

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные специальные
опоры ВЛЗС, 110 и 150 кВ

3.407-94

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

/ корректура 1973 г./

ГОХ/Т. в. 1/101

№ 3079 ТМ-ТЗ

страниц

листов (форм.) 101(К)

чертеж. (форм.)

МОСКВА - 1969.. г.

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

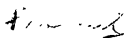
УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ
ОПОРЫ ВЛ 35, 110 и 150 кВ

3.407-94

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА



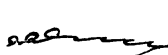
/С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА



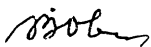
/М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ
ИНСТИТУТА



/А. ЛЕВИН/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ
ИНСТИТУТА ПО ВЛ



/В. ОВСЕЕНКО/

МОСКВА - 1969.. г.

1100000 01.11.69

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 /

/ ИМ. НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА

Гальперин / В. Гальперин /

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО

ПРОЕКТИРОВАНИЯ *Синелобов*

/ К. Синелобов /

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА

Новгородцев

/ Б. Новгородцев /

ЛЕНИНГРАД 1969 г.

№3079ТМТЗ

Лист
3/107

101/3

3079ТМТЗ

Аннотация

В настоящем томе приводятся расчеты промежуточных и промежуточных угловых свободностоящих опор П35-1, ПС35-4, 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 У35-1 У35-2, УНО-1, УНО-2, УСНО-5 и УСНО-6 при их использовании в горных районах.

все опоры рассчитаны на нагрузки \bar{V} района по ветру $l_{\bar{q}} = 80 \text{ кг/м}^2$, 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 измененци некоторых

ктов ПУЭ-60 утвержденных решением
стерства энергетики и электрификации СССР
т 7 сентября 1967г при рассмотрении проекта
фицированных опор.

Секций и элементы опор рассчитаны на
более неблагоприятные условия их 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-угловой опоры с горизонтальным расположением проводов.	3079 тм - т4
том 5. Рабочие чертежи опор для городских условий.	3079 тм - т5
том 6. Рабочие чертежи опор для горных районов.	3079 тм - т6
том 7. Нагрузки на фундаменты	3079 тм - т7
том 8. Ответственные стержни и схемы трансформации	3079 тм - т8

содержание тома 3

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

7/101 А 7/101

Изм. № 3 от 30.03.12 № 101

3	Давление ветра на конструкцию опор	55-56
4	Расчет поясов ствала опор	57-58
5.	Расчет раскосов ствала опор	59-60
6	Расчет траверс и тросостойки	61-66
7	Расчет распорок и диафрагм	67
8	Расчет стыков поясов ствала	68-72

IV. Расчет опоры на оттяжках

1	Эскиз опоры	73
2.	Нагрузки на опору	74-75
3.	Давление ветра на конструкцию опоры	76
4	Расчет стойки	77-79
5.	Расчет оттяжек	80
6.	Расчет траверс	80-83
7.	Расчет стыков поясов ствала	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 УС110-3	93-95
4	Расчет опоры У110-2 и УС110-6	96-101

3079 ТМ-1 л. 8/101

Л. 101 стр. 8 из 101

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

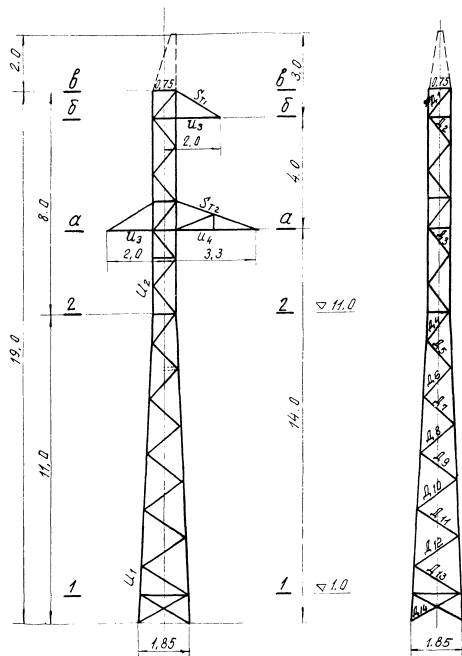
шифр опоры	л и с т ы
ПЗ5 — 1	10, 12-13, 16, 18, 20, 21, 22, 27, 3079ТМ-Т2 л.35, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-10.
ПСЗ5 — 4	11, 14-15, 17, 19, 20, 23 - 25, 26, 28; расчётный лист н 3079ТМ-Т6-11.
ПС110 — 9	29, 31-32, 35, 37, 39, 40-45, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-12
ПСНО — 10	30, 33-34, 36, 38, 39, 40-42, 43, 46-48, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-13.
ПСУНО — 1	49, 51-52, 55, 57, 59, 61-69, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-30.
ПСУНО — 2	50, 53-54, 56, 58, 60 - 67, 70-72. расчётный лист н 3079ТМ-Т6-31
ПСТНО — 11	73-84, расчётный лист н 3079ТМ-Т6-18.

3079 ТМ/3 л. 9/101

Формат 630 251 3мм 100-200 мм/64к.

№3079ТМ-Т2, 9 лист

П35-1



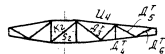
Сечение в-в



Сечение б-б



Сечение а-а



Сечение 2-2

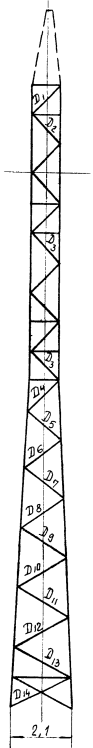
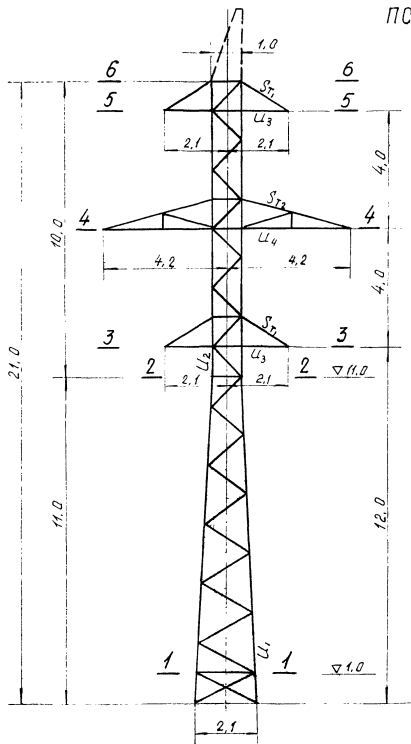


Сечение 1-1



3.079.11/3 1.10/101

ПС 35-4



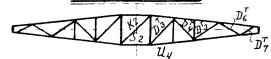
Сечение 6-6



Сечение 5-5 и 3-3



Сечение 4-4



Сечение 2-2



Сечение 1-1



3079ТМ/3 → 11/101

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ЛЛ 35 кВ для горных районов шифр П35-1 таблица №1

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Ряд нагрузок	III р-н гололеда						IV р-н гололеда						
					АС-150			С-35			АС-150			С-35			
					В ветр	С вес	Ряд	В ветр	С вес	Ряд	В ветр	С вес	Ряд	В ветр	С вес	Ряд	
Нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	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 провода, троса	R_n	375	1,2	450	195	1,2	235	320	1,2	385	165	1,2	200
				Вес пролета провода, троса	g_n	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 вертикальная нагрузка	$g_n + g_T$	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	R_n	265	1,2	320	140	1,2	170	225	1,2	270	115	1,2	140
				Вес пролета провода, троса	g_n	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 вертикальная нагрузка	$g_n + g_T$	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 15 \text{ мм}; q_n^{\#} = 20 \text{ кг/м}^2; q_T^{\#} = 22 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	R_n	375	1,4	525	330	1,4	465	385	1,4	540	355	1,4	495
				Вес пролета провода, троса	g_n	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125
				Вес гирлянд изоляторов	g_T	640	2,0	1280	430	2,0	860	755	2,0	1510	565	2,0	1130
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_T$	960	—	1635	585	—	1030	1005	—	1790	680	—	1255

3079ТМ/3 с. № 1401

Продолжение таблицы №1

№ схем	Расчетные данные	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	F _{об} нагрузка	Оборван провод														
					III р-н гололеда						IV р-н гололеда								
					АС-150			С-35			АС-150			С-35					
					нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.			
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору.	t = -5°; C = 0; q ≠ 0		Тяжесть провода при обрыве	S _п	1065	1,3 × 0,8 = 1,04	1110	—	—	—	1065	1,3 × 0,8 = 1,04	1110	—	—	—		
				Вес приета провода, троса	q _п q _т	295	1,1	325	155	1,1	170	225	225	1,1	250	115	1,1	125	
				Вес гирлянд изоляторов	q _г	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	q _п + q _г q _т	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125		
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжесть троса равно половине максимального тяжения.	t = -5°; C = 0; q = 0		Тяжесть троса при обрыве	S _т	—	—	—	560	1,3 × 0,8 = 1,04	580	—	—	—	560	1,3 × 0,8 = 1,04	580		
				Вес приета провода троса	q _п q _т	295	1,1	325	155	1,1	170	225	1,1	250	115	1,1	125		
				Вес гирлянд изоляторов	q _г	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—	—	
				Суммарная вертикальная нагрузка	q _п + q _г q _т	320	—	355	155	—	170	250	—	280	115	—	125		

Примечания:

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

3019 тм/з 13/101

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	III р-н гололеда														
					AC-150						C-35								
					280 м			400 м			240 м			340 м					
					200 м			170 м											
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}C; C = 0; g_n = 80 \text{ кг/м}^2; g_r = 106 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	315	1,2	380	195	1,2	235	280	1,2	335	170	1,2	205		
				Вес пролета провода, троса	G_p	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120		
				Вес гирлянд изоляторов	G_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—		
				Суммарная вертикальная нагрузка	G_p+G_r	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120		
Ia	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под 45° к оси траверс	$t = -5^{\circ}C; C = 0; g_n = 80 \text{ кг/м}^2; g_r = 106 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	220	1,2	265	140	1,2	170	200	1,2	240	120	1,2	145		
				Вес пролета провода, троса	G_p	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120		
				Вес гирлянд изоляторов	G_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—		
				Суммарная вертикальная нагрузка	G_p+G_r	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120		
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}C; C = 15 \text{ мм}; g_n = 20 \text{ кг/м}^2; g_r = 26 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	320	1,4	450	325	1,4	455	335	1,4	470	365	1,4	510		
				Вес пролета провода, троса	G_p	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120		
				Вес гирлянд изоляторов	G_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—		
				Суммарная вертикальная нагрузка	G_p+G_r	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120		

3079ТМ/3 д. 14.1.101

продолжение таблицы №2

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Общая длина	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 пролета провода, троса	q_n g_r	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + g_r$ g_r	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$C=5^{\circ}\text{C}; C=0; q^H=0$		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 пролета провода, троса	q_n g_r	250	1,1	275	130	1,1	145	210	1,1	230	110	1,1	120
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	25	1,1	30	—	—	—	25	1,1	30	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + g_r$ g_r	275	—	305	130	—	145	235	—	260	110	—	120

Примечания:

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

3079-ТМ/3 и 151-24

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

Таблица №3

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скорости ветра по высоте по ВЛ	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы F_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент загромождения $\psi = \frac{S}{S_0}$	Аэродинамические коэф. фермы $C_{Ф} = C_x \cdot \psi = 1,4 \psi$	ζ (при $\frac{S}{S_0} = 1$)	Аэродинамический коэф. пролета $C_{Фл} = C_{Фл} \cdot (1 + \beta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\beta = 1,35$ и коэф. перевертки $\eta = 1,2$ (кг)					
										При ветре II траверсе		При ветре под 45°		При ветре II траверсе		При ветре под 45°	
										$R_{II} = 0,8 R$	$R_{II} = 0,8 R$	$R_{II} = 0,8 R$	$R_{II} = 0,8 R$	$R_{II} = 0,8 R$	$R_{II} = 0,8 R$		
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_{Tr} , указанные в скобках, определены при направлении ветра I траверсе. При ветре I оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 R_{Tr} .
- При ветре под 45° к оси ВЛ $R_I = 0,65 R_{Tr}$, а $R_{II} = 0,45 R_{Tr}$.

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 ветровой нагрузки V_0 (к/м/с)	Площадь элементарной формы F_1 (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент загромождения $\psi = \frac{F_1}{S}$	Параметры формы $C_p = C_x, \psi = 1,4 \psi$	η (при $\frac{z}{h} = 1,0$)	Аэродинамический коэффициент при различных формах $C_{пр} = C_{пр} \cdot \eta$	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)		
										При ветре // траверсе $P_{\perp} = q \cdot C_{пр} \cdot \psi$	При ветре под 45° // траверсе $P_{\perp} = 0,8 P$	При ветре // траверсе $P_{\parallel} = 0,8 P$	При ветре под 45° // траверсе $P_{\perp} = 0,8 P$	При ветре // траверсе $P_{\parallel} = 0,8 P$	При ветре под 45° // траверсе $P_{\perp} = 0,8 P$
Верхняя траверса		1,36	109	0,19	0,80	0,238	0,334	0,78	0,595	25 ² × 2 (52)	35 ² × 2	25 ² × 2	40 × 2	55 × 2	40 × 2
Средняя траверса		1,11	89	0,53	1,85	0,286	4,00	0,69	0,677	50 ² × 2 (112)	75 ² × 2	50 ² × 2	80 × 2	120 × 2	80 × 2
Нижняя траверса		1,0	80	0,19	0,80	0,238	334	0,78	0,595	20 ² × 2 (38)	25 ² × 2	20 ² × 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 $P_{тр}$, указанные в скб-ках, 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 $P_{\perp} = 0,65 P_{тр}$; $P_{\parallel} = 0,45 P_{тр}$.

3079 ТМ/З 17/101

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 ^a , III ^a 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 пробода M _n и от ветра на конструкцию опоры M _w (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)	
	От нагрузок на пробода M _n	От ветра на конструкцию опоры M _w		От нагрузок на пробода M _n	От ветра на конструкцию опоры M _w				
				II траверсе M _{wII}	I траверсе M _{wI}				
2-2 ▽ 11,0 м b = 0,75 м	0,45 × 7,0 = 3,15	0,04 × 7,5 = 0,1	0,355 × 3 = 1,07	0,32 × 7,0 = 2,24	0,04 × 7,5 = 0,3	0,05 × 7,5 = 0,38	0,355 × 3 = 1,07	0,540 × 7,0 = 3,78 0,540 × 2 × 3 = 3,24	1,79 × 3 = 5,37 0,075 × 80 = 0,60
	0,45 × 2 × 3,0 = 2,70	(0,055 + 0,03) × 3,5 = 0,3	0,075 × 80 = 0,6	0,32 × 2 × 3 = 1,92	(0,055 + 0,03) × 4,5 = 0,38	(0,08 + 0,04) × 4,5 = 0,54	0,075 × 80 = 0,6	1,62 M _n = 7,02	5,97
	1,35 M _n = 5,85	0,565 × 4,0 = 2,25	1,67	0,96 M _n = 4,16	0,45 × 4 = 1,8	0,45 × 4 = 1,8	1,67	M _w = 1,79 × 3,3 = 5,9	
	M _w = 0,355 × 3,3 = 1,18	0,69 M _w = 2,85		M _n = 0,355 × 3,3 = 1,18	0,575 M _w = 2,48	0,62 · M _{wI} = 2,72		M _w = $\frac{2,93}{4,8} = 0,61$	
$\Sigma M_n = 7,03$				$\Sigma M_n = 5,34$				$U_z = \frac{12,92 + 0,61 + 5,97}{2 \times 0,75} = 10,60$	
$U_z = \frac{7,03 + 2,8}{2 \times 0,75} + \frac{1,67}{4} = 6,54 - 0,42 = 7,06 \tau$				$U_z = \frac{5,34 + 2,48 + 2,72 + 1,67}{2 \times 0,75} = 7,05 + 0,42 = 7,47 \tau$					
1-1 ▽ 1,0 м b = 1,75 м Cos γ = 0,998	7,03	0,69 × 10 = ¹³⁵ 690	1,67	5,34	0,575 × 10,0 = 5,75	0,62 × 10 = 6,20	0,075 × 100 = 0,75	1,62 × 10,0 = 16,20	5,97
	1,35 × 10,0 = 13,50	0,85 × 4,5 = 3,82	0,075 × 100 = 0,75	0,96 × 100 = 9,60	0,678 × 5,0 = 3,35	0,678 × 5,0 = 3,35		29,12	0,075 × 100 = 0,75
	M _n = 20,53	1,27 M _w = 13,37	4,42	14,34	1,02 M _w = 11,20	1,365 M _{wI} = 12,27	2,42	M _w = $\frac{12,43}{4,8} = 2,6$	6,72
$U_1 = \frac{20,53 + 13,37}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{2,42}{4 \times 0,998} = 9,70 + 0,63 = 10,33 \tau$				$U_1 = \frac{14,94 + 11,58 + 12,27}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{2,42}{4 \times 0,998} = 11,1 + 0,6 = 11,7 \tau$				$U_1 = \frac{29,12 + 2,6 + 6,72}{2 \times 1,75 \times 0,998} + \frac{6,72}{4 \times 0,998} = 11,09 \tau$	

Примечания:

1. M_n обозначает изгибающий момент от неуравновешенной вертикальной нагрузки.

2. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2,5 \cos \gamma} + \frac{\Sigma G}{4 \cos \gamma}$$

3079 м/3 18/01

Подсчет изгибающих моментов вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствала опоры ЛС 35-4

Таблица №6

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 от нагрузок на провода M _н и от ветра на конструкцию опоры M _{вн} (ТМ)	Вертикальные нагрузки G (Т)		
	От нагрузок на провода M _н	От ветра на конструкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода M _н	От ветра на конструкцию опоры M _{вн}					
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 M _н = 14,1 M _{вн} = $\frac{5,75}{4,8} = 1,2$	1,690 × 6 = 10,1 0,1 × 10,0 = 1,0 11,1	
	2,28 M _н = 11,4	1,135 M _{вн} = 5,75		1,59 M _н = 7,94	0,965 M _н = 4,89 1,095 M _{вн} = 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 M _н = 34,2	1,135 × 10,0 = 11,35 2,105 M _{вн} = 21,95	0,1 × 10,0 = 1,0 3,83	1,59 × 10,0 = 17,4 1,59 M _н = 25,34	0,965 × 10,0 = 9,65 2,70 × 5,0 = 13,5 1,725 M _н = 18,34	1,095 × 10,0 = 10,95 2,70 × 5,0 = 13,5 1,855 M _{вн} = 19,78	0,1 × 10,0 = 1,0 3,83	2,82 × 10,0 = 28,2 3,45 M _н = 42,3 M _{вн} = $\frac{21,95}{4,8} = 4,57$	0,1 × 10,0 = 1,0 12,1	
	$U_1 = \frac{34,2 + 21,95}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,83}{4 \times 0,998} = 13,4 + 0,96 = 14,36 \text{ Т}$			$U_1 = \frac{25,34 + 18,34 + 19,78}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,83}{4 \times 0,998} = 15,1 + 0,96 = 16,0 \text{ Т};$				$U_1 = \frac{42,3 + 4,57}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{12,1}{4} = 14,22 \text{ Т}$		

Примечание:

1. Усилие в поясах определяется по формуле:

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

3.079 ТМ/З - 19/01

Расчет усилий в раскосах ствoла опор

Таблица 7

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

Расчет раскосов выполнен на машине на основании исходной формулы:

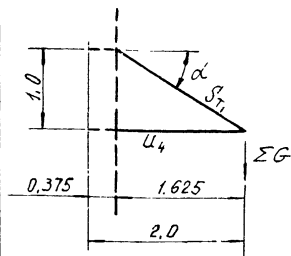
$$D = \frac{Q}{2} - \frac{M_{кр} \cdot \operatorname{tg} \delta}{b} + \frac{M_{кр}}{2 \cdot b \cdot \operatorname{Cos}(\beta + \delta)}$$

3079 тм/б а 20/101

Расчет траверс

(для опоры П35-1)

1. Траверса $e=2,0$ м (провод АС-150)



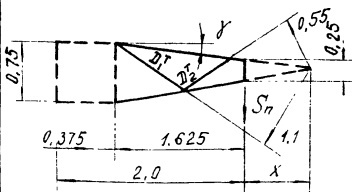
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{1,625} = 0,616$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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 гололеда;

$$g_n = 1,955 \text{ т} \quad g_r = 0,030; \quad G_{\text{тр}} \approx 0,05 \times 1,1 = 0,06 \text{ т}$$
$$\Sigma G = 0,5 \times 1,955 + 0,5 \times 0,030 + 0,25 \times 0,06 =$$
$$= 0,978 + 0,015 + 0,015 = 1,008 \text{ т.}$$

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

4. Траверса $l = 3,3 \text{ м}$; (эскиз траверсы см. расчет, №3079 тм-т2 лист 29/37)
(провод АС-150; I-IV р-н гололеда)

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

$$S_n = 1,11 \text{ т}; \quad g_n = 0,250 \quad g_r = 0,030 \text{ т}; \quad g_A = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$$
$$G_{\text{тр}} = 0,08 \times 1,1 = 0,09 \text{ т}$$

$$\Sigma G = 0,25 \times 0,250 + 0,5 \times 0,030 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,09 =$$
$$= 0,063 + 0,015 + 0,082 + 0,022 = 0,182 \text{ т.}$$

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

б) Усилие в раскосах нижней грани. Схема III;

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

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

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

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

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

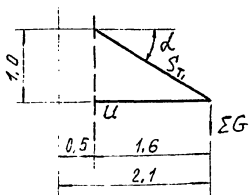
$$\Sigma G = 0,5 \times 1,955 + 0,5 \times 0,030 + 0,25 \times 0,09 = 1,01 \text{ т.}$$

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

3079 тм/3 л. 22/101

Расчет траверс (для опоры ПС35-4)

1. Траверса $l = 2,1$ м.



