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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ НОРМАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 35 110 И 150 КВ

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 4

РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР 110 КВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ ИНСТИТУТА /А. ЛЕВИН/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ ИНСТИТУТА ПО ВЛ /В. ОВОЗЕНКО/

МОСКВА - 1968 г

N 3078 ТМТ-4 Лист 1/78

gost.e-ecolog.ru

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ НОРМАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 35, 110 и 150 кв

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 4

РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР 110 кв

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР /К. КРЮКОВ/

ЗАМ. НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА /Н. РУМЯНЦЕВ/

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ /К. СИНЕЛОБОВ/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА /Б. НОВГОРОДЦЕВ/

ЛЕНИНГРАД 1968 г.

№ 3078-м-4 Лист 2178

Состав проекта

		Инвентарный номер
Том 1.	Пояснительная записка	3078 тм – т 1
Том 2.	Расчеты промежуточных опор ВЛ 35 кв	3078 тм – т 2
Том 3.	Расчеты анкерно-угловых опор ВЛ 35 кв	3078 тм – т 3
Том 4.	Расчеты промежуточных опор ВЛ 110 кв	3078 тм – т 4
Том 5	Расчеты промежуточных опор ВЛ 150 кв	3078 тм – т 5
Том 6.	Расчеты анкерно-угловых опор ВЛ 110-150 кв	3078 тм – т 6
Том 7.	Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 35 кв	3078 тм – т 7
Том 8.	Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 35 кв	3078 тм – т 8
Том 9.	Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 110 и 150 кв	3078 тм – т 9
Том 10	Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 110 – 150 кв	3078 тм – т 10
Том 11.	Нагрузки на фундаменты	3078 тм – т 11

Аннотация

В настоящем томе приводятся расчеты свободностоящих промежуточных опор ВЛ 110 кв: одноцепных П110-1, П110-3, П110-5 и двухцепных П110-2, П110-К, П110-6, а также одностоечной промежуточной опоры на оттяжках П110-7.

Все опоры рассчитаны на нагрузки III района по ветру; марки проводов по ГОСТ 839-59 и районы по гололеду, принятые в расчетах отдельных типов опор, указаны на листах нагрузок /см. листы 13 ÷ 24/

Расчеты опор выполнены по методу предельных состояний согласно нормам ПУЭ-65, СН и П II – И9-62 с учетом изменений некоторых пунктов ПУЭ-65, утвержденных решением Министерства Энергетики и электрификации СССР № 113 от 7 сентября 1967 г. при рассмотрении проекта унифицированных опор.

Секции и элементы рассчитаны на наиболее неблагоприятные условия их применения.

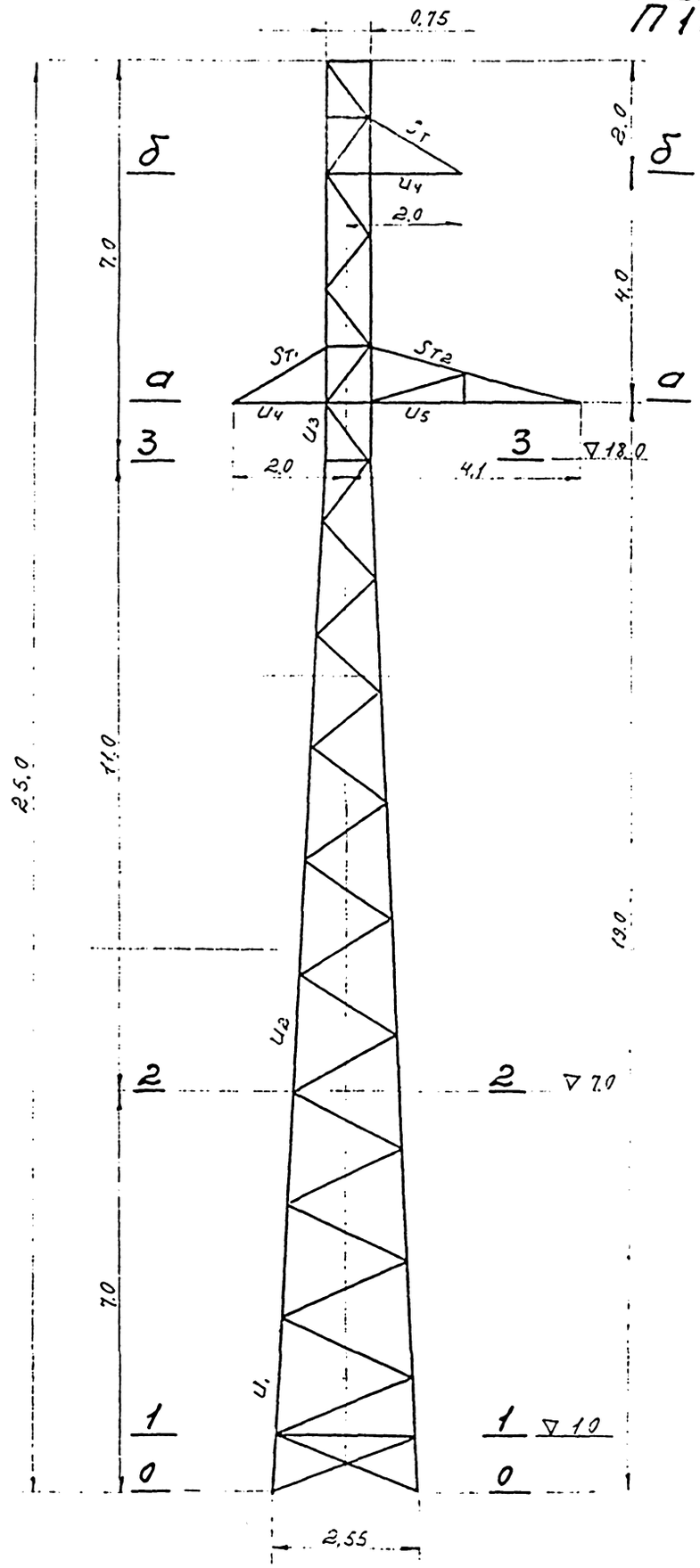
Расчетные листы включены в объем томов расчетов, а также в объем рабочих чертежей соответствующих опор.

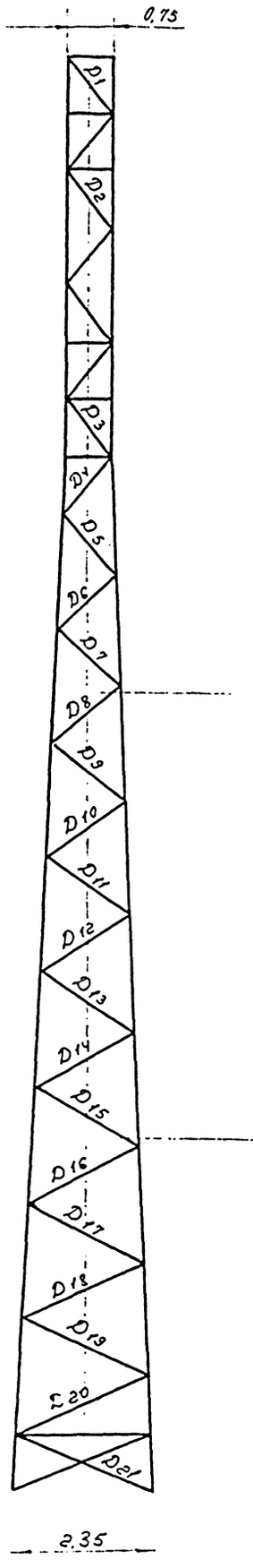
Содержание тома 4

		листы
I	Расчет свободностоящих опор	
1.	Эскизы опор	7 ÷ 12
2.	Нагрузки на опоры	13 ÷ 24
3.	Давление ветра на конструкцию опор	25 ÷ 30
4.	Расчет поясов ствола опор	31 ÷ 36
5.	Расчет раскосов ствола опор	37
6.	Расчет траверс	38 ÷ 46
7.	Расчет распорок и диафрагм	47 ÷ 49
8.	Расчет стыков поясов ствола	50 ÷ 64
II.	Расчет опоры на оттяжках	
9.	Эскиз опоры	65
10.	Нагрузки на опору	66 ÷ 67
11.	Давление ветра на конструкцию опоры	68
12.	Расчет стойки и оттяжек опоры	69 ÷ 73
13.	Расчет нижней траверсы	74 ÷ 77
14.	Расчет стыков поясов ствола	78

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

для опоры П110-1	листы:	3, 7, 13, 14, 25, 31, 37, 38, 39, 40, 47, 50, 51, 3078 тм – 141
для опоры П110-3	листы:	3, 8, 15, 16, 26, 32, 37, 41, 42, 43, 48, 52, 53, 3078 тм – 142
для опоры П110-5	листы:	3, 9, 17, 18, 27, 33, 37, 44, 45, 46, 49, 54, 55, 3078 тм – 143
для опоры П110-2	листы:	3, 10, 19, 20, 28, 34, 37, 38, 39, 40, 47, 52, 53, 3078 тм – 144
для опоры П110-4	листы:	3, 11, 21, 22, 29, 35, 37, 41, 42, 43, 48, 58, 59, 3078 тм – 145
для опоры П110-6	листы:	3, 12, 23, 24, 30, 36, 37, 44, 45, 46, 49, 60, 61, 62, 3078 тм – 146
для опоры П110-7	листы:	65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 3078 тм – 147.

