.135 \times 11.3 = 1.53$ <hr/> 13.4	$U_3 = \frac{19.79 \times 10.19}{2 \times 1.5} - \frac{3.8}{4} = 9.99 + 0.95 = 10.94 \text{ т}$
2-2 H 9.5 м B = 2.5 м cos γ = 0.998	$\frac{19.79}{3.76 \times 8.7 = 32.70}$ 3.76 M _{II} = 52.49	$\frac{10.19}{2.14 \times 8.7 = 18.6}$ $\frac{1.30 \times 4.25 = 5.53}{2.14 \times 4.25 = 9.1}$ 4.97	$\frac{3.8}{0.135 \times 8.7 = 1.17}$ 4.97	$\frac{16.17}{2.91 \times 8.7 = 25.30}$ 2.91 M _{II} = 41.47	$\frac{8.45}{1.77 \times 8.7 = 15.4}$ $\frac{1.02 \times 4.25 = 4.33}{1.02 \times 4.25 = 4.33}$ 2.22 M _{WII} = 22.12	$\frac{8.94}{1.92 \times 8.7 = 16.7}$ $\frac{1.02 \times 4.25 = 4.33}{1.02 \times 4.25 = 4.33}$ 2.22 M _{WI} = 22.12	$\frac{3.8}{0.135 \times 8.7 = 1.17}$ 4.97	$\frac{32.89}{5.225 \times 8.7 = 45.5}$ 5.225 M = 84.39 M _{WII} = $\frac{34.8}{4.8} = 7.15$	$\frac{13.4}{0.135 \times 8.7 = 1.17}$ 14.57	$U_2 = \frac{52.49 + 34.32}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{4.97}{4 \times 0.998} = 17.4 + 1.29 = 18.69$
1-1 H 3.5 м B = 2.9 м cos γ = 0.998	$\frac{52.49}{3.76 \times 6.0 = 22.57}$ 3.76 M _{II} = 75.06	$\frac{34.32}{3.44 \times 6.0 = 20.60}$ $\frac{0.66 \times 2.75 = 1.65}{4.10}$ 5.79	$\frac{4.97}{0.135 \times 6.0 = 0.82}$ 5.79	$\frac{41.47}{2.91 \times 6.0 = 17.47}$ 2.91 M _{II} = 58.94	$\frac{28.18}{2.79 \times 6.0 = 16.80}$ $\frac{0.525 \times 2.75 = 1.44}{3.315 \cdot M_{WII} = 46.42}$ 3.315 M _{WII} = 46.42	$\frac{29.97}{2.94 \times 6.0 = 17.60}$ $\frac{0.525 \times 2.75 = 1.44}{3.865 \cdot M_{WI} = 49.01}$ 3.865 M _{WI} = 49.01	$\frac{4.97}{0.135 \times 6.0 = 0.82}$ 5.79	$\frac{84.39}{5.225 \times 6 = 31.30}$ 5.225 M = 115.69 M _{WII} = $\frac{56.8}{4.8} = 11.8$	$\frac{14.57}{0.135 \times 4.0 = 0.82}$ 15.39	$U_1 = \frac{75.06 + 58.57}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{5.79}{4 \times 0.998} = 22.6 + 1.46 = 24.06$

Вес опоры по обз. л 3 200 т

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

Расчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствόла опоры ЛЭС ИО-2

Сечения отметки и базы	Схема I, III район гололеда			Схема I, III район гололеда			Схема II, I район гололеда		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикаль- ные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикаль- ные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M _н	От ветра на кон- струкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода и трос M _н	От ветра на конструкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода и трос M _н	От ветра на конструкцию опоры M _{вн}	
4-4 ▽ 24.2 м b = 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 _{вн} = 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 _{вн} = 9.44	0.25 × 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 _{вн} = 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 11.28 M _{вн} = 2.34	2.24 × 1 = 2.24 3.265 × 4 = 13.05 0.155 × 11.3 = 1.75 17.04
	$U_4 = \frac{23.23 + 11.28}{2 \times 1.5} + \frac{4.68}{4} = 11.5 + 1.17 = 12.67 \tau$			$U_4 = \frac{17.9 + 9.44 + 10.36}{2 \times 1.5} + \frac{4.68}{4} = 12.55 + 1.17 = 13.72 \tau$			$U_4 = \frac{32.55 + 2.34}{2 \times 1.5} + \frac{17.04}{4} = 15.91 \tau$		
3-3 ▽ 18.2 м b = 1.5 м	4.59 × 6.0 = 27.5 0.955 × 2 × 0.8 = 1.53 6.5 M _н = 52.26	0.08 × 2 × 1.55 = 0.25 2.27 × 6.0 = 13.65 0.985 × 3.0 = 2.95 3.415 M _{вн} = 28.13	0.665 × 2 = 1.33 0.155 × 6.0 = 0.93 6.94	3.495 × 6.0 = 21.0 0.72 × 2 × 0.8 = 1.15 4.94 M _н = 40.05	1.91 × 6.0 = 11.5 0.08 × 2 × 1.55 = 0.25 0.795 × 3.0 = 2.38 2.865 M _{вн} = 23.57	2.12 × 6.0 = 12.72 0.12 × 2 × 1.55 = 0.37 0.795 × 3.0 = 2.385 3.15 M _{вн} = 25.83	0.665 × 2 = 1.33 0.155 × 6.0 = 0.93 6.94	6.22 × 6.0 = 3.3 1.26 × 2 × 0.8 = 2.02 8.74 M _н = 71.87 11.28 M _{вн} = 5.86	3.265 × 2 = 6.54 0.155 × 6.0 = 0.93 84.51
	$U_3 = \frac{52.26 + 28.13}{2 \times 1.5} + \frac{6.94}{4} = 26.8 + 1.73 = 28.53 \tau$			$U_3 = \frac{40.05 + 23.57 + 25.83}{2 \times 1.5} + \frac{6.94}{4} = 29.8 + 1.73 = 31.53 \tau$			$U_3 = \frac{71.87 + 5.86}{2 \times 1.5} + \frac{24.51}{4} = 24.51 \tau$		
2-2 ▽ 9.5 м b = 2.5 м cos γ = 0.998	6.5 × 8.7 = 56.55 6.5 M _н = 108.76	3.415 × 8.7 = 29.70 1.62 × 4.25 = 6.87 5.035 M _{вн} = 64.70	0.155 × 8.7 = 1.35 8.29	40.05 × 8.7 = 43.00 4.94 M _н = 83.05	2.865 × 8.7 = 24.9 1.30 × 4.25 = 5.53 4.165 M _{вн} = 54.00	3.15 × 8.7 = 27.4 1.30 × 4.25 = 5.52 4.45 M _{вн} = 58.75	0.155 × 8.7 = 1.35 8.29	8.74 × 8.7 = 6.00 8.74 M _н = 147.87 11.28 M _{вн} = 13.5	24.51 × 8.7 = 1.35 25.86
	$U_2 = \frac{108.76 + 64.70}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{8.29}{4 \times 0.998} = 34.8 + 2.07 = 36.87 \tau$			$U_2 = \frac{83.05 + 54.00 + 58.75}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{8.29}{4 \times 0.998} = 39.0 + 2.07 = 41.07 \tau$			$U_2 = \frac{147.87 + 13.5}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{25.86}{4 \times 0.998} = 40.9 \tau$		
1-1 ▽ 3.5 м b = 2.9 м cos γ = 0.998	6.5 × 6.0 = 38.0 6.5 M _н = 147.76	5.035 × 6.0 = 30.2 0.65 × 2.75 = 1.78 5.685 M _{вн} = 96.68	0.155 × 6.0 = 0.93 9.22	83.05 × 6.0 = 29.60 4.94 M _н = 112.65	4.165 × 6.0 = 25.0 0.52 × 2.75 = 1.43 4.685 M _{вн} = 80.43	4.45 × 6.0 = 26.70 0.52 × 2.75 = 1.43 4.96 M _{вн} = 86.88	0.155 × 6.0 = 0.93 9.22	8.74 × 6.0 = 52.50 8.74 M _н = 200.37 11.28 M _{вн} = 20.2	25.86 × 6.0 = 0.93 26.79
	$U_1 = \frac{147.76 + 96.68}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{9.22}{4 \times 0.998} = 42.3 + 2.31 = 44.61 \tau$			$U_1 = \frac{112.65 + 80.43 + 86.88}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{9.22}{4 \times 0.998} = 48.3 + 2.31 = 50.61 \tau$			$U_1 = \frac{200.37 + 20.2}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{26.79}{4 \times 0.998} = 44.6 \tau$		

ПРИМЕЧАНИЕ:
1. Усилия в поясах определяются по формуле:

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

3079 тм/3 а 58/101

Расчет усилий в раскосах створа опоры ПУС 110-1

Таблица № 21

Обозначение элементов	Схема	База δ (м)	$\cos \beta$	Нагрузки в (т) и (тм)			$2 \cos \beta$	$\frac{M_{из} \lg \gamma}{\delta}$	$4 \delta \cos \beta$	Усилия в раскосах (т)		
				Перевозя- щая сила Q	Изгибаю- щий мо- мент $M_{из}$	Крутящ. момент $M_{кр}$				$Q' = \frac{Q - \frac{M_{из} \lg \gamma}{\delta}}{2 \cos \beta}$	$Q'' = \frac{M_{кр}}{4 \cos \beta}$	$Q' + Q''$
Q_1	IV	1.5	0.707	1.13	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
Q_2	III	1.5	0.707	1.29	—	4.39	1.414	—	4.25	0.46	1.03	1.49
Q_3	III	1.5	0.707	1.29	—	5.94	1.414	—	4.25	0.46	1.40	1.86
Q_4	III	1.575	0.707	1.29	2.84	5.94	1.414	0.09	4.46	0.39	1.33	1.72
Q_5	III	1.725	0.743	1.29	4.78	5.94	1.486	0.14	4.98	0.34	1.19	1.53
Q_6	III	1.9	0.669	1.29	6.97	5.94	1.538	0.18	5.09	0.35	1.17	1.52
Q_7	III	2.1	0.719	1.29	9.55	5.94	1.438	0.23	6.04	0.29	0.98	1.27
Q_8	III	2.3	0.754	1.29	12.13	5.94	1.508	0.26	6.94	0.26	0.86	1.12
Q_9	III	2.5	0.766	1.29	14.71	5.94	1.532	0.29	7.66	0.23	0.78	1.01
Q_{10}	III	2.7	0.798	1.29	17.29	5.94	1.596	0.32	8.64	0.20	0.69	0.89
Q_{11}	III	2.9	0.819	1.29	19.87	5.94	1.638	0.34	9.5	0.19	0.63	0.82
Q_{12}	III	3.12	0.788	1.29	22.71	5.94	1.576	0.36	9.85	0.18	0.60	0.78
Q_{21}	I	1.5	0.707	1.12	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
Q_{22}	I	1.5	0.707	2.48	—	—	1.414	—	4.25	0.88	—	0.88
Q_{23}	I	1.5	0.707	5.71	—	—	1.414	—	4.25	2.02	—	2.02
Q_{25}	I	1.575	0.707	5.92	36.24	—	1.414	1.15	4.46	1.28	—	1.28
Q_{26}	I	1.725	0.743	6.13	46.7	—	1.486	1.35	4.98	1.16	—	1.16
Q_{27}	I	1.9	0.669	6.37	57.3	—	1.338	1.51	5.09	1.26	—	1.26
Q_{28}	I	2.1	0.719	6.5	70.32	—	1.438	1.67	6.04	1.1	—	1.1
Q_{29}	I	2.3	0.754	6.93	83.9	—	1.508	1.82	6.94	1.1	—	1.1
Q_{30}	I	2.5	0.766	7.17	97.17	—	1.532	1.94	7.66	1.08	—	1.08
Q_{31}	I	2.7	0.798	7.48	111.82	—	1.596	2.06	8.64	1.05	—	1.05
Q_{32}	I	2.9	0.819	7.72	126.87	—	1.638	2.18	9.5	1.03	—	1.03
Q_{33}	I	3.12	0.788	8.06	144.24	—	1.576	2.31	9.85	1.09	—	1.09