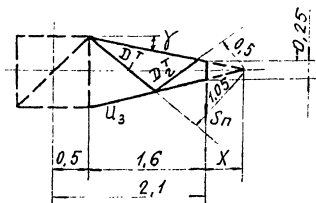
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{1,6} = 0,624$$

$$\operatorname{Cos} \alpha = 0,848$$

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

$$\operatorname{Cos} \gamma = 0,973$$

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



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 л. 23/101

б) Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; III район гололеда

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

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

в) Усилие в тяге

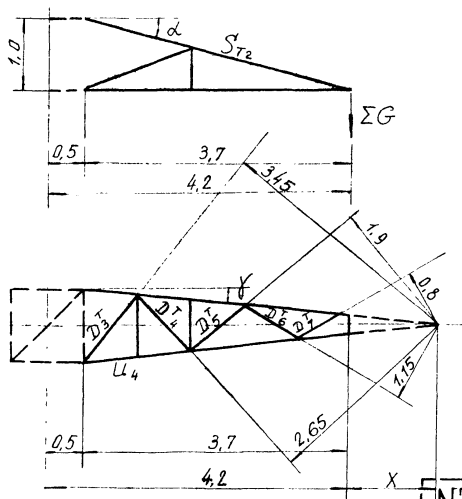
Схема II*); IV район гололеда.

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

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

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

2. Траверса $e = 4,2 \text{ м}$.



3079 т/3 л. 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.

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

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

$$S_{T2} = \frac{1,02 \times 3,7}{1,0 \times 0,965 \times 0,994} = 3,93 \tau;$$

3079 тм/3 25/101

Расчет распорок и диафрагм.
опоры ПС 35-4

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

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

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

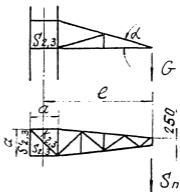


Схема III; III район гололеда; $S_n = 1,1 \text{ м}$.

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

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

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

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

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 4 26/101

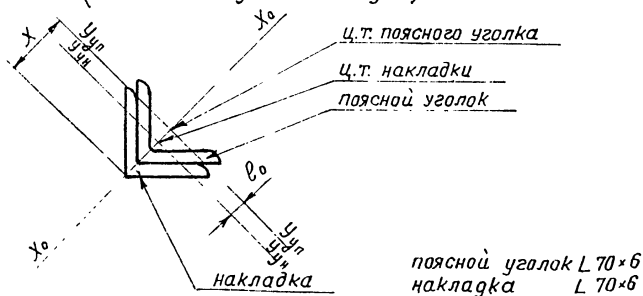
Расчет распорок и диафрагм опоры ПЗ5-1

(См. расчет №3078ТМ-Т2, лист 35/37)

Расчет стыков

Стык верхней и нижней секции

(стык на одной накладке)



$$G = \frac{N}{\pi \mathcal{U}_{\text{вн}} F}; \quad N = 10,6 \text{ т};$$

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

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

$$m_1 = \eta m, \quad \text{где } \eta = 1,0 \quad m = l \frac{Fx}{\mathcal{J}_{y_0} - y_0}, \quad \mathcal{J}_{y_0} - y_0 = 15,5 \text{ см}^4;$$

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

$$= 0,425 \text{ см}$$

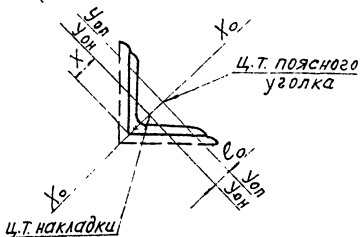
$$m = 0,425 \frac{8,15 \times 2,74}{15,5} = 0,61$$

$$m_1 = 1,0 \times 0,61 = 0,61 \quad \mathcal{U}_{\text{вн}} = 0,655$$

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

Расчет стыков опоры ПС 35-4

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



поясной уголок L 70x6
накладка L 90x7

$$\sigma = \frac{N}{n \cdot \rho_{6H} \cdot F};$$

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

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

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

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

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

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

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

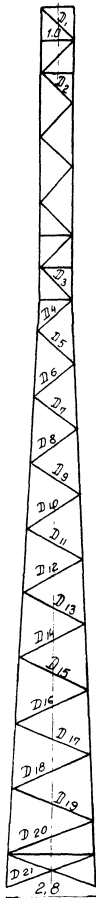
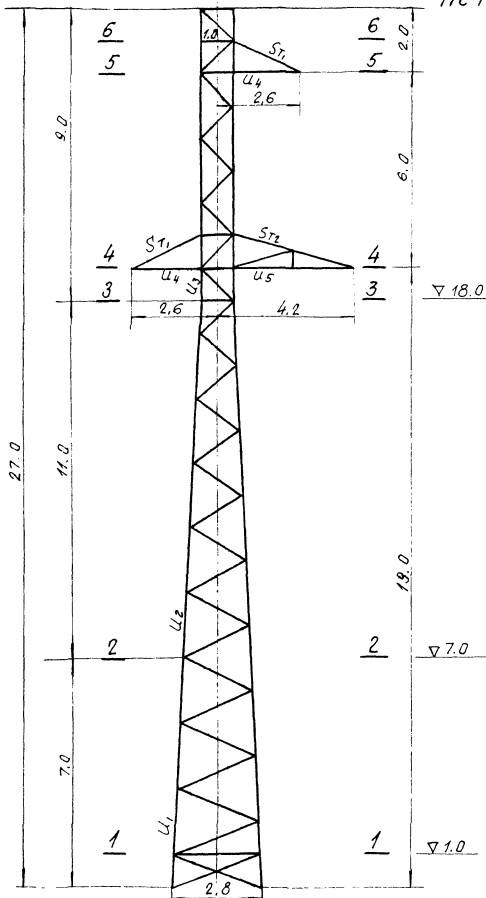
$$\rho_{6H} = 0,798 \quad \sigma = \frac{10420}{8,15 \times 0,95 \times 0,798} = 1690 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Рассчитал *Маша* :/. Покарева :/.
Проверил *Жеглова* :/. Жеглова :/.

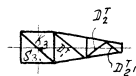
3019 тм/3 № 28/101

3074.1/13 1.26/101

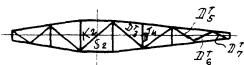
ПС 110-9



Сечение 5-5



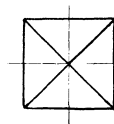
Сечение 4-4



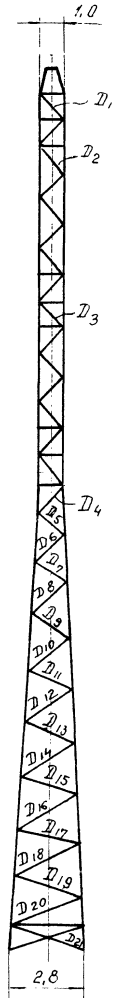
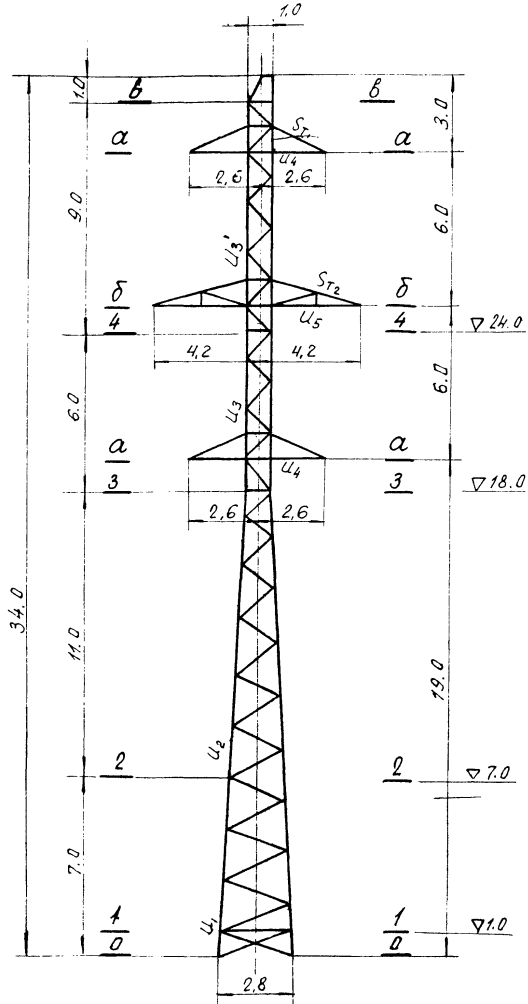
Сечение 3-3



Сечение 1-1



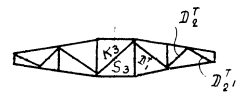
N3079 TM-T3 1/007 29/10



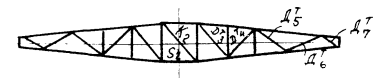
Сечение в-в



Сечение а-а



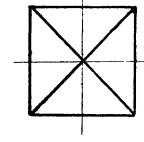
Сечение б-б



Сечение 3-3



Сечение 1-1



3079ТМ/3 30/101

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кВ для горных районов шифр ПС110-9
Таблица №8

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Минус	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
						400 м						390 м					
						600 м						560 м					
320 м						280 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.	$\begin{cases} q_n^H = 80 \text{ кг/м}^2 \\ q_T^H = 103 \text{ кг/м}^2 \end{cases}$ $t = -5^\circ\text{C}, C=0$		Давление ветра на пролет провода троса	P_n	530	1,2	635	330	1,2	395	515	1,2	620	320	1,2	385
					P_T	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
					g_n	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
					g_T	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	P_n	375	1,2	450	235	1,2	280	365	1,2	440	230	1,2	275
					P_T	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
					g_n	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
					g_T	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$\begin{cases} q_n^H = 80 \text{ кг/м}^2 \\ q_T^H = 27 \text{ кг/м}^2 \end{cases}$ $t = 5^\circ\text{C}, C=15 \text{ мм}; C=20 \text{ мм}$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	495	1,4	695	505	1,4	705	575	1,4	805	620	1,4	870
					P_T	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
					g_n	930	2,0	1860	610	2,0	1220	1320	2,0	2640	925	2,0	1850
					g_T	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
					g_n+g_T	1535	—	2525	855	—	1490	1890	—	3265	1155	—	2100

3019 ТМ/3 д.31/101

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	600 м	400 м	600 м	400 м	600 м	280 м							
					нормат.	г	расчет.	нормат.	г	расчет.	нормат.	г	расчет.	нормат.	г	расчет.		
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору	$t = -5^{\circ}\text{C}; c = 0; q_n = C;$		тяжение троса 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, троса	g_n	60	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250	
				Вес гирлянд изоляторов	g_i	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_i$	05	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250	
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t = -5^{\circ}\text{C}; c = 0; q_n = C;$		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 пролета провода, троса	g_n	60	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250	
				Вес гирлянд изоляторов	g_i	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_i$	605	—	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 $\sigma_{т \max} = 54 \text{ кг/мм}^2$.
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

3079 тм/з в 32/101

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

Таблица № 9

Множ- ем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III район гололеда						IV район гололеда								
					АСО-240			С-50			АСО-240			С-50					
					400 м						390 м								
					600 м						560 м								
320 м						280 м													
						нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.	нормат.	г	расчетн.		
I	Провода и трос не обрваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; q_n^{\text{н}} = 85 \text{ кг/м}^2; q_n^{\text{л}} = 123 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет проводов троса.	P_n	565	1,2	680	370	1,2	445	550	1,2	665	360	1,2	435		
				Вес пролета провода, троса.	q_n	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 вертикальная нагрузка	$q_n + g_r$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250		
I-a	Провода и трос не обрваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под $\angle 45^{\circ}$ к оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; q_n^{\text{н}} = 85 \text{ кг/м}^2; q_n^{\text{л}} = 123 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n	400	1,2	480	260	1,2	310	390	1,2	470	255	1,2	305		
				Вес пролета провода, троса.	q_n	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 вертикальная нагрузка	$q_n + g_r$	605	—	665	245	—	270	570	—	625	230	—	250		
II	Провода и трос не обрваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 15 \text{ мм}; q_n^{\text{н}} = 21 \text{ кг/м}^2; q_n^{\text{л}} = 31 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода троса.	P_n	520	1,4	730	580	1,4	810	605	1,4	850	715	1,4	995		
				Вес пролета провода, троса.	q_n	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250		
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	930	2,0	1860	610	2,0	1220	1320	2,0	2640	925	2,0	1850		
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + g_r$	1535	—	2525	855	—	1490	1890	—	3265	1155	—	2100		

3079 ТМ-ТЗ л. 33/101

Продолжение таблицы №9

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III район гололеда						IV район гололеда						
					АСО-240			С-50			АСО-240			С-50			
					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_p	1240	$\frac{1,3 \times 0,8 = 1,04}$	1290	—	—	—	1240	$\frac{1,3 \times 0,8 = 1,04}$	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	q_p q_T	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянды изоляторов	q_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_r$ q_T	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_T	—	—	—	1305	$\frac{1,3 \times 0,8 = 1,04}$	1360	—	—	—	1305	$\frac{1,3 \times 0,8 = 1,04}$	1360
				Вес пролет провода, троса	q_p q_T	560	1,1	615	245	1,1	270	525	1,1	575	230	1,1	250
				Вес гирлянды изоляторов	q_r	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_r$ q_T	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 перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
4. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{Tmax} = 54 \text{ кг/мм}^2$.
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

3079ТМ/3 л.34/101

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

Таблица №10

Наименование секции	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скорости ветра по высоте	Нормативный скоростной напор по высоте q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы $\sum F_i$ (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения $\psi = \frac{\sum F_i}{S}$	Коэффициент ветрового давления по формуле $C_F = C_{F1} \cdot C_{F2} = 1,4 \cdot \psi$	α (при $\frac{v_0}{v_c} = 1$)	Аэродинамический коэффициент для фермы $C_{pr} = C_{pr1} \cdot (1 + \alpha)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\beta = 1,35$ коэф. перегрузки $\eta = 1,2$ (кг)				
										При ветре // траверсе $P = q_0 \cdot C_{pr} \cdot S$		При ветре под 45°		При ветре // траверсе		При ветре под 45°	
										$P_{\perp} = 0,8 P$ Л. траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ П. траверсе	$P_{\perp} = 0,8 P$ Л. траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ П. траверсе	$P_{\perp} = 0,8 P_p$ Л. траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P_p$ П. траверсе	$P_{\perp} = 0,8 P_p$ Л. траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P_p$ П. траверсе
Верхняя траверса 	2,5,5 2,1	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 	19,5 3,7	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 	19,5 2,1	1,32	106	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	25 ²⁾ (50)	35 ³⁾	25 ³⁾	40	55	40		
Верхняя секция 	1,0 1,0 23,0	1,42	114	2,54	10,00	0,254	1,356	0,76	0,627	715	570	570	1160	920	920		
Средняя секция 	1,0 2,1 11,0	1,0	80	3,32	17,00	0,195	1,274	0,85	0,507	690	550	550	1120	890	890		
Нижняя секция 	2,1 2,8 7,0	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 кг/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 $P_{\parallel} = 0,45 P_{тр}$.

3079 ТМ/З л. 35/101

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

Таблица №11

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Кэфф. увеличе- ния скорости напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь эле- ментов формы $\sum \phi_i$ (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Кэфф.ицент запыления $\sum \phi_i / S$	Аэродинамическ. кэфф.иц. плоскостной формы $C_x = C_x \cdot \beta_i = 1,4$	h (при $\frac{b}{h} = 1,0$)	Значение кэфф.иц. ветровой обр- мы $C_{wp} = C_{wp} (1 + \beta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета кэфф.иц. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом кэфф. динамики $\beta = 1,35$ и кэфф.перезрузки $\gamma = 1,2$ (кг)					
										При ветре II траверсе $P = q_0 \cdot C_{wp} \cdot S$		При ветре под $\angle 45^\circ$		При ветре II траверсе $P_L = 0,8 P$		При ветре под $\angle 45^\circ$	
										II траверсе	II траверсе	II траверсе	II траверсе	II траверсе	II траверсе		
Верхняя траверса		1,61	129	0,19	1,05	0,238	0,333	0,78	1,594	25 ² × 2 (60)	40 ³ × 2	25 ³ × 2	70 × 2	65 × 2	40 × 2		
Средняя траверса		1,48	119	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	1,684	70 ² × 2 (150)	100 ³ × 2	70 ³ × 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 × 2 (50)	30 ³ × 2	20 ³ × 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		

Примечания:

Итого:

- Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м² на высот до 15 м.
- Ветровая нагрузка на траверсы P_T , указанные в скобках определены при направлении ветра I траверсе. При ветре I оси ВЛ, ветровая нагрузка составляет 0,45 P_T .
- При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси ВЛ $P_L = 0,85 P_T$, а $P_{II} = 0,45 P_T$.