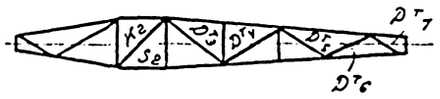




Сечение б-б



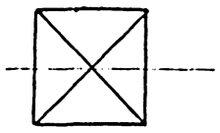
Сечение а-а



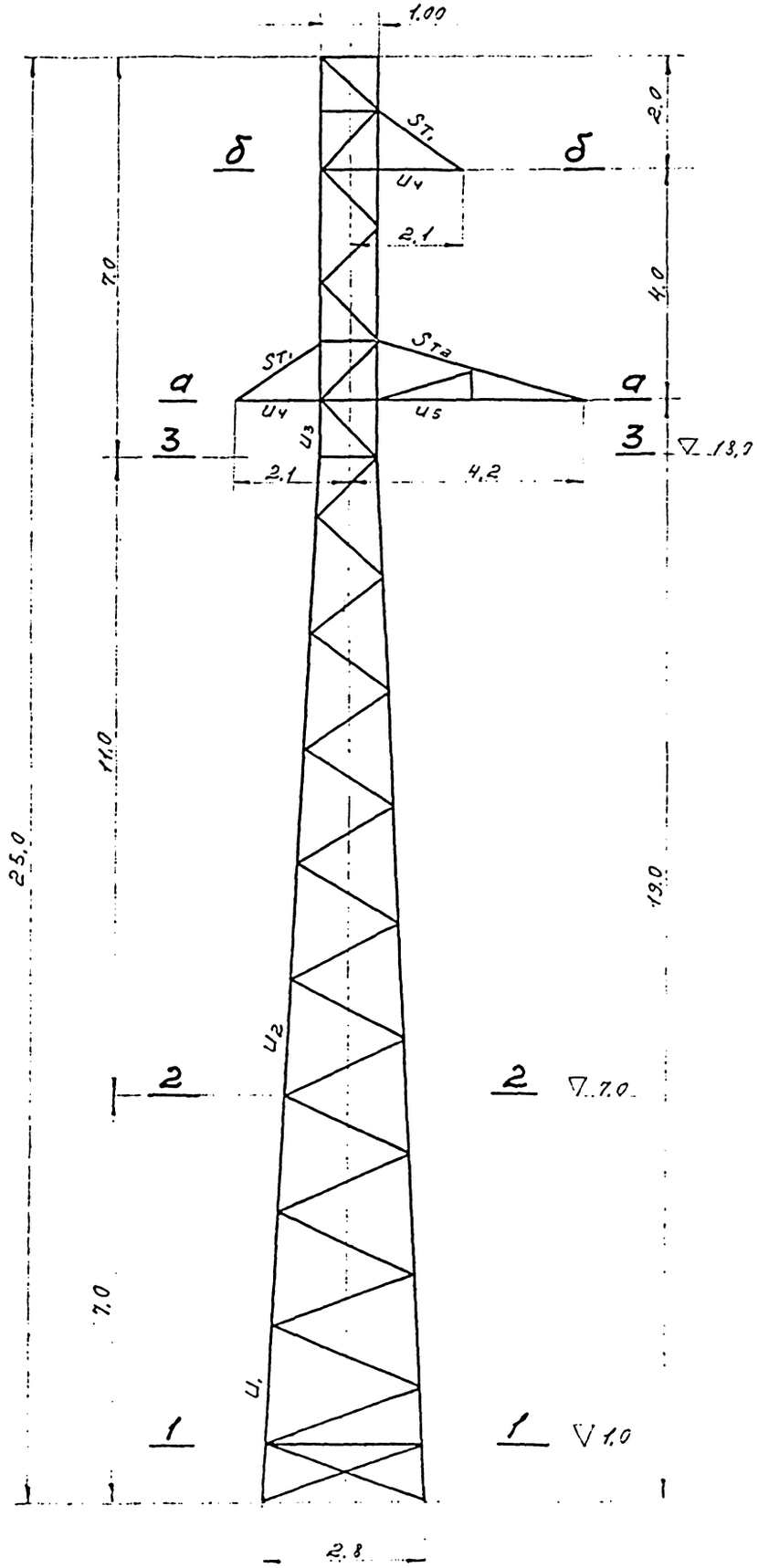
Сечение 3-3

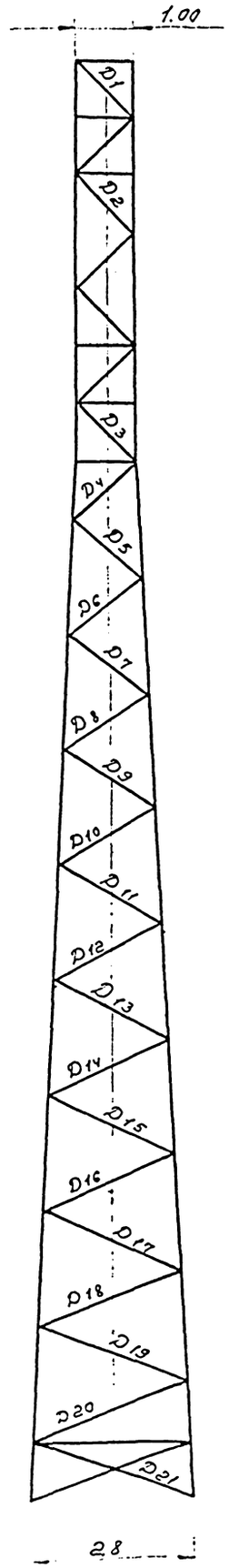


Сечение 1-1

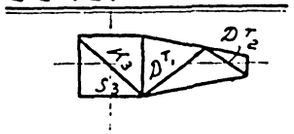


П110-3

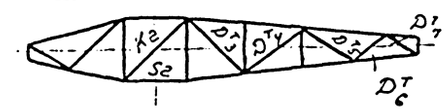




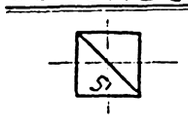
Сечение δ-δ



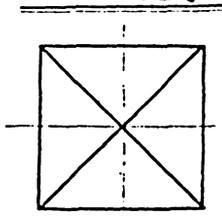
Сечение а-а



Сечение 3-3

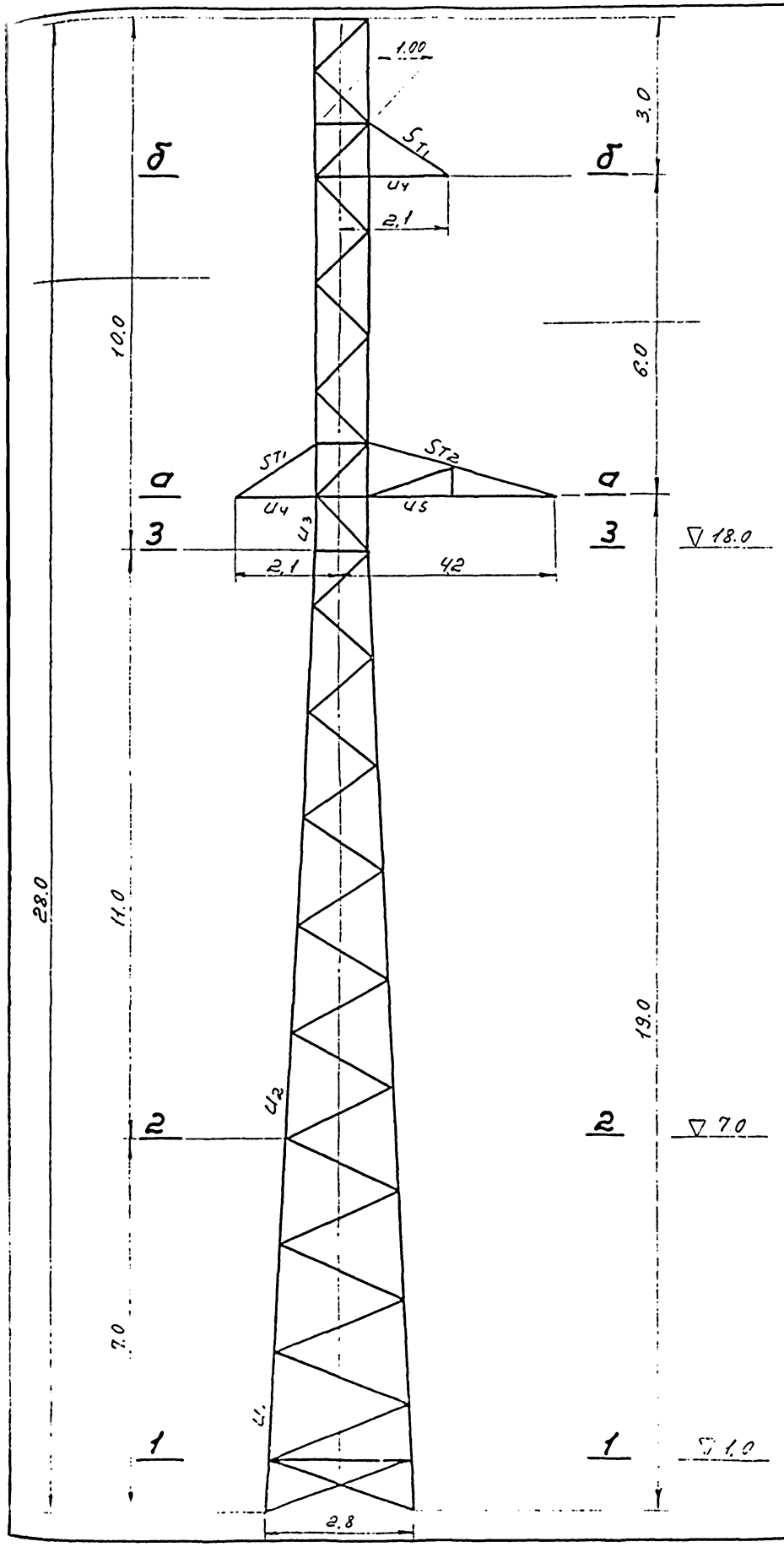


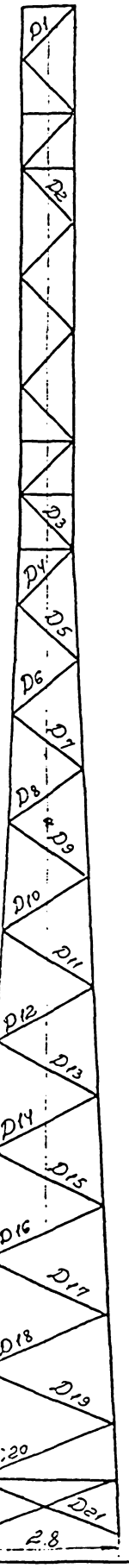
Сечение 1-1



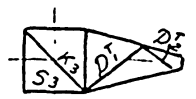
N2079	1.	Лист
П3070 ТМ-1	1	8 / 18

П 110-5

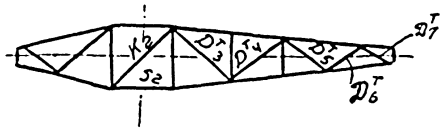




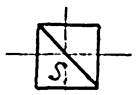
Сечение б-б



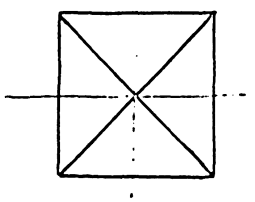
Сечение а-а

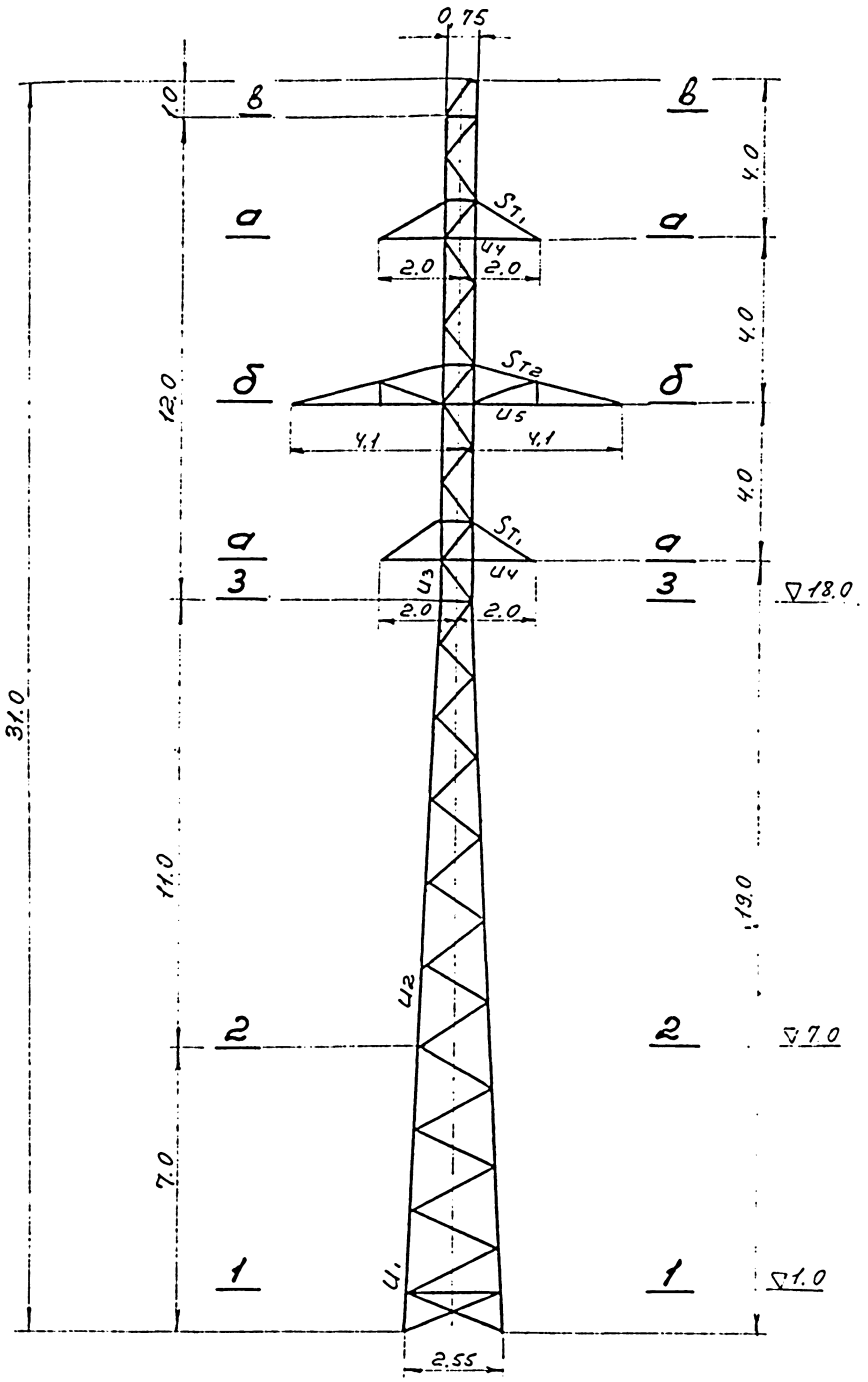


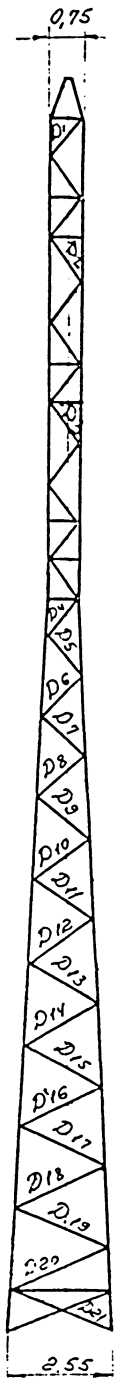
Сечение 3-3



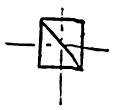
Сечение 1-1



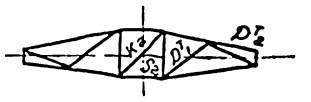




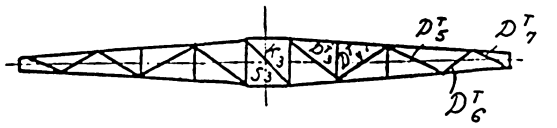
Сечение в-в



Сечение а-а



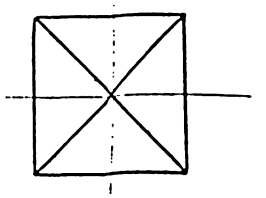
Сечение б-б

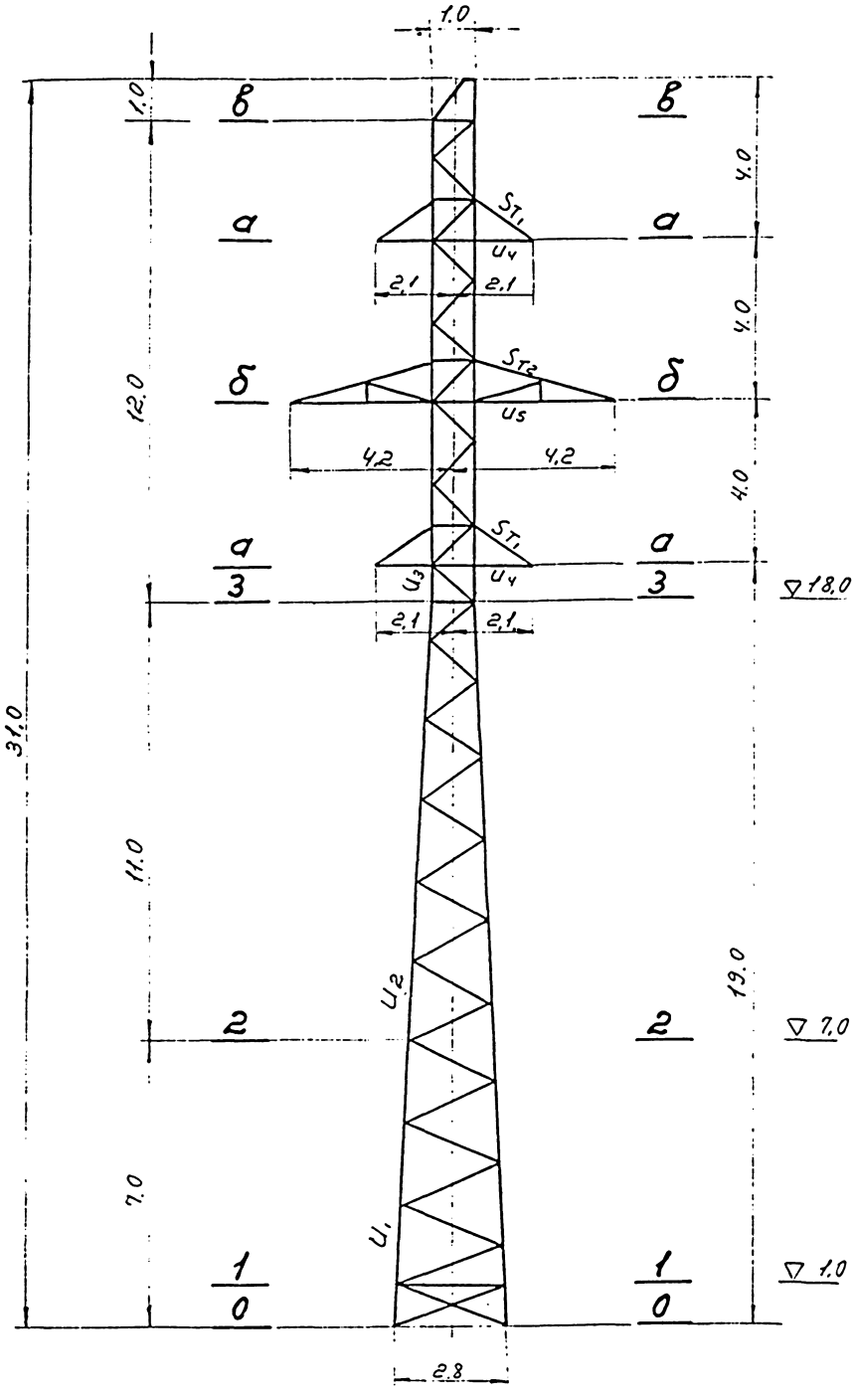


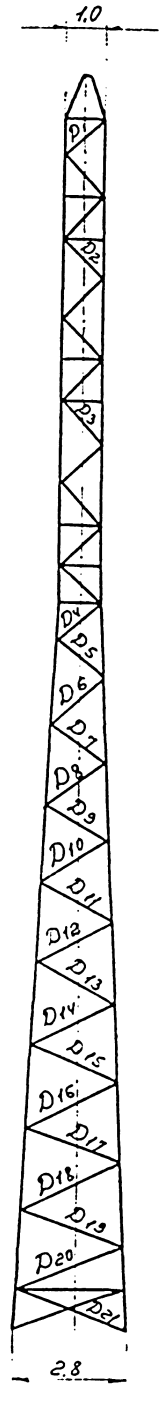
Сечение 3-3



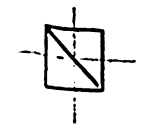
Сечение 1-1



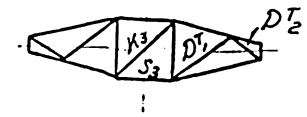




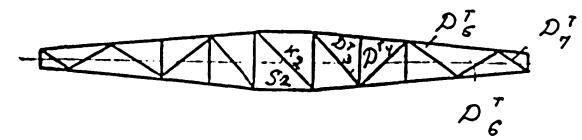
Сечение в-в



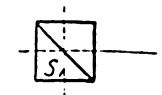
Сечение а-а



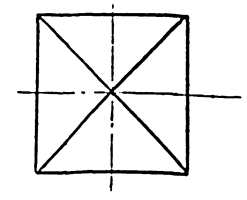
Сечение б-б



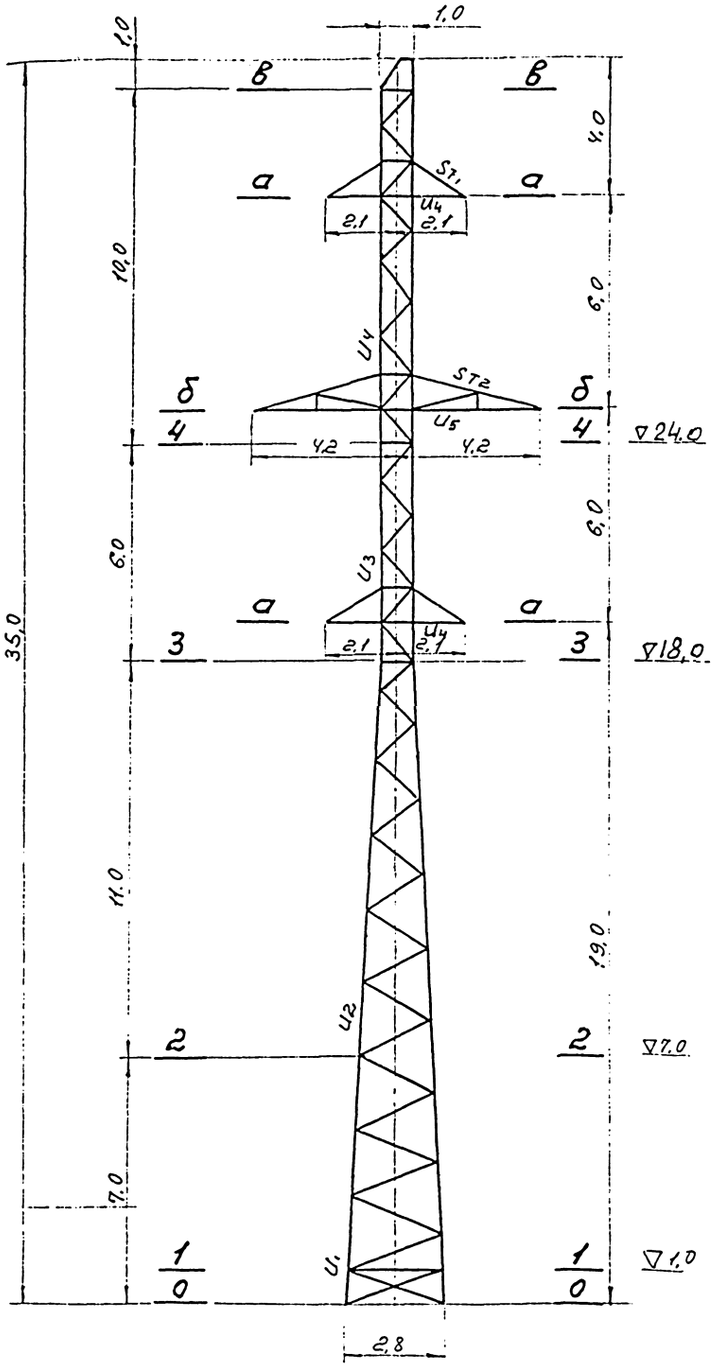
Сечение 3-3

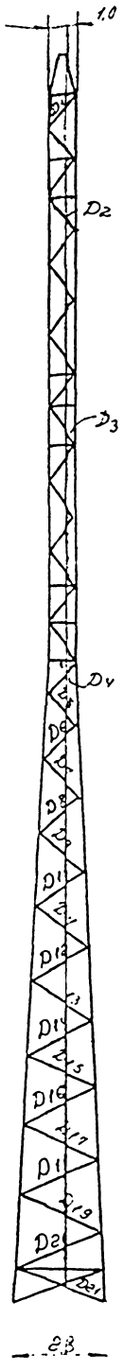


Сечение 1-1

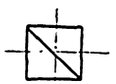


П 110-б

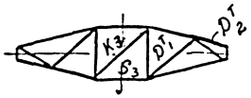




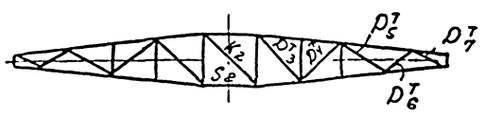
Сечение в-в



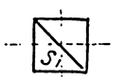
Сечение а-а.



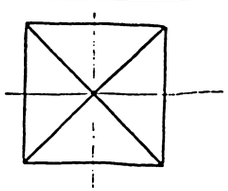
Сечение б-б



Сечение 3-3

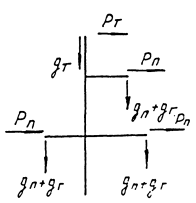
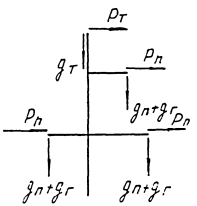
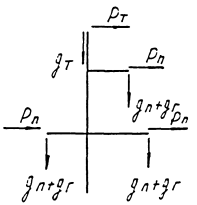


Сечение 1-1



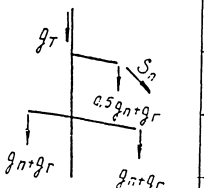
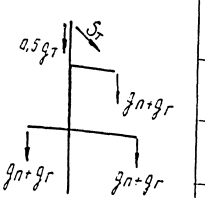
Нагрузки на одноцепную промежуточную опору П 110 – 1

Таблица №1

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда АС-95			I р-н гололеда С-50			II р-н гололеда АС-95			II р-н гололеда С-50		
					l ветр.	375 м						375 м					
					l вес.	470 м						380 м					
					l габ.	375 м						305 м					
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_п^н=50$ кг/м², $q_т^н=68$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	240	1,2	290	200	1,2	240	240	1,2	290	200	1,2	240
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	180	1,1	200	195	1,1	215	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	220	—	245	195	—	215	190	—	210	160	—	180
I^а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠ 45° к оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_п^н=50$ кг/м², $q_т^н=68$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	170	1,2	205	140	1,2	170	170	1,2	205	140	1,2	170
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	180	1,1	200	195	1,1	215	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	220	—	245	195	—	215	190	—	210	160	—	180
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=5$ мм; $q_п^н=12,5$ кг/м², $C=10$ мм; $q_т^н=17$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода троса.	$P_п$ $P_т$	130	1,4	185	145	1,4	200	190	1,4	265	220	1,4	310
				Вес пролета провода, троса	$g_п$	180	1,1	200	195	1,1	215	150	1,1	165	160	1,1	180
					$g_т$	120	2,0	240	95	2,0	190	250	2,0	500	205	2,0	410
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	340	—	485	285	—	400	440	—	710	365	—	590

3078тм/4 л. 14/79

Продолжение таблицы №1

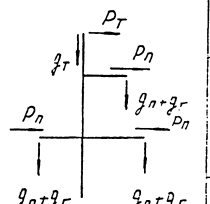
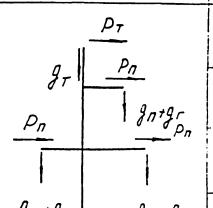
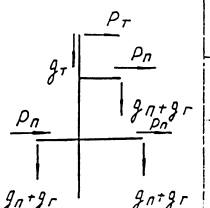
№№ схем	Расчетные схемы	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Вид нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АС-95			С-50			АС-95			С-50		
					ℓ вет.	375м						375м					
					ℓ вес	470м						380м					
					ℓ габ	375м						305м					
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$.		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	580	1,3 х 0,8 = 1,04	600	—	—	—	585	1,3 х 0,8 = 1,04	610	—	—	—
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	180	1,1	200	190	1,1	210	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	220	—	245	190	—	210	190	—	210	160	—	180
IV	Оборван один трос. Провойд не оборваны. Тяжение троса равна половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$.		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3 х 0,8 = 1,04	1360	—	—	—	1305	1,3 х 0,8 = 1,04	1360
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	180	1,1	200	190	1,1	210	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ / $g_т$	220	—	245	190	—	210	190	—	210	160	—	180

Примечания

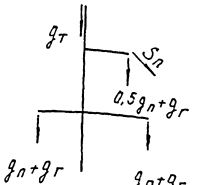