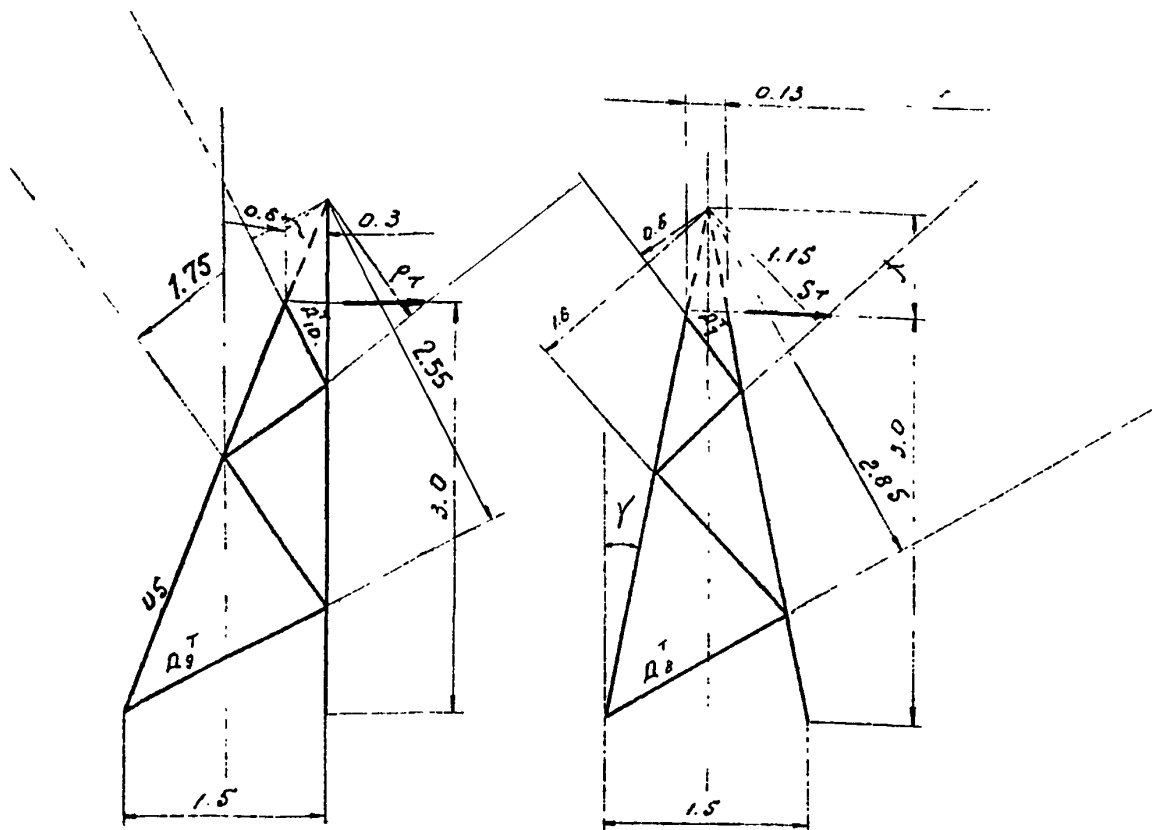
3079ТМ/3 и 59/101

Расчет усилий в раскосах створа опоры ПУС 110-2
Таблица № 22

Обозначение элементов	Схема	базис- δ (м)	cos β	Нагрузки δ(т) и (тм)			δ cos β	$\frac{M_{изг}}{\delta}$	4δ cos β	Усилия в раскосах (т)		
				Перерез. сила Q	Изг. момент M _{изг.}	Крутящ. момент M _{кр.}				$\frac{Q - \frac{M_{изг}}{\delta}}{2 \cos \beta}$	$\frac{M_{кр}}{4 \delta \cos \beta}$	Δ' + Δ''
Δ ₁	II	1.5	0.707	1.13	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
Δ ₂	III	1.5	0.707	1.29	—	4.39	1.414	—	4.25	0.46	1.03	1.49
Δ ₃	III	1.5	0.707	1.29	—	5.94	1.414	—	4.25	0.46	1.40	1.86
Δ ₄	III	1.575	0.707	1.29	10.6	5.94	1.414	0.34	4.46	0.22	1.33	1.55
Δ ₅	III	1.725	0.743	1.29	12.54	5.94	1.486	0.36	4.98	0.19	1.19	1.38
Δ ₆	III	1.9	0.669	1.29	14.8	5.94	1.338	0.39	5.09	0.19	1.17	1.36
Δ ₇	III	2.1	0.719	1.29	17.38	5.94	1.438	0.41	6.04	0.16	0.98	1.14
Δ ₈	III	2.3	0.754	1.29	19.96	5.94	1.508	0.43	6.94	0.14	0.86	1.00
Δ ₉	III	2.5	0.766	1.29	22.54	5.94	1.532	0.45	7.66	0.13	0.78	0.91
Δ ₁₀	III	2.7	0.798	1.29	25.12	5.94	1.596	0.47	8.64	0.11	0.69	0.80
Δ ₁₁	III	2.9	0.819	1.29	27.7	5.94	1.638	0.48	9.5	0.10	0.63	0.73
Δ ₁₂	III	3.12	0.788	1.29	30.54	5.94	1.576	0.49	9.85	0.10	0.60	0.70
Δ ₂₁	I	1.5	0.707	1.3	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
Δ ₂₂	I	1.5	0.707	3.58	—	—	1.414	—	4.25	1.27	—	1.27
Δ ₂₃	I	1.5	0.707	6.86	—	—	1.414	—	4.25	2.42	—	2.42
Δ ₂₄	I	1.5	0.707	9.65	—	—	1.414	—	4.25	3.41	—	3.41
Δ ₂₅	I	1.575	0.707	9.83	94.08	—	1.414	2.98	4.46	1.37	—	1.37
Δ ₂₆	I	1.725	0.743	10.1	110.5	—	1.486	3.2	4.98	1.25	—	1.25
Δ ₂₇	I	1.9	0.669	10.38	125.7	—	1.338	3.3	5.09	1.42	—	1.42
Δ ₂₈	I	2.1	0.719	10.7	144.3	—	1.438	3.44	6.04	1.33	—	1.33
Δ ₂₉	I	2.3	0.754	11.0	166.8	—	1.508	3.63	6.94	1.24	—	1.24
Δ ₃₀	I	2.5	0.766	11.39	191.04	—	1.532	3.82	7.66	1.23	—	1.23
Δ ₃₁	I	2.7	0.798	11.7	212.8	—	1.596	3.95	8.64	1.2	—	1.2
Δ ₃₂	I	2.9	0.819	12.1	236.2	—	1.638	4.07	9.5	1.21	—	1.21
Δ ₃₃	I	3.12	0.788	12.53	280.4	—	1.576	4.5	9.85	1.12	—	1.12

3079ТМ/3 а. 60/101

Расчет тросастойки
для опор ПУС 110-1 и ПУС 110-2



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1.5 - 0.3}{2 \times 3.0} = 0.2$$

$$\cos \gamma = 0.980$$

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

1. Усилие в поясе

Схема II; IV р.г.; $\alpha = 10^\circ$

$$P_1 = 0.76 \text{ т} \quad P_2 = 0.525 \text{ т} \quad P_T = 0.76 + 0.525 \cdot 1.285 \text{ т}$$

$$g_T = 2.24 \text{ т}; \quad G_{\text{т.р.ст.}} \approx 0.1 \text{ т}$$

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

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

2) Усилия в раскосах

Схема II; $\alpha = 10^\circ$

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

$$D_{10}^T = \frac{0.95}{2 \times 0.6} = 0.79 \text{ т} \quad D_9^T = \frac{0.95}{2 \times 2.55} = 0.19 \text{ т}$$

Схема IV; $\alpha = 2^\circ$

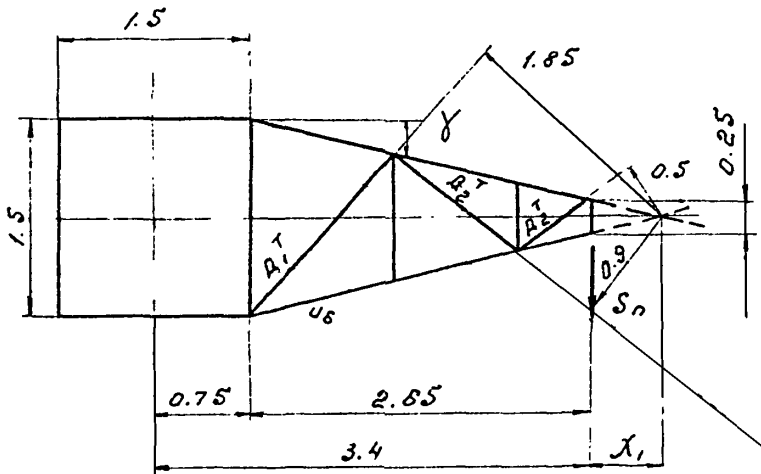
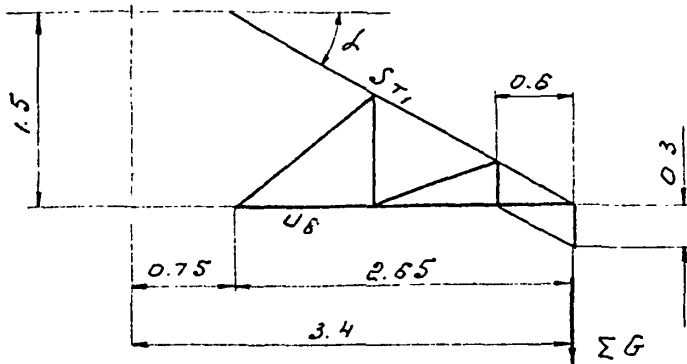
$$S_T = 1.13 \quad M_{\text{уз.}} = 1.13 \times 0.75 = 0.85 \text{ тм}$$

$$D_7^T = \frac{0.85}{2 \times 0.6} = 0.71 \text{ т} \quad D_8^T = \frac{0.85}{2 \times 2.85} = 0.15 \text{ т}$$

3079 тм/3 л. 62/101

Расчет трювера

1. мрадерца $\rho = 3.4 \text{ м}$



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

$$\sin \angle = \frac{1.5}{2.65} = 0.565 \quad \cos \angle = 0.870$$

$$\chi = \frac{0.25}{2 \times 49} = \frac{0.25}{2 \times 0.236} = 0.53 \text{ M}$$