2945 2510 2400 4760 4065 3885

3079 тм/з л. 36/101

Таблица 12

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствoла 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)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M _п (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)	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 II траверсе M _{вн}				
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	0,04 × 7,5 = 0,3 (0,095 + 0,04) × 1,5 = 0,2 1,16 × 5,0 = 5,8	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 3 = 1,995 0,113 × 10,0 = 1,13	0,280 × 9,0 = 2,52 0,450 × 7,0 = 3,14 0,450 × 2 × 1,0 = 0,9	0,04 × 7,5 = 0,3 (0,095 + 0,04) × 1,5 = 0,2 0,92 × 5,0 = 4,6	0,055 × 7,5 = 0,41 (0,145 + 0,055) × 1,5 = 0,3 0,92 × 5,0 = 4,6	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 3 = 1,995 0,113 × 10 = 1,13	0,87 × 9,0 = 7,85 0,805 × 7,0 = 5,65 0,805 × 2 × 1,0 = 1,61	2,1 × 1 = 2,1 3,265 × 3 = 9,795 0,113 × 10 = 1,13
	2,3 M _п = 9,27 M _{н.у} = 2,8 Σ M _п = 12,07	1,335 M _{вн} = 6,3	3,4	1,63 M _п = 6,56 M _{н.у} = 2,8 Σ M _п = 9,36	1,095 M _{вн} = 5,1	1,175 M _{вн} = 5,31	3,4	M = 15,11 M _{н.у} = 13,7 28,81 M _{вн} = $\frac{6,3}{4,8} = 1,31$	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	12,07 2,3 × 11,0 = 25,3	6,3 1,335 × 11,0 = 14,7 1,12 × 5,5 = 6,2	3,4 0,113 × 11,0 = 1,24	9,36 1,63 × 11,0 = 17,92	5,1 1,095 × 11,0 = 12,1 0,890 × 5,5 = 4,90	5,31 1,175 × 11,0 = 12,9 0,890 × 5,5 = 4,90	3,4 0,113 × 11,0 = 1,24	28,81 3,285 × 11,0 = 36,2	13,03 0,113 × 11,0 = 1,24
	2,3 M _п = 37,37	2,455 M _{вн} = 27,2	4,64	1,63 M _п = 27,28	1,095 M _{вн} = 22,1	1,175 M _{вн} = 23,1	4,64	M = 65,01 M _{вн} = $\frac{27,2}{4,8} = 5,68$	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	37,37 2,3 × 6,0 = 13,8	27,2 2,455 × 6,0 = 14,7 0,79 × 3,0 = 2,37	4,64 0,113 × 6,0 = 0,68	27,28 1,63 × 6,0 = 9,79	22,1 1,985 × 6,0 = 11,9 0,63 × 3,0 = 1,89	23,1 2,065 × 6,0 = 12,3 0,63 × 3,0 = 1,89	4,64 0,113 × 6,0 = 0,68	65,01 3,285 × 6,0 = 19,70	14,27 0,113 × 6,0 = 0,68
	2,3 M _п = 51,17	3,245 M _{вн} = 44,27	5,32	1,63 M _п = 37,07	2,615 M _{вн} = 35,89	2,695 M _{вн} = 37,30	5,32	M = 84,71 M _{вн} = $\frac{44,27}{4,8} = 9,2$	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

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

3019 т/л/3 → 37/101

Рассчет 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 ^a ; III район гололеда				Схема II; IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающий момент от нагрузок на провода и трос M _п (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)	
	От нагрузок на провода M _п	От ветра на конструкцию опоры M _{вп}		От нагрузок на провода M _п	От ветра на конструкцию опоры II траверсе M _{вп}				От ветра на конструкцию опоры I траверсе M _{вп}
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	0,04 × 2 × 7,5 = 0,60 0,115 × 2 × 1,5 = 0,35 1,4 × 5,5 = 7,7	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 4 = 2,66 0,128 × 11 = 1,41	0,31 × 10,0 = 3,10 0,480 × 2 × 7,0 = 6,76 0,480 × 2 × 1,0 = 0,96	0,04 × 2 × 7,5 = 0,60 0,115 × 2 × 1,5 = 0,35 1,12 × 5,5 = 6,15	0,065 × 2 × 7,5 = 0,98 0,16 × 2 × 1,5 = 0,48 1,12 × 5,5 = 6,15	0,27 × 1 = 0,27 0,665 × 4 = 2,66 0,128 × 11,0 = 1,41	0,995 × 10,0 = 9,95 0,85 × 2 × 7,0 = 11,9 0,85 × 2 × 1,0 = 1,7	2,1 × 1 = 2,1 3,265 × 4 = 13,1 0,128 × 11,0 = 1,41
	3,165 M _п = 15,33	1,71 M _{вп} = 8,65	4,34	2,23 M _п = 10,82	1,43 M _{вп} = 7,10	1,57 M _{вп} = 7,61	4,34	4,4 M _п = 23,28 M _{вп} = $\frac{8,65}{4,8} = 1,8$	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	8,65 1,71 × 6,0 = 10,3 0,03 × 2 × 1,5 = 0,09 0,73 × 3,0 = 2,19	4,34 0,665 × 2 = 1,33 0,128 × 6,0 = 0,77	10,82 2,23 × 6,0 = 13,4 0,480 × 2 × 1,0 = 0,96	7,10 1,43 × 6,0 = 8,58 0,03 × 2 × 1,5 = 0,09 0,585 × 3,0 = 1,76	7,61 1,57 × 6,0 = 9,42 0,05 × 2 × 1,5 = 0,15 0,585 × 3,0 = 1,76	4,34 0,665 × 2 = 1,33 0,128 × 6,0 = 0,77	23,28 4,4 × 6,0 = 26,4 0,85 × 2 × 1,0 = 1,7	16,61 3,265 × 2 = 6,53 0,128 × 6,0 = 0,77
	4,525 M _п = 35,69	2,5 M _{вп} = 21,23	6,44	3,19 M _п = 25,18	2,075 M _{вп} = 17,53	2,255 M _{вп} = 18,94	6,44	6,1 M _п = 51,38 M _{вп} = $\frac{21,23}{4,8} = 4,41$	23,91
	$U_3 = \frac{35,69 + 21,23}{2 \times 1,0} + \frac{6,44}{4} = 28,46 + 1,61 = 30,07$			$U_3 = \frac{25,18 + 17,53 + 18,94}{2 \times 1,0} + \frac{6,44}{4} = 20,8 + 1,61 = 22,41$				$U_3 = \frac{51,38 + 4,41}{2 \times 1,0} + \frac{23,91}{4} = 33,97$	
2-2 ▽ 7,0 м δ = 2,1 м cos γ = 0,998	35,69 4,525 × 11,0 = 49,8	21,23 2,5 × 11,0 = 27,5 1,25 × 5,5 = 6,87	6,44 0,128 × 11,0 = 1,41	25,18 3,19 × 11,0 = 35,2	17,53 2,075 × 11,0 = 22,8 1,00 × 5,5 = 5,5	18,94 2,255 × 11,0 = 24,8 1,00 × 5,5 = 5,5	6,44 0,128 × 11,0 = 1,41	51,38 6,1 × 11,0 = 67,2	23,91 0,128 × 11,0 = 1,41
	4,525 M _п = 85,49	3,75 M _{вп} = 55,6	7,85	3,19 M _п = 60,38	3,075 M _{вп} = 45,83	3,255 M _{вп} = 49,24	7,85	6,1 M _п = 118,58 M _{вп} = $\frac{55,6}{4,8} = 11,58$	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	55,6 3,75 × 6,0 = 22,5 0,865 × 3,0 = 2,59	7,85 0,128 × 6,0 = 0,77	60,38 3,19 × 6,0 = 19,15	45,83 3,075 × 6,0 = 18,5 0,695 × 3,0 = 2,09	49,24 3,255 × 6,0 = 19,5 0,695 × 3,0 = 2,09	7,85 0,128 × 6,0 = 0,77	118,58 6,1 × 6,0 = 36,6	25,32 0,128 × 6,0 = 0,77
	4,525 M _п = 112,69	4,615 M _{вп} = 80,69	8,62	3,19 M _п = 79,53	3,77 M _{вп} = 66,42	3,95 M _{вп} = 70,83	8,62	6,1 M _п = 155,18 M _{вп} = $\frac{80,69}{4,8} = 16,8$	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

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

3079 тм/3 δ = 38/1,0 м

Расчет усилий в раскосах ствoла опор

таблица №14

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

3019ТМ/3 → 39/101

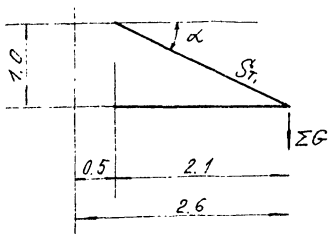
Расчет раскосов выполнен на машине, на основании исходной формулы:

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

№3019ТМ-Т3 Лист
39/101

Расчет траверс

1. Траверса $e = 2,6$ м.



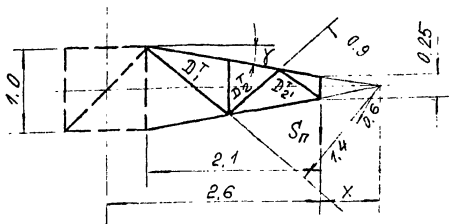
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{2,1} = 0,476$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

Усилия в поясе. Схема II, IV.p.g.

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

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

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

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

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

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

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

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

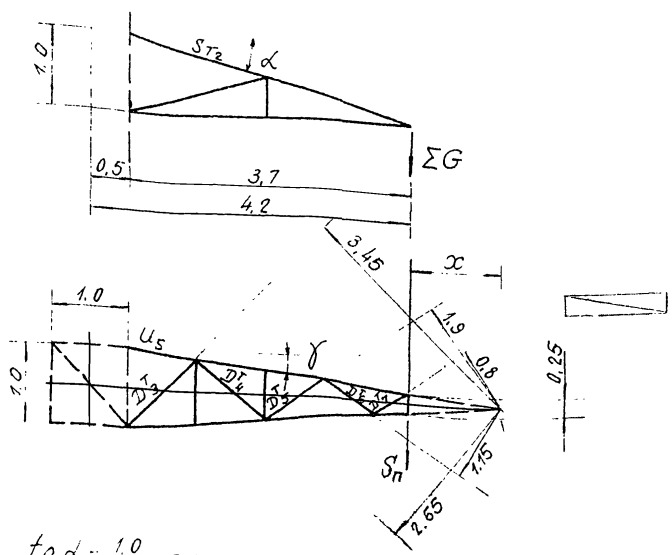
в) Усилие в тяге, Схема II*) IV р.г

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

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

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

2. Траверса $e = 4,2 \text{ м};$



3079 м/с; 2.41/101

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

$\text{cos } \alpha = 0,965$

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

$\text{cos } \gamma = 0,994$

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

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

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

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

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

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

*) Усилие в поясе Схема II, IV р.г

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

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

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

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) Усилие 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.

$$S'_1 = \frac{S_n l}{2a};$$

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

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

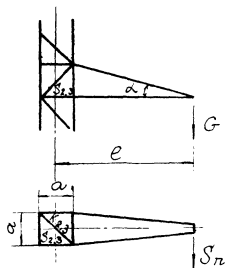


Схема III ; IV район гололеда; $S_n = 1,29 \tau$;

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

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

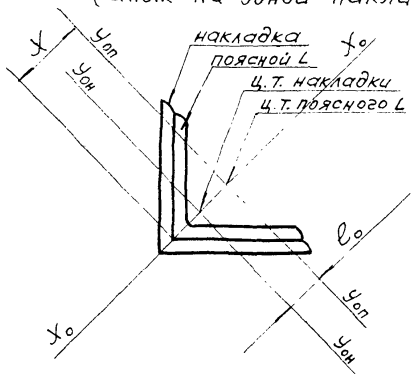
$$S_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{1,0} + 1,08^{*)} = 5,41 + 1,08 = 6,49 \tau;$$

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

*) 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

$$\sigma = \frac{N}{r \cdot \gamma_{bh} \cdot F}; \quad N = 21,83 \text{ т.}$$

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

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

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

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

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

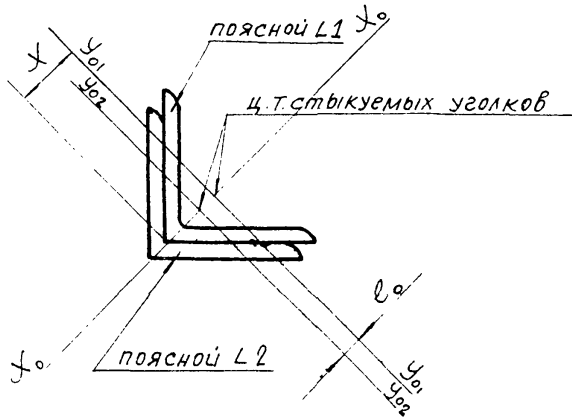
$$m = 0,325 \times \frac{12,3 \times 3,5}{38,9} = 0,36. \quad m_1 = 1,0 \times 0,36 = 0,36$$

$$\gamma_{bh} = 0,89$$

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

3079ТМ/3 л. 44/101

2. Стык средней и нижней секции
(стык телескопический)



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

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

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

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

$$m_1 = \eta m; \quad \text{где } \eta = 1,0, \quad m = e \frac{Fx}{J_{y0}};$$

$$J_{y0} = 54,2 \text{ см}^4, \quad x = \frac{2,71}{0,707} = 3,83 \text{ см};$$

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

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

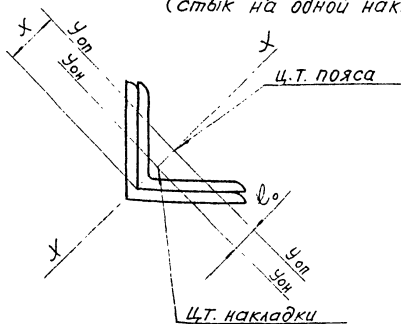
$$\rho_{вн} = 0,704$$

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

3079 тм/3 а 45/101

Расчет стыков опоры ПС110-10

1. Стык верхних секций
(стык на одной накладке)



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

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

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

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

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

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

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

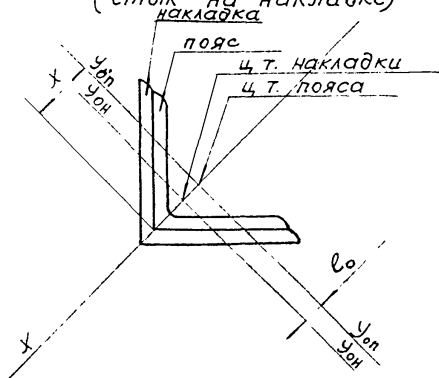
$$\rho_{вн.} = 0,726$$

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

3079ТМ/3 и 46/101

2. Стык верхней и средней секций

(стык на накладке)



L 125x8 — пояс
L 140x9 — накладка

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \psi_{\text{вн}} F}; \quad N = 33,87 \text{ Т};$$

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

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

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

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

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

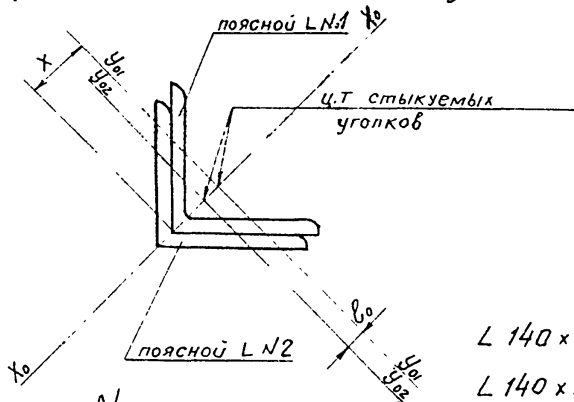
$$m = 0,34 \frac{19,7 \times 4,75}{122,0} = 0,26 \quad m_1 = 1,0 \times 0,26 = 0,26$$

$$\psi_{\text{вн}} = 0,86$$

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

3013 ТМ/3 Л 47/101

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



L 140 x 9 - пояс N1

L 140 x 9 - пояс N2

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}; \quad N = 39,07 \text{ Т};$$

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

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

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

$$J_{y_0} = 192 \quad x = \frac{3,78}{0,707} = 5,35 \text{ см};$$

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

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

$$\varphi_{вн} = 0,737$$

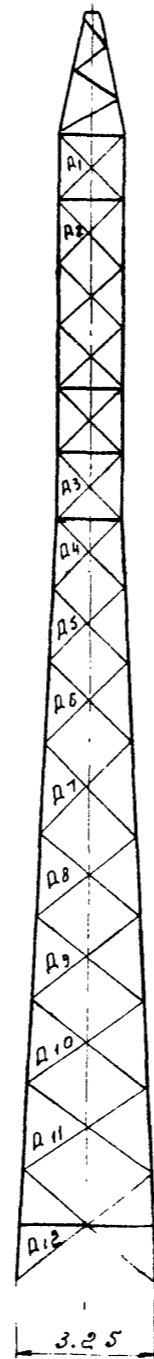
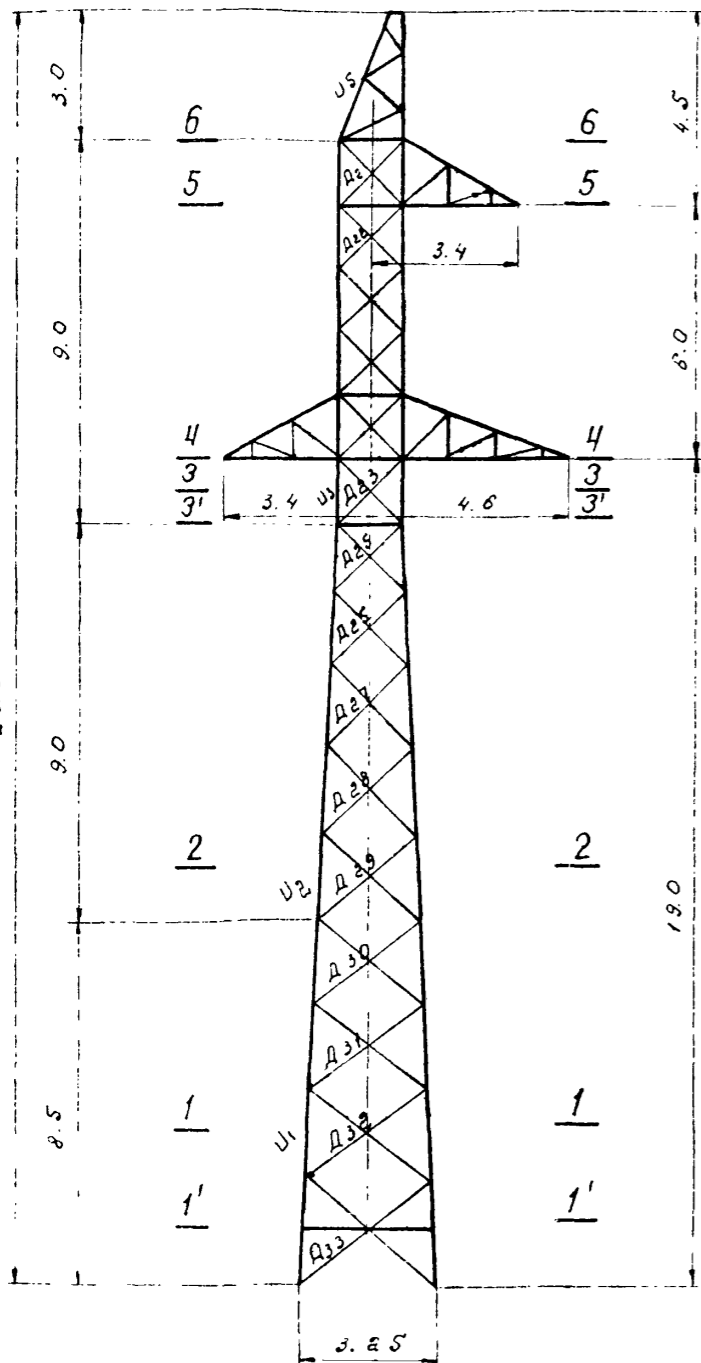
$$\sigma = \frac{39070}{1,0 \times 24,7 \times 0,737} = 2150 \text{ кг/см}^2 > 2100$$