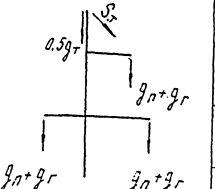
1. Высота центра тяжести троса – 20м.
   Нормативный скоростной напор $q^н = 1,36 \times 50 = 68$ кг/м^2
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм^2.
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5кг.

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору П 40-3

Таблица №2

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					ℓ ветр.	395 м						395 м					
					ℓ вес.	495 м						475 м					
					ℓ гол.	395 м						380 м					
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 50$ кг/м²; $q_т^н = 68$ кг/м²; $t=-5°C$; $C=0$;		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ / $P_т$	370	1,2	445	210	1,2	250	370	1,2	445	210	1,2	250
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$q_n^н = 50$ кг/м²; $q_т^н = 68$ кг/м²; $t=-5°C$; $C=0$;		Давление ветра на пролёт провода, троса.	$P_п$ / $P_т$	260	1,2	310	150	1,2	180	260	1,2	310	150	1,2	180
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 12{,}5$ кг/м²; $q_т^н = 17$ кг/м²; $t=-5°C$; $C=5$мм / $t=-5°C$; $C=10$мм		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ / $P_т$	185	1,4	260	155	1,4	220	245	1,4	345	235	1,4	330
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	460 / 180	1,1 / 2,0	505 / 380	205 / 100	1,1 / 2,0	225 / 200	440 / 425	1,1 / 2,0	485 / 850	195 / 255	1,1 / 2,0	215 / 510
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45		—	
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ / $g_т$	690	—	930	305	—	425	905	—	1380	450	—	725

Продолжение таблицы №2

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия.	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда АСО-240						II р-н гололеда АСО-240					
												395 м			475 м		
												380 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве.	$S_п$	1035	1,3 х 0,8 = 1,04	1080	—	—	—	1240	1,3 х 0,8 = 1,04	1290	—	—	—
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ $g_г$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3 х 0,8 = 1,04	1360	—	—	—	1305	1,3 х 0,8 = 1,04	1360
				Вес пролёта провода, троса	$g_п$ $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215

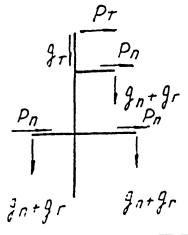
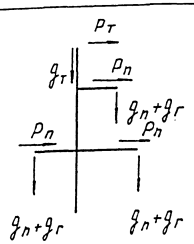
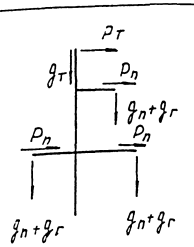
Примечания

1. Высота центра тяжести троса 20 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,36 \times 50 = 68$ кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5кг.

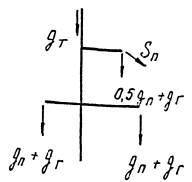
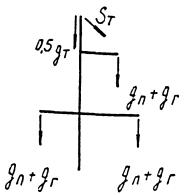
3078тм/4 л. 17/29

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору П 110-5

Таблица N3

№ схем	Расчёт схемы.	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок.	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда. АСО-240			III р-н гололеда. С-50			IV р-н гололеда. АСО-240			IV р-н гололеда. С-50		
					l ветр.	330 м						330 м					
					l вес	415 м						360 м					
					l габ.	330 м						290 м					
						нормат.	n	расчётн	нормат.	n	расчетн	нормат.	n	расчётн	нормат.	n	расчетн
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м²; $q_т^н=68$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	305	1,2	365	175	1,2	210	305	1,2	365	175	1,2	210
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ $g_т$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м²; $q_т^н=68$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	215	1,2	260	125	1,2	150	215	1,2	260	125	1,2	150
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=15$ мм; $q_n^н=140$ кг/м²; $C=20$ мм; $q_т^н=17$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода троса.	$P_п$ $P_т$	285	1,4	400	260	1,4	365	340	1,4	475	330	1,4	460
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	385 645	1,1 2,0	425 1290	170 425	1,1 2,0	185 850	335 845	1,1 2,0	370 1690	150 590	1,1 2,0	165 1180
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	1070	—	1760	595	—	1035	1220	—	2105	740	—	1345

Продолжение таблицы N3

	Расчетные схемы.	Расчётные климатические условия.	Схемы нагрузок.	Род нагрузок.	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					l ветр	330 м						330 м					
					l вес	415 м						360 м					
					l габ	330 м						290 м					
						нормат.	п	расчётн	нормат.	п	расчётн	нормат.	п	расчётн	нормат.	п	расчётн
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$;		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_г$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_г$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165

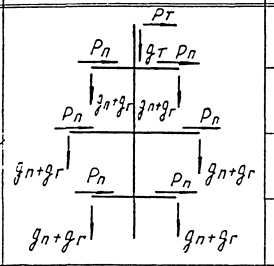
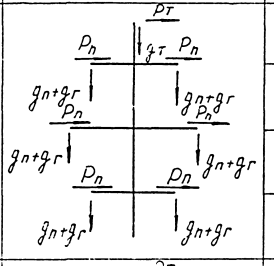
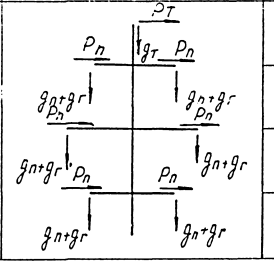
Примечания:

1. Высота центра тяжести троса 20,4 м
   Нормативный скоростной напор $q^н = 1,36 \times 50 = 68$ кг/м².
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{Tmax} = 54$ кг/м²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

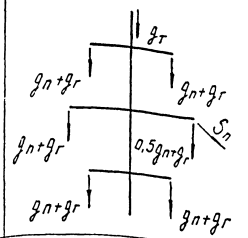
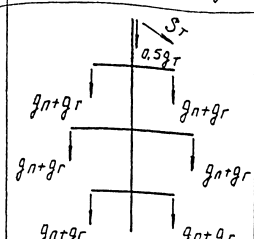
3078тм/4 л. 19/79