307974/3 л. 63/101

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

$$S_n = 1.29 \tau; g_n = 0.815 \tau; g_r = 0.05 \tau; G_{TP} = 0.1 \times 1.1 \approx 0.11 \tau$$

$$g_A = 0.15 \times 1.1 = 0.165 \tau$$

$$\Sigma G = 0.25 g_n + 0.5 g_r + 0.5 g_A + 0.25 G_{TP} =$$

$$= 0.25 \times 0.815 + 0.5 \times 0.05 + 0.5 \times 0.165 + 0.25 \times 0.11 = 0.29 \tau$$

$$U_6 = \frac{0.29 \times 2.65}{1.5 \times 0.973} + \frac{1.29 \times 2.65}{1.5 \times 0.973} + \frac{0.02}{2 \times 0.973} =$$

$$= 0.53 + 2.34 + 0.01 = 2.88 \tau;$$

Схема II ; IV р.г. $\alpha = 8^\circ$

$$g_n = 3.435 \tau; g_r = 0.05 \tau;$$

$$P_n = 1.260 \tau;$$

$$\Sigma G = 0.5 g_n + 0.5 g_r + 0.25 G_{TP} = 0.5 \times 3.435 + 0.5 \times 0.05 + 0.25 \times 1.1 = 1.77 \tau;$$

$$U_6 = \frac{1.77 \times 2.65}{1.5 \times 0.973} + \frac{1.260}{2 \times 0.973} = 3.22 + 0.65 = 3.87 \tau;$$

б) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III ; $\alpha = 0^\circ$;

$$S_n = 1.29 \tau; \lambda_1 = 0.53 \text{ м}$$

$$M_{uz} = 1.29 \times 0.53 = 0.68 \text{ тм};$$

$$D_1^T = \frac{0.68}{1.85} = 0.37 \tau$$

$$D_3^T = \frac{0.68}{0.5} = 1.35 \tau$$

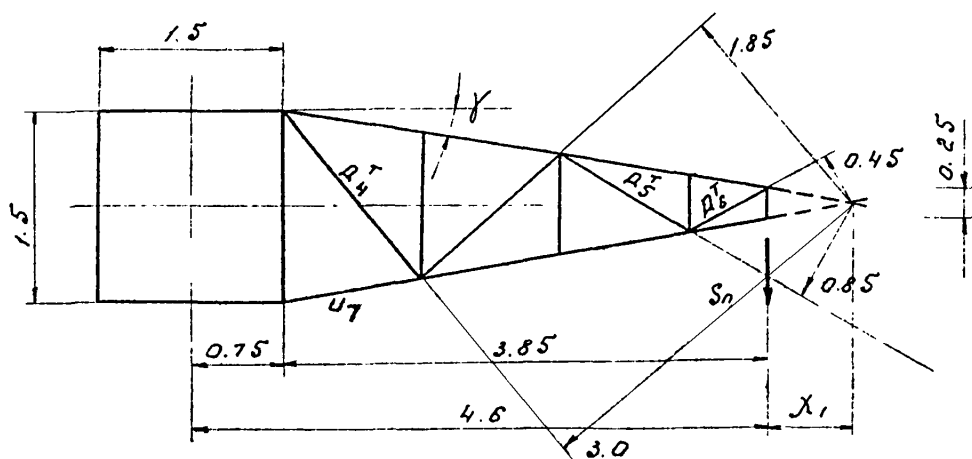
$$D_2^T = \frac{0.68}{0.9} = 0.76 \tau$$

б) Усилие в тяге. Схема II ; IV р.г.

$$g_n = 3.435 \tau; g_r = 0.05 \tau; G_{TP} = 0.11 \tau \quad \Sigma G = 1.77 \tau$$

$$S_T = \frac{1.77 \times 2.65}{1.5 \times 0.973 \times 0.87} = 3.68 \tau$$

3079 TM/3 a. 65/101



$$\cos \gamma = 0.987$$

$$\cos A = 0.931$$

$$x_1 = \frac{0.25}{2 \times 2} = \frac{0.25}{2 \times 0.162} = 0.65 \text{ M}$$

а) Усилия в поясе. Схема \underline{II} ; \underline{IV} р.г. $\alpha = 0^\circ$;

$$S_n = 1.29 \tau, g_n = 0.615 \tau; g_r = 0.05 \tau; G_{TP} = 0.12 \times 1.1 = 0.132 \tau;$$

$$P_n = 0.02 \tau, g_A = 0.15 \times 1.1 = 0.165 \tau;$$

$$\Sigma G = 0.25 \times 0.615 + 0.5 \times 0.05 + 0.5 \times 0.165 + 0.25 \times 0.132 = 0.296 \tau;$$

$$U_7 = \frac{0.296 \times 3.85}{1.5 \times 0.987} + \frac{1.29 \times 3.85}{1.5 \times 0.987} + \frac{0.02}{2 \times 0.987} = 0.77 + 3.36 + 0.01 = 4.14 \tau;$$

Схема \underline{II} ; \underline{IV} р.г. $\alpha = 8^\circ$;

$$g_n = 3.435 \tau; g_r = 0.05 \tau;$$

$$P_n = 1.26 \tau;$$

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

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

б) Усилия в раскосах нижней грани

Схема \underline{III} ; \underline{IV} р.г. $\alpha = 0^\circ$,

$$S_n = 1.29 \tau; \lambda_1 = 0.65 \text{ м};$$

$$M_{u3} = 1.29 \times 0.65 = 0.84 \text{ тм}$$

$$D_4^T = \frac{0.84}{3.0} = 0.28 \tau$$

$$D_6^T = \frac{0.84}{0.45} = 1.87$$

$$D_5^T = \frac{0.84}{0.85} = 0.99 \tau$$

в) Усилия в тяге. Схема \underline{II} ; \underline{IV} р.г.;

$$g_n = 3.435 \tau; g_r = 0.05 \tau; G_{TP} = 0.132 \tau;$$

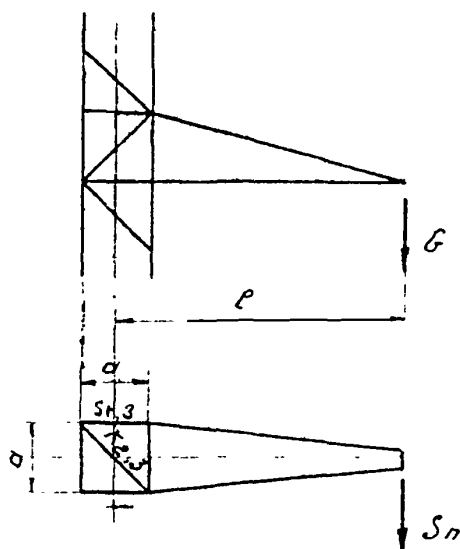
$$G = 0.5 \times 3.435 + 0.5 \times 0.05 + 0.25 \times 0.132 = 1.78 \tau$$

$$S_{T2} = \frac{1.78 \times 3.85}{1.5 \times 0.987 \times 0.931} = 4.95 \tau$$

Расчет распорок и диафрагм

$$S = \frac{S_n L}{\alpha} + \frac{G}{2 \tan \alpha}$$

$$K = \frac{S_n L}{\sqrt{2} \alpha}$$



а) Траверса $L = 3.4 \text{ м}$; $\alpha = 1.0 \text{ м}$

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 $L = 4.6 \text{ м}$; $\alpha = 1.0 \text{ м}$,

Схема III ; IV р.г.

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

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

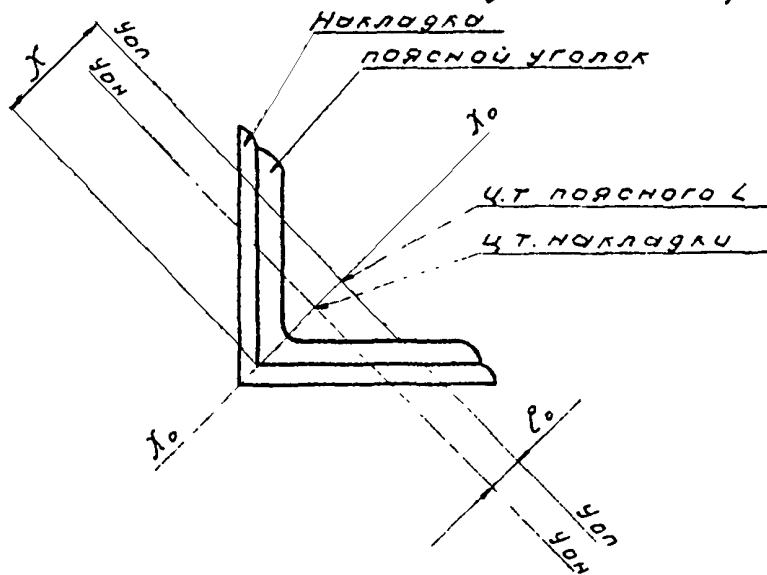
Схема II ; IV р.г.

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

*) См. расчет соответствующей траверсы

Расчет стыков опоры ПУС 110-1

1. Стык верхней и средней секций



$$\sigma = \frac{N}{\eta \cdot \gamma_{\delta n} \cdot F}; \quad N = 17.02 \text{ т}; \quad \begin{array}{l} L 90 \times 7 \text{ поисной} \\ L 125 \times 8 \text{ накладка} \end{array}$$

$$\eta = 0.95; \quad F = 12.3 \text{ см}^2;$$

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

$$m_1 = \eta m, \text{ где } \eta = 1.0; \quad m = e \times \frac{F \lambda}{\gamma_{y_0}};$$

$$\lambda = \frac{2.47}{0.707} = 3.5 \text{ см}; \quad \gamma_{y_0} = 38.9 \text{ см}^4;$$

$$e_0 = \frac{(2.47 + 0.8) - 3.36}{0.707} = 0.127 \quad e = 0.5 e_0 = 0.5 \times 0.127 = 0.064 \text{ см}$$

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

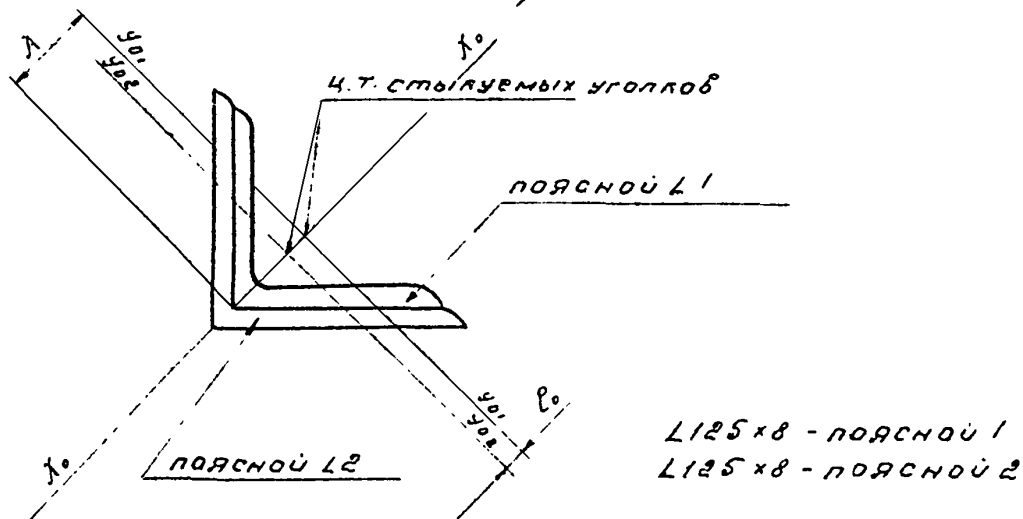
$$\gamma_{\delta n} = 0.726$$

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

3079ТМ/3 л. 68/101

2. Стык средней и нижней секций

(стык телескопический)