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

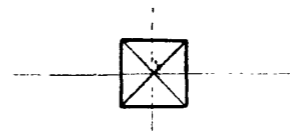
N3079 ТМ-ТЗ

Лист
48 из 48

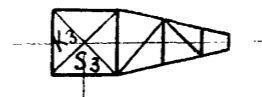
3079 ТМ/3 * 48/101



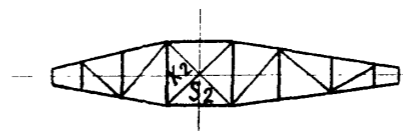
Сечение 6-6



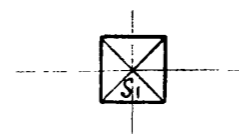
Сечение 5-5



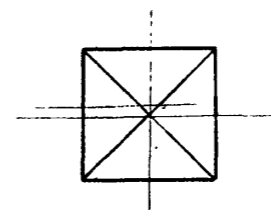
Сечение 4-4



Сечение 3-3'



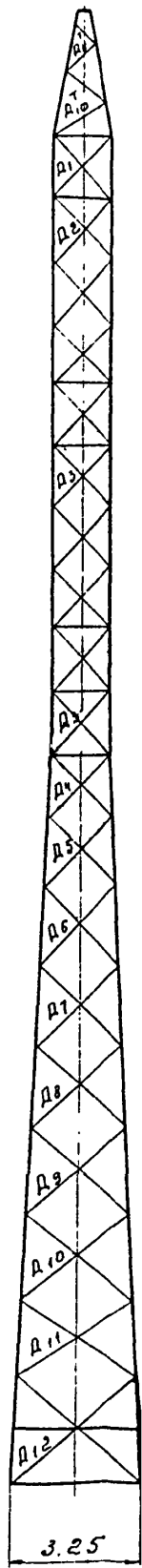
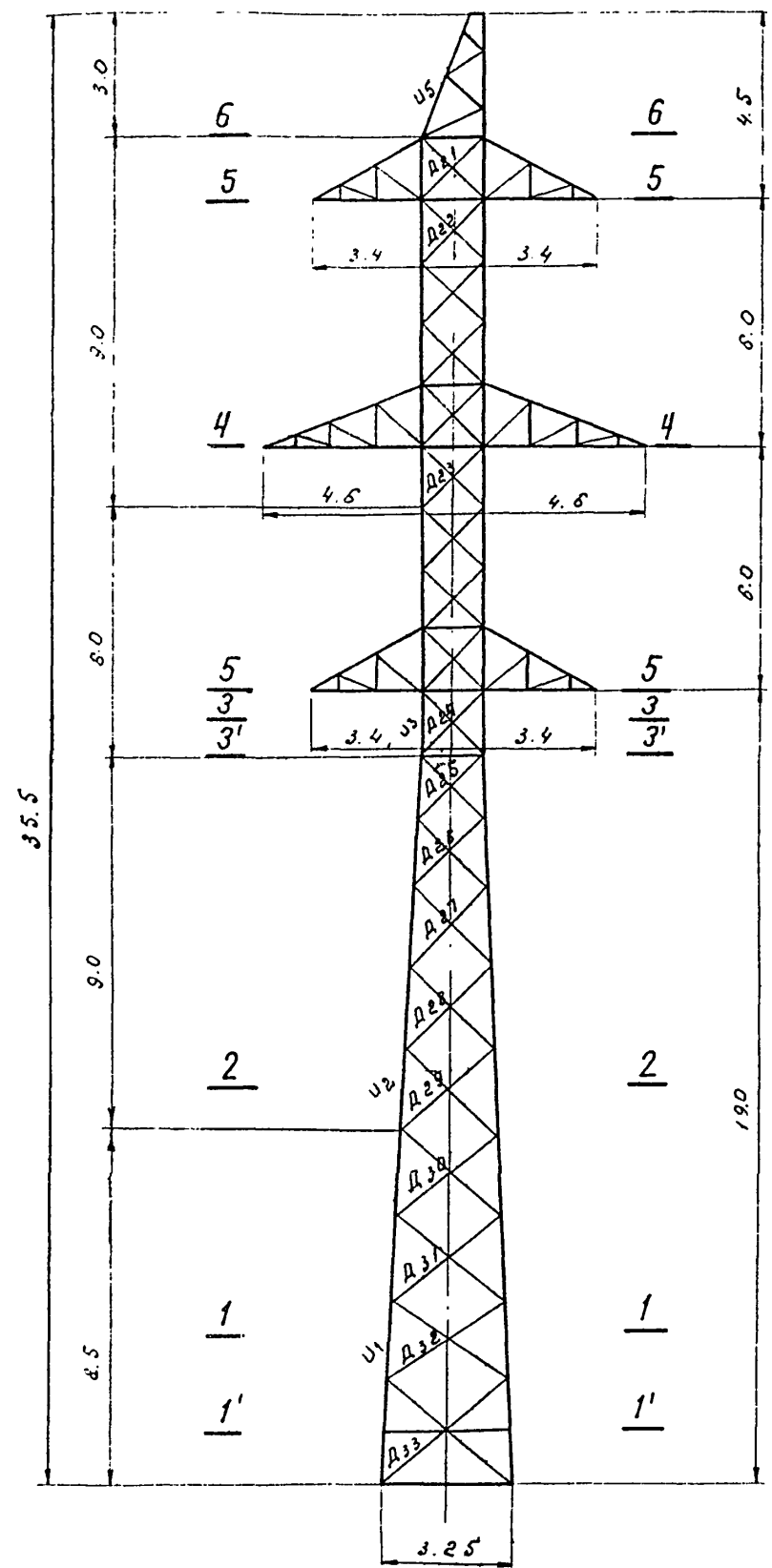
Сечение 1-1'



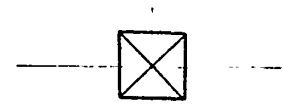
3079 TM/3 49/101

ПУС 110-2

3079ТМ/3 д. 50/101



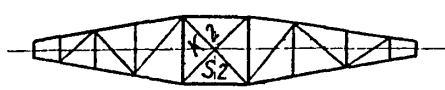
Сечение 6-6



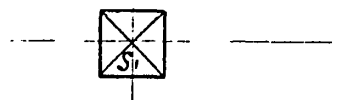
Сечение 5-5



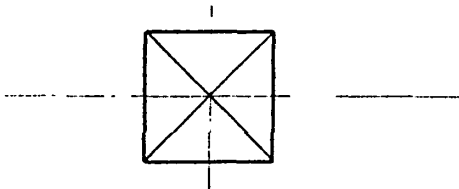
Сечение 4-4



Сечение 3'-3'



Сечение 1'-1'



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

Таблица № 15

№ стем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда															IV район гололеда																
						АС-150					АСО-240					С-50					АС-150					АСО-240					С-50						
						400М					350М					350М					380М					300М					300М						
						600М					600М					600М					510М					580М					580М						
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	2°	10°	п					
11	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверса	t = -5°C, c = 0,1; g _н = 80 кг/м; g _т = 109 кг/м		Давление ветра на пролет провода, троса	P1	455	455	1.2	545	545		465	465	1.2	560	560		290	290	1.2	350	350	410	410	1.2	490	490	400	400	1.2	480	480	250	250	1.2	300	300
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P2	45	230	1.3	60	300		70	345	1.3	90	450		75	290	1.3	100	380	35	170	1.3	45	225	55	270	1.3	70	350	70	290	1.3	90	380
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	Pп	500	685	-	605	755		535	810	-	650	1010		365	580	-	450	730	445	580	-	535	715	455	670	-	550	830	320	540	-	390	680
				Вес пролета провода, троса.	gп	370		1.1	410			560		1.1	615			245		1.1	270		370	1.1	410			520		1.1	570		230	1.1	250		
				Вес гирлянд изоляторов	gг	45		1.1	50			45		1.1	50			-		-	-		45	1.1	50			45		1.1	50			-			
11а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверса	t = -5°C, c = 0,1; g _н = 80 кг/м; g _т = 109 кг/м		Давление ветра на пролет провода, троса	P1	320	320	1.2	385	385		330	330	1.2	395	395		205	205	1.2	245	245	290	290	1.2	345	345	280	280	1.2	335	335	175	175	1.2	210	210
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P2	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 горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	Pп	360	505	-	435	625		390	620	-	475	775		270	465	-	330	585	320	450	-	385	555	325	505	-	395	625	840	435	-	295	550
				Вес пролета провода, троса.	gп	370		1.1	410			560		1.1	615			245		1.1	270		370	1.1	410			520		1.1	570		230	1.1	250		
				Вес гирлянд изоляторов	gг	45		1.1	50			45		1.1	50			-		-	-		45	1.1	50			45		1.1	50			-			
11б	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверса	t = -5°C, c = 15мм; g _н = 20 кг/м; g _т = 27 кг/м		Давление ветра на пролет провода, троса	P	450	450	1.4	630	630		435	435	1.4	610	610		445	445	1.4	625	625	495	495	1.4	695	695	445	445	1.4	625	625	475	475	1.4	665	665
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса.	P2	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 горизонтальная нагрузка траверсы	Pп	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.	gп	370		1.1	410			560		1.1	615			245		1.1	270		370	1.1	410			520		1.1	570		230	1.1	250		
				Вес гирлянд изоляторов	gг	815		2.0	1630			930		2.0	1860			610		2.0	1220		1070	2.0	2140			1320		2.0	2540		920	2.0	1840		
gг	45		1.1	50			45		1.1	50			-		-	-		45	1.1	50			45		1.1	50			-								

3079ТМ/3 151/101

3019ТМ/3 и 52/101

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда																								IV район гололеда											
						АС-150						АСО-240						С-50						АС-150						АСО-240						С-50					
						400м		500м		295м		350м		500м		320м		350м		500м		360м		510м		300м		300м		300м		300м		300м							
						2°		10°		н		2°		10°		н		2°		10°		н		2°		10°		н		2°		10°		н							
III	Оборван один провод, дюющий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	ε = -5°C; C=0; φ = 0		Составляющая вдоль траверсы 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	35	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. от тяжения провода при обрыве	S _n	1085	1080	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	-	-	-	-	-	-	1085	1080	1.04	1110	1100	1240	1230	1.04	1290	1280	-	-	-	-	-					
				Вес пролета провода, троса	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							
				Вес гирлянд изолитаров	G _r	45		1.1	50		45		1.1	50		-		1.1	-		45		1.1	50		45		1.1	50		-		1.1	-							
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	P _T	20	110	1.04	20	115	40	205	1.04	40	215	-	-	-	-	-	-	75	80	1.04	15	35	30	165	1.04	30	170	-	-	-	-	-					
IV	Оборван один провод. Провода не оборваны	ε = -5°C; C=0; φ = 0		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	P _T	20	110	1.04	20	115	40	205	1.04	40	215	-	-	-	-	75	80	1.04	15	35	30	165	1.04	30	170	-	-	-	-	-							
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения троса равного макс. тяж.	P _{T0}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	95	1.04	20	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
				Составляющая т.т.т. от тяжения троса равного макс. тяж.	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							
				Вес гирлянд изолитаров	G _r	45		1.1	50		45		1.1	50		-		1.1	-		45		1.1	50		45		1.1	50		-		1.1	-							
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	P _T	20	110	1.04	20	115	40	205	1.04	40	215	-	-	-	-	-	-	75	80	1.04	15	35	30	165	1.04	30	170	-	-	-	-	-					

ПРИМЕЧАНИЯ:

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

Нагрузки на воздушные линии электропередачи и опоры ВЛ и ПКВ для горных районов шифр ПЭС 110-2

Таблица № 16

№ схем

Расчетные
схемы

Расчетные
климатическ.
условия

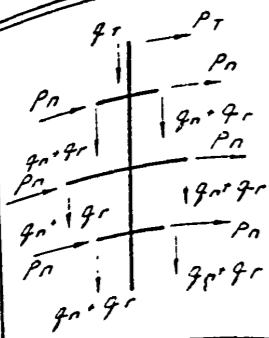
Схемы
нагрузок

Род
нагрузок

III район гололеда

IV район гололеда

I
Провода и трос
не оборваны и
свободны от го-
лоледа. Ветер направ-
лен вдоль оси
траверсы.



Давление ветра на пролет
провода, троса
Составляющая вдоль
траверсы от тяжения
провода, троса
Суммарная горизонтальная
нагрузка вдоль
траверсы.
Вес пролета провода,
троса
Вес гирлянды изолято-
ров

Род	III район гололеда										IV район гололеда																					
	АС-150					АСО-240					С-50					АС-150					АСО-240					С-50						
	400М					350М					350М					360М					300М					300М						
Счет	600М					600М					600М					510М					560М					300М						
	295М					320М					600М					255М					280М					600М						
Счет	Нормативн		п	Расчетные		Нормативн		п	Расчетные		Нормативн		п	Расчетные		Нормативн		п	Расчетные		Нормативн		п	Расчетные		Нормативн		п	Расчетные		Нормативн	
	2°	10°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	10°		2°	8°	2°	10°		2°	8°	2°	10°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°
P1	425	485	1.2	580	580	495	495	1.2	595	595	325	325	1.2	390	390	410	410	1.2	490	490	425	425	1.2	510	510	280	280	1.2	335	335		
P2	45	230	1.3	60	300	70	275	1.3	90	360	75	290	1.3	100	380	35	170	1.3	45	220	55	210	1.3	70	270	70	290	1.3	90	380		
Pn	530	715	-	640	880	565	770	-	685	955	400	615	-	490	770	445	580	-	485	660	480	635	-	580	780	350	570	-	425	715		
Pt	370	1.1	405	550	1.1	615	245	1.1	270	320	1.1	350	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	
Pn'	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	
Pn''	340	340	1.2	410	410	350	350	1.2	420	420	230	230	1.2	275	275	290	290	1.2	350	350	300	300	1.2	360	360	200	200	1.2	240	240		
Pn'''	35	185	1.3	45	240	60	230	1.3	80	300	65	260	1.3	85	340	25	140	1.3	35	180	45	180	1.3	60	230	65	260	1.3	85	340		
Pn''''	375	525	-	455	650	410	580	-	500	720	295	490	-	360	615	285	400	-	385	530	345	480	-	420	590	265	460	-	325	580		
Pt'	370	1.1	405	560	1.1	615	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	
Pn'''''	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	
P1	450	450	1.4	630	630	455	455	1.4	640	640	510	510	1.4	710	710	520	520	1.4	725	725	465	465	1.4	650	650	545	545	1.4	760	760		
P2	75	370	1.4	105	520	110	435	1.4	155	610	75	300	1.4	105	420	75	370	1.4	105	520	110	435	1.4	155	610	75	300	1.4	105	420		
Pn	525	820	-	735	1150	565	890	-	795	1250	585	810	-	815	1130	595	890	-	830	1240	575	900	-	805	1280	620	845	-	865	1180		
Pt	370	1.1	405	560	1.1	615	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	
Pn'	815	2.0	1630	930	2.0	1860	610	2.0	1220	370	1070	2.0	2140	1320	2.0	2540	985	2.0	1970	1320	2.0	2540	985	2.0	1970	1320	2.0	2540	985	2.0	1970	
Pn''	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	
Pn'''	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	1.1	575	245	1.1	270	320	1.1	405	520	

3079 тм/3 и 53/101

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	1/гол.эл	III район гололеда															IV район гололеда																
						АС-150					АСО-240					С-50					АС-150					АСО-240					С-50						
						400 м					350 м					350 м					380 м					300 м					300 м						
						600 м					600 м					600 м					510 м					560					600 м						
295 м					320 м					-					255 м					280 м					-												
нормативные		расчетные		нормативные		расчетные		нормативные		расчетные		нормативные		расчетные		нормативные		расчетные		нормативные		расчетные		нормативные		расчетные		нормативные		расчетные							
2°	10°	п	2°	10°	2°	8°	п	2°	8°	2°	8°	п	2°	8°	2°	10°	п	2°	10°	2°	8°	п	2°	8°	2°	8°	п	2°	8°								
III	Оборван один провод фаза или наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	t = -50°C, c=0, q ^н =0		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	Pn	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	Pno	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 L тр-са от тяжения провода при обрыве	Sn	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	qп	370	1.1	405	560	1.1	515	245	1.1	270	315	1.1	345	525	1.1	575	245	1.1	270	315	1.1	345	525	1.1	575	245	1.1	270	315	1.1	345	525	
				Вес гирлянд изоляторов	qr	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1	50	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. Тяжение по тросу равно половине его максимального тяжения	t = -50°C, c=0, q ^н =0		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода троса	Pn	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 траверсы от тяжения троса равного 1/2 максимум тяжения	Pto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	75	1.04	20	80	-	-	-	-	-	-	-	-	20	75	1.04	20	80	-	-	
				Составляющая L тр-са от тяжения троса равного 1/2 максимум тяжения	St	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1090	1090	1.04	1130	1130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1090	1090	1.04	1130	1130	-	-
				Вес пролета троса	qп	370	1.1	405	560	1.1	515	245	1.1	270	315	1.1	345	525	1.1	575	245	1.1	270	315	1.1	345	525	1.1	575	245	1.1	270	315	1.1	345	525	
				Вес гирлянд изоляторов	qr	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1	50	45	1.1	50	-	-	-	45	1.1	50	45	1.1

3079 ГМ/3 и 51/101

Примечания.