Нагрузки на двухцепную промежуточную опору П 110-2

Таблица № 4

	Расчётные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок.	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АС-95			С-50			АС-95			С-50		
					ℓ ветр.	375 м						375 м					
					ℓ вес	470 м						380 м					
					ℓ габ.	375 м						305 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$\{q_n^н = 50$ кг/м²; $q_т^н = 72$ кг/м²; $t=-5°C$; $C=0$;		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n / $P_т$	240	1,2	290	205	1,2	245	240	1,2	290	205	1,2	245
				Вес пролёта провода, троса	g_n / $g_т$	180	1,1	200	195	1,1	215	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ / $g_т$	220	—	245	195	—	215	190	—	210	160	—	180
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$\{q_n^н = 50$ кг/м²; $q_т^н = 72$ кг/м²; $t=-5°C$; $C=0$;		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n / $P_т$	170	1,2	205	145	1,2	175	170	1,2	205	145	1,2	175
				Вес пролёта провода, троса.	g_n / $g_т$	180	1,1	200	195	1,1	215	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ / $g_т$	220	—	245	195	—	215	190	—	210	160	—	180
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$\{q_n^н = 12,5$ кг/м²; $q_т^н = 18$ кг/м²; $t=-5°C$; $C=5$мм; $t=-5°C$; $C=10$мм		Давление ветра на пролёт провода, троса.	P_n / $P_т$	130	1,4	185	155	1,4	215	190	1,4	265	235	1,4	330
				Вес пролёта провода, троса.	g_n / $g_т$	180 / 120	1,1 / 2,0	200 / 240	195 / 95	1,1 / 2,0	215 / 190	150 / 250	1,1 / 2,0	165 / 500	160 / 205	1,1 / 2,0	180 / 410
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$ / $g_т$	340	—	485	285	—	400	440	—	710	365	—	590

Продолжение таблицы №4

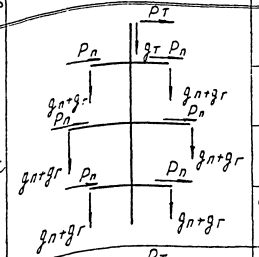
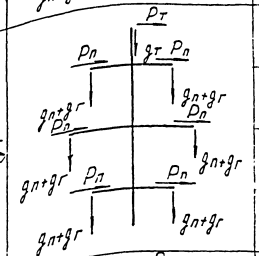
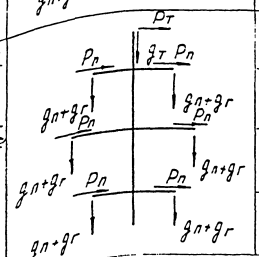
№ схем	Расчётные схемы.	Расчетные климатические условия.	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АС-95			С-50			АС-95			С-50		
						с ветр	375 м					375 м					
						с вес	470 м					380 м					
						с гол	370 м					305 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат	n	расчетн	нормат.	n	расчётн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору.	t=-5°C; C=0; $q^н$=0;		Тяжение провода при обрыве.	$S_п$	580	1,3 x 0,8 = 1,04	600	—	—	—	585	1,3 x 0,8 = 1,04	610	—	—	—
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	180	1,1	200	190	1,1	210	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	220	—	245	190	—	210	190	—	210	160	—	180
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	t=-5°C; C=0; $q^н$=0		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3 x 0,8 = 1,04	1360	—	—	—	1305	1,3 x 0,8 = 1,04	1360
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	180	1,1	200	190	1,1	210	150	1,1	165	160	1,1	180
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ / $g_т$	220	—	245	190	—	210	190	—	210	160	—	180

Примечания

1. Высота центра тяжести троса – 23,7 м
   Нормативный скоростной напор $q^н_т$ = 1,44 x 50 = 72 кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max}$ = 54 кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5кг.

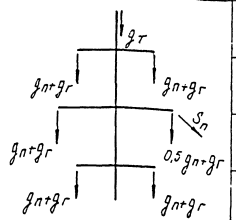
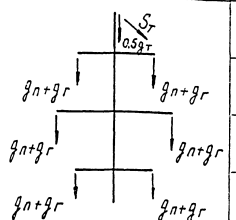
Нагрузки на двухцепную промежуточную опору П 110-4

Таблица №5

NN схем	Расчетные схемы.	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок.	Обозначения	I р-н гололёда АСО-240			I р-н гололёда С-50			II р-н гололёда АСО-240			II р-н гололёда С-50		
					l ветр	395 м						395 м					
					l вес	495 м						475 м					
					l габ.	395 м						380 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м² $q_т^н=72$ кг/м²		Давление ветра на пролёт провода, троса.	$P_п$ $P_т$	370	1,2	445	220	1,2	260	370	1,2	445	220	1,2	260
				Вес пролёта провода троса.	$g_п$ $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215
Iᵃ	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м² $q_т^н=72$ кг/м²		Давление ветра на пролёт провода, троса.	$P_п$ $P_т$	260	1,2	310	160	1,2	190	260	1,2	310	160	1,2	190
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=5$ мм; $q_n^н=12,5$ кг/м² $C=10$ мм; $q_т^н=18$ кг/м²		Давление ветра на пролёт провода, троса.	$P_п$ $P_т$	185	1,4	260	160	1,4	225	245	1,4	345	250	1,4	350
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
						190	2,0	380	100	2,0	200	425	2,0	850	255	2,0	510
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	690	—	930	305	—	425	905	—	1380	450	—	725

3078 тм/4 л. 21 т4

Продолжение таблицы N5

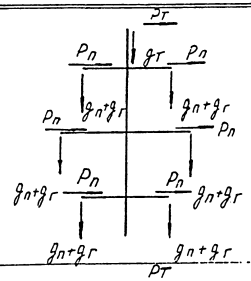
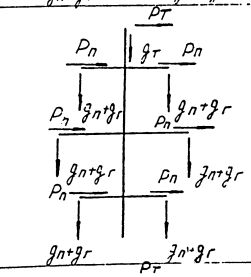
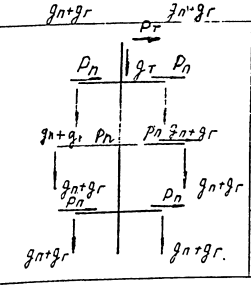
№	Расчётные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололёда АСО-240			I р-н гололёда С-50			II р-н гололеда АСО-240			II р-н гололеда С-50		
					l ветр	395 м						395 м					
					l вес	495 м						475 м					
					l габ.	395 м						380 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве.	$S_п$	1035	1,3 × 0,8 = 1,04	1080	—	—	—	1240	1,3 × 0,8 = 1,04	1290	—	—	—
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3 × 0,8 = 1,04	1360	—	—	—	1305	1,3 × 0,8 = 1,04	1360
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ $g_т$	460	1,1	505	205	1,1	225	440	1,1	485	195	1,1	215
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	500	—	550	205	—	225	480	—	530	195	—	215

Примечания:

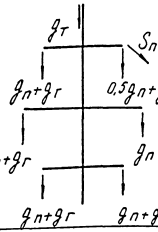
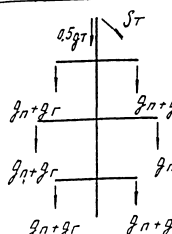
1. Высота центра тяжести троса 23,7 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1{,}44 \times 50 = 72$ кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Нагрузки на двухцепную промежуточную опору П110-6

Таблица №6

№№ схем	Расчетные схемы.	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок.	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда. АСО-240			III р-н гололеда. С-50			IV р-н гололеда. АСО-240			IV р-н гололеда. С-50		
					ℓ ветр.	330м			330м			330м			330м		
					ℓ вес	415м			415м			360м			360м		
					ℓ габ.	330м			330м			290м			290м		
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=53$ кг/м²; $q_т^н=77$ кг/м²		Давление ветра на пролёт провода, троса.	P_n / $P_т$	310	1,2	370	185	1,2	220	310	1,2	370	185	1,2	220
				Вес пролета провода, троса.	g_n / $g_т$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ / $g_т$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165
$I^а$	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=53$ кг/м²; $q_т^н=77$ кг/м²		Давление ветра на пролёт провода, троса.	P_n / $P_т$	225	1,2	270	135	1,2	160	225	1,2	270	135	1,2	160
				Вес пролета провода, троса.	g_n / $g_т$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ / $g_т$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $h=15м$; $q_n^н=14,0$ кг/м²; $C=20мм$; $q_г^н=19$ кг/м		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n / $P_т$	285	1,4	400	295	1,4	415	340	1,4	475	370	1,4	520
				Вес пролета провода, троса.	g_n / $g_т$	385 / 645	1,1 / 2,0	425 / 1290	170 / 425	1,1 / 2,0	185 / 850	335 / 845	1,1 / 2,0	370 / 1690	150 / 590	1,1 / 2,0	165 / 1180
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ / $g_т$	1070	—	1760	595	—	1035	1220	—	2105	740	—	1345

Продолжение таблицы №6

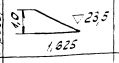
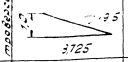
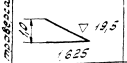
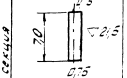
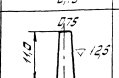
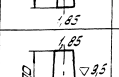
NN схем	Расчётные схемы.	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					$l_{ветр}$	330 м						330 м					
					$l_{вес}$	415 м						360 м					
					$l_{габ}$	330 м						290 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$;		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролёта провода, троса	$g_п$ / $g_т$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ / $g_т$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$;		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ / $g_т$	385	1,1	425	170	1,1	185	335	1,1	370	150	1,1	165
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	425	—	470	170	—	185	375	—	415	150	—	165

Примечания.

1. Высота центра тяжести троса - 27,9м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,53 \times 50 = 77$ кг м^2;
2. Высота центра тяжести провода - 15,9м
   Нормативный скоростной напор $q_п^н = 50 \times 1,063 = 53$ кг м^2
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания.
4. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/м^2
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкцию опоры П110-1 по схемам I и I^а

Таблица №7

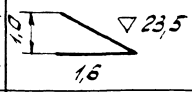
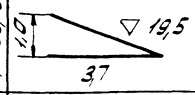
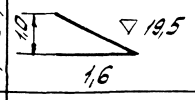
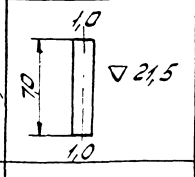
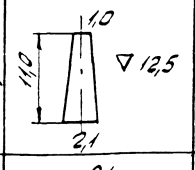
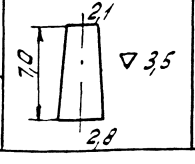
Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\Sigma f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_{ф} = 0{,}4\varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. пространственной фермы $C_{пр} = C_{ф}\,(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф. динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠ 45°: $P_{\perp} = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45°: $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэф. перегрузки $n = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠ 45°: $P_{\perp} = 0{,}8P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45°: $P_{\parallel} = 0{,}8P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса		1,43	72	0,20	0,81	0,247	0,346	0,77	0,613	16 [2] (35)	23 [3]	16 [3]	26	37	26
Нижняя траверса		1,32	66	0,54	1,86	0,290	0,406	0,69	0,687	37 [2] (83)	54 [3]	37 [3]	60	88	60
Нижняя траверса		1,32	66	0,20	0,81	0,247	0,346	0,77	0,613	14 [2] (32)	21 [3]	14 [3]	23	34	23
Верхняя секция		1,39	70	1,66	5,25	0,316	0,442	0,65	0,729	234	187	187	380	304	304
Средняя секция		1,00	50	2,70	14,30	0,189	0,265	0,87	0,496	356	285	285	576	461	461
Нижняя секция		1,00	50	2,23	15,40	0,145	0,203	0,95	0,390	294	235	235	476	381	381
									Итого:	951	805	774	1541	1305	1255

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$.
3. При ветре под ∠ 45° к оси ВЛ $P_{\perp} = 0{,}65 P_{тр}$, а $P_{\parallel} = 0{,}45 P_{тр}$.

Давление ветра на конструкцию опоры П110-3 по схемам I и I^а

Таблица №8

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_ф = C_i \varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. пространст. фермы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэфф. динамики (кг). При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45° $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45° $P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ коэфф перегрузки $n = 1{,}2$ (кг). При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45° $P_\perp = 0{,}8P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45° $P_\parallel = 0{,}8P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	 ▽23,5	1,43	72	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	15 [2] (33)	21 [3]	15 [3]	24	34	24
Нижняя траверса	 ▽19,5	1,32	66	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	0,684	36 [2] (81)	53 [3]	36 [3]	58	86	58
Нижняя траверса	 ▽19,5	1,32	66	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	13 [2] (30)	20 [3]	13 [3]	21	32	21
Верхняя секция	 ▽21,5	1,39	70	1,74	7,00	0,248	0,348	0,755	0,611	297	238	238	480	386	386
Средняя секция	 ▽12,5	1,00	50	3,10	17,00	0,182	0,255	0,88	0,480	408	326	326	660	528	528
Нижняя секция	 ▽3,5	1,00	50	2,64	17,10	0,155	0,217	0,93	0,419	358	286	286	580	464	464
									Итого:	1127	944	914	1823	1530	1481

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе при ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$.
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65 P_{тр}$, а $P_\parallel = 0{,}45 P_{тр}$.

Давление ветра на конструкцию опоры П110-5 по схемам I и I^а.

Таблица №9

Наименование секций	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_ф = C_i \varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. простран. фермы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэфф. перегрузки $n = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_0 = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8 P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,0; ▽25,5; 1,6	1,48	74	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	16 [2] (35)	23 [3]	16 [3]	26	37	26
Нижняя траверса	1,0; ▽19,5; 3,7	1,32	66	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	0,684	36 [2] (81)	53 [3]	36 [3]	58	86	58
Нижняя траверса	1,0; ▽19,5; 1,6	1,32	66	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	13 [2] (30)	20 [3]	13 [3]	21	32	21
Верхняя секция	10,0; ▽23,0; 1,0	1,42	71	2,34	10,00	0,234	0,328	0,79	0,587	416	333	333	675	540	540
Средняя секция	1,0; 11,0; ▽12,5; 2,1	1,00	50	3,10	17,00	0,182	0,255	0,88	0,480	408	326	326	660	528	528
Нижняя секция	2,1; 7,0; ▽3,5; 2,8	1,00	50	2,64	17,10	0,155	0,217	0,93	0,419	358	286	286	580	464	464
									Итого:	1247	1041	1010	2020	1687	1637

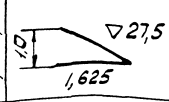
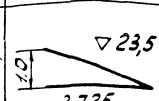
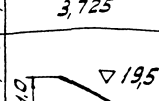
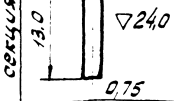
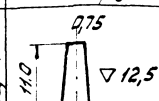
Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65 P_{тр}$, а $P_\parallel = 0{,}45 P_{тр}$.