$$\sigma = \frac{N}{n_1 \cdot I_{BH} \cdot F}; \quad N = 22.04 \text{ Т}$$

$$n_1 = 1.0; \quad F = 19.7 \text{ см}^2$$

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

$$m_1 = \eta m, \text{ где } \eta = 1.0$$

$$m = \rho \frac{F \chi}{I_{y0}};$$

$$I_{y0} = 122 \text{ см}^4$$

$$\chi = \frac{3.36}{0.707} = 4.75 \text{ см};$$

$$\rho_0 = \frac{0.8}{0.707} = 1.13$$

$$\rho = 0.5 \times 1.13 = 0.565 \text{ см}$$

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

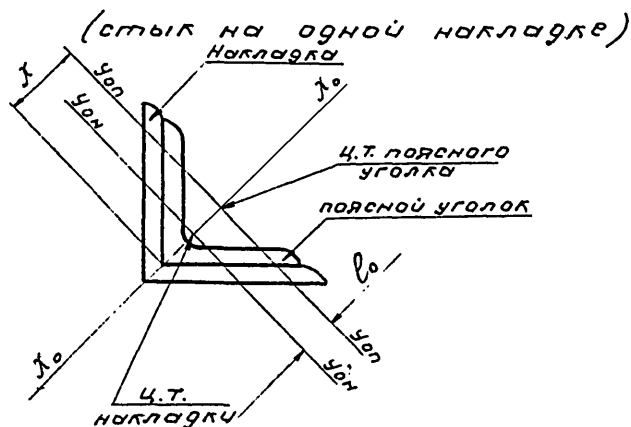
$$I_{BH} = 0.546$$

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

3079 ТМ/3 а 59/101

Расчет стыков опоры ПУС 110-2

1. Стык верхних секций



$$G = \frac{N}{\pi_1 \gamma_{6H} F}, \quad N = 15.9 \text{ т.} \quad \begin{array}{l} \text{L90x7 - ПОЯСНОЙ} \\ \text{L125x8 - НАКЛАДКА} \end{array}$$

$$\pi_1 = 0.95 \quad F = 12.3 \text{ см}^2$$

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

$$m_1 = \eta m, \text{ где } \eta = 1.0 \quad m = l_0 \cdot \frac{F_x}{F_{y_0}};$$

$$F_{y_0} = 38.9 \text{ см}^2; \quad \lambda = \frac{2.47}{0.707} = 3.5 \text{ см};$$

$$2.47 + 0.8 = 3.27 \text{ см} \quad 3.36 - 3.27 = 0.09 \text{ см}$$

$$l_0 = \frac{0.09}{0.707} = 0.127 \text{ см} \quad l = 0.5 \times l_0 = 0.5 \times 0.127 = 0.064 \text{ см};$$

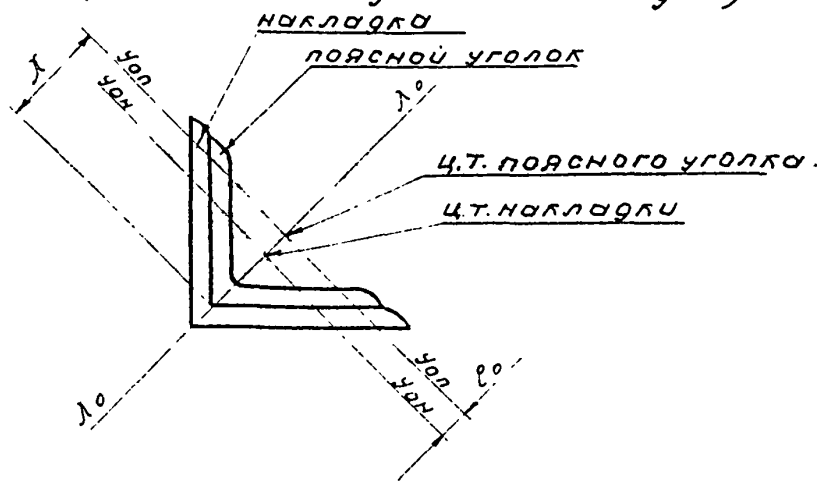
$$m = 0.064 \times \frac{12.3 \times 3.5}{38.9} = 0.071 \quad m_1 = 1.0 \times 0.071 = 0.071$$

$$F_{6H} = 0.726$$

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

3079 ТМ/3 Л 70/101

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



$$\sigma = \frac{N}{\eta \cdot \mathcal{I}_{\text{вн}} F}; \quad N = 32.03 \text{ т}; \quad \begin{array}{l} \text{L } 125 \times 8 - \text{ПОЯСНОЙ} \\ \text{L } 160 \times 10 - \text{НАКЛАДКА} \end{array}$$

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

$$\lambda = \frac{150}{2.49} = 80$$

$$m_1 = \eta m; \quad \text{где } \eta = 1.0$$

$$m = \rho \times \frac{F \lambda}{\mathcal{I}_{y_0}};$$

$$\lambda = \frac{3.36}{0.707} = 4.75 \text{ см}; \quad \mathcal{I}_{y_0} = 122 \text{ см}^4;$$

$$\rho_0 = \frac{(3.36 + 1.0) - 4.3}{0.707} = \frac{0.06}{0.707} = 0.085 \text{ см}$$

$$\rho = 0.5 \times \rho_0 = 0.5 \times 0.085 = 0.043 \text{ см};$$

$$m = 0.043 \times \frac{19.7 \times 4.75}{122.0} = 0.033 \quad m_1 = 1.0 \times 0.033 = 0.033$$

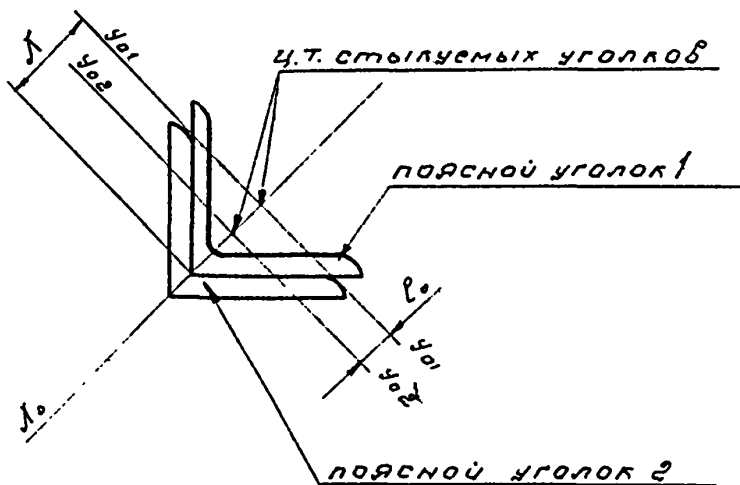
$$\mathcal{I}_{\text{вн}} = 0.860$$

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

3079ТМ/3 а. 71/10

3. Стык средней и нижней секций

(стык телескопический)



∠180×10 - поясной 1,
∠160×10 - поясной 2.

$$\sigma = \frac{N}{n_1 y_{0H} F}; \quad N = 44.85 \text{ т.}$$

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

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

$$m_1 = \eta m; \quad \text{где } \eta = 1.0; \quad m = \rho \frac{F \lambda}{J_{y0}};$$

$$J_{y0} = 319 \text{ см}^4; \quad \lambda = \frac{4.30}{0.707} = 6.07$$

$$\rho_0 = \frac{1.0}{0.707} = 1.41 \text{ см}; \quad \rho = 0.5 \times 1.41 = 0.71 \text{ см};$$

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

$$f_{0n} = 0.68$$

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

Рассчитал *Мамф* / Покарева /
Проверил *Груздев* / Груздев /

N3079_{ТМ-Т3}

Лист
72/101

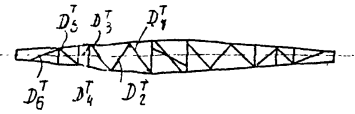
3079_{ТМ/3} л. 72/101

ПС 110-11

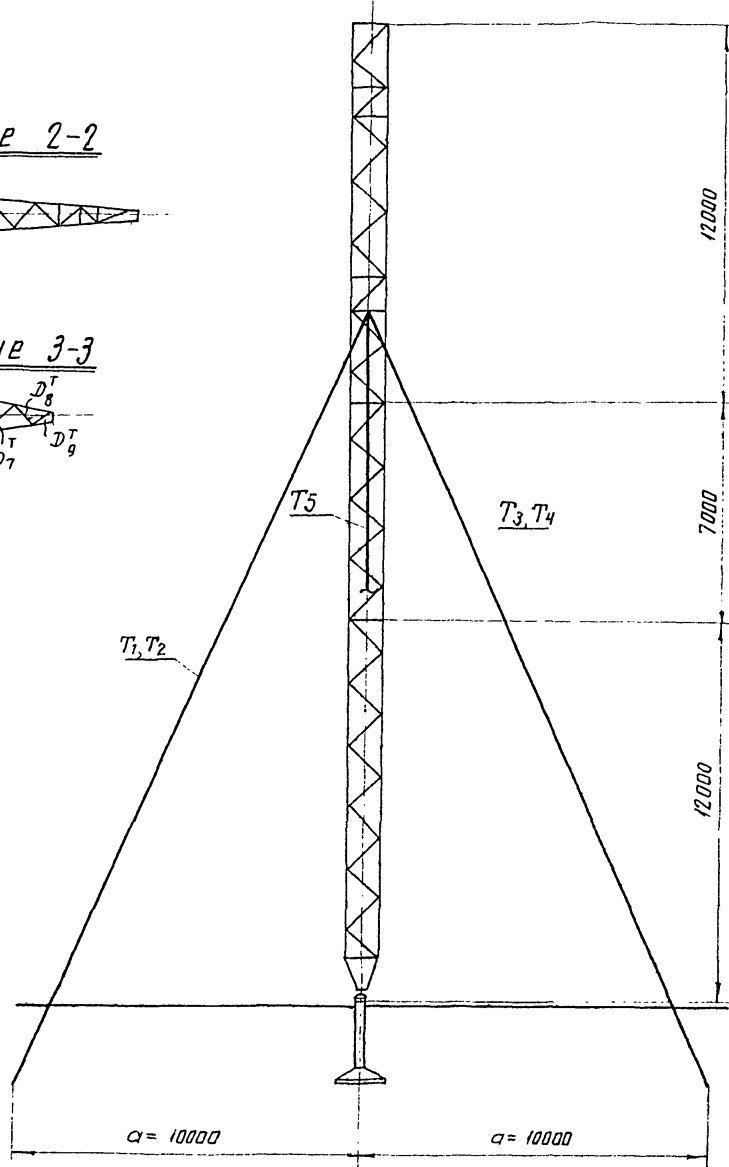
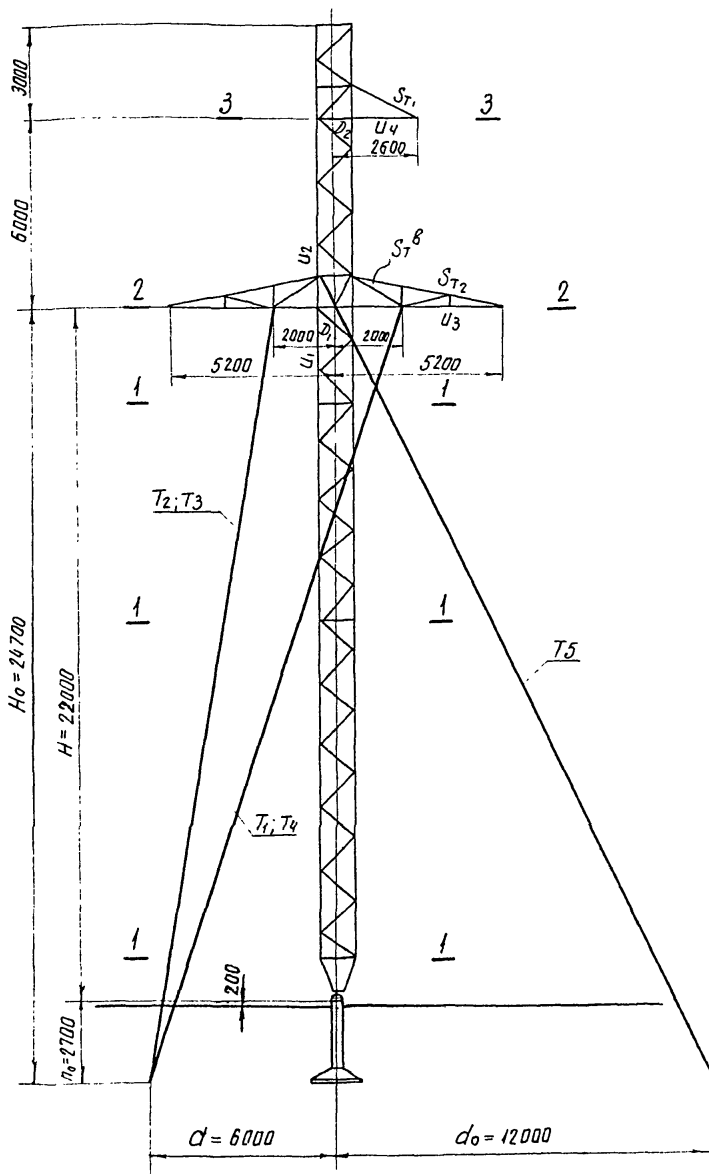
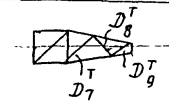
Сечение 1-1