1. Высота центра тяжести троса - 27.9 м
Нормативный скоростной напор $q_n^н = 1.53 \times 10 = 15.3 \text{ кг/м}^2$
2. Высота центра тяжести провода - 15.9 м
Нормативный скоростной напор $q_n^н = 1.063 \times 10 = 10.63 \text{ кг/м}^2$
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания: $1.3 \times 0.8 = 1.04$
4. Максимальное напряжение в тросе в III и IV районах гололеда $\sigma_{т max} = 45 \text{ кг/мм}^2$
5. 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)	Коэф. увеличения скорости по высоте μ_z	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы f_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения $\psi \cdot \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент плоской фермы $C_{x0} = C_{x1} \cdot \psi = 1.0$	Коэф. динамич. фермы C_{x1}	Сред. СР (1+1/2)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\mu = 1.35$ и коэф. перегрузки $\eta = 1.2$ (кг)					
										При ветре траверсе $P_{ } = q_0 \cdot C_{x1} \cdot S$	При ветре под $\angle 45^\circ$ траверсе $P_{\perp} = 0.8 P_{ }$	При ветре траверсе $P_p = q_0 \cdot C_{x1} \cdot S \cdot \mu$	При ветре под $\angle 45^\circ$ траверсе $P_{p\perp} = 0.8 P_p$	При ветре траверсе		При ветре под $\angle 45^\circ$	
														$P_{ }$	P_{\perp}	P_p	$P_{p\perp}$
Верхняя траверса		1.48	119	0.43	1.99	0.215	0.301	0.82	0.548	60 ²⁾ (130)	85 ³⁾	60 ³⁾	95	140	95		
Нижняя траверса		1.34	108	0.59	2.88	0.205	0.287	0.84	0.529	75 ²⁾ (155)	110 ³⁾	75 ³⁾	120	180	120		
Нижняя траверса		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		
Простой ко		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		

3079 ТМ/3 и 55/1121

ПРИМЕЧАНИЯ:

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

№3079ТМ-3 Лус. 55/1121

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 высоте v_0 (м/сек)	Площадь элементов фермы f_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения $f_{\text{зап}} = \frac{f_i}{S}$	Динамический коэффициент $C_{\text{дп}} = 1.4 \mu$	η (при $\frac{h}{b} = 1.0$)	Динамический коэффициент $C_{\text{дп}}(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\beta = 1.35$ и коэф. перегрузки $\alpha = 1.2$ (кг)					
										При ветре траверсе		При ветре под 45° траверсе		При ветре траверсе		При ветре под 45° траверсе	
										$P = q_0 C_{\text{дп}}$	$P_{\perp} = 0.8 P_{\perp}$	$P_{\parallel} = 0.8 P_{\parallel}$	$P_{\perp} = 0.8 P_{\perp} \beta$	$P_{\parallel} = 0.8 P_{\parallel} \beta$	$P_{\perp} = 0.8 P_{\perp}$	$P_{\parallel} = 0.8 P_{\parallel}$	
Верхняя ферма траверса		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 ферма траверса		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 ферма траверса		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		
Тросо-стойко-ферма траверса		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		
Верхняя секция		1.36	109	2.28	9.0	0.253	0.355	0.765	0.625	610	490	490	985	795	795		
Средняя 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		

3079 ТМ/3 а 56/101

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

Таблица № 19

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололеда			Схема I ^a ; III район гололеда				Схема II; I район гололеда		
	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (Т)	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (Т)	Изгибающие моменты от нагрузок на пробоги и трос от ветра в конат конструкцию опоры М _{WII} (ТМ)	Вертикальные нагрузки G (Т)		
	От нагрузок на пробоги и трос М _{II}	От ветра на конструкцию опоры М _{WII}		От нагрузок на пробоги и трос М _{II}	От ветра на конструкцию опоры II ТРАВЕРСЕ М _{WII}				От ветра на конструкцию опоры I ТРАВЕРСЕ М _{WI}	
3-3 ▽ 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 М _{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 М _{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 М _{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	
	$U_3 = \frac{19.79 + 10.19}{2 \times 1.5} - \frac{3.8}{4} = 9.99 + 0.95 = 10.94 \text{ Т}$			$U_3 = \frac{16.17 + 8.45 + 8.94}{2 \times 1.5} - \frac{3.8}{4} = 11.19 + 0.95 = 12.14 \text{ Т}$				$U_3 = \frac{41.0}{2 \times 1.5} - \frac{13.4}{4} = 13.67 + 3.35 = 17.02$		
2-2 ▽ 9.5 м b = 2.5 м	19.79 $3.76 \times 2.7 = 10.16$ <hr/> 3.76 M _{II} = 52.49	10.19 $2.14 \times 2.7 = 5.78$ $1.30 \times 4.25 = 5.53$ <hr/> 4.97	3.8 $0.135 \times 2.7 = 1.17$ <hr/> 4.97	16.17 $2.91 \times 2.7 = 7.86$ <hr/> 2.91 M _{II} = 41.47	8.45 $1.77 \times 2.7 = 4.78$ $1.02 \times 4.25 = 4.33$ <hr/> 5.77 M _{WII} = 22.10	8.94 $1.92 \times 2.7 = 5.18$ $1.02 \times 4.25 = 4.33$ <hr/> 5.5 M _{WI} = 23.57	3.8 $0.135 \times 2.7 = 1.17$ <hr/> 4.97	38.89 $5.225 \times 2.7 = 14.11$ <hr/> 5.225 M = 84.39 $M_{WII} = \frac{34.8}{4.8} = 7.15$	13.4 $0.135 \times 2.7 = 1.17$ <hr/> 14.57	
cos γ = 0.998	$U_2 = \frac{52.49 + 34.32}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{4.97}{4 \times 0.998} = 17.4 + 1.29 = 18.69$			$U_2 = \frac{41.47 + 28.18 + 29.97}{2 \times 2.5 \times 0.998} - \frac{4.97}{4 \times 0.998} = 20.0 + 1.29 = 21.29 \text{ Т}$				$U_2 = \frac{84.39 + 14.57}{2 \times 2 \times 0.998} + \frac{14.57}{4 \times 0.998} = 22.04$		
1-1 ▽ 3.5 м b = 2.9 м	52.49 $3.76 \times 6.0 = 22.56$ <hr/> 3.76 M _{II} = 75.06	34.32 $2.14 \times 6.0 = 12.84$ $0.66 \times 2.75 = 1.82$ 4.10 <hr/> 5.79	4.97 $0.135 \times 6.0 = 0.82$ <hr/> 5.79	41.47 $2.91 \times 6.0 = 17.46$ <hr/> 2.91 M _{II} = 58.94	28.18 $1.77 \times 6.0 = 10.62$ $0.525 \times 2.75 = 1.44$ <hr/> 3.315 M _{WII} = 46.42	29.97 $1.92 \times 6.0 = 11.52$ $0.525 \times 2.75 = 1.44$ <hr/> 3.865 M _{WI} = 49.01	4.97 $0.135 \times 6.0 = 0.82$ <hr/> 5.79	84.39 $5.225 \times 6 = 31.35$ <hr/> 5.225 M = 115.69 $M_{WII} = \frac{56.8}{4.8} = 11.8$	14.57 $0.135 \times 6.0 = 0.82$ <hr/> 15.39	
cos γ = 0.998	$U_1 = \frac{75.06 + 56.57}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{5.79}{4 \times 0.998} = 22.6 + 1.46 = 24.06$			$U_1 = \frac{58.94 + 46.42 + 49.01}{2 \times 2.9 \times 0.998} + \frac{5.79}{4 \times 0.998} = 26.6 + 1.46 = 28.06$				$U_1 = \frac{115.69 + 11.8}{2 \times 2.9 \times 0.998} - \frac{15.39}{4 \times 0.998} = 25.85$		

Вес опоры по обз. л 3 200 т

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

3019/11/3 а. 31/101

Расчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствoла опоры ПУС ИО-2

Сечения отметка 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 от нагрузок и проводов и тросов M _{II} (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)	
	От нагрузок на провода и трос M _{II}	От ветра на кон- струкцию опоры M _{WI}		От нагрузок на провода и трос M _{II}	От ветра на конструкцию опоры II ТРАВЕРСЕ M _{WI}				III ТРАВЕРСЕ M _{WII}
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 _{II} = 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 _{WI} = 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 _{II} = 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 _{WI} = 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 _{WII} = 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 _{II} = 32.55 M _{WI} = $\frac{11.28}{4.8} = 2.34$	2.24 × 1 = 2.24 3.265 × 4 = 13.05 0.155 × 11.3 = 1.75 17.04
	$U_4 = \frac{23.23 + 11.28}{2 \times 1.5} + \frac{4.68}{4} = 11.5 + 1.17 = 12.67 \tau$			$U_4 = \frac{17.9 + 9.44 + 10.36}{2 \times 1.5} + \frac{4.68}{4} = 12.55 + 1.17 = 13.72 \tau$				$U_4 = \frac{32.55 + 17.2}{2 \times 1.5} + \frac{17.04}{4} = 15.91 \tau$	
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 _{II} = 52.26	0.08 × 2 × 1.55 = 0.25 2.27 × 6.0 = 13.65 0.985 × 3.0 = 2.95 3.415 M _{WI} = 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 _{II} = 40.05	1.91 × 6.0 = 11.5 0.08 × 2 × 1.55 = 0.25 0.795 × 3.0 = 2.38 2.865 M _{WI} = 23.57	10.36 2.12 × 6.0 = 12.72 0.12 × 2 × 1.55 = 0.37 0.795 × 3.0 = 2.385 3.15 M _{WII} = 25.83	0.665 × 2 = 1.33 0.155 × 6.0 = 0.93 6.94	32.55 6.22 × 6.0 = 3.3 1.26 × 2 × 0.8 = 2.02 8.74 M _{II} = 71.87 M _{WI} = $\frac{28.1}{4.8} = 5.86$	17.04 3.265 × 2 = 6.54 0.155 × 6.0 = 0.93 84.51
	$U_3 = \frac{52.26 + 28.13}{2 \times 1.5} + \frac{6.94}{4} = 26.8 + 1.73 = 28.53 \tau$			$U_3 = \frac{40.05 + 23.57 + 25.83}{2 \times 1.5} + \frac{6.94}{4} = 29.8 + 1.73 = 31.53 \tau$				$U_3 = \frac{71.87 + 38.6}{2 \times 1.5} + \frac{24.51}{4} = 30.0 \tau$	
2-2 ▽ 9.5 м b = 2.5 м cos γ = 0.998	6.5 × 8.7 = 56.55 6.5 M _{II} = 108.76	3.415 × 8.7 = 29.70 1.62 × 4.25 = 6.87 5.035 M _{WI} = 64.70	0.155 × 8.7 = 1.35 8.29	40.05 4.94 × 8.7 = 43.00 4.94 M _{II} = 83.05	23.57 2.865 × 8.7 = 24.9 1.30 × 4.25 = 5.53 4.165 M _{WI} = 54.00	25.83 3.15 × 8.7 = 27.4 1.30 × 4.25 = 5.52 4.45 M _{WII} = 58.75	6.94 0.155 × 8.7 = 1.35 8.29	71.87 8.74 × 8.7 = 6.00 8.74 M _{II} = 147.87 M _{WI} = $\frac{64}{4.8} = 13.5$	24.51 0.155 × 8.7 = 1.35 25.86
	$U_2 = \frac{108.76 + 64.70}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{8.29}{4 \times 0.998} = 34.8 + 2.07 = 36.87 \tau$			$U_2 = \frac{83.05 + 54.0 + 58.75}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{8.29}{4 \times 0.998} = 39.0 + 2.07 = 41.07 \tau$				$U_2 = \frac{147.87 + 13.5}{2 \times 2.5 \times 0.998} + \frac{25.86}{4 \times 0.998} = 40.9 \tau$	
1-1 ▽ 3.5 м b = 2.9 м cos γ = 0.998	6.5 × 6.0 = 38.0 6.5 M _{II} = 147.76	5.035 × 6.0 = 30.2 0.65 × 2.75 = 1.78 5.685 M _{WI} = 96.68	0.155 × 6.0 = 0.93 9.22	83.05 4.94 × 6.0 = 29.60 4.94 M _{II} = 112.65	54.0 4.165 × 6.0 = 25.0 0.52 × 2.75 = 1.43 4.685 M _{WI} = 80.43	58.75 4.45 × 6.0 = 26.70 0.52 × 2.75 = 1.43 4.96 M _{WII} = 86.88	8.29 0.155 × 6.0 = 0.93 9.22	147.87 8.74 × 6.0 = 52.50 M _{II} = 200.37 M _{WI} = $\frac{96.68}{4.8} = 20.2$	25.86 0.155 × 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 определяется по формуле:

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

2019 г. № 3 от 58/101

Расчет усилий в раскосах створа опоры ПУС 110-1

Таблица № 21

Обозначение элемента	Схема	База β (м)	$\cos \beta$	Нагрузки β (Т) и (Тм)			$2 \cos \beta$	$\frac{M_{из} \cdot \beta}{\beta}$	$4 \beta \cos \beta$	Усилия в раскосах (Т)		
				Перевозывающая сила Q	Изгибающий момент $M_{из}$	Крутящий момент $M_{кр}$				$Q = \frac{Q - \frac{M_{из} \cdot \beta}{\beta}}{2 \cos \beta}$	$Q'' = \frac{M_{кр}}{4 \cos \beta}$	$Q' = Q' + Q''$
Q_1	\bar{IV}	1.5	0.707	1.13	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
Q_2	\bar{III}	1.5	0.707	1.29	—	4.39	1.414	—	4.25	0.46	1.03	1.49
Q_3	\bar{III}	1.5	0.707	1.29	—	5.94	1.414	—	4.25	0.46	1.40	1.86
Q_4	\bar{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	\bar{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	\bar{III}	1.9	0.669	1.29	6.97	5.94	1.338	0.18	5.09	0.35	1.17	1.52
Q_7	\bar{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	\bar{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	\bar{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}	\bar{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}	\bar{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}	\bar{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}	\bar{I}	1.5	0.707	1.12	—	—	1.414	—	4.25	0.40	—	0.40
Q_{22}	\bar{I}	1.5	0.707	2.48	—	—	1.414	—	4.25	0.88	—	0.88
Q_{23}	\bar{I}	1.5	0.707	5.71	—	—	1.414	—	4.25	2.02	—	2.02
Q_{25}	\bar{I}	1.575	0.707	5.92	36.24	—	1.414	1.15	4.46	1.28	—	1.28
Q_{26}	\bar{I}	1.725	0.743	6.13	46.7	—	1.486	1.35	4.98	1.16	—	1.16
Q_{27}	\bar{I}	1.9	0.669	6.37	57.3	—	1.338	1.51	5.09	1.26	—	1.26
Q_{28}	\bar{I}	2.1	0.719	6.5	70.32	—	1.438	1.67	6.04	1.1	—	1.1
Q_{29}	\bar{I}	2.3	0.754	6.93	83.9	—	1.508	1.82	6.94	1.1	—	1.1
Q_{30}	\bar{I}	2.5	0.766	7.17	97.17	—	1.532	1.94	7.66	1.08	—	1.08
Q_{31}	\bar{I}	2.7	0.798	7.48	111.82	—	1.596	2.06	8.64	1.05	—	1.05
Q_{32}	\bar{I}	2.9	0.819	7.72	126.87	—	1.638	2.18	9.5	1.03	—	1.03
Q_{33}	\bar{I}	3.12	0.788	8.06	144.24	—	1.576	2.31	9.85	1.09	—	1.09

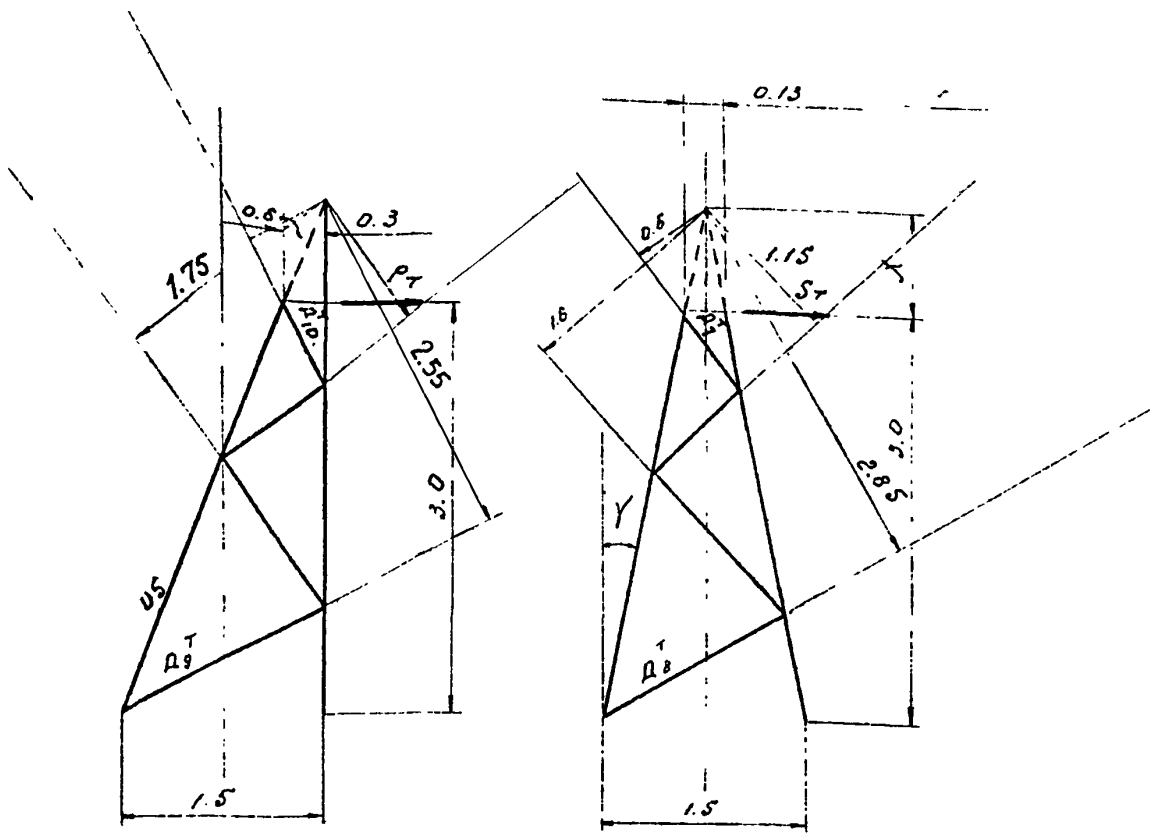
3079ТМ/3 и 59/101

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

Обозначение элемента	Схема	базис (м)	$\cos \beta$	Нагрузки δ (т) и (тм)			$\delta \cos \beta$	$\frac{M_{изг}}{\delta}$	$4\delta \cos \beta$	Усилия в раскосах (т)		
				Перевес сил Q	Изг. момент M _{изг.}	Крутящ. момент M _{кр.}				$D' = \frac{Q - \frac{M_{изг}}{\delta}}{2 \cos \beta}$	$D'' = \frac{M_{кр}}{4\delta \cos \beta}$	$D = D' + D''$
D1	IV	1.5	0.707	1.13	-	-	1.414	-	4.25	0.40	-	0.40
D2	III	1.5	0.707	1.29	-	4.39	1.414	-	4.25	0.46	1.03	1.49
D3	III	1.5	0.707	1.29	-	5.94	1.414	-	4.25	0.46	1.40	1.86
D4	III	1.575	0.707	1.29	10.6	5.94	1.414	0.34	4.46	0.22	1.33	1.55
D5	III	1.725	0.743	1.29	12.54	5.94	1.486	0.36	4.98	0.19	1.19	1.38
D6	III	1.9	0.669	1.29	14.8	5.94	1.338	0.39	5.09	0.19	1.17	1.36
D7	II	2.1	0.719	1.29	17.38	5.94	1.438	0.41	6.04	0.16	0.98	1.14
D8	II	2.3	0.754	1.29	19.96	5.94	1.508	0.43	6.94	0.14	0.86	1.00
D9	II	2.5	0.766	1.29	22.54	5.94	1.532	0.45	7.66	0.13	0.78	0.91
D10	II	2.7	0.798	1.29	25.12	5.94	1.596	0.47	8.64	0.11	0.69	0.80
D11	II	2.9	0.819	1.29	27.7	5.94	1.638	0.48	9.5	0.10	0.63	0.73
D12	II	3.12	0.788	1.29	30.54	5.94	1.576	0.49	9.85	0.10	0.60	0.70
D21	I	1.5	0.707	1.3	-	-	1.414	-	4.25	0.40	-	0.40
D22	I	1.5	0.707	3.58	-	-	1.414	-	4.25	1.27	-	1.27
D23	I	1.5	0.707	6.86	-	-	1.414	-	4.25	2.42	-	2.42
D24	I	1.5	0.707	9.65	-	-	1.414	-	4.25	3.41	-	3.41
D25	I	1.575	0.707	9.83	94.08	-	1.414	2.98	4.46	1.37	-	1.37
D26	I	1.725	0.743	10.1	110.5	-	1.486	3.2	4.98	1.25	-	1.25
D27	I	1.9	0.669	10.38	125.7	-	1.338	3.3	5.09	1.42	-	1.42
D28	I	2.1	0.719	10.7	144.3	-	1.438	3.44	6.04	1.33	-	1.33
D29	I	2.3	0.754	11.0	166.8	-	1.508	3.63	6.94	1.24	-	1.24
D30	I	2.5	0.766	11.39	191.04	-	1.532	3.82	7.66	1.23	-	1.23
D31	I	2.7	0.798	11.7	212.8	-	1.596	3.95	8.64	1.2	-	1.2
D32	I	2.9	0.819	12.1	238.2	-	1.638	4.07	9.5	1.21	-	1.21
D33	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 тросостойки
для опор ПУС 110-1 и ПУС 110-2