3078тм/4 л. 28/79

Давление ветра на конструкцию опоры П110-2 по схемам I и I а

Таблица №10

Наименование секций	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы F_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{F_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_\Phi = C_1 \cdot \varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. пространственной фермы $C_{пр} = C_\Phi (1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэфф. перегрузки $n = 1{,}2$ (кг)		
										При ветре ⫽ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠ 45° $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45° $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ⫽ траверсе	При ветре ⫽ траверсе $P_р = q_0 C_{пр} \Sigma B n$	При ветре под ∠ 45° $P_\perp = 0{,}8 P_р$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45° $P_{\parallel} = 0{,}8 P_р$ ⫽ траверсе
Верхняя траверса		1,52	76,0	0,20	0,81	0,247	0,346	0,77	0,613	16×2 (35) [2]	23×2 [3]	16×2 [3]	26×2	37×2	26×2
Средняя траверса		1,43	72,0	0,54	1,86	0,290	0,406	0,69	0,687	40×2 (89) [2]	58×2 [3]	40×2 [3]	65×2	94×2	65×2
Нижняя траверса		1,32	66,0	0,20	0,81	0,247	0,346	0,77	0,613	14×2 (30) [2]	20×2 [3]	14×2 [3]	23×2	32×2	23×2
Верхняя секция		1,45	73,0	2,56	9,0	0,284	0,398	0,70	0,676	439	351	351	710	569	569
Средняя секция		1,00	50,0	3,12	14,3	0,218	0,305	0,82	0,555	396	316	316	641	511	511
Нижняя секция		1,00	50,0	2,32	15,4	0,151	0,212	0,93	0,409	315	252	252	510	408	408
									Итого:	1290	1121	1059	2089	1814	1716

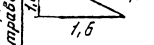
Примечания:

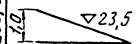
1. Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45 P_{тр}$
3. При ветре под ∠ 45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65 P_{тр}$, а $P_{\parallel} = 0{,}45 P_{тр}$.

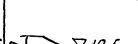
Давление ветра на конструкцию опоры П110-4 по схемам I и I^а

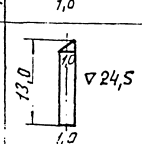
Таблица №11

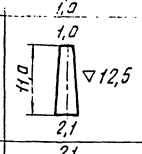
Секция	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_ф = C_i \varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. пространф. фермы $C_{пр} = C_ф / (1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэфф. перегрузки $\Pi = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta \eta$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8 P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,0; ▽27,5; 1,6	1,52	76	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	16 [2)] ×2 (36)	23 [3)] ×2	16 [3)] ×2	26×2	37×2	26×2
Средняя траверса	1,0; ▽23,5; 3,7	1,43	72	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	0,684	40 [2)] ×2 (90)	59 [3)] ×2	40 [3)] ×2	65×2	96×2	65×2
Нижняя траверса	1,0; ▽19,5; 1,6	1,32	66	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	13 [2)] ×2 (30)	20 [3)] ×2	13 [3)] ×2	21×2	32×2	21×2
Верхняя секция	13,0; 1,0; ▽24,5; 1,0	1,45	73	2,91	12,00	0,242	0,339	0,78	0,603	526	420	420	852	680	680
Средняя секция	11,0; 1,0; ▽12,5; 2,1	1,00	50	3,5	17,00	0,206	0,288	0,84	0,53	450	360	360	730	584	584
Нижняя секция	7,0; 2,1; ▽3,5; 2,8	1,00	50	2,73	17,10	0,160	0,224	0,92	0,43	368	294	294	595	476	476
									Итого:	1482	1278	1212	2401	2070	1964

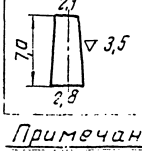












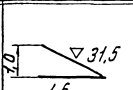
Примечания.

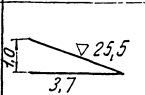
1. Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45 P_{тр}$.
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65 P_{тр}$, а $P_\parallel = 0{,}45 P_{тр}$.

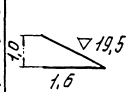
Давление ветра на конструкцию опоры П110-6 по схемам I-I^{а}.

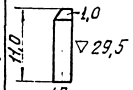
Таблица № 12

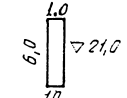
Наименование секции	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_ф = C_i \cdot \varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. простран. фермы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэфф. перегрузки $n = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8 P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,0; ▽31,5; 1,6	1,61	81	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	17 ×2 [2] (38)	25 ×2 [3]	17 ×2 [3]	28×2	41×2	28×2
Средняя траверса	1,0; ▽25,5; 3,7	1,48	74	0,53	1,85	0,286	0,401	0,70	0,684	42 ×2 [2] (93)	61 ×2 [3]	42 ×2 [3]	68×2	99×2	68×2
Нижняя траверса	1,0; ▽19,5; 1,6	1,32	66	0,19	0,80	0,238	0,333	0,78	0,594	14 ×2 [2] (31)	20 ×2 [3]	14 ×2 [3]	23×2	32×2	23×2
Верхняя секция	1,0; 11,0; ▽29,5; 1,0	1,56	78	2,49	10,00	0,249	0,349	0,76	0,615	480	384	384	778	623	623
Верхняя секция	1,0; 6,0; ▽21,0; 1,0	1,37	69	1,47	6,00	0,245	0,343	0,77	0,608	252	202	202	408	328	328
Средняя секция	1,0; 11,0; ▽12,5; 2,1	1,00	50	3,50	17,00	0,206	0,288	0,94	0,530	450	360	360	730	584	584
Нижняя секция	2,1; 7,0; ▽3,5; 2,8	1,00	50	2,73	17,10	0,160	0,224	0,92	0,430	368	294	294	595	476	476
									Итого:	1696	1452	1386	2749	2355	2247

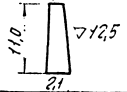


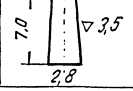












Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$., указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45 P_{тр}$.
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65\ P_{тр}$, а $P_\parallel = 0{,}45\ P_{тр}$.

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П110-1

Таблица №13

Сечения, отметки и базы	Схема I; I район гололеда			Схема I°; I район гололеда				Схема II; 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 $M_н$ и от ветра на конструкцию опоры M_w (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры M_w		От нагрузок на провода и трос $M_н$	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе M_{w_2}	От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверсе M_{w_1}			
3-3 ▽12,0 м в=0,75 м	0,24×7,0 = 1,68 0,29×5,0 = 1,45 0,29×2×1,0 = 0,58 1,11 $M_н$ = 3,71 $M_{н.у.}$ = 1,00 ΣM = 4,71	0,026×5,5 = 0,14 (0,023+0,06)×1,5 = 0,13 0,38×3,5 = 1,33 M_{w_2} = 1,6	0,215×1 = 0,22 0,245×3 = 0,74 0,08×7,0 = 0,56 1,52	0,17×7,0 = 1,19 0,245×5,0 = 1,03 0,245×2×1,0 = 0,41 1,19 $M_н$ = 2,63 $M_{н.у.}$ = 1,0 ΣM = 3,63	0,026×5,5 = 0,14 0,023×(0,06)×1,5 = 0,13 0,304×3,5 = 1,07 0,41 M_{w_2} = 1,34	0,037×5,5 = 0,2 (0,034+0,088)×1,5 = 0,18 0,304×3,5 = 1,07 0,46 M_{w_1} = 1,45	0,215×1 = 0,22 0,245×3 = 0,74 0,08×7 = 0,56 1,52	0,31×7,0 = 2,17 0,265×5,0 = 1,33 0,265×2×1,0 = 0,53 1,11 4,03 $M'w_{II} = \frac{1,6}{4,8} = 0,33$ $M_{н.у.}$ = 2,81 ΣM = 7,17	0,59×1 = 0,59 0,71×3 = 2,13 0,08×7,0 = 0,56 3,28
	$U_3 = \frac{4,71+1,6}{2\times0,75} + \frac{1,52}{4} = 4,2+0,38 = 4,58$ т			$U_3 = \frac{3,63+1,34+1,45}{2\times0,75} + \frac{1,52}{4} = 4,28+0,38 = 4,66$ т				$U_3 = \frac{7,17}{2\times0,75} + \frac{3,28}{4} = 4,78+0,82 = 5,6$ т	
2-2 ▽7,0 м в=1,85 м cos β=0,998	4,71 1,11×11,0 = 12,21 1,11 $M_н$ = 16,92	1,60 0,49×11,0 = 5,39 0,576×5,5 = 3,17 1,07 M_{w_2} = 10,16	1,52 0,08×11 = 0,88 2,4	3,63 1,19×11,0 = 8,70 1,19 $M_н$ = 12,33	1,34 0,41×11,0 = 4,51 0,461×5,5 = 2,54 0,871 M_{w_2} = 8,39	1,45 0,46×11,0 = 5,05 0,461×5,5 = 2,54 0,921 M_{w_1} = 9,04	1,52 0,08×11 = 0,88 2,4	6,84 1,11×11,0 = 12,21 1,11 12,05 $M_{w_{II}} = \frac{10,18}{4,8} = 2,16$ ΣM = 21,16	3,28 0,08×11 = 0,88 4,16
	$U_2 = \frac{16,92+10,16}{2\times1,85\times0,998} + \frac{2,4}{4\times0,998} = 7,34+0,61 = 7,95$ т			$U_2 = \frac{12,33+8,39+9,04}{2\times1,85\times0,998} + \frac{2,4}{4\times0,998} = 8,05+0,61 = 8,66$ т				$U_2 = \frac{21,16}{2\times1,2\times0,998} + \frac{4,16}{4\times0,998} = 8,80$ т	
1-1 ▽1,0 м в=2,45 м cos β=0,998	16,92 1,11×6,0 = 6,66 1,11 $M_н$ = 23,58	10,16 1,07×6,0 = 6,42 0,409×3,0 = 1,23 1,48 M_{w_2} = 17,81	2,40 0,08×6,0 = 0,48 2,88	12,33 1,19×6,0 = 4,70 1,19 $M_н$ = 17,03	8,39 0,87×6,0 = 5,22 0,327×3,0 = 0,98 1,2 M_{w_2} = 14,59	9,04 0,921×6,0 = 5,53 0,327×3,0 = 0,98 1,25 M_{w_1} = 15,55	2,40 0,28×6,0 = 0,48 2,88	8,05 1,11×6,0 = 6,66 1,11 25,71 $M_{w_{II}} = \frac{17,8}{4,8} = 3,72$ ΣM = 29,43	4,16 0,08×6,0 = 0,48 4,64
	$U_1 = \frac{23,58+17,81}{2\times2,45\times0,998} + \frac{2,88}{4\times0,998} = 8,45+0,72 = 9,17$ т			$U_1 = \frac{17,03+14,59+15,55}{2\times2,45\times0,998} + \frac{2,88}{4\times0,998} = 9,65+0,72 = 10,37$ т				$U_1 = \frac{29,4}{2\times2,45\times0,998} + \frac{4,64}{4\times0,998} = 7,19$ т	

Примечания:

1. $M_{н.у.}$ обозначает момент от неуравновешенных вертикальных нагрузок. По схеме I.
   $M_{н.у.} = 0,245 \times 4,1 = 1,0$ тм
2. Усилие в поясах определяется по формуле:
   $U = \frac{\Sigma M}{2B\cdot\cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4\cos\gamma}$

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П110-3

Таблица №14

Сечения, отметки и базы	Схема I; I р-н гололеда			Схема I^а; I р-н гололеда				Схема II; II р-н гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на констр. опоры $M_{W_{II}}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос. M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверс $M_{W_{II}}$	От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверс $M_{W_{\perp}}$			
3-3 ▽18,0 м. b=1,0 м.	0,25×7,0=1,75 0,445×5,0=2,23 0,445×2×1,0=0,89 1,585 M_{II}=4,87 $M_{н.у.}$=2,26 ΣM_{II}=7,13	0,024×5,5=0,13 (0,058+0,021)×1,5=0,12 0,480×3,5=1,68 0,583 $M_{W_{II}}$=1,93	0,225×1,0=0,225 0,55×3,0=1,65 0,104×7,0=0,73 2,61	0,18×7,0=1,26 0,34×5,0=1,55 0,31×2×1,0=0,62 1,11 M_{II}=3,43 $M_{н.у.}$=2,26 ΣM_{II}=5,69	0,024×5,5=0,13 (0,058+0,021)×1,5=0,12 0,386×3,5=1,35 0,489 $M_{W_{II}}$=1,60	0,034×5,5=0,19 (0,086+0,032)×1,5=0,18 0,386×3,5=1,35 0,538 $M_{W_{\perp}}$=1,72	0,225×1,0=0,225 0,55×3,0=1,65 0,104×7,0=0,73 2,61	0,33×7,0=2,31 0,345×5,0=1,78 0,345×2×1,0=0,69 1,37 M_{II}=4,73 $M_{W_{II}}=\frac{1,93}{4,8}$=1,40 $M_{н.у.}$=5,65 ΣM=10,78	0,425×1,0=0,425 0,93×3,0=2,79 0,104×7,0=0,73 3,95
	$U_3=\frac{7,13+1,93}{2\times1,0}+\frac{2,61}{4,0}=4,53+0,65=5,18$ т			$U_3=\frac{5,69+1,6+1,72}{2\times1,0}+\frac{2,61}{4,0}=4,5+0,65=5,15$ т				$U_3=\frac{10,78}{2\times1,0}+\frac{3,95}{4,0}=5,39+0,99=6,38$	
2-2 ▽7,0 м b=2,1 м Cos γ=0,998	7,13 1,585×11,0=17,45 1,585 M_{II}=24,58	1,93 0,583×11,0=6,41 0,660×5,5=3,63 1,243 $M_{W_{II}}$=11,97	2,61 0,104×11,0=1,14 3,75	5,69 1,11×11,0=12,20 1,1 M_{II}=17,89	1,60 0,489×11,0=5,38 0,528×5,5=2,91 1,017 $M_{W_{II}}$=9,89	1,72 0,538×11,0=5,91 0,528×5,5=2,91 1,066 $M_{W_{\perp}}$=10,54	2,61 0,104×11,0=1,14 3,75	0,38 1,37×11,0=1,10 $M_{W_{II}}=\frac{11,97}{4,8}$=2,49 1,37 ΣM=7,97	3,95 0,104×11,0=1,14 5,09
	$U_2=\frac{24,58+11,97}{2\times2,1\times0,998}+\frac{3,75}{4\times0,998}=8,72+0,94=9,66$ т.			$U_2=\frac{17,89+9,89+10,54}{2\times2,1\times0,998}+\frac{3,75}{4\times0,998}=9,14+0,94=10,08$ т.				$U_2=\frac{27,97}{2\times2,1\times0,998}\ \frac{5,09}{4\times0,998}=6,65+1,27=7,92$ т	
1-1 ▽1,0 м b=2,7 м. Cos γ=0,998	24,58 1,585×6,0=9,51 1,585 M_{II}=34,09	11,97 1,243×6,0=7,44 0,496×3,0=1,49 1,739 $M_{W_{II}}$=20,9	3,75 0,104×6,0=0,62 4,37	17,89 1,1×6,0=6,66 1,1 M_{II}=24,55	9,89 1,017×6,0=6,10 0,398×3,0=1,20 1,415 $M_{W_{II}}$=17,19	10,54 1,066×6,0=6,40 0,398×3,0=1,20 1,464 $M_{W_{\perp}}$=18,14	3,75 0,104×6,0=0,62 4,37	25,48 1,37×6,0=8,22 $M_{W_{II}}=\frac{20,9}{4}$=5,20 1,37 ΣM=38,90	5,09 0,104×6,0=0,62 5,71
	$U_1=\frac{34,09+20,9}{2\times2,7\times0,998}+\frac{4,37}{4\times0,998}=10,2+1,09=11,29$ т.			$U=\frac{24,55+17,19+18,14}{2\times2,7\times0,998}+\frac{4,08}{4\times0,998}=11,10+1,02=12,12$ т				$U_1=\frac{38,90}{2\times2,7\times0,998}+\frac{5,71}{4\times0,998}=7,2+1,43=8,63$ т	