Сечение 2-2



Сечение 3-3



3079ТМ/3 д. 73/101

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кВ для горных районов

Шифр ЛС 110-11

Таблица № 23

№ схем		Расчетные схемы	Расчетные климатич. условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
						500			720			400			630		
						360			360			315					
						нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расч.	нормат	п	расч.
I	Провода и трос не оборваны, свобод- ны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}, C=0$ $q_n = 80 \text{ кг/м}^2$ $q_T = 112 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_T	660	1,2	790	425	1,2	510	535	1,2	640	340	1,2	405
				Вес пролета прово- да, троса	q_n	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес guy-ов изым тросов	q_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вер- тикальная нагрузка	$q_n + q_r$	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260	—	285
					q_T	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260	—	285
II	Провода и трос не оборваны и покры- ты гололедом. Ве- тер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}, C=15 \text{ мм}, q_n = 100 \text{ кг/м}^2$ $C=20 \text{ мм}, q_T = 28 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, тро- са	P_T	620	1,4	870	650	1,4	910	590	1,4	830	665	1,4	930
				Вес пролета про- вода, троса	q_n	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	280
				Вес guy-ов изолы тросов	q_r	110	2,0	2220	730	2,0	1460	1480	2,0	2960	1030	2,0	2060
				Суммарная верти- кальная нагрузка	$q_n + q_r$	1825	—	3010	1020	—	1830	2110	—	3600	1290	—	2340
					q_T	1825	—	3010	1020	—	1830	2110	—	3600	1290	—	2340

3079 тм/3 а 74/101

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

Продолжение таблицы № 23

Ил. схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						ЛСО-240			С-50			ЛСО-240			С-50		
						нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расч.	нормат	п	расчет
						500			500			400			630		
						720			720			630			380		
						360			360								
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t = -5^{\circ}\text{C}, c = 0, q^H = 0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1240	$1,3 \cdot 0,8 = 1,04$	1290	—	—	—	1240	1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода	g_n, g_T	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес гирлянд изоляторов	g_g	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_g, g_T$	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260	—	285
IV	Оборван один трос, провода не оборваны Тяжение троса равно половине максимального тяжения	$t = -5^{\circ}\text{C}, c = 0, q^H = 0$		Тяжение троса при обрыве	S_T	—	—	—	1305	$1,3 \cdot 0,8 = 1,04$	1360	—	—	—	1305	$1,3 \cdot 0,8 = 1,04$	1360
				Вес пролета провода	g_n, g_T	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес гирлянд изоляторов	g_g	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_g, g_T$	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260	—	285

Примечания



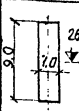
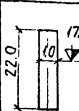
- Высота центра тяжести троса 22,6 м
Нормативный скоростной напор $q_T^H = 1,4 \cdot 80 = 112 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
- Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{T \max} = 54 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки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

Давления ветра на конструкцию
опоры

Табл. № 24

$h = 1,2$

$b = 1,45$

Наименован. секции	Эскиз и средняя атметка секции (М)	Кэфф. увр- личения скор напора по высоте	Нормативн. скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы F_n	Площадь по контуре S (м ²)	Кэфф. за- полнения $\varphi = \frac{F_n}{S}$	Взвешиван. кэфф. плоск фермы $\varphi = 1,45$ $C_{\varphi} = 0,7$	$\frac{2}{\pi}$ (при $\frac{b}{h} = 1$)	Взвешиван. кэфф. проект фермы $C_{\varphi} = C_{\varphi} \cdot (1 + 2)$	Нормативн. ветр. нагр. $R_n = q_0 \cdot C_{\varphi} \cdot S$	Расчетная ветр. нагр. $R_p = R_n \cdot h \cdot b$
верхняя траверса		1,55	124	0,25	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	35 (77)	61
нижняя траверса		1,40	112	0,89	2,35	0,378	0,53	0,52	0,805	2x9,5 (2x212)	2x165
верхняя секция		1,50	120	2,64	9,0	0,264	0,370	0,74	0,644	770	1340
нижняя секция		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:

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

Расчёт опоры производился на ЭЦ ВМ "Урал-2" по программе расчёта одноствоечной опоры с двумя расщеплёнными и одной одиночной оттяжками (НЗ002ТМ-Т6)

№3079ТМ-Т 3

Лист
76/101

3079ТМ-Т 3 № 76/101

Исполн. С.В. Золотухин

Таблица результатов расчета опоры ЛС 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 лево- го нижнего провода	Схема III (3) Обрыв право- го нижнего провода	Схема IV Обрыв трасса
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
R_x (кг)	325	290	520	254	51,6	79,0	47,3
$N-N_0$ (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
M_k (кг·м)	-1500500	1578370	-1706260	-55925	-113605	-173660	-104140
R_y (кг)	0	0	0	370	0	0	550
N_n (кг)	29145	-20430	35995	-20345	-20940	-21235	-20460
N_a (кг)	8935	1215	10900	3280	3995	4030	3110
q_{ax} (кг)	2350	380	2520	620	1295	655	7490
q_{ay} (кг)	-3615	-490	-4410	-1330	-1620	-1630	-1260
N_B (кг)	12370	1215	10900	7560	7350	7390	7770
q_{Bx} (кг)	2905	380	2520	2010	1400	2175	1880
q_{By} (кг)	5010	490	4410	3060	2980	2990	3150
N_c (кг)	0	13596	0	5355	5440	5660	5320
q_{cx} (кг)	0	-6605	0	-2600	-2660	-2750	-2580

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

R_x, R_y - горизонтальные реакции в опорном шарнире

N_n - вертикальная реакция в опорном шарнире

M_c - момент в стойке на уровне нижних траверс

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

N_a, q_{ax}, q_{ay}, N_B - нагрузки на анкерные плиты.

N3079-ТМ-3 Лист
77/101

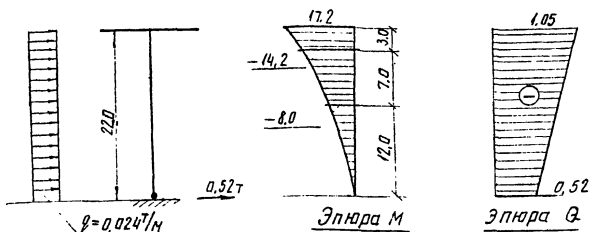
179/101

3079-ТМ-3

Лист 77 из 101

Расчет стойки ниже уровня нижних траверс

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



Определение усилия в поясах

$$N = N_{п} - \text{бст}$$

$$N = 35995 - \frac{2}{3} \times 2760 = 34150 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{U} &= \frac{N}{4} + \frac{M_{с}}{2B} = \frac{3415}{4} + \frac{17.2}{2 \times 0.94} = \\ &= 8.55 + 9.15 = 17.7 \text{ м} \end{aligned}$$

Определение усилия в раскосах стойки

$$Q = 1.05 \text{ м} \quad \cos \alpha = 0.707$$

$$D = \frac{1.05}{2 \times 0.707} = 0.75 \text{ м}$$

Согласно п. 3.9. инструкции по расчёту опор

производим проверку поясов стойки по ф-ле

$$\mathcal{U} = \frac{N_p}{4} + \frac{M_p}{2B} + \frac{n N^p (f_0 + \frac{1}{750} e)}{2B (1 - \frac{N_p}{N_3})}; \quad n = 1.0 \text{ для сварной опоры}$$

Схема II

$$N_p = 34.15 \text{ т} \quad M_p = 17.2 \text{ тм} \quad b = 0.94 \text{ м}$$

f_0 — максимальный прогиб стойки под действием расчетных поперечных нагрузок

$$f_0 = \frac{5}{384} \times \frac{q L^4}{EJ} \quad q = 0.024 \text{ т/м}$$

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

N_3 — критическая сила

$$N_3 = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} = \frac{3,14^2 \times 22,8 \cdot 10^3}{22^2} = 465 \text{ т}$$

$$\begin{aligned} U_1 &= \frac{34,15}{4} + \frac{17,2}{2 \times 0,94} + \frac{1,0 \times 34,15 (0,32 \cdot 10^{-2} + \frac{22}{750})}{2 \times 0,94 (1 - \frac{34,15}{465})} = \\ &= 8,55 + 9,15 + 0,12 = 17,82 \approx 17,7 \text{ т.} \end{aligned}$$

Расчёт стойки выше уровня нижних траверс

Пояс верхней части стойки ($\Phi 22,0$)

Схема II ; IV р-н галоплёда

$$\begin{aligned} M_{II} &= 0,93 \times 8,0 + 0,83 \times 5,0 + 3,6 \times 2,6 + \frac{0,024 \times 8,0^2}{2} = \\ &= 7,45 + 4,15 + 9,33 + 0,77 = 21,7 \text{ тм.} \end{aligned}$$

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

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

Расчёт раскосов

Схема III $S_{п.} = 1290 \text{ т.}$

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

$$Q = 1,29 \quad \cos \beta = 0,707$$

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

Подбор сечения оттяжек

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

Примем канат ф14 (ГОСТ 3064-66)

Разрывное усилие - 13650 кг.

$$R_p = 13650 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 = 7860 > 7425 \text{ кг.}$$

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

Примем 2 каната ф14

$$R_p = 2 \times 13650 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 = 15720 > 15115 \text{ кг}$$

Расчёт траверс

а) Верхняя траверса

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

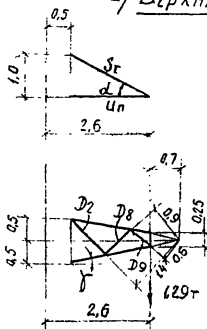
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{2,1} = 0,476$$

$$\sin \alpha = 0,43$$

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

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

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



Для тяги расчетной является схема II, IV р-н галопеда
 $G = 3,6 \text{ т}$

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

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

$$S_n = 1,29 \text{ т} \quad g_n = 0,690 \text{ т}, \quad g_r = 0,045 \text{ т}, \\ g_l = 0,165 \text{ т}, \quad G_{тр} = 0,07 \text{ т}$$

$$\begin{aligned}\Sigma G &= 0,25 g_n + 0,5 g_r + 0,5 g_l + 0,25 G_{тр} = \\ &= 0,25 \times 0,69 + 0,5 \times 0,045 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,07 = \\ &= 0,172 + 0,023 + 0,082 + 0,002 = 0,279 \text{ т.}\end{aligned}$$

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

Усилия в раскосах нижней грани.