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

$$\cos \gamma = 0.980$$

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

1. Усилие в поясе

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

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

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

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

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

3079ТМ/3 л. 61/101

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; $\alpha = 2^\circ$

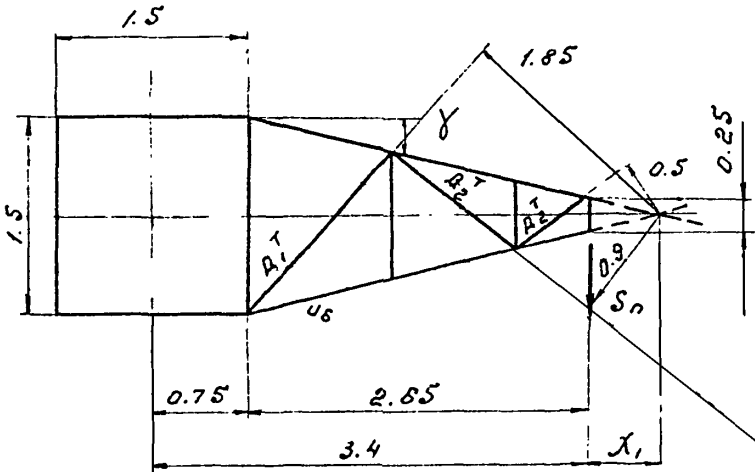
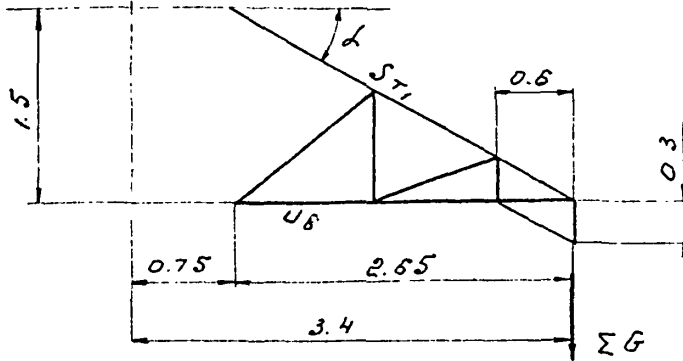
$$S_T = 1.13 \quad M_{\text{уз.}} = 1.13 \times 0.75 = 0.85 \text{ тм}$$

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

3079 тм/3 л. 62/101

Расчет траверсы

1 траверса $l = 3.4 \text{ м}$



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

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

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

3079ТМ/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; $\alpha = 0^\circ$;

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

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

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

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

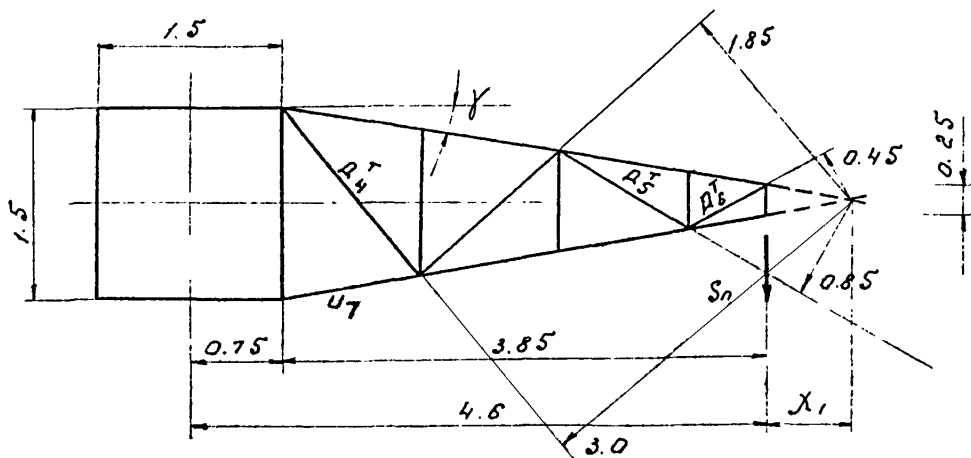
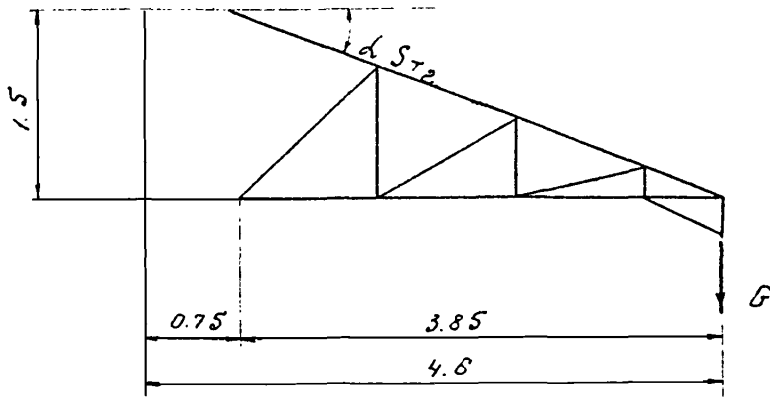
$$D_2^T = \frac{0.68}{0.9} = 0.76 \tau$$

в) Усилие в тяге. Схема II; IV р.г.

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

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

2. Проверка $l = 4.6 \text{ м}$



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1.5 - 0.25}{2 \times 3.85} = 0.162$$

$$\cos \gamma = 0.987$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.5}{3.85} = 0.39$$

$$\cos \alpha = 0.931$$

$$x_1 = \frac{0.25}{2 \operatorname{tg} \gamma} = \frac{0.25}{2 \times 0.162} = 0.65 \text{ м}$$

3079ТМ/3 л. 65/101

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

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

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

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

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

Схема $\bar{\text{II}}$; $\bar{\text{IV}}$ 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 $\bar{\text{III}}$; $\bar{\text{III}}$ р.г. $\alpha = 0^\circ$;

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

$$M_{03} = 1.29 \times 0.65 = 0.84 \text{ тм}$$

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

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

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

в) Усилия в тяге. Схема $\bar{\text{II}}$; $\bar{\text{IV}}$ р.г.;

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

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

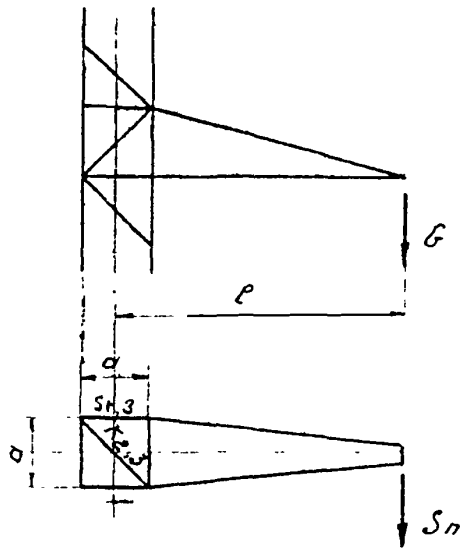
$$S_{T2} = \frac{1.78 \times 3.85}{1.5 \times 0.987 \times 0.931} = 4.95 \tau$$

3079 ТМ/3 л. 66/101

Расчет распорок и диафрагм

$$S = \frac{S_n L}{\alpha} + \frac{G}{2 \operatorname{tg} \lambda}$$

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



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.

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

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

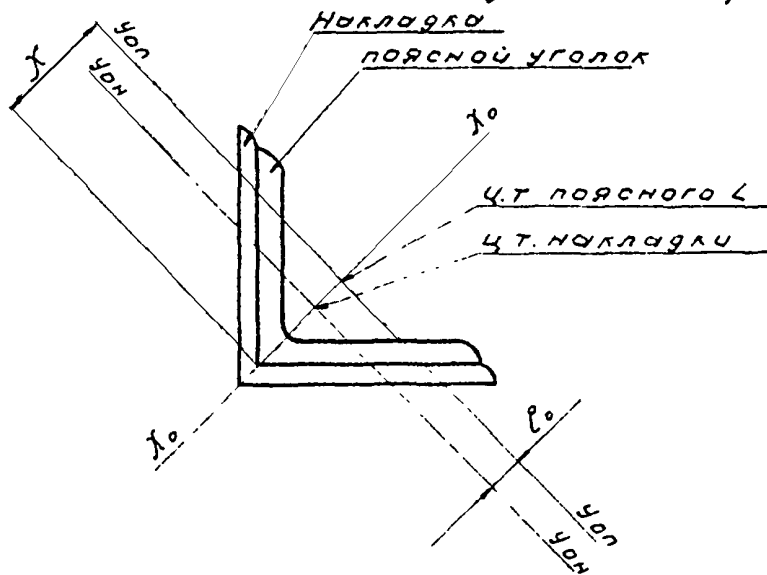
Схема II ; IV р.г.

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

*). См. расчет соответствующей траверсы

Расчет стыков опоры ПУС 110-1

1. Стык верхней и средней секций



$$\sigma = \frac{N}{\eta \cdot \gamma_{8н} \cdot F}; \quad N = 17.02 \text{ т}; \quad \begin{array}{l} L 90 \times 7 \text{ поясной} \\ L 125 \times 8 \text{ наклады} \end{array}$$

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

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

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

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

$$e_0 = \frac{(2.47 + 0.8) - 3.38}{0.707} = 0.127 \quad e = 0.5 e_0 = 0.5 \times 0.127 = 0.064 \text{ см}$$

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

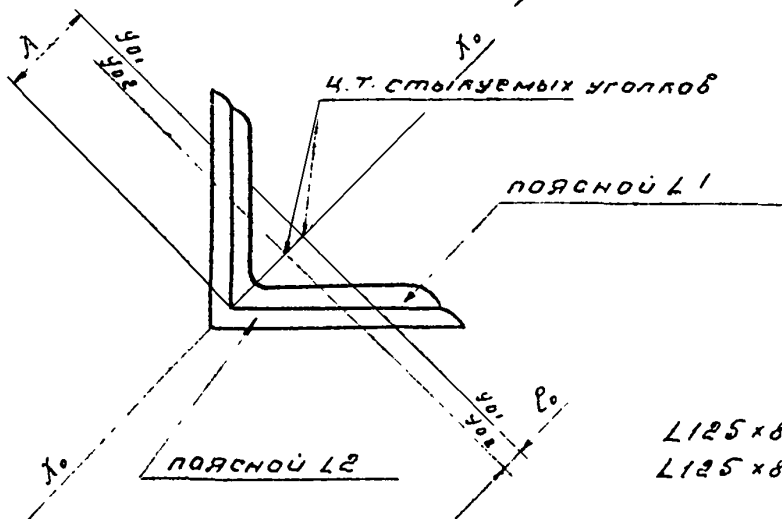
$$\gamma_{8н} = 0.726$$

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

3079ТМ/3 л. 68/101

2. Стык средней и нижней секции

(стык телескопический)



L125x8 - ПОЯСНОУ 1
L125x8 - ПОЯСНОУ 2

$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \rho_{\text{сн}} F}; \quad N = 22.04 \text{ T}$$

$$\eta_1 = 1.0; \quad F = 19.7 \text{ см}^2$$

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

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

$$m = \rho \frac{F \chi}{J_{y_0}};$$

$$J_{y_0} = 122 \text{ см}^4$$

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

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

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

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

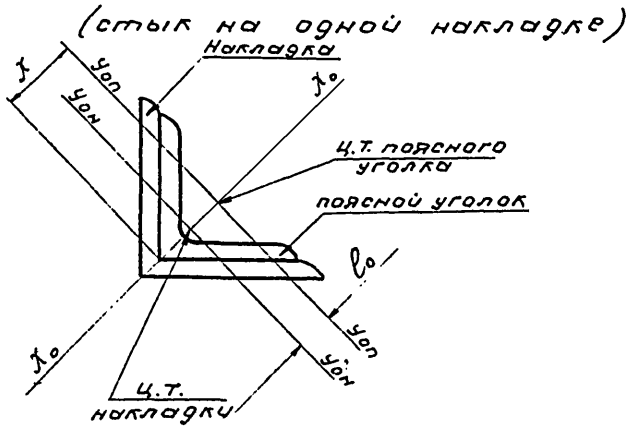
$$\rho_{\text{сн}} = 0.546$$

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

3079 ТМ/3 → 59/101

Расчет стыков опоры ПУС 110-2

1. Стык верхних секций



$$G = \frac{N}{\pi_1 \gamma_{вн} F}, \quad N = 15.91 \text{ т.} \quad \begin{array}{l} L90 \times 7 - \text{поясной} \\ L125 \times 8 - \text{накладка} \end{array}$$

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

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

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

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

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

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

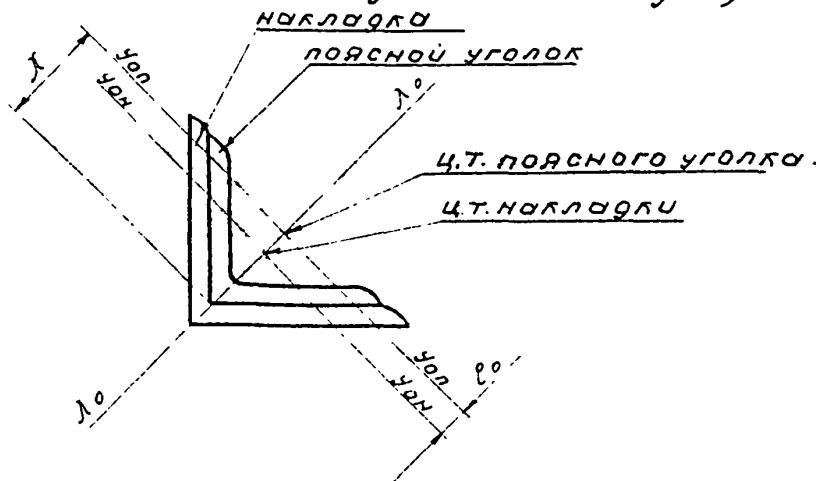
$$m = 0.064 \times \frac{12.3 \times 3.5}{38.9} = 0.071 \quad m_1 = 1.0 \times 0.071 = 0.071$$

$$J_{вн} = 0.726$$

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

3079ТМ/3 л. 70/101

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

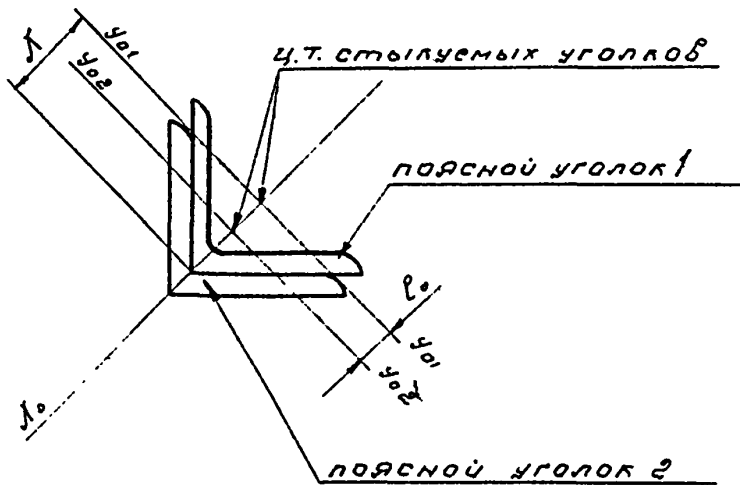
$$\mathcal{I}_{BH} = 0.860$$

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

3079ТМ/3 а. 71/10

3. Стык средней и нижней секций

(стык телескопический)



L 160 x 10 - ПОЯСНОЙ 1
L 160 x 10 - ПОЯСНОЙ 2.

$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \gamma_{BH} F}; \quad N = 44.85 \text{ Т.}$$

$$\eta_1 = 1.0; \quad F = 31.4 \text{ см}^2$$

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

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

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

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

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

$$f_{bn} = 0.68$$

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

Рассчитал *Мамф* / (Мокарева).
Проверил *Груздев* / (Груздев).

N 3079 ТМ - Т 3

Лист
72 / 101

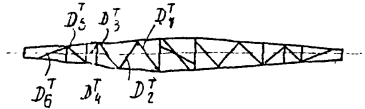
3079 ТМ / 3 л. 72 / 101

ПС 110-11

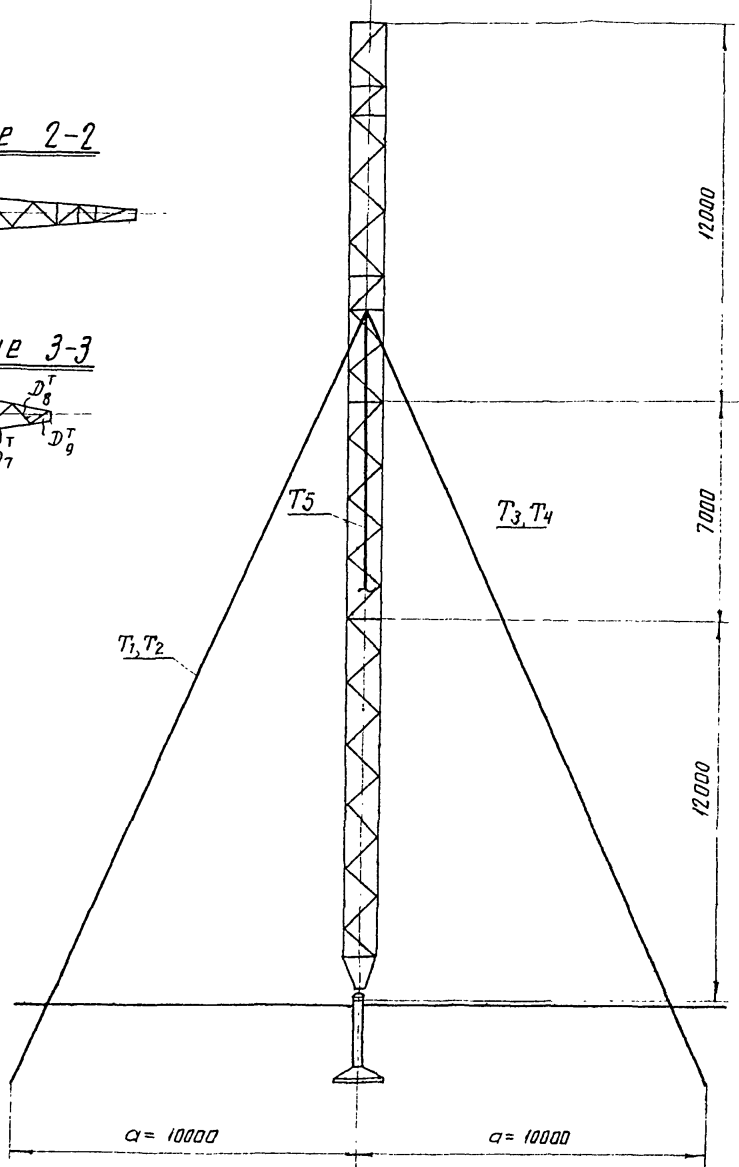
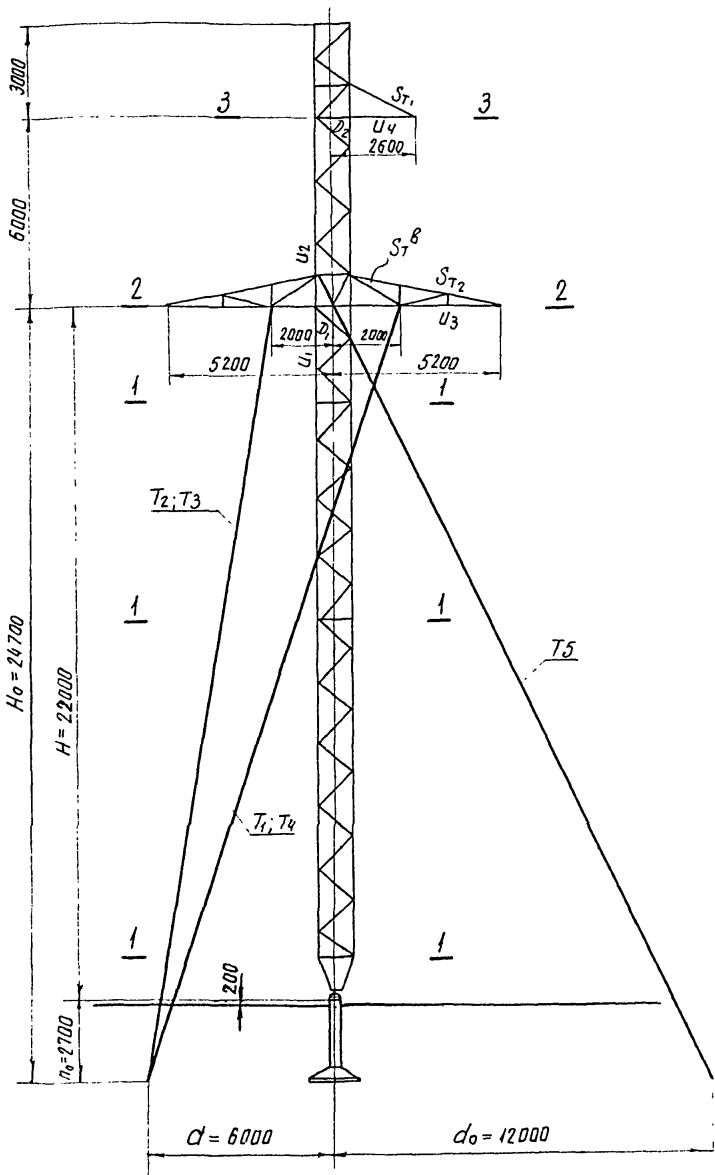
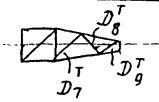
Сечение 1-1