Примечания:

1. $M_{н.у.}$ обозначает момент от неуравновешенных вертикальных нагрузок. По схеме I $M_{н.у.}=0,55\times4,1=2,26$ тм
2. Усилие в поясах определяется по формуле: $U=\frac{\Sigma M}{2B\cdot\cos\gamma}+\frac{\Sigma G}{4\cos\gamma}$

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П110-5

Таблица №15

Сечения отметки и базы	Схема I: III р-н гололеда. Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос $M_{н}$	Схема I: III р-н гололеда. Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$	Схема I: III р-н гололеда. Вертикальные нагрузки G (т)	Схема I^а: III р-н гололеда. Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос $M_{н}$	Схема I^а: III р-н гололеда. Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{w_{II}}$	Схема I^а: III р-н гололеда. Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: I траверсе $M_{w_{I}}$	Схема I^а: III р-н гололеда. Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II: IV р-н гололеда. Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос $M_{н}$ и от ветра на конструкцию опоры M_{w} (тм)	Схема II: IV р-н гололеда. Вертикальные нагрузки G (т)
3-3. ▽18,0 м, в=1,0 м	0,21×10,0=2,1 0,365×7,0=2,56 0,365×2×1,0=0,73 1,31 $M_{н}$=5,39 $M_{н.у.}$=1,92 $\Sigma M_{н}$=7,37	0,025×7,5=0,20 (0,058+0,021)×1,5=0,12 0,675×5,0=3,38 0,78 M_{w}=3,70	0,185×1=0,185 0,47×3=1,41 0,10×10,0=1,0 2,6	0,15×10,0=1,50 0,260×7,0=1,82 0,26×2×1,0=0,52 0,93 $M_{н}$=3,84 $M_{н.у.}$=1,98 $\Sigma M_{н}$=5,82	0,026×7,5=0,20 (0,058+0,021)×1,5=0,12 0,540×5,0=2,70 0,65 M_{w}=3,02	0,037×7,5=0,28 (0,026+0,032)×1,5=0,177 0,540×5,0=2,7 0,7 $M_{w_{I}}$=3,16	0,185×1=0,185 0,47×3=1,41 0,10×10=1,00 0,10 2,6	0,40×10,0=4,60 0,475×7,0=3,38 0,475×2×10=0,95 1,89 $M_{н}$=8,87 $M_{w_{II}}=\frac{3}{4,8}=0,77$ $M_{н.у.}$=2,105×4,2=8,85 ΣM=8,49	1,345×1=1,45 2,105×3=6,315 0,10×10=1,000 8,66
	$U_3=\frac{7,37+3,70}{2\times1,0}+\frac{2,6}{4}=5,52+0,65=6,17$ т			$U_3=\frac{5,82+3,02+3,16}{2\times1,0}+\frac{2,6}{4}=6,0+0,65=6,65$ т				$U_3=\frac{18,49}{2\times1,0}-\frac{8,66}{4}=11,41$ т	
2-2 ▽7,0 м, в=2,1 м, $\cos\gamma$=0,998	7,37 1,31×11,0=14,40 1,31 $M_{н}$=21,77	3,70 0,78×11,0=8,58 0,66×5,5=3,63 1,44 M_{w}=15,91	2,6 0,10×11,0=1,1 3,7	5,82 0,93×11,0=10,23 0,93 $M_{н}$=16,05	3,02 0,65×11,0=7,15 0,528×5,5=2,91 1,18 $M_{w_{II}}$=13,08	3,16 0,7×11,0=7,70 0,528×5,5=2,91 1,23 $M_{w_{I}}$=13,77	2,6 0,10×11,0=1,1 3,7	17,2 1,89×11,0=20,8 1,89 $M_{н}$=3,52 $M_{w_{II}}=\frac{15,91}{4,8}=3,32$ $\Sigma M_{н}$=41,84	8,66 0,10×11=1,1 9,76
	$U_2=\frac{21,77+15,91}{2\times2,1\times0,998}+\frac{3,7}{4\times0,998}=9,00+0,93=9,93$ т			$U_2=\frac{16,05+13,08+13,77}{2\times2,1\times0,998}+\frac{3,7}{4\times0,998}=10,2+0,93=11,13$ т				$U_2=\frac{41,84}{2\times2,1\times0,998}+\frac{9,76}{4\times0,998}=12,44$ т	
1-1 ▽=1,0 м, в=2,7 м, $\cos\gamma$=0,998	21,77 1,31×6,0=7,86 1,31 $M_{н}$=29,63	15,91 1,44×6,0=8,64 0,495×3,0=1,48 1,935 M_{w}=26,03	3,7 0,10×6,0=0,6 4,3	16,05 0,93×6,0=5,58 0,93 $M_{н}$=21,63	13,08 1,18×6,0=7,08 0,398×3,0=1,19 1,58 $M_{w_{II}}$=21,35	13,77 1,23×6,0=7,38 0,398×3,0=1,19 1,63 $M_{w_{I}}$=22,34	3,7 0,10×6,0=0,6 4,3	38,52 1,89×6,0=11,6 1,89 $M_{н}$=4,88 $M_{w_{II}}=\frac{26,03}{4,8}=5,4$ ΣM=55,28	9,76 0,10×6,0=0,60 10,36
	$U_1=\frac{29,63+26,03}{2\times2,7\times0,998}+\frac{4,3}{4\times0,998}=10,3+1,08=11,38$			$U_1=\frac{21,63+21,35+22,34}{2\times2,7\times0,998}+\frac{4,3}{4\times0,998}=12,1+1,08=13,18$ т				$U_1=\frac{55,28}{2\times2,7\times0,998}+\frac{10,36}{4\times0,998}=18,90$ т	

Примечания:

1. $M_{н.у.}$ обозначает момент от неуравновешенных вертикальных нагрузок. По схеме I
$M_{н.у.}=0,47\times4,2=1,98$ тм

2. Усилие в поясах определяется по формуле:
$$U=\frac{\Sigma M}{2S\cos\gamma}+\frac{\Sigma G}{4\cos\gamma}$$

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

Таблица N.6

Сечения, отметки и базы	Схема I; I р-н гололеда: Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I; I р-н гололеда: Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры M_W	Схема I; I р-н гололеда: Вертикальные нагрузки G (т)	Схема I^a; I р-н гололеда: Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I^a; I р-н гололеда: Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	Схема I^a; I р-н гололеда: Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: I траверсе M_{W_I}	Схема I^a; I р-н гололеда: Вертикальные нагрузки G (т)	Схема I; II р-н гололеда: Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры M_W (тм)	Схема I; II р-н гололеда: Вертикальные нагрузки G (т)
3-3 ▽ 12,0 м в = 0,75 м	0,245 × 13,0 = 3,18 0,29 × 2 × 9,0 = 5,21 0,29 × 2 × 5,0 = 2,90 0,29 × 2 × 1,0 = 0,58 1,985 M_{II} = 11,87	0,026 × 2 × 9,5 = 0,50 0,065 × 2 × 5,5 = 0,72 0,023 × 2 × 1,5 = 0,07 0,71 × 6,5 = 4,61 0,938 $M_{W_{II}}$ = 5,9	0,215 × 1 = 0,215 0,245 × 6 = 1,47 0,092 × 13 = 1,20 2,88	0,275 × 13,0 = 2,28 0,275 × 2 × 9,0 = 3,69 0,275 × 2 × 5,0 = 2,05 0,275 × 2 × 1,0 = 0,41 1,405 M_{II} = 8,43	0,026 × 2 × 9,5 = 0,50 0,065 × 2 × 5,5 = 0,72 0,023 × 2 × 1,5 = 0,07 0,569 × 6,5 = 3,70 0,797 $M_{W_{II}}$ = 4,99	0,037 × 2 × 9,5 = 0,70 0,094 × 2 × 5,5 = 1,04 0,032 × 2 × 1,5 = 0,096 0,569 × 6,5 = 3,70 0,895 M_{W_I} = 5,54	0,215 × 1 = 0,215 0,245 × 6 = 1,47 0,092 × 13,0 = 1,20 2,88	0,33 × 13,0 = 4,29 0,265 × 2 × 9,0 = 4,70 0,265 × 2 × 5,0 = 2,65 0,265 × 2 × 1,0 = 0,58 1,92 M_{II} = 12,24 $M_W = \frac{5,9}{4,8} = 1,23$ ΣM_{II} = 13,47	0,59 × 1 = 0,59 0,71 × 6 = 4,26 0,092 × 13,0 = 1,20 6,05
	$U_3 = \frac{11,87 + 5,9}{2 \times 0,75} + \frac{2,88}{4} = 11,83 + 0,72 = 12,55$ т			$U_3 = \frac{8,43 + 4,99 + 5,54}{2 \times 0,75} + \frac{2,88}{4} = 12,61 + 0,72 = 13,33$ т				$U_3 = \frac{13,47}{2 \times 0,75} + \frac{6,05}{4} = 8,96 + 1,51 = 10,47$ т	
2-2 ▽ 7,0 м в = 1,85 м cos γ = 0,998	11,87 1,985 × 11 = 21,80 1,985 M_{II} = 33,67	5,90 0,938 × 11 = 10,33 0,641 × 5,5 = 3,53 1,579 $M_{W_{II}}$ = 19,76	2,88 0,092 × 11 = 1,02 3,9	8,43 1,405 × 11,0 = 15,45 1,405 M_{II} = 23,88	4,99 0,797 × 11,0 = 8,76 0,511 × 5,5 = 2,81 1,308 $M_{W_{II}}$ = 16,56	5,54 0,895 × 11,0 = 9,84 0,511 × 5,5 = 2,81 1,41 M_{W_I} = 18,19	2,88 0,092 × 11,0 = 1,02 3,9	12,24 1,92 × 11,0 = 21,10 $M_{W_{II}} = \frac{19,76}{4,8} = 4,1$ ΣM_{II} = 37,44	6,05 0,092 × 11,0 = 1,02 7,07
	$U_2 = \frac{33,67 + 19,76}{2 \times 1,85 \times 0,998} + \frac{3,9}{4 \times 0,998} = 14,4 + 0,98 = 15,38$ т			$U_2 = \frac{23,88 + 16,56 + 18,19}{2 \times 1,85 \times 0,998} + \frac{3,9}{4 \times 0,998} = 15,9 + 0,98 = 16,88$ т				$U_2 = \frac{37,44}{2 \times 1,85 \times 0,998} + \frac{7,07}{4 \times 0,998} = 10,1 + 1,76 = 10,86$ т	
1-1 ▽ 1,0 в = 2,45 м cos γ = 0,998	33,67 1,985 × 6,0 = 11,90 1,985 M_{II} = 45,57	19,76 1,579 × 6,0 = 9,49 0,436 × 3,0 = 1,31 2,05 $M_{W_{II}}$ = 30,56	3,9 0,092 × 6,0 = 0,55 4,45	23,88 1,405 × 6,0 = 8,43 1,405 M_{II} = 32,31	16,56 1,308 × 6,0 = 7,85 0,35 × 3,0 = 1,05 1,658 $M_{W_{II}}$ = 25,46	18,19 1,41 × 6,0 = 8,45 0,35 × 3,0 = 1,05 1,76 M_{W_I} = 27,69	3,90 0,092 × 6,0 = 0,55 4,45	33,34 1,92 × 6,0 = 11,54 $M_{W_I} = \frac{30,56}{4,8} = 6,36$ ΣM_{II} = 51,24	7,07 0,092 × 6,0 = 0,55 7,62
	$U_1 = \frac{45,57 + 30,56}{2 \times 2,45 \times 0,998} + \frac{4,45}{4 \times 0,998} = 15,6 + 1,11 = 16,71$ т			$U_1 = \frac{32,31 + 25,46 + 27,69}{2 \times 2,45 \times 0,998} + \frac{4,45}{4 \times 0,998} = 17,4 + 1,11 = 18,51$ т				$U_1 = \frac{51,24}{2 \times 2,45 \times 0,998} + \frac{7,62}{4 \times 0,998} = 10,5 + 1,91 = 12,41$ т	

Примечание:

1. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2в\cos\gamma} - \frac{\Sigma G}{4\cos\gamma};$$