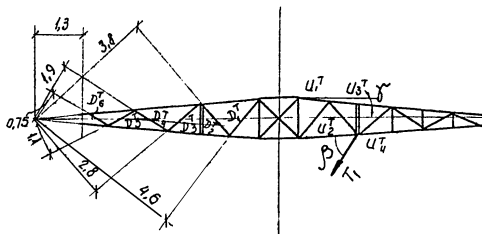
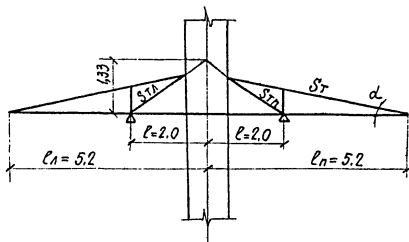
$$M = 1,29 \times 0,7 = 0,9 \text{ тм}$$

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

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

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

б). Нижняя траверса.



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

Расчетной является тяга левой траверсы

$$S_{TL} = \frac{1}{2} (T_2 + T_3) \frac{H_0}{L_2} \frac{\sqrt{h_1^2 + e^2}}{h_1} = \frac{2}{2} \cdot 7,425 \times \frac{24,7}{27,0} \frac{\sqrt{1,33^2 + 2,0^2}}{1,33} = 6,8 \times \frac{2,4}{1,33} = 12,2 \text{ м}$$

2. Для наружных тяг расчетной является схема II нормального режима

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

$$G = g_n + g_r + \frac{1}{2} G_{тр.} = 3,6 + 0,05 + \frac{1}{2} \times 0,3 = 3,8 \text{ м}$$

$$S_T = \frac{3,8}{2 \times 0,208 \times 0,995} = 9,2 \text{ м}$$

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

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

3. Расчет поясов.

Для правых пролетных поясов расчетной является схема III (3)

$$U_0 = \left[\frac{G}{2 \tan \alpha} + \frac{T_1 + T_4}{2} \frac{H_0}{L_0} \frac{e}{h_1} + \frac{1}{2} (T_1 + T_4) \frac{d + e}{L_1} \cos \beta \right] \times \frac{1}{\cos \gamma};$$

$$G = \frac{g_n}{2} + g_r + \frac{1}{2} G_{тр.} = \frac{740}{2} + 50 + \frac{1}{2} \times 300 = 370 + 50 + 150 = 570 \text{ кг}$$

$$\tan \alpha = 0,213; \quad \cos \gamma = 0,995$$

$$U_0 = \left[\frac{0,570}{2 \times 0,213} + \frac{6,81}{2} \times \frac{24,7}{27,8} \times \frac{2,0}{1,33} + \frac{1}{2} \times 6,81 \times \frac{6+2}{27,8} \times 0,625 \right] \frac{1}{0,995} = (1,34 + 4,57 + 0,61) \times \frac{1}{0,995} = 6,6 \text{ м}$$

$$U_i = U_0 + Q \frac{e_i}{b_i}; \quad Q = S \frac{e_n - e}{2e} = 4,29 \times \frac{5,2 - 2,0}{2 \times 2,0} = 1,03 \text{ т}$$

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

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

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

Для помов пролётной части расчётной является схема III

$$U_4^T = \frac{G}{2 \lg d \cos \beta} + S_n \frac{l_n - l}{l} =$$

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

4. Расчёт раскосов нижней грани

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

$$M = Q [(l_1 + n) - l] = Q (5,2 + 1,3 - 2,0) = Q \times 4,5$$

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

$$M = 2,45 \times 4,5 = 11,0 \text{ тм.}$$

$$D_1^T = \frac{M}{l_1};$$

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

Для раскосов консольной части расчётной является схема III.

$$M = S \times l,3 = 1,29 \times 1,3 = 1,68 \text{ тм.}$$

$$D_3^T = \frac{1,68}{2,8} = 0,6 \text{ т}$$

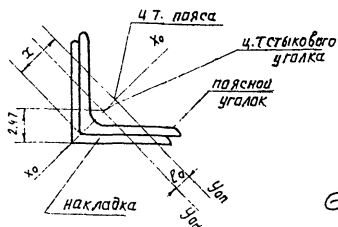
$$D_4^T = \frac{1,68}{1,9} = 0,89 \text{ т}$$

$$D_5^T = \frac{1,68}{1,1} = 1,53 \text{ т}$$

$$D_6^T = \frac{1,68}{0,75} = 2,24 \text{ т}$$

Расчет стыков секций

Стык верхней и средней секции



Поясной уголок $\angle 90 \times 7$

Накладка $\angle 90 \times 7$

$$N = \frac{34,15}{4} + \frac{14,2}{2 \times 0,94} = 8,5 + 7,5 = 16,0 \text{ т.}$$

$$G = \frac{N}{\eta \psi_{8n} F},$$

$$\eta_1 = 0,95 \quad F = 12,3 \text{ см}^2$$

$$\lambda = \frac{200}{2,77} = 72 \quad m_1 = \eta \text{ т.}, \text{ где } \eta = 1,0, \text{ т.е. } \frac{Fx}{Fy_0},$$

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

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

$$l = 0,5 \times 0,99 = 0,495 \text{ см}$$

$$m_1 = 0,495 \times \frac{12,3 \times 3,5}{38,9} = 0,548 \quad \psi_{8n} = 0,65$$

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

Стык нижней и средней секции

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

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

Рассчитал Бонд
Проверил Эльфин

./Богданова./
./Эльфин./

Расчет опоры 435 - 1

Определение предельного угла поворота на опоре 435-1 в горных районах при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$.

Опора 435-1 рассчитана на подвеску проводов нарядов до АС-150 включительно и траса С-35 в I-IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$ (см. расчет М 3078 тм-ТЗ, листы 6/31 ÷ 22/31 и расчетный лист М 3078 тм-137).

Увеличение скоростного напора с 50 до 80 кг/м^2 отражается только на схемах нормального режима I и II.

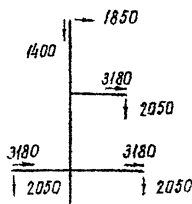
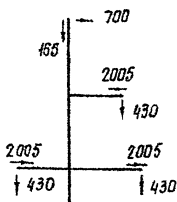
На схему аварийного режима III ($q=0$) увеличение скоростного напора не оказывает влияния; практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему IIк, т.к. доля ветровой нагрузки в этом режиме незначительна. Таким образом проверке подлежат элементы, рассчитанные по схеме II, т.е. пояса 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 435-1 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

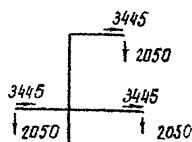
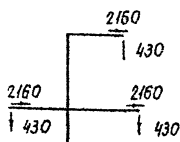
Схемы расчетных нагрузок (провод АС-150, трос С-35)

Схема I с тросом
 $\alpha = 54^\circ$

Схема II



без троса
 $\alpha = 60^\circ$



Провода и трос не
оборваны и свободны
от гололеда
III район гололедности,
без разности тяжёний,
 $t = -5^\circ\text{C}$; $C = 0$; $q_n = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$;
 $q_{\text{т}} = 88 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$;

$\ell_{\text{ветр}} = 330 \text{ м}$; $\ell_{\text{вес}} = 470 \text{ м}$;

$\ell_{\text{год}} = 235 \text{ м}$

Провода и трос не
оборваны и покрыты
гололедом
IV район гололедности,
без разности тяжёний,
 $t = -5^\circ\text{C}$; $C = 20 \text{ мм}$;
 $q_n = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$, $q_{\text{т}} = 22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$;

$\ell_{\text{ветр}} = 280 \text{ м}$; $\ell_{\text{вес}} = 400 \text{ м}$;

$\ell_{\text{год}} = 200 \text{ м}$

Определение усилий в поясах ствола опоры (опора 935-1 тросом)

Таблица № 26

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

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

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

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_n = 1,85 \times 3,9 = 7,2 тм$

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

$\Sigma M = 7,31 тм$

$G = 0,18 + 1,4 = 1,58 т$

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

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

Определение усилий в поясах ствола опоры (опора УЗ5-1 без троса)

Таблица №27

Отметка, база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 60^\circ$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 60^\circ$, 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_{WH}		От нагрузок на провода M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{WH}	
▽ 9,5 $\theta = 1,5M$	$2,16 \times 3,5 = 7,56$ $2,16 \times 2 \times 0,5 = 2,16$ $6,48 \quad M_{II} = 9,72$	$0,047 \times 4,0 = 0,188$ $0,059 \times 1,0 = 0,059$ $0,047 \times 1,0 = 0,047$ $0,645 \times 2,25 = 1,450$ $0,798 \quad M_{WH} = 1,74$	$0,43 \times 3 = 1,29$ $0,27 \times 4,5 = 1,21$ $2,50$	$3,445 \times 3,5 = 12,1$ $3,445 \times 2 \times 0,5 = 3,45$ $10,34 \quad M_{II} = 15,55$ $M_{H\gamma} = 2,05 \times 3,5 = 7,21$	$0,001 \times 4,0 = 0,004$ $0,013 \times 1,0 = 0,013$ $0,001 \times 1,0 = 0,001$ $0,135 \times 2,25 = 0,304$ $0,15 \quad M_{WH} = 0,32$	$2,06 \times 3 = 6,18$ $0,27 \times 4,5 = 1,21$ $7,39$
	$M_{H\gamma} = 0,43 \times 3,5 = 1,50$ $\Sigma M_{II} = 11,22$			$\Sigma M_{II} = 22,76$		
	$\mathcal{U}_2 = \frac{11,22 + 1,74}{2 \times 1,5} + \frac{2,50}{4} = 4,27 + 0,63 = 4,90$			$\mathcal{U}_2 = \frac{22,76 + 0,32}{2 \times 1,5} + \frac{7,39}{4} = 7,7 + 1,85 = 9,56 \text{ т}$		
▽ 1,7 $\theta = 3,7M$ $\cos \varphi = 0,989$	$6,48 \times 7,8 = 50,50$ $6,48 \quad \Sigma M_{II} = 61,72$	$0,798 \times 7,8 = 6,24$ $1,3 \times 3,9 = 5,07$ $\Sigma M_{WH} = 13,05$	$0,17 \times 7,8 = 1,33$ $3,83$	$10,34 \times 7,8 = 80,6$ $\Sigma M_{II} = 103,36$	$0,15 \times 7,8 = 1,17$ $0,27 \times 3,9 = 1,05$ $\Sigma M_{WH} = 2,53$	$0,17 \times 7,8 = 1,33$ $8,72$
	$\mathcal{U}_1 = \frac{61,72 + 13,05}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{3,83}{4 \times 0,989} = 10,20 + 0,97 = 11,17 \text{ т}$			$\mathcal{U}_1 = \frac{103,36 + 2,53}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{8,72}{4 \times 0,989} = 14,45 + 2,21 = 16,66 \text{ т}$		

Пояс $\mathcal{U}_1 \quad G = \frac{16,66}{9,7} = 1720 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

Пояс $\mathcal{U}_2 \quad G = \frac{9,56}{7,87} = 1210 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

Расчет опоры 435-2

Определение предельного угла поворота на опоре 435-2 в горных районах при $q^H = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$

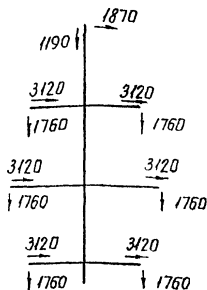
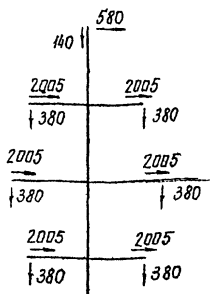
Опора 435-2 рассчитана на подвеску проводов марок до АС-150 включительно и троса С-35 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q^H = 50 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ (см. расчет № 3078 ТМ-ТЗ, листы 23/31 ÷ 31/31 и расчетный лист № 3078 ТМ-138).