Сечение 2-2



Сечение 3-3



3079ТМ/3 д. 73/101

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 10 кВ для горных районов
Шифр ЛС 10-11

Таблица № 23

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатич. условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Промежуточные	III р-н гололеда						IV р-н гололеда						
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50			
						С ветр						С вес						
						С град						С град						
нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет				
I	Провода и трос не оборваны, свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}, C = 0$ $q_n = 80 \text{ кг/м}^2$ $q_n = 112 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	660	1,2	790	425	1,2	510	535	1,2	640	340	1,2	405	
					Вес пролета провода, троса	G_n	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
						Вес гирлянд изolatив	$G_Г$	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—
							Суммарная вертикальная нагрузка	$G_n + G_Г$	715	—	790	290	—	320	630	—	690	260
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}, C = 15 \text{ мм}$ $q_n = 107 \text{ кг/м}^2$ $q_n = 142 \text{ кг/м}^2$ $C = 20 \text{ мм}$ $q_n = 128 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	620		1,4	870	650	1,4	910	590	1,4	830	665	1,4	930
					Вес пролета провода, троса	G_n	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	280
						Вес гирлянд изolatив	$G_Г$	110	2,0	2220	730	2,0	1460	1480	2,0	2960	1030	2,0
					Суммарная вертикальная нагрузка		$G_n + G_Г$	1825	—	3010	1020	—	1830	2410	—	3600	1290	—

3079 тм/3 а 74/101

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кВ для горных районов
Шифр ПС 10-7

Продолжение таблицы № 23

Лин. схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Объемы единиц	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						400					
720						630											
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, троса	q_n q_T	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес гирлянд изоляторов	q_g	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_g$ q_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	—	—	—	$1,3 \cdot 0,8 = 1,04$	1360	—	—	—	$1,3 \cdot 0,8 = 1,04$	1360	—	—
				Вес пролета провода троса	q_n q_T	670	1,1	740	290	1,1	320	585	1,1	640	260	1,1	285
				Вес гирлянд изоляторов	q_g	45	1,1	50	—	—	—	45	1,1	50	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n + q_g$ q_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





3079 ТМ/3 и 75/101

Давления ветра на конструкцию
опоры

Табл. № 24

$h = 1,2$

$b = 1,45$

Наименов. секции	Эскиз и средняя отметка секции (М)	Кэфф. увр. лученя скор напора по высоте	Норматив. скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы F_i	Площадь по контуру S (м ²)	Кэфф. за-полнения $\mu = \frac{F_i}{S}$	Взвешиван. кэфф. плоск фермы $C_{\text{Ф}} = C_{\text{Л}} \cdot \mu = 1,4 \cdot \mu$	β (при $\beta = 1$)	Взвешив. кэфф. плоск фермы $C_{\text{Ф}} = C_{\text{Ф}}(1 + \beta)$	Норматив. ветр. нагр. $R_H = q_0 \cdot C_{\text{Ф}} \cdot S$	Расчетная ветров нагр $R_P = R_H \cdot n \cdot \beta$
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 (2x21,2)	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:

1. Опора рассчитана на скоростной напор q_0 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $R_{\text{Тр}}$, указанные в скобках определены при направлении ветра \perp оси траверсы. При ветре \perp оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0,45 R_{\text{Тр}}$.

Расчёт опоры производился на ЭЦ ВМ "Урал-2" по программе расчёта одноствоечной опоры с двумя расщеплёнными и одной одиночной оттяжками (N3002ТМ-Т6)

N3079ТМ-Т 3 Лист 76/101

№ 76/101

3079ТМ/3

Испол. С.В. Зол. 82.260 пр. 82.82.

Таблица результатов расчета опоры ПС 110-11
на ЭЦВМ

Таблица № 25

Обознач.	Схема I (1) Ветер слева	Схема I (2) Ветер справа	Схема II Гололёд, ветер слева	Схема III (1) Обрыв верхнего провода	Схема III (2) Обрыв 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 (кгм)	-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 танже уровне

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

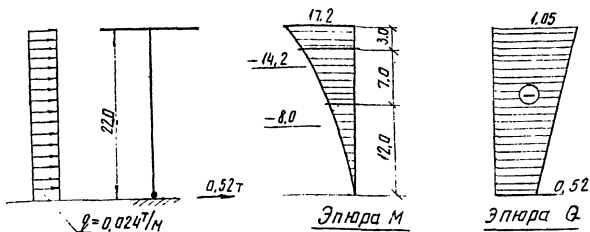
№ 3079-ТМ-Т 3

Лист
77/101

3079-ТМ-Т 3 177/101
 Листов 77 из 101

Расчет стойки ниже уровня нижних траверс

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



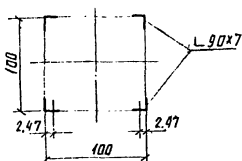
Определение усилия в поясах

$$N = N_{п} - G_{ст}$$

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

$$\zeta = \frac{N}{4} + \frac{Wc}{2B} = \frac{3415}{4} + \frac{17.2}{2 \times 0.94} =$$

$$= 8.55 + 9.15 = 17.7 \text{ м}$$



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

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

Схема II

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

f_0 - максимальный прогиб стойки под действием расчетных поперечных нагрузок

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

N3079-ТМ-Т3 Лист 78/101

3079-ТМ-Т3 Л. 78/101

Визир с.20 зеп. п. 112-200 д.феве.

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

N_3 - критическая сила

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

$$C_1 = \frac{34,15}{4} + \frac{17,2}{2 \times 0,94} + \frac{1,0 \times 34,15 (0,32 \cdot 10^{-2} + \frac{22}{750})}{2 \times 0,94 (1 - \frac{34,15}{465})} =$$

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

Расчёт стойки выше уровня нижних траверс

Пояс верхней части стойки ($\Phi 220$)

Схема II ; IV р-н галлелёда

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

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

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

$$C_2 = \frac{21,7}{2 \times 0,94} + \frac{6,55}{4} = 11,5 + 1,6 = \underline{13,1 \text{ т}}$$

Расчёт раскосов

Схема III $S_{п.} = 1290 \text{ т.}$

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

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

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

3079 ТМ/3 д. 79/101

Контур с 01 сеп. 3м. 122. 2000 г. 1988 г.

Подбор сечения оттяжек

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

Принем канат ф14 (ГОСТ 3064-66)

Разрывное усилие - 13650 кг.

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

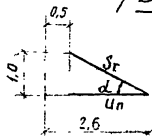
В биссекторной оттяжке расчетное усилие
в нормальном режиме по схеме I (2) - 15115 кг.

Принем 2 каната ф14

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

Расчет траверс

а) Верхняя траверса



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

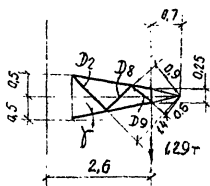
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{2,1} = 0,476$$

$$\operatorname{Sin} \alpha = 0,43$$

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

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

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



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

$$G = 3,6 \text{ т}$$

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

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

$$S_n = 1,29 \text{ т} \quad g_n = 0,690 \text{ т}, \quad g_r = 0,045 \text{ т},$$

$$g_l = 0,165 \text{ т}, \quad G_{tr} = 0,07 \text{ т}$$

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

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

Усилия в раскосах нижней грани.

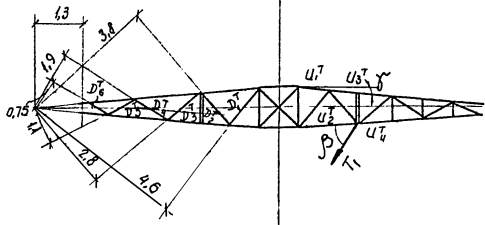
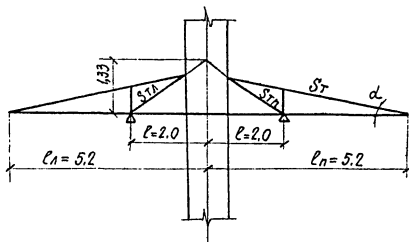
$$M = 1,29 \times 0,7 = 0,9 \text{ тм}$$

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

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

$$D_9 = \frac{0,5}{0,6} = 0,83 \text{ т.}$$

б). Нижняя траверса.



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

Расчетной является тяга левой траверсы

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

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

2. Для наружных тяг расчетной является схема II нормального режима

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

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

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

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

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

3. Расчет поясов.

Для правых пролетных поясов расчетной является схема III (3)

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

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

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

$$U_0 = \left[\frac{0,570}{2 \times 0,213} + \frac{6,81}{2} \times \frac{24,7}{27,8} \times \frac{2,0}{1,33} + \frac{1}{2} \times 6,81 \times \frac{6+2}{27,8} \times 0,625 \right] \frac{1}{0,955} =$$

$$= (1,34 + 4,57 + 0,61) \times \frac{1}{0,955} = 6,6 \text{ т}$$

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

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

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

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

Для помов пролётной части расчётной является схема III

$$U_4^T = \frac{G}{2 \operatorname{tg} \alpha \cos \beta} + S_{II} \frac{e_1 - e}{\delta} =$$

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

4. Расчёт раскосов нижней грани

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

$$M = Q [(e_1 + n) - e] = Q (5,2 + 1,3 - 2,0) = Q \times 4,5$$

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

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

$$D_1^T = \frac{M}{L_1};$$

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

Для раскосов консольной части расчётной является схема III.

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

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

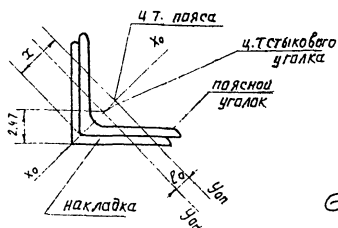
$$D_4^T = \frac{1,68}{1,9} = 0,89 \text{ т}$$

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

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

Расчет стыков секций

Стык верхней и средней секции



Поясной уголок $\angle 90 \times 7$

Накладка $\angle 90 \times 7$

$$N = \frac{34.15}{4} + \frac{14.2}{2 \times 0.94} = 8.5 + 7.5 = 16.0 \text{ т.}$$

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

$$\eta_1 = 0.95 \quad F = 12.3 \text{ см}^2$$

$$\lambda = \frac{200}{2.77} = 72 \quad m_1 = \eta m; \quad \text{где } \eta = 1.0, \quad m = e \frac{F \cdot \alpha}{T_{y0}},$$

$$\alpha = \frac{2.47}{0.707} = 3.5 \text{ см.} \quad T_{y0} = 38.9 \text{ см}^4$$

$$e = 0.5 e_0; \quad e_0 = \frac{(2.47 + 0.7) - 2.47}{0.707} = 0.99 \text{ см}$$

$$e = 0.5 \times 0.99 = 0.495 \text{ см}$$

$$m_1 = 0.495 \times \frac{12.3 \times 3.5}{38.9} = 0.548 \quad \psi_{8H} = 0.65$$

$$G = \frac{16000}{0.95 \times 0.65 \times 12.3} = \frac{16000}{7.6} = 2100 \text{ кг/см}^2$$

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 /Богданова/

Проверил Эльф /Элькин/

N3079 ТМ-Т3 Лист
84/101

3079 ТМ/3 л. 84/101

Иллюстр. с. 201 3-м 102 200 195-88.

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 на раках до АС-150 включительно и троса С-35 в I-IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$ (см. расчет № 3078ТМ-ТЗ, листы 6/31 ÷ 22/31 и расчетный лист № 3078ТМ-137).

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

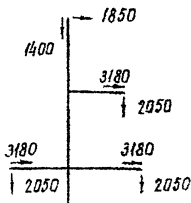
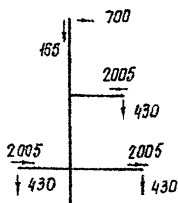
На схему аварийного режима III ($q=0$) увеличение скоростного напора не оказывает влияния; практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему IIк, т.к. доля ветровой нагрузки в этом режиме незначительна. Таким образом проверке подлежат элементы, рассчитанные по схеме II, т.е. пояса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

3079ТМ/3 л. 85/101

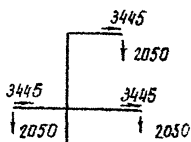
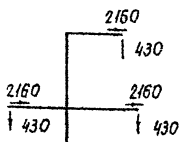
Схемы расчетных нагрузок
(провод АС-150, трос С-35)

Схема I с тросом $\alpha = 54^\circ$

Схема II



без троса
 $\alpha = 60^\circ$



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

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

$l_{\text{габ}} = 235 \text{ м}$

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

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

$l_{\text{габ}} = 200 \text{ м}$

3079 тм/3 л. 86/101

Определение усилий в поясах ствoла опоры (опора УЗ5-1 тросом)

Таблица № 26

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

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

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

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_{II} = 1,85 \times 3,9 = 7,2тм$

$M_{WH} = 0,055 \times 1,95 = 0,11тм$

$\Sigma M = 7,31тм$

$G = 0,18 + 1,4 = 1,58т$

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

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

3079 TM-T3 - 87/101

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

Таблица №27

Отметка, м/за	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 60^\circ$, без разности тяженей			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 60^\circ$, без разности тяженей		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{WII}		От нагрузок на провода M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{WII}	
▽ 9,5 $\theta = 1,5 \text{ м}$	$2,16 \times 3,5 = 7,56$	$0,047 \times 4,0 = 0,188$	$0,43 \times 3 = 1,29$ $0,27 \times 4,5 = 1,21$ 2,50	$3,445 \times 3,5 = 12,1$	$0,001 \times 4,0 = 0,004$	$2,06 \times 3 = 6,18$ $0,27 \times 4,5 = 1,21$ 7,39
	$2,16 \times 2 \times 0,5 = 2,16$	$0,059 \times 1,0 = 0,059$		$3,445 \times 2 \times 0,5 = 3,45$	$0,013 \times 1,0 = 0,013$	
	$6,48 \quad M_{II} = 9,72$	$0,047 \times 1,0 = 0,047$		$10,34 \quad M_{II} = 15,55$	$0,001 \times 1,0 = 0,001$	
	$M_{WII} = 0,43 \times 3,5 = 1,50$	$0,645 \times 2,25 = 1,450$		$M_{WII} = 2,05 \times 3,5 = 7,21$	$0,135 \times 2,25 = 0,304$	
	$\Sigma M_{II} = 11,22$	$0,798 \quad M_{WII} = 1,74$		$\Sigma M_{II} = 22,76$	$0,15 \quad M_{WII} = 0,32$	
	$C_2 = \frac{11,22 + 1,74}{2 \times 1,5} + \frac{2,50}{4} = 4,27 + 0,63 = 4,90$			$C_2 = \frac{22,76 + 0,32}{2 \times 1,5} + \frac{7,39}{4} = 7,7 + 1,85 = 9,56 \text{ т}$		
▽ 1,7 $\theta = 3,7 \text{ м}$ $\cos \varphi = 0,989$	$6,48 \times 7,8 = 50,50$	$0,798 \times 7,8 = 6,24$	$0,17 \times 7,8 = 1,33$ 3,83	$10,34 \times 7,8 = 80,6$	$0,15 \times 7,8 = 1,17$	$0,17 \times 7,8 = 1,33$ 8,72
	$6,48$	$1,3 \times 3,9 = 5,07$		$10,34 \times 7,8 = 80,6$	$0,27 \times 3,9 = 1,05$	
	$\Sigma M_{II} = 61,72$	$\Sigma M_{WII} = 13,05$		$\Sigma M_{II} = 103,36$	$\Sigma M_{WII} = 2,53$	
	$C_1 = \frac{61,72 + 13,05}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{3,83}{4 \times 0,989} = 10,20 + 0,97 = 11,17 \text{ т}$			$C_1 = \frac{103,36 + 2,53}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{8,72}{4 \times 0,989} = 14,45 + 2,21 = 16,66 \text{ т}$		

Пояс $C_1 \quad G = \frac{16,66}{9,7} = 1,720 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

Пояс $C_2 \quad G = \frac{9,56}{7,87} = 12,10 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

3079 м/3 л 88/101

Расчет опоры 435-2

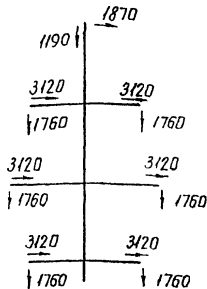
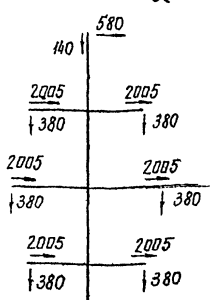
Определение предельного угла поворота на опоре 435-2 в горных районах при $q^H = 80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$
Опора 435-2 рассчитана на подвеску проводов марок до АС-150 включительно и троса С-35 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q^H = 50 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ (см. 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 тросостойки, подлежат проверке на повышенные ветровые нагрузки по схемам II и I.

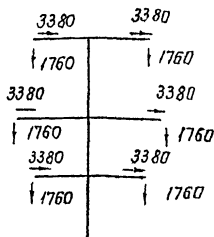
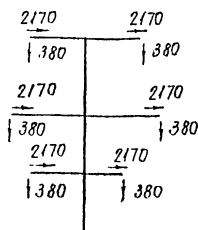
Как показывает расчет на листах 90, 91, 92 опору 435-2 с тросом можно применять в вышеуказанных условиях при углах поворота до 54° включительно, а без троса до 60° включительно.