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПП10-4

Таблица № 17

Сечения. Отметки и пазы	Схема I, I р-н гололеда			Схема I°, I р-н гололеда				Схема II, II р-н гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M и ветра на конст. рукции опоры Mw (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M	От ветра на конструкцию опоры Mw		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{w_{II}}$	⊥ траверсе $M_{w_{\perp}}$			
3-3 r=12,0м δ=1,0м	0,26×13,0=3,35 0,445×2×9,0=8,01 0,445×2×5,0=4,45 0,445×2×1,0=0,89 2,93 M_{II}=16,71	0,026×2×9,5=0,50 0,065×2×5,5=0,72 0,021×2×1,5=0,063 0,852×6,5=5,54 1,076 $M_{w_{II}}$=6,82	0,225×1=0,225 0,550×6=3,30 0,109×13=1,42 4,95	0,18×13,0=2,47 0,28×2×9,0=5,59 0,31×2×5,0=3,10 0,31×2×1,0=0,62 2,05 M_{II}=11,78	0,026×2×9,5=0,50 0,065×2×5,5=0,72 0,021×2×1,5=0,063 0,680×6,5=4,42 0,904 $M_{w_{II}}$=5,70	0,037×2×9,5=0,74 0,096×2×5,5=1,06 0,032×2×1,5=0,096 0,680×6,5=4,42 1,01 $M_{w_{\perp}}$=6,32	0,225×1=0,225 0,550×6=3,30 0,109×13,0=1,42 4,95	0,35×13,0=4,55 0,346×2×9,0=6,24 0,345×2×5,0=3,45 0,345×2×1,0=0,69 2,42 M_{II}=14,9 $M_{w_{II}}=\frac{68,2}{4,8}=14$ ΣM_{II}=16,3	0,225×1=0,225 1,38×6=8,28 0,109×13,0=1,42 10,43
	$U_3=\frac{16,71+6,82}{2\times1,0}+\frac{4,95}{4}=11,76+1,24=13,0$т			$U_3=\frac{11,78+5,7+6,32}{2\times1,0}+\frac{4,95}{4}=11,9+1,24=13,14$т				$U_3=\frac{16,3}{2\times1,0}+\frac{10,43}{4}=8,15+2,61=10,76$ т	
2-2 r=7,0 м δ=2,1м φ_{02}=0,998	16,71 2,93×11=32,2 2,93 M_{II}=42,91	6,82 1,076×11,0=11,83 0,73×5,5=4,02 1,806 $M_{w_{II}}$=22,67	4,95 0,109×11,0=1,20 6,15	11,78 2,05×11,0=22,60 2,05 M_{II}=34,38	5,70 0,904×11,0=9,95 0,584×5,5=3,21 1,488 $M_{w_{II}}$=18,86	6,32 1,01×11,0=11,1 0,524×5,5=3,21 1,594 $M_{w_{\perp}}$=20,63	4,95 0,109×11,0=1,20 6,15	4,9 2,42×11,0=26,6 $M_{w_{\perp}}=\frac{22,9}{4,8}=4,74$ ΣM_{II}=46,44	10,43 0,109×11,0=1,20 11,63
	$U_2=\frac{48,51+22,67}{2\times2,1\times0,998}+\frac{6,15}{4\times0,998}=17,0+1,54=18,54$т			$U_2=\frac{34,38+18,86+20,63}{2\times2,1\times0,998}+\frac{6,15}{4\times0,998}=17,6+1,54=19,14$т				$U_2=\frac{46,44}{2\times2,1\times0,998}+\frac{11,63}{4\times0,998}=11,11+2,91=(14,02$т	
1-1 r=1,0м δ=2,7м φ_{01}=0,998	48,51 2,93×6,0=17,6 2,93 M_{II}=66,51	22,67 1,806×6,0=10,83 0,51×3,0=1,53 2,316 $M_{w_{II}}$=35,03	6,15 0,109×6,0=0,65 6,8	34,38 2,05×6,0=12,3 2,05 M_{II}=46,68	18,86 1,488×6,0=8,91 0,409×3,0=1,23 1,897 $M_{w_{II}}$=25,0	20,63 1,594×6,0=9,56 0,409×3,0=1,23 2,003 $M_{w_{\perp}}$=31,42	6,15 0,109×6,0=0,65 6,8	50,7 2,42×11,0=26,6 $M_{w_{II}}=\frac{35,04}{4,8}=7,3$ ΣM_{II}=75,60	11,63 0,109×6,0=0,65 12,28
	$U_1=\frac{66,51+35,03}{2\times2,7\times0,998}+\frac{6,8}{4\times0,998}=18,8+1,7=20,5$т			$U_1=\frac{46,68+29,0+31,42}{2\times2,7\times0,998}+\frac{6,8}{4\times0,998}=20,0+1,7=21,7$т				$U_1=\frac{75,60}{2\times2,7\times0,998}+\frac{12,28}{4\times0,998}=14,0+3,07=17,07$т	

Примечание:

1. Усилие в поясах определяется по формуле

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

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П110-6

Сечения отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда. Изгибающие моменты (т м): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Изгибающие моменты (т м): От ветра на конструкцию опоры M_{WII}	Вертикальные нагрузки G (т)
4-4 ▽ 24,0м B = 1,0	0,22×11,0 = 2,42 0,37×2×6,0 = 4,44 0,37×2×1,0 = 0,74 1,80 M_{II} = 7,52	0,028×2×6,5 = 0,36 0,068×2×1,5 = 0,21 0,778×5,5 = 4,28 0,97 M_{WII} = 4,85	0,185×1 = 0,185 0,47×4 = 1,88 0,109×11,0 = 1,20 3,27
	$U_{3I} = \frac{7,60 + 4,85}{2\times1,0} + \frac{3,27}{4} = 6,23 + 0,82 = 7,05$ т		
3-3 ▽ 18,0м B = 1,0	1,80×6,0 = 10,80 0,37×2×1,0 = 0,74 2,54 M_{II} = 19,14	4,85 0,97×6,0 = 5,82 0,023×2×1,5 = 0,07 0,408×3,0 = 1,23 1,42 M_{WII} = 11,97	3,27 0,47×2 = 0,94 0,109×6 = 0,65 4,86
	$U_3 = \frac{19,14 + 11,97}{2\times1,0} + \frac{4,86}{4} = 15,55 + 1,22 = 16,77$ т		
2-2 ▽ 7,0м B = 2,1м cos γ = 0,998	19,14 2,54×11,0 = 27,9 2,54 M_{II} = 47,04 11,97 1,42×11,0 = 15,60 0,73×5,5 = 4,02 2,15 M_{WII} = 31,59	4,86 0,109×11,0 = 1,20 6,05	
	$U_2 = \frac{47,04 + 31,59}{2\times2,1\times0,998} + \frac{6,06}{4\times0,998} = 18,75 + 1,52 = 20,27$ т		
1-1 ▽ 1,0м e = 2,7м cos γ = 0,998	47,04 2,54×6,0 = 15,21 2,11 M_{II} = 62,25 31,59 2,15×6,0 = 12,9 0,51×3,0 = 1,53 2,66 M_{WII} = 46,0	5,06 0,109×6,0 = 0,65 6,71	
	$U_1 = \frac{62,25 + 46,02}{2\times2,7\times0,998} + \frac{6,71}{4\times0,998} = 20,1 + 1,68 = 21,78$ т		

Сечения отметки и базы	Схема Iа; III р-н гололеда. Изгибающие моменты (т м): От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе M_{WII}	⊥ траверсе $M_{W\perp}$	Вертикальные нагрузки G (т)
4-4 ▽ 24,0м B = 1,0	0,15×11,0 = 1,76 0,37×2×6,0 = 3,24 0,37×2×1,0 = 0,54 1,24 M_{II} = 5,54	0,028×2×6,5 = 0,36 0,068×2×1,5 = 0,31 0,623×5,5 = 3,43 0,815 M_{WII} = 4,00	0,041×2×6,5 = 0,53 0,099×2×1,5 = 0,30 0,623×5,5 = 3,43 0,903 $M_{W\perp}$ = 4,26	0,185×1 = 0,185 0,47×4 = 1,86 0,109×11,0 = 1,20 3,27
	$U_{3I} = \frac{5,54 + 4,0 + 4,26}{2\times1,0} + \frac{3,27}{4} = 6,90 + 0,82 = 7,72$ т			
3-3 ▽ 18,0м B = 1,0	5,54 1,24×6,0 = 7,25 0,17×2×1,0 = 0,54 1,78 M_{II} = 13,33	4,00 0,815×6,0 = 4,89 0,023×2×1,5 = 0,069 0,326×3,0 = 0,99 1,19 M_{WII} = 9,95	4,26 0,903×6,0 = 5,41 0,032×2×1,5 = 0,095 0,328×3,0 = 0,93 1,30 $M_{W\perp}$ = 10,76	3,27 0,47×2 = 0,94 0,109×6,0 = 0,65 4,96
	$U_3 = \frac{13,33 + 9,95 + 10,76}{2\times1,0} + \frac{4,86}{4} = 17,02 + 1,22 = \underline{18,24}$ т.			
2-2 ▽ 7,0м B = 2,1м cos γ = 0,998	13,33 1,78×11,0 = 19,58 1,78 M_{II} = 32,91 9,95 1,19×11,0 = 13,10 0,584×5,5 = 3,21 1,77 M_{WII} = 26,26	10,76 1,3×11,0 = 14,30 0,584×5,5 = 3,21 1,88 $M_{W\perp}$ = 28,27	4,86 0,109×11,0 = 1,20 6,06	
	$U_2 = \frac{32,91 + 26,26 + 28,27}{2\times2,1\times0,998} + \frac{6,06}{4\times0,998} = 20,80 + 1,52 = \underline{22,32}$ т			
1-1 ▽ 1,0м e = 2,7м cos γ = 0,998	32,91 1,78×6,0 = 10,70 1,73 M_{II} = 43,61 26,26 1,77×6,0 = 10,6 0,408×3,0 = 1,23 2,18 M_{WII} = 38,09	28,27 1,88×6,0 = 11,28 0,408×3,0 = 1,23 2,29 $M_{W\perp}$ = 40,78	6,06 0,109×6,0 = 0,65 6,71	
	$U_1 = \frac{43,61 + 38,09 + 40,78}{2\times2,7\times0,998} + \frac{6,71}{4\times0,998} = 22,70 + 1,68 = \underline{24,38}$ т			

Сечения отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда. Изгибающие моменты (т м): От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{WII}	Вертикальные нагрузки G (т)
4-4 ▽ 24,0м B = 1,0	0,52×11,0 = 5,72 0,475×2×6,5 = 6,18 0,475×2×1,0 = 0,95 2,42 M_{II} = 12,37 $M_{WII} = \frac{4,25}{4,7} = 1,01$ ΣM_{II} = 13,38	1,345×1 = 1,345 2,105×4 = 8,42 0,109×11,0 = 1,20 10,97	
	$U_{3II} = \frac{13,38}{2\times1,0} + \frac{10,97}{4} = 6,69 + 2,74 = 9,43$		
3-3 ▽ 18,0м B = 1,0	0,37 2,42×5,5 = 14,50 0,475×2×1,0 = 0,95 3,37 M_{II} = 27,82 $M_{WII} = \frac{11,3}{4,6} = 2,49$ ΣM_{II} = 30,31	16,97 2,105×2 = 4,21 0,109×6,0 = 0,65 15,33	
	$U_3 = \frac{30,31}{2\times1,0} + \frac{15,83}{4} = 15,15 + 3,96 = 19,11$ т		
2-2 ▽ 7,0м B = 2,1м cos γ = 0,998	27,82 3,37×11,0 = 37,0 3,37 M_{II} = 64,82 $M_{WII} = \frac{31,59}{4,6} = 6,58$ ΣM_{II} = 74,50	17,03 0,109×11,0 = 1,20 15,83	
	$U_2 = \frac{74,50}{2\times2,1\times0,998} + \frac{17,03}{4\times0,998} = 22,07$ т		
1-1 ▽ 1,0м e = 2,7м cos γ = 0,998	17,92 3,37×6,0 = 20,10 3,37 M_{II} = 84,92 $M_{WII} = \frac{46,02}{4,6} = 9,5$ ΣM_{II} = 97,52	17,03 0,109×6,0 = 0,65 17,68	
	$U_1 = \frac{97,52}{2\times2,7\times0,998} + \frac{17,68}{4\times0,998} = 22,84$ т		

Примечание.

1. Усилие в поясах определяется по формуле:

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

Расчет усилий в раскосах ствола опор

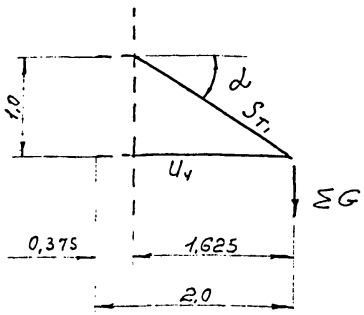
таблица к 19

Шифр опор / раскосов	П110-1	П110-3	П110-5	П110-2	П110-4	П110-6
Мкр	1,05	1,22	1,22	1,05	1,22	1,22
D_1	2,3	1,82	1,82	2,3	1,82	1,82
D_2	2,3	1,82	1,82	2,3	1,82	1,82
Мкр	1,22	2,71	2,71	1,22	2,71	2,71
D_2	1,86	2,83	2,83	1,86	2,83	2,83
Мкр	2,5	5,42	5,42	2,5	5,42	5,42
D_3	3,24	4,73	4,73	3,24	4,73	4,73
D_4	2,97	4,33	4,33	2,72	3,99	3,82
D_5	2,46	3,79	3,79	2,26	3,50	3,35
D_6	2,05	3,37	3,37	1,72	3,11	2,97
D_7	1,81	3,03	3,03	1,67	2,79	2,68
D_8	1,61	2,76	2,76	1,47	2,54	2,43
D_9	1,44	2,53	2,53	1,32	2,33	2,23
D_{10}	1,30	2,33	2,33	1,19	2,15	2,06
D_{11}	1,19	2,16	2,16	1,09	1,99	1,91
D_{12}	1,09	2,02	2,02	1,0	1,86	1,78
D_{13}	1,01	1,89	1,89	0,92	1,75	1,67
D_{14}	0,94	1,78	1,78	0,86	1,64	1,57
D_{15}	0,88	1,68	1,68	0,81	1,55	1,49
D_{16}	0,83	1,60	1,60	0,76	1,47	1,41
D_{17}	0,78	1,52	1,52	0,72	1,40	1,34
D_{18}	0,74	1,45	1,45	0,68	1,34	1,28
D_{19}	0,70	1,38	1,38	0,64	1,28	1,22
D_{20}	0,66	1,33	1,33	0,61	1,22	1,17
D_{21}	0,64	1,27	1,27	0,52	1,17	1,12

Расчет раскосов выполнен на машине на основании исходной формулы: $D = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из}}{b} l_3 \gamma}{\cos(\beta+\gamma)} + \frac{M_{кр}}{2 b \cos(\beta+\gamma)}$

Расчет траверс опор П110-1 и П110-2

1. Траверса $\ell = 2{,}0$ м



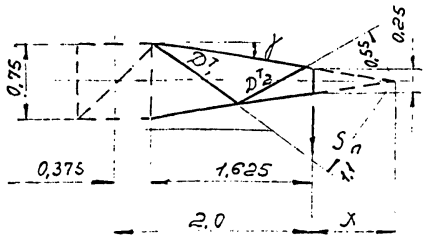
$$tg\alpha = \frac{1,0}{1,625} = 0,616$$

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

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

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

$$x = \frac{0,25}{2 \times tg\gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,154} = 0,812\text{м}$$



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

$S_п = 0,61$т; $q_п = 0,2$т; $q_г = 0,045$т; $G_{тр} \cong 0,05 \times 1,1 = 0,06$т

$q_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$т

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

$$= 0,25 \times 0,2 + 0,5 \times 0,045 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,06 = 0,17\text{т}$$

$$U_ч = \frac{0,61 \times 1,625}{0,75 \times 0,988} + \frac{0,17 \times 1,625}{1,0 \times 0,988} = 1,33 + 0,28 = 1,61\text{т};$$

б) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; II р-н гололеда; $S_п = 0,61$т $x = 0,812$м

$$M_{из} = 0,61 \times 0,812 = 0,495\text{тм}$$

$$D_1^т = \frac{0,495}{1,1} = 0,45\text{т}; \quad D_2^т = \frac{0,495}{0,55} = 0,9\text{т}$$

в) Усилие в тяге. Схема II *) II р-н гололеда

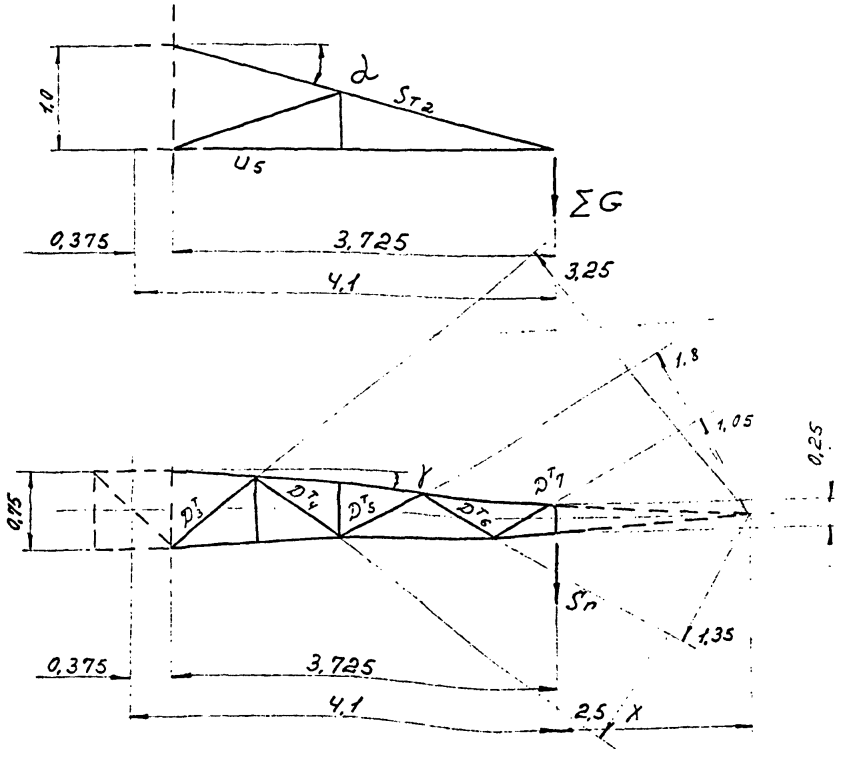
$q_n = 0{,}665$ т; $q_r = 0{,}045$ т; $G_{тр} \cong 0{,}05 \times 1{,}1 = 0{,}06$ т

$$\Sigma G = 0{,}5 \times 0{,}665 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}25 \times 0{,}06 = 0{,}368 \text{ т}$$

$$S_{T_1} = \frac{0{,}368 \times 1{,}625}{1{,}0 \times 0{,}851 \times 0{,}988} = 0{,}71 \text{ т}$$

*) Монтажный режим - с учетом удвоенного веса присадов и гирлянд - не является расчетным.