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

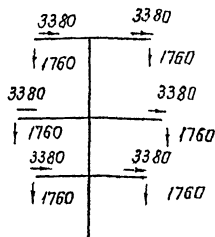
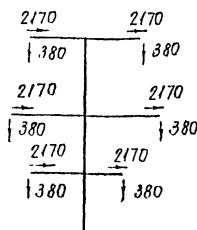
Как показывает расчет на листах 90, 91, 92 опору 435-2 с тросом можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота до 54° включительно, а без троса до 60° включительно.

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

с тросом
 $\alpha = 54^\circ$



без троса
 $\alpha = 60^\circ$



Провода и трос
не обрубаны и свобод-
ны от гололеда.
III район гололедности
без разности тяжений.
 $t = -5^\circ\text{C}$, $c = 0$; $q_n^H = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$,

$$q_T^H = 106 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2};$$

$l_{\text{ветр.}} = 280\text{м}$ $l_{\text{вес.}} = 400\text{м}$

$l_{\text{габ.}} = 200\text{м}$

Провода и трос не
обрубаны и покрыты
гололедом.
IV район гололедности
без разности тяжений.
 $t = -5^\circ\text{C}$, $c = 20\text{мм}$;

$$q_n^H = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; \quad q_T^H = 26,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

$l_{\text{ветр.}} = 240\text{м}$ $l_{\text{вес.}} = 340\text{м}$

$l_{\text{габ.}} = 170\text{м}$

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

Таблица № 28

Отметка баша	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 54^\circ$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 54^\circ$, без разности тяжений		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_n	От ветра на конструкцию опоры M_{wn}		От нагрузок на провода и трос M_n	От ветра на конструкцию опоры M_{wn}	
$\nabla 9,75$ $\delta = 1,5м$	$0,580 \times 11,65 = 6,75$ $2,005 \times 2 \times 6,75 = 27,00$ $2,005 \times 2 \times 3,75 = 15,00$ $2,005 \times 2 \times 0,75 = 3,00$ $12,61 \quad M_n = 51,75$	$0,371 \times 9,75 = 3,62$ $0,046 \times 2 \times 7,25 = 0,67$ $0,058 \times 2 \times 4,25 = 0,49$ $0,042 \times 2 \times 1,25 = 0,10$ $1,02 \times 3,9 = 3,98$ $1,68 \quad M_{wn} = 8,86$	$0,14 \times 1 = 0,14$ $0,38 \times 6 = 2,28$ $0,27 \times 11,65 = 3,15$ $5,57$	$1,87 \times 11,65 = 21,80$ $3,12 \times 2 \times 6,75 = 42,10$ $3,12 \times 2 \times 3,75 = 23,40$ $3,12 \times 2 \times 0,75 = 4,67$ $20,59 \quad M_n = 91,97$	$0,078 \times 9,75 = 0,76$ $0,011 \times 2 \times 7,25 = 0,16$ $0,013 \times 2 \times 4,25 = 0,11$ $0,008 \times 2 \times 1,25 = 0,02$ $0,213 \times 3,9 = 0,83$ $0,355 \quad M_{wn} = 1,88$	$1,19 \times 1 = 1,19$ $1,76 \times 6 = 10,56$ $0,27 \times 11,65 = 3,15$ $14,9$
	$U_2 = \frac{51,75 + 8,86}{2 \times 1,5} + \frac{5,57}{4} = 20,35 + 1,39 = 21,72$			$U_2 = \frac{91,97 + 1,88}{2 \times 1,5} + \frac{14,9}{4} = 31,28 + 3,72 = 35,00 т$		
$\nabla 71,7$ $\delta = 3,7м$ $\cos \varphi = 0,985$	$12,61 \times 8,05 = 101,60$ $51,75$ $M_n = 153,35$	$1,68 \times 8,05 = 13,50$ $1,36 \times 4,02 = 5,47$ $M_{wn} = 27,83$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$ $7,26$	$20,59 \times 8,05 = 165,7$ $91,97$ $M_n = 257,67$	$0,355 \times 8,05 = 2,86$ $0,282 \times 4,02 = 1,13$ $1,88$ $M_{wn} = 5,87$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$ $16,59$
	$U_1 = \frac{153,35 + 27,83}{2 \times 3,7 \times 0,985} + \frac{7,26}{4 \times 0,985} = 24,80 + 1,85 = 26,65$			$U_1 = \frac{257,67 + 5,87}{2 \times 3,7 \times 0,985} + \frac{16,59}{4 \times 0,985} = 36,00 + 4,2 = 40,2 т$		

Пояс $U_1 \quad G = \frac{40,2}{19,1} = 2100 \frac{кг}{м^2} = [2100]$

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

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_n = 1,87 \times 3,9 = 7,3 тм$

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

$\Sigma M = 7,45 тм$

$G = 0,18 + 1,19 = 1,37 т$

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

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

Определение усилий в поясах ствола опоры (опора 435-2 без троса)

Таблица №29

Отметка, база	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 60^\circ$, без разности тяжёний			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 60^\circ$, без разности тяжёний		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на про- вода M_n	От ветра на конструк- цию опоры M_{wn}		От нагрузок на провода M_n	От ветра на конструкция опоры M_{wn}	
99,5 $\delta = 1,54$	$2,17 \times 2 \times 6,75 = 29,30$ $2,17 \times 2 \times 3,75 = 16,30$ $2,17 \times 2 \times 0,75 = 3,26$ $13,02$ $M_n = 48,86$	$0,046 \times 2 \times 7,25 = 0,67$ $0,058 \times 2 \times 4,25 = 0,49$ $0,042 \times 2 \times 1,25 = 0,10$ $1,02 \times 3,9 = 3,98$ $1,31$ $M_{wn} = 5,24$	$0,38 \times 6 = 2,28$ $0,27 \times 7,75 = 2,09$ $4,37$	$3,38 \times 2 \times 6,75 = 45,60$ $3,38 \times 2 \times 3,75 = 25,40$ $3,38 \times 2 \times 0,75 = 5,07$ $20,28$ $M_n = 76,07$	$0,011 \times 2 \times 7,25 = 0,16$ $0,013 \times 2 \times 4,25 = 0,11$ $0,008 \times 2 \times 1,25 = 0,02$ $0,213 \times 3,9 = 0,83$ $0,277$ $M_{wn} = 1,12$	$1,76 \times 6 = 10,56$ $0,27 \times 7,75 = 2,09$ $12,65$
	$\Sigma_2 = \frac{48,86 + 5,24}{2 \times 1,5} + \frac{4,37}{4} = 18,03 + 1,09 = 19,12$			$\Sigma_2 = \frac{76,07 + 1,12}{2 \times 1,5} + \frac{12,65}{4} = 25,73 + 3,16 = 28,89$		
11,7 $\delta = 3,74$ ссы 4-0989	$13,02 \times 8,05 = 105,00$ $48,86$ $M_n = 153,86$	$1,31 \times 8,05 = 10,56$ $1,36 \times 4,02 = 5,47$ $5,24$ $M_{wn} = 21,27$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$ $4,37$ $6,06$	$20,28 \times 8,05 = 163,10$ $76,07$ $M_n = 239,17$	$0,277 \times 8,05 = 2,22$ $0,282 \times 4,02 = 1,13$ $1,12$ $M_{wn} = 4,47$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$ $12,65$ $14,34$
	$\Sigma_1 = \frac{153,86 + 21,27}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{6,06}{4 \times 0,989} = 24,00 + 1,53 = 25,53$			$\Sigma_1 = \frac{239,17 + 4,47}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{14,34}{4 \times 0,989} = 33,4 + 3,63 = 37,03$		

Пояс Σ_1 $G = \frac{37,03}{19,1} = 190 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

Пояс Σ_2 $G = \frac{28,89}{16,8} = 172 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

Расчет опоры У110-1 и УС110-5

Определение предельного угла поворота на опоре
У110-1 в горных районах при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$

Опора У110-1 рассчитана на подвеску проводов
марки до АСВ-240 включительно и троса С-50
в I - IV районах по гололеду и в III районе по ветру
при $q^H = 50 \text{ кг/см}^2$ (см. расчет №3078 тм-тб
листы 7/35 - 23/35 и расчетный лист №3078 тм-155)

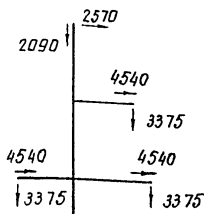
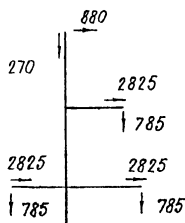
Увеличение скоростного напора с 50 до 80 кг/м^2
отражается только на схемах нормального режима I и II
На схему аварийного режима III ($q=0$) увеличение скоростного
напора не оказывает влияния; практически увеличение
скоростного напора не оказывает влияния и на схему IIк,
т.к. доля ветровой нагрузки в 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

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

Схема I

$\alpha = 52^\circ$

Схема II



Провода и трос не
оборваны и свободны
от гололеда.

III р-н гололедности,
без разности тяжё-
ний,

$$t = -5^\circ\text{C}, c = 0, q_n^H = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2},$$

$$q_T^H = 109 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2},$$

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

$$l_{\text{габ.}} = 320 \text{ м}$$

Провода и трос не
оборваны и покрыты
гололёдом

IV район гололедности,
без разности тяжёний,

$$t = -5^\circ\text{C}, c = 20 \text{ мм};$$

$$q_n^H = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}, q_T^H = 27 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