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

с тросом
 $\alpha = 54^\circ$



без троса
 $\alpha = 60^\circ$



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

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

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

$l_{\text{габ.}} = 200\text{ м}$

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

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

$$q_{\text{п}}^{\text{H}} = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; \quad q_{\text{т}}^{\text{H}} = 26.5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

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

$l_{\text{габ.}} = 170\text{ м}$

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

Таблица № 28

Отметка б.з.з.	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}	
▽ 9,75 $\delta = 1,5м$	$0,580 \times 11,65 = 6,75$	$0,371 \times 9,75 = 3,62$	$0,14 \times 1 = 0,14$	$1,87 \times 11,65 = 21,80$	$0,078 \times 9,75 = 0,76$	$1,19 \times 1 = 1,19$
	$2,005 \times 2 \times 6,75 = 27,00$	$0,046 \times 2 \times 7,25 = 0,67$	$0,38 \times 6 = 2,28$	$3,12 \times 2 \times 6,75 = 42,10$	$0,011 \times 2 \times 7,25 = 0,16$	$1,76 \times 6 = 10,56$
	$2,005 \times 2 \times 3,75 = 15,00$	$0,058 \times 2 \times 4,25 = 0,49$	$0,27 \times 11,65 = 3,15$	$3,12 \times 2 \times 3,75 = 23,40$	$0,013 \times 2 \times 4,25 = 0,11$	$0,27 \times 11,65 = 3,15$
	$2,005 \times 2 \times 0,75 = 3,00$	$0,042 \times 2 \times 1,25 = 0,10$		$3,12 \times 2 \times 0,75 = 4,67$	$0,008 \times 2 \times 1,25 = 0,02$	
	12,61 $M_n = 51,75$	$1,02 \times 3,9 = 3,98$	5,57	20,59 $M_n = 91,97$	$0,213 \times 3,9 = 0,83$	14,9
		1,68 $M_{wn} = 8,86$			0,355 $M_{wn} = 1,88$	
	$U_2 = \frac{51,75 + 8,86}{2 \times 1,5} + \frac{5,57}{4} = 20,35 + 1,39 = 21,72$			$U_2 = \frac{91,97 + 1,88}{2 \times 1,5} + \frac{14,9}{4} = 31,28 + 3,72 = 35,00т$		
▽ 7,7 $\delta = 3,7м$	$12,61 \times 8,05 = 101,60$	$1,68 \times 8,05 = 13,50$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$	$20,59 \times 8,05 = 165,7$	$0,355 \times 8,05 = 2,86$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$
	$M_n = 153,35$	$M_{wn} = 27,83$	7,26	$M_n = 257,67$	$M_{wn} = 5,87$	16,59
▽ 0,985	$U_1 = \frac{153,35 + 27,83}{2 \times 3,7 \times 0,985} + \frac{7,26}{4 \times 0,985} = 24,80 + 1,85 = 26,65$			$U_1 = \frac{257,67 + 5,87}{2 \times 3,7 \times 0,985} + \frac{16,59}{4 \times 0,985} = 36,00 + 4,2 = 40,2т$		

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

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

Определение усилия в поясе тросостойки

$M_n = 1,87 \times 3,9 = 7,3 тм$

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

$\Sigma M = 7,45 тм$

$G = 0,18 + 1,19 = 1,37 т$

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

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

3079ТМ/3 2 91/101

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

Таблица №29

Отметка баша	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_n	От ветра на конструкцию опоры M_{wn}		От нагрузок на провода M_n	От ветра на конструкцию опоры M_{wn}	
99,5 $\beta = 1,54$	$2,17 \times 2 \times 6,75 = 29,30$ $2,17 \times 2 \times 3,75 = 16,30$ $2,17 \times 2 \times 0,75 = 3,26$ <hr/> $13,02$	$0,046 \times 2 \times 7,25 = 0,67$ $0,058 \times 2 \times 4,25 = 0,49$ $0,042 \times 2 \times 1,25 = 0,10$ <hr/> $1,02 \times 3,9 = 3,98$ $1,31$	$0,38 \times 6 = 2,28$ $0,27 \times 7,75 = 2,09$ <hr/> $4,37$	$3,38 \times 2 \times 6,75 = 45,60$ $3,38 \times 2 \times 3,75 = 25,40$ $3,38 \times 2 \times 0,75 = 5,07$ <hr/> $20,28$	$0,011 \times 2 \times 7,25 = 0,16$ $0,013 \times 2 \times 4,25 = 0,11$ $0,008 \times 2 \times 1,25 = 0,02$ <hr/> $0,213 \times 3,9 = 0,83$ $0,277$	$1,76 \times 6 = 10,56$ $0,27 \times 7,75 = 2,09$ <hr/> $12,65$
$C_2 = \frac{48,86 + 5,24}{2 \times 1,5} + \frac{4,37}{4} = 18,03 + 1,09 = 19,12$			$C_2 = \frac{76,07 + 1,12}{2 \times 1,5} + \frac{12,65}{4} = 25,73 + 3,16 = 28,89$			
11,7 $\beta = 3,74$ <small>ссыл. 4989</small>	$13,02 \times 8,05 = 105,00$ <hr/> $153,86$	$1,31 \times 8,05 = 10,56$ $1,36 \times 4,02 = 5,47$ <hr/> $16,03$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$ <hr/> $6,06$	$20,28 \times 8,05 = 163,10$ <hr/> $239,17$	$0,277 \times 8,05 = 2,22$ $0,282 \times 4,02 = 1,13$ <hr/> $3,35$	$0,21 \times 8,05 = 1,69$ <hr/> $4,34$
$C_1 = \frac{153,86 + 16,03}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{6,06}{4 \times 0,989} = 24,00 + 1,53 = 25,53$			$C_1 = \frac{239,17 + 3,35}{2 \times 3,7 \times 0,989} + \frac{14,34}{4 \times 0,989} = 33,4 + 3,63 = 37,03$			

Пояс C_1 $G = \frac{37,03}{19,1} = 190 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

Пояс C_2 $G = \frac{28,89}{16,8} = 172 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} < [2100]$

30.19.11/3 а 92/101

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 АСО-240 включительно и троса С-50 в I - IV районах по гололеду и в III районе по ветру при $q^H = 50 \text{ кг/см}^2$ (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 $\alpha = 52^\circ$

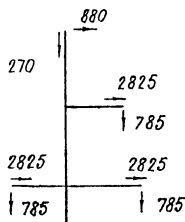
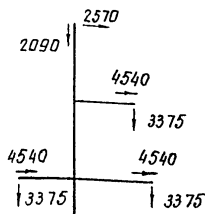


Схема II



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.

III р-н гололедности, без разности тяжёний,

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

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

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

$$l_{\text{габ.}} = 320 \text{ м}$$

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 ствoла опоры У110-1

Таблица №30

Отметка, м	Схема I, III р-н гололеда, $\alpha = 52^\circ$, без разности тяжелей			Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 52^\circ$, без разности тяжелей		
	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 M_{WII}	
v 9,75 b = 2,0м	$0,88 \times 10,95 = 9,64$ $2,825 \times 4,75 = 13,4$ $2,825 \times 2 \times 0,75 = 4,24$ $\frac{9,355}{M_{II} = 27,28}$ $M_{н.у.} = 3,92$ $\Sigma M_{II} = 31,2$	$0,428 \times 8,55 = 3,66$ $0,059 \times 5,45 = 0,32$ $0,109 \times 1,45 = 0,16$ $0,059 \times 1,45 = 0,09$ $\frac{1,655 \cdot 6,15^2}{6,9 \cdot 2} = 4,54$ $\frac{2,135}{M_{WII} = 8,77}$	$0,270 \times 1 = 0,270$ $0,785 \times 3 = 2,355$ $0,272 \times 10,95 = 2,98$ $\frac{5,61}{5,61}$	$2,57 \times 10,95 = 28,2$ $4,54 \times 4,75 = 21,6$ $4,54 \times 2 \times 0,75 = 6,8$ $\frac{16,19}{M_{II} = 56,6}$ $M_{н.у.} = 16,9$ $\Sigma M_{II} = 73,5$	$M_{WII} = \frac{8,77}{4,8} = 1,83$ $(см. схему I)$	$2,09 \times 1 = 2,09$ $3,375 \times 3 = 10,13$ $\frac{0,272 \times 10,95}{15,12} = 2,98$
	$C_2 = \frac{31,2 + 8,77}{2 \times 2,0} + \frac{5,61}{4} = 9,97 + 1,4 = 11,37 \tau$			$C_2 = \frac{73,5 + 1,83}{2 \times 2,0} + \frac{15,2}{4} = 18,80 + 3,8 = 22,6 \tau$		
v 1,8 b = 4,2м cos $\varphi_{0,985}$	$\frac{9,355 \times 7,95 = 31,2}{\Sigma M_{II} = 105,7}$	$\frac{2,135 \times 7,95 = 17,00}{1,655 \times 0,75 \times 7,95 = 143}$ $\frac{6,9}{9,0} \times \frac{7,2^2}{2} = 4,84$ $M_{WII} = 32,04$	$\frac{0,234 \times 7,25 = 1,68}{7,47}$	$\frac{16,19 \times 7,95 = 128,9}{\Sigma M_{II} = 202,4}$	$M_{WII} = \frac{32,04}{4,8} = 6,7$	$0,234 \times 7,95 = \frac{1,88}{17,06}$
	$C_1 = \frac{105,7 + 32,04}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{7,47}{4 \cdot 0,989} = 16,6 + 1,89 = 18,49 \tau$			$C_1 = \frac{202,4 + 6,7}{2 \times 4,2 \times 0,989} + \frac{17,06}{4 \times 0,989} = 25,2 + 4,31 = 29,51 \tau$		

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

$M_{II} = 2,57 \times 4,8 = 12,3 \text{ тм}$

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

$\Sigma M = 12,51 \text{ тм}$

$G = 0,24 + 2,09 = 2,33 \text{ т}$

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

$G = \frac{3,75}{1,17} = 3190 \frac{кг}{см^2} < [2100]$

3079-тм/3 а.95/101

Расчет опоры У110-2

Определение предельного угла поворота на опоре У110-2 в горных 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-Т6 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 схеме 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.

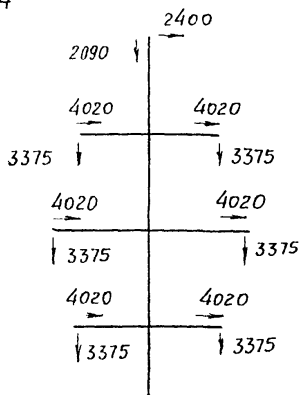
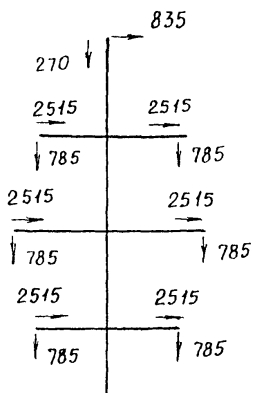
Эти элементы должны быть проверены на повышенные нагрузки по схеме I.

Как показывает расчет на листах 97 и 98 опоры 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 оборваны и свободны от гололеда.

III р-н гололедности, без разности тяжений.

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

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

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

$$l_{\text{габ}} = 320 \text{ м}.$$

Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.

IV район гололедности, без разности тяжений.

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

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

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

$$l_{\text{габ}} = 280 \text{ м}.$$

3079 ТМ/3 л. 97/101

Определение усилий в поясах ствола опоры У110-2

Таблица №31

Отметка, база	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 $M_{\Psi II}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{\Psi II}$	
∇ 9,75 $b=20m$	$0,835 \times 14,85 = 12,4$ $2,515 \times 2 \times 8,75 = 44,0$ $2,515 \times 2 \times 4,75 = 23,9$ $2,515 \times 2 \times 0,75 = 3,8$ <hr/> $15,93 \quad M_{II} = 84,1$	$0,484 \times 12,45 = 6,04$ $0,072 \times 2 \times 9,25 = 1,33$ $0,109 \times 5,25 = 1,14$ $0,059 \times 1,25 = 0,15$ <hr/> $1,65 \times 5,0 = 8,25$ $2,614 \quad M_{\Psi II} = 16,91$	$0,27 \times 1 = 0,270$ $0,785 \times 6 = 4,710$ $0,36 \times 14,85 = 5,350$ <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/> $26,52 \quad M_{II} = 150,2$	$M_{\Psi II} = \frac{16,91}{4,8} = 3,52$ (см. схему I)	$2,09 \times 1 = 2,09$ $3,375 \times 6 = 20,25$ $0,36 \times 14,85 = 5,35$ <hr/> $27,69$
	$U_2 = \frac{84,1 + 16,91}{2 \times 2,0} + \frac{10,33}{4} = 25,2 + 2,6 = 27,8 \text{ т}$			$U_2 = \frac{150,2 + 3,52}{2 \times 2,0} + \frac{27,69}{4} = 38,43 + 6,88 = 45,31 \text{ т}$		
∇ 1,8 м $b=4,2m$ $\mu_{\text{трос}}=0,989$	$15,93 \times 7,95 = 126,9$ $84,1$ <hr/> $211,0$	$2,614 \times 7,95 = 20,80$ $1,52 \times 3,9 = 5,94$ <hr/> $M_{\Psi II} = 43,65$	$0,28 \times 7,95 = 2,22$ $10,33$ <hr/> $12,55$	$26,52 \times 7,95 = 211,0$ $150,2$ <hr/> $361,2$	$M_{\Psi II} = \frac{43,65}{4,8} = 9,1$	$0,28 \times 7,95 = 2,22$ $27,69$ <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 $U_1 \quad \sigma = \frac{52,14}{24,8} = 2100 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = [1100]$

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

Определение усилия в поясе тросостойки

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

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

$\Sigma M = 11,74 \text{ тм}$

$G = 0,24 + 2,09 = 2,33 \text{ т}$

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

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

3079ТМ/З * 98/101

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 $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$ (см расчет № 3079ТМ-2 листы 39/50 - 46/50 и расчетный лист № 3079ТМ-т5-8)

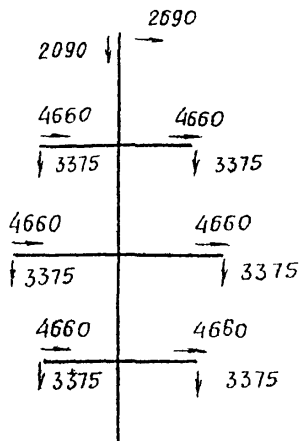
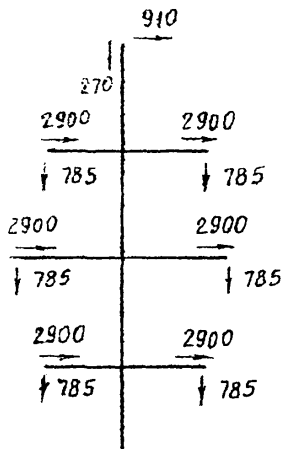
Увеличение скоростного напора с 50 до $80 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ отражается только на схемах нормального режима I и II. На схему аварийного режима III ($q=0$) увеличение скоростного напора не оказывает влияния, практически увеличение скоростного напора не оказывает влияния и на схему IIк, т.к.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

3079ТМ/3 1.99/101

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

$$\alpha = 54^\circ$$



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

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

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

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

$$l_{\text{гад}} = 320 \text{ м}$$

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

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

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

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

$$l_{\text{гад}} = 280 \text{ м}$$

3079 ТМ/3 Л.10.0.401

Определение усилий в поясах ствбала опоры УС110-6

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}	
∇14,8 б-2,0м	$0,91 \times 14,8 = 13,5$ $2,9 \times 2 \times 8,7 = 50,5$ $2,9 \times 2 \times 4,7 = 27,2$ $2,9 \times 2 \times 0,7 = 4,1$ <hr/> $M_{II} = 95,3$	$0,087 \times 2 \times 9,2 = 1,60$ $0,149 \times 2 \times 5,2 = 1,55$ $0,062 \times 2 \times 1,2 = 1,49$ $0,525 \times 12,4 = 6,51$ $2,16 \times 4,9 = 10,60$ <hr/> $M_{WII} = 21,75$	$0,270 \times 1 = 0,27$ $0,785 \times 6 = 4,71$ $0,338 \times 14,8 = 5,00$ <hr/> $9,98$	$2,69 \times 14,8 = 39,8$ $4,66 \times 2 \times 8,7 = 81,0$ $4,66 \times 2 \times 4,7 = 43,8$ $4,66 \times 2 \times 0,7 = 6,5$ <hr/> $M_{II} = 171,1$	$2,09 \times 1 = 2,09$ $3,375 \times 6 = 20,25$ $0,338 \times 14,8 = 5,00$ <hr/> $27,34$	$M_{WII} = \frac{21,75}{4,8} = 4,53$ (см. схему I)
$U_2 = \frac{95,3 + 21,75}{2 \times 2,0} + \frac{9,98}{4} = 29,24 + 2,5 = 3,74 \text{ т}$			$U_2 = \frac{171,1 + 4,53}{2 \times 2,0} + \frac{27,34}{4} = 43,91 + 6,8 = 50,71 \text{ т}$			
∇6,05 б-2,8м шаг-0,998	$18,31 \times 8,75 = 160,0$ $18,31$ <hr/> $M_{II} = 255,3$	$3,28 \times 8,75 = 28,70$ $1,64 \times 4,4 = 7,20$ <hr/> $M_{WII} = 57,65$	$0,29 \times 8,75 = 2,54$ <hr/> $11,52$	$30,65 \times 8,75 = 268,0$ $30,65$ <hr/> $M_{II} = 439,1$	$0,29 \times 8,75 = 2,54$ <hr/> $29,88$	$M_{WII} = \frac{57,65}{4,8} = 12,0$
$U_1 = \frac{255,3 + 57,65}{2 \times 2,8 \times 0,998} + \frac{12,52}{4 \times 0,998} = 56,0 + 3,14 = 59,14 \text{ т}$			$U_1 = \frac{439,1 + 12,0}{2 \times 2,8 \times 0,998} + \frac{29,88}{4 \times 0,998} = 80,8 + 7,45 = 88,25 \text{ т}$			
∇1,6 б-3,24 шаг-0,998	$18,31 \times 4,45 = 81,5$ $18,31$ <hr/> $M_{II} = 336,8$	$0,135 \times 2,2 = 1,62$ $4,92 \times 4,45 = 22,0$ <hr/> $M_{WII} = 81,27$	$0,51 \times 4,45 = 2,27$ <hr/> $14,79$	$30,65 \times 4,45 = 136,5$ $30,65$ <hr/> $M_{II} = 575,6$	$0,51 \times 4,45 = 2,27$ <hr/> $32,15$	$M_{WII} = \frac{79,37}{4,8} = 16,5$
$U_6 = \frac{336,8 + 81,27}{2 \times 3,24 \times 0,998} + \frac{14,79}{4 \times 0,998} = 64,5 + 3,7 = 68,2 \text{ т}$			$U_6 = \frac{575,6 + 16,5}{2 \times 3,24 \times 0,998} + \frac{32,15}{4 \times 0,998} = 91,5 + 8,0 = 99,5 \text{ т}$			

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

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

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

Определение усилия в поясе тросостойки

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

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

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

$G = 0,24 + 1,09 = 2,33 \text{ т}$

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

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

Рассчитал *Кучер* / Константинов
 Проверил: *Мур* / Такарева

№3079 ТМ ТЗ Лист 101/1

2-СТУТМ/З → 101/101