$$l_{\text{ветр.}} = 390 \text{ м}, l_{\text{вес.}} = 560 \text{ м};$$

$$l_{\text{габ.}} = 280 \text{ м}$$

3079тм/3 л. 94/101

Определение усилий в поясах ствола опоры У110-1

Таблица №30

Отметка, дага	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 52^\circ$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 52^\circ$, 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_{WII}		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{WII}	
$\nabla 9,75$ $b=2,0м$	$\frac{0,88 \times 10,95}{2,825 \times 4,75} = 9,64$ $\frac{2,825 \times 4,75}{2,825 \times 2 \times 0,75} = 13,4$ $\frac{2,825 \times 2 \times 0,75}{9,355} = 4,24$ $M_{II} = 27,28$ $M_{н.у.} = 3,92$ $\Sigma M_{II} = 31,2$	$\frac{0,428 \times 8,55}{0,059 \times 5,45} = 3,66$ $\frac{0,109 \times 1,45}{0,059 \times 1,45} = 0,32$ $\frac{0,109 \times 1,45}{0,059 \times 1,45} = 0,16$ $\frac{0,059 \times 1,45}{1,655 \times 6,15^2} = 0,09$ $\frac{6,9 \times 2}{2,135} = 4,54$ $M_{WII} = 8,77$	$\frac{0,270 \times 1}{0,785 \times 3} = 0,270$ $\frac{0,785 \times 3}{0,272 \times 10,95} = 2,355$ $\frac{0,272 \times 10,95}{5,61} = 2,98$ $5,61$	$\frac{2,57 \times 10,95}{4,54 \times 4,75} = 28,2$ $\frac{4,54 \times 4,75}{4,54 \times 2 \times 0,75} = 21,6$ $\frac{4,54 \times 2 \times 0,75}{16,19} = 6,8$ $M_{II} = 56,6$ $M_{н.у.} = 16,9$ $\Sigma M_{II} = 73,5$	$M_{WII} = \frac{8,77}{4,8} = 1,83$ (см. схему I)	$\frac{2,09 \times 1}{3,375 \times 3} = 2,09$ $\frac{3,375 \times 3}{0,272 \times 10,95} = 10,13$ $\frac{0,272 \times 10,95}{15,12} = 2,98$ $15,12$
	$C_2 = \frac{31,2 + 8,77}{2 \times 2,0} + \frac{5,61}{4} = 9,97 + 1,4 = 11,37 т$			$C_2 = \frac{73,5 + 1,83}{2 \times 2,0} + \frac{15,2}{4} = 18,80 + 3,8 = 22,6 т$		
$\nabla 1,8$ $b=4,2м$ $\cos \varphi_{0,989}$	$\frac{9,355 \times 7,95}{74,5} = 31,2$ $\Sigma M_{II} = 105,7$	$\frac{2,135 \times 7,95}{1,655 \times 0,75 \times 7,95} = 8,77$ $\frac{17,00}{1,655 \times 0,75 \times 7,95} = 143$ $\frac{6,9}{9,0 \times \frac{7,2^2}{2}} = 4,84$ $M_{WII} = 32,04$	$\frac{0,234 \times 7,25}{7,47} = 5,61$ $\frac{1,86}{7,47}$	$\frac{16,19 \times 7,95}{73,5} = 128,9$ $\Sigma M_{II} = 202,4$	$M_{WII} = \frac{32,04}{4,8} = 6,7$	$\frac{0,234 \times 7,95}{15,2} = 15,2$ $\frac{17,06}{17,06}$
	$C_1 = \frac{105,7 + 32,04}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{7,47}{4 \times 0,989} = 16,6 + 1,89 = 18,49 т$			$C_1 = \frac{202,4 + 6,7}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{17,06}{4 \times 0,989} = 25,2 + 4,31 = 29,51 т$		

Пояс C_1 $G = \frac{29,51}{14,1} = 2090 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Пояс C_2 $G = \frac{22,6}{13,4} = 1690 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_{II} = 2,57 \times 4,8 = 12,3 тм$

$M_{WII} = 0,089 \times 2,4 = 0,21 тм$

$\Sigma M = 12,51 тм$

$G = 0,24 + 2,09 = 2,33 т$

$C_3 = \frac{12,51}{2 \times 2,0 \times 0,985} + \frac{2,33}{4 \times 0,985} = 3,16 + 0,59 = 3,75 т$

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

Расчет опоры У110-2

Определение предельного угла поворота на опоре У110-2 в торных районах при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$

Опора У110-2 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 $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$ (см расчет № 3078 тм-ТБ листы 24/35 ÷ 35/35 и расчетный лист № 3078 тм-156).

Увеличение скоростного напора с 50 до 80 кг/м^2 .

отражается только на схемах нормального режима I и II. На сему аварийного режима III (q-0) увеличение скоростного напора не оказывает влияния. Практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему III 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.

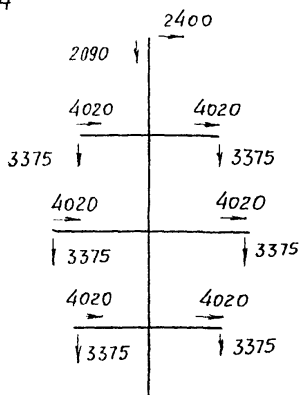
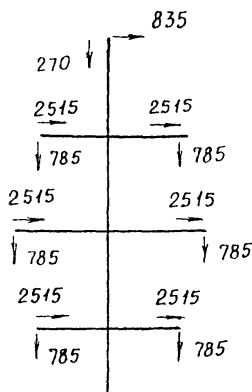
Эти элементы должны быть проверены на повышенные нагрузки по схеме I.

Как показывает расчет на листах 97 и 98 опору У110-2 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)

$$\alpha = 44^\circ$$



Провода и трос не
одорваны и свободны
от гололеда.

III р-н гололедности, без
разности тяжений.

$$t = -5^\circ\text{C}, c = 0; q_{\text{л}}^{\text{H}} = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2};$$

$$q_{\text{т}}^{\text{H}} = 118 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2};$$

$$l_{\text{встр}} = 400 \text{ м}; l_{\text{вес}} = 600 \text{ м};$$

$$l_{\text{габ}} = 320 \text{ м}.$$

Провода и трос не
одорваны и покрыты
гололедом.

IV район гололедности,
без разности тяжений.

$$t = -5^\circ\text{C}; c = 20 \text{ мм}$$

$$q_{\text{л}}^{\text{H}} = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; q_{\text{т}}^{\text{H}} = 29,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

$$l_{\text{встр}} = 390 \text{ м}; l_{\text{вес}} = 560 \text{ м};$$

$$l_{\text{габ}} = 280 \text{ м}.$$

3079 ТМ/3 л. 97/101

Определение усилий в поясах ствола опоры У110-2

Таблица №31

Отметка, м	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 44^\circ$, без разности тяжений			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 44^\circ$, 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_{WII}		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{WII}	
$\nabla 9,75$ $b=20\text{м}$	$0,835 \times 14,85 = 12,4$ $2,515 \times 2 \times 8,75 = 44,0$ $2,515 \times 2 \times 4,75 = 23,9$ $2,515 \times 2 \times 0,75 = 3,8$ <hr/> $15,95 \quad M_{II} = 84,1$	$0,484 \times 12,45 = 6,04$ $0,072 \times 2 \times 9,25 = 1,33$ $0,109 \times 5,25 = 1,14$ $0,059 \times 1,25 = 0,15$ <hr/> $1,65 \times 5,0 = 8,25$ <hr/> $2,614 \quad M_{WII} = 16,91$	$0,27 \times 1 = 0,270$ $0,785 \times 6 = 4,710$ $0,36 \times 14,85 = 5,350$ <hr/> $10,33$	$2,4 \times 14,85 = 35,6$ $4,02 \times 2 \times 8,75 = 70,4$ $4,02 \times 2 \times 4,75 = 38,2$ $4,02 \times 2 \times 0,75 = 6,0$ <hr/> $26,52 \quad M_{II} = 150,2$	$M_{WII} = \frac{16,91}{4,8} = 3,52$ (см. схему I)	$2,09 \times 1 = 2,09$ $3,375 \times 6 = 20,25$ $0,36 \times 14,85 = 5,35$ <hr/> $27,69$
	$U_2 = \frac{84,1 + 16,91}{2 \times 2,0} + \frac{10,33}{4} = 25,2 + 2,6 = 27,8 \text{ т}$			$U_2 = \frac{150,2 + 3,52}{2 \times 2,0} + \frac{27,69}{4} = 38,43 + 6,88 = 45,31 \text{ т}$		
$\nabla 1,8\text{м}$ $b=4,2\text{м}$ $\alpha=0,989$	$15,93 \times 7,95 = 126,9$ $84,1$ <hr/> $211,0$	$2,614 \times 7,95 = 20,80$ $1,52 \times 3,9 = 5,94$ <hr/> $M_{WII} = 43,65$	$0,28 \times 7,95 = 2,22$ $10,33$ <hr/> $12,55$	$26,52 \times 7,95 = 211,0$ $150,2$ <hr/> $361,2$	$M_{WII} = \frac{43,65}{4,8} = 9,1$	$0,28 \times 7,95 = 2,22$ $27,69$ <hr/> $29,91$
	$U_1 = \frac{211,0 + 43,65}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{12,55}{4 \times 0,989} = 30,7 + 3,18 = 33,88 \text{ т}$			$U_1 = \frac{361,2 + 9,1}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{29,91}{4 \times 0,989} = 44,6 + 7,54 = 52,14 \text{ т}$		

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

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

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_{II} = 2,4 \times 4,8 = 11,5 \text{ тм}$

$M_{WII} = 0,101 \times 2,4 = 0,24 \text{ тм}$

$\Sigma M = 11,74 \text{ тм}$

$G = 0,24 + 2,09 = 2,33 \text{ т}$

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

$G = \frac{3,39}{2,17} = 1560 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

Расчет опоры УС 110-6

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

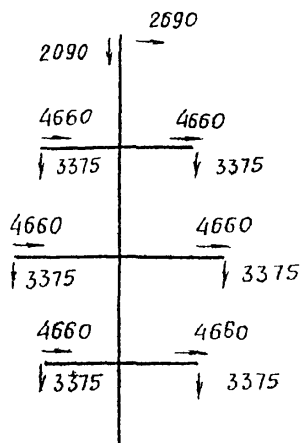
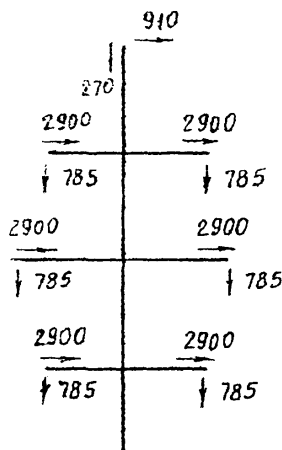
Опора УС 110-6 рассчитана на подвеску проводов марки до АСО-240 включительно и троса С-50 в районах I-IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q_H = 50 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ (см расчет № 3079ТМ-2 листы 39/50 - 46/50 и расчетный лист № 3079ТМ-т5-8)

Увеличение скоростного напора с 50 до $80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ 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 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 100 и 101 опору УС 110-6 можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота линии до 54° включительно.

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

$$\angle = 54^\circ$$



Провода и трос не
оборваны и свободны
от гололеда.

III р-н гололедности,
без разности тяжелей

$$t = -5^\circ\text{C}; C = 0; q_n^H = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2};$$

$$q_T^H = 118 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2};$$

$$l_{\text{терр}} = 400 \text{ м}; l_{\text{вес}} = 600 \text{ м};$$

$$l_{\text{габ}} = 320 \text{ м}$$

Провода и трос не
оборваны и покрыты
гололедом.

IV район гололедности,
без разности тяжелей

$$t = -5^\circ\text{C}; C = 20 \text{ мм};$$

$$q_n^H = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; q_T^H = 29,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2};$$

$$l_{\text{встр}} = 390 \text{ м}; l_{\text{вес}} = 560 \text{ м};$$

$$l_{\text{габ}} = 280 \text{ м}.$$

3079 ГМ/3 Л100/401

Определение усилий в поясах ствѐла опоры УО 110-6

Таблица № 32

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

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

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

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

Определение усилия в поясе тросостойки

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

$M_{WII} = 0,109 \times 2,4 = 0,26 \text{ тм}$

$\sum M = 12,9 + 0,26 = 13,16 \text{ тм}$

$G = 0,24 + 1,09 = 2,33 \text{ т}$

$U_3 = \frac{13,16}{2 \times 2,0 \times 1,985} + \frac{2,33}{4 \times 0,985} = 3,33 + 0,59 = 3,92 \text{ т}$

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

Рассчитал *Кинь* / Константинов
Проверил: *Мур* / Макаревич

N3079 TM T3 101/4

25.7.91 т.м/3 - 101/101