2. Траверса $\ell = 4{,}1$ м



$$tg\alpha = \frac{1{,}0}{3{,}725} = 0{,}268 \qquad tg\,\gamma = \frac{0{,}25}{3{,}725} = 0{,}067$$

$$\cos\alpha = 0{,}965 \qquad \cos\gamma = 0{,}997$$

$$X = \frac{0{,}25}{2 \times tg\,\gamma} = \frac{0{,}25}{2 \times 0{,}067} = 1{,}86 \text{ м}$$

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

$S_п = 0{,}61$т; $g_п = 0{,}2$т; $g_г = 0{,}045$т; $g_л = 0{,}15 \times 1{,}1 = 0{,}165$т; $G_{тр} = 0{,}11 \times 1{,}1 = 0{,}12$т;

$\Sigma G = 0{,}25 \times 0{,}2 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}5 \times 0{,}165 + 0{,}25 \times 0{,}12 =$

$= 0{,}183$т;

$$U_5 = \frac{0{,}61 \times 3{,}725}{0{,}75 \times 0{,}997} + \frac{0{,}183 \times 3{,}725}{1{,}0 \times 0{,}997} = 3{,}04 + 0{,}68 = 3{,}72\text{т}$$

б) Усилие в раскосах нижней грани

Схема III; II р-н гололеда; $S_п = 0{,}61$т; $X = 1{,}86$м;

$M_{из} = 0{,}61 \times 1{,}86 = 1{,}14$тм

$$D_3^т = \frac{1{,}14}{3{,}25} = 0{,}35\text{т} \qquad D_6^т = \frac{1{,}14}{1{,}35} = 0{,}84\text{т}$$

$$D_4^т = \frac{1{,}14}{2{,}5} = 0{,}45\text{т} \qquad D_7^т = \frac{1{,}14}{1{,}05} = 1{,}08\text{т}$$

$$D_5^т = \frac{1{,}14}{1{,}8} = 0{,}63\text{т}$$

в) Усилие в тяге. Схема II *)

$g_п = 0{,}665$т; $g_г = 0{,}045$т; $G_{тр} = 0{,}11 \times 1{,}1 = 0{,}12$т

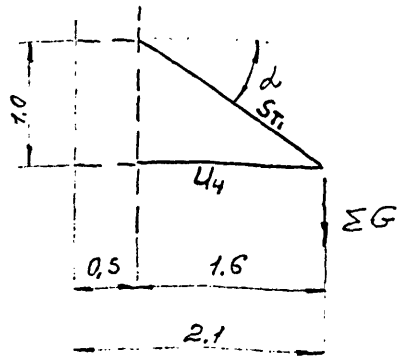
$\Sigma G = 0{,}5 \times 0{,}665 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}25 \times 0{,}12 = 0{,}38$т

$$S_{т2} = \frac{0{,}38 \times 3{,}725}{1{,}0 \times 0{,}965 \times 0{,}997} = 1{,}48\text{т}$$

*) Монтажный режим с учетом удвоенного веса пролета проводов и гирлянд - -является не расчетным.

Расчет траверс опор П110-3 и П110-4

1. Траверса $e = 2{,}1$ м



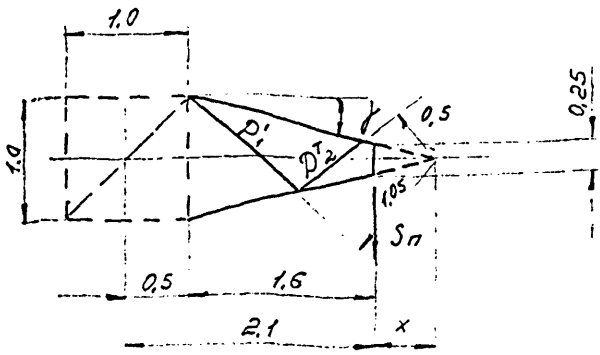
$$tg\alpha = \frac{1.0}{1.6} = 0{,}624$$

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

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

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

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



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

$S_П = 1{,}29$ т; $g_П = 0{,}485$ т; $g_Г = 0{,}045$ т; $G_{тр} \equiv 0{,}05\times 1{,}1 = 0{,}06$ т

$g_Л = 0{,}15\times 1{,}1 = 0{,}165$ т

$$\Sigma G = 0{,}25 g_П + 0{,}5 g_Г + 0{,}5 g_Л + 0{,}25 G_{тр} =$$

$$= 0{,}25\times 0{,}485 + 0{,}5\times 0{,}045 + 0{,}5\times 0{,}165 + 0{,}25\times 0{,}06 = 0{,}238\text{ т}$$

$$U_4 = \frac{1{,}29\times 1{,}6}{1{,}0\times 0{,}973} + \frac{0{,}238\times 1{,}6}{1{,}0\times 0{,}973} = 2{,}12 + 0{,}39 = 2{,}51\text{ т}$$

б) Усилие в раскосах нижней грани. Схема III, II р-н гол.

$S_П = 1{,}29$ т; $x = 0{,}532$ м $M_{из} = 1{,}29\times 0{,}532 = 0{,}685$ тм

$$D'^T_1 = \frac{0{,}685}{1{,}05} = 0{,}65\text{ т} \qquad D^T_2 = \frac{0{,}685}{0{,}5} = 1{,}37\text{ т}$$

№3078 ТМ-Т 4.41 78

в) Усилие в тяге: Схема II *) II р-н гололеда

$g_п = 1{,}335$ т; $g_г = 0{,}045$ т; $G_{тр} \cong 0{,}05 \times 1{,}1 = 0{,}06$ т;

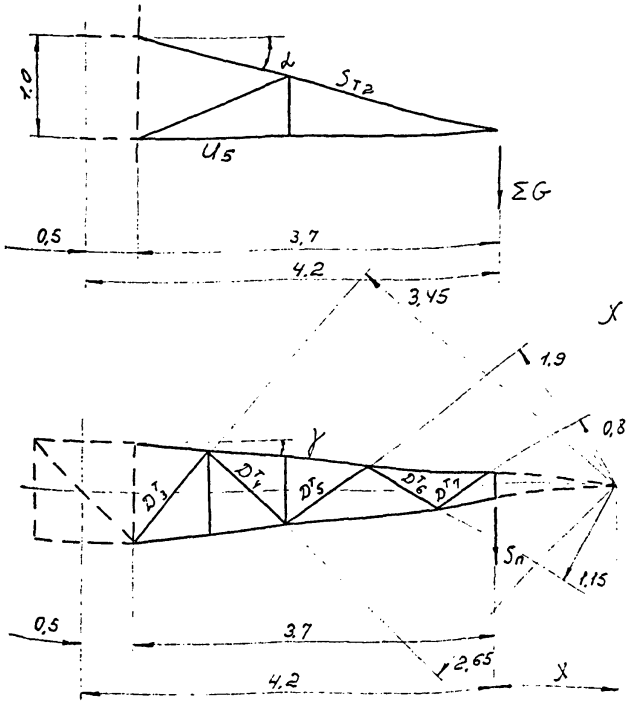
$\Sigma G = 0{,}5 \times 1{,}335 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}25 \times 0{,}06 = 0{,}67 + 0{,}023 + 0{,}013 =$

$= 0{,}71$ т;

$$S_{т,} = \frac{0{,}71 \times 1{,}6}{1{,}0 \times 0{,}848 \times 0{,}973} = 1{,}38 \text{ т};$$

*) Монтажный режим - с учетом удвоенного веса проводов - не является расчетным

2. Траверса $\ell = 4{,}2$ м



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

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

$\cos\alpha = 0{,}965$ $\quad \cos\gamma = 0{,}994$

№ 3078 тм-т 4 42.76

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

$S_п = 1{,}29$т; $g_п = 0{,}485$т; $g_г = 0{,}045$т; $G_{тр} = 0{,}11 \times 1{,}1 = 0{,}12$т; $g_л = 0{,}15 \times 1{,}1 = 0{,}165$т

$$\Sigma G = 0{,}25 \times 0{,}485 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}5 \times 0{,}165 + 0{,}25 \times 0{,}12 = 0{,}254\text{т}$$

$$U_5 = \frac{1{,}29 \times 3{,}7}{1{,}0 \times 0{,}994} + \frac{0{,}254 \times 3{,}7}{1{,}0 \times 0{,}994} = 4{,}81 + 0{,}94 = 5{,}75\text{т}$$

б) Усилия в раскосах нижней грани. Схема III; II р-н гол.

$S_п = 1{,}29$ т; $X = 1{,}24$м $M_{из} = 1{,}29 \times 1{,}24 = 1{,}6$ т

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

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

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

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

$g_п = 1{,}335$т; $g_г = 0{,}045$т; $G_{тр} = 0{,}11 \times 1{,}1 = 0{,}12$т

$\Sigma G = 0{,}5 \times 1{,}335 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}25 \times 0{,}11 = 0{,}67 + 0{,}023 + 0{,}027 =$

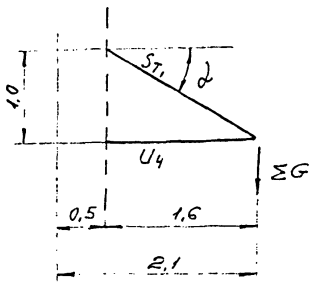
$= 0{,}72$т

$$S_{т2} = \frac{0{,}72 \times 3{,}7}{1{,}0 \times 0{,}994 \times 0{,}965} = 2{,}78\text{т}$$

*) См. лист 42

Расчет траверс опор П110-5 и П110-6

1. Траверса $\ell = 2,1$ м



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

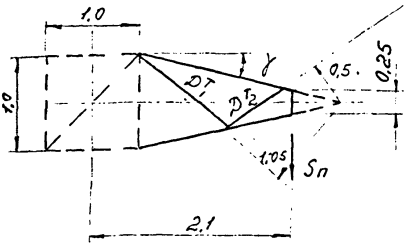
$$\cos\alpha = 0,848$$

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

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

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

$$= 0,532 \text{ м}$$



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

$S_n = 1,29$ т; $g_n = 0,425$ т; $g_r = 0,045$ т; $g_\Lambda = 0,15 \times 1,1 = 0,165$ т

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

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

$$= 0,25 \times 0,425 + 0,5 \times 0,045 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,06 = 0,22 \text{ т}$$

$$U_4 = \frac{1,29 \times 1,6}{1,0 \times 0,973} + \frac{0,22 \times 1,6}{1,0 \times 0,973} = 2,12 + 0,36 = 2,48 \text{ т}$$

б) Усилия в раскосах нижней грани. Схема III; IV р-н гололеда

$S_n = 1,29$ т; $X = 0,532$ м $M_{из} = 1,29 \times 0,532 = 0,685$ тм

$$D_1^T = \frac{0,685}{1,05} = 0,65 \text{ т} \quad ; \quad D_2^T = \frac{0,685}{0,5} = 1,37 \text{ т}$$

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

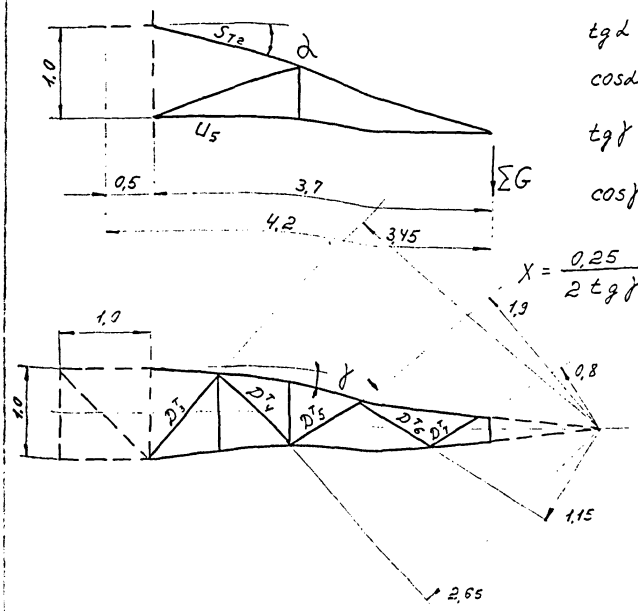
$q_п = 2{,}06$ т; $q_г = 0{,}045$ т; $G_{тр} \cong 0{,}05 \text{ т} \times 1{,}1 = 0{,}06$ т

$\Sigma G = 0{,}5 \times 2{,}06 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}25 \times 0{,}06 = 1{,}07$ т

$$S_{T_1} = \frac{1{,}07 \times 1{,}6}{1{,}0 \times 0{,}848 \times 0{,}973} = 2{,}08 \text{ т}$$

*) Монтажный режим - с учетом удвоенного веса проводов - не является расчетным

2. Траверса $\ell = 4{,}2$ м



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

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

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

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

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

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

$S_п = 1{,}29$ т; $q_п = 0{,}425$ т; $q_г = 0{,}045$ т; $q_л = 0{,}15 \times 1{,}1 = 0{,}165$

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

$$\Sigma G = 0{,}25 \times 0{,}425 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}5 \times 0{,}165 + 0{,}25 \times 0{,}12 = 0{,}239 \text{ т}$$

$$U_5 = \frac{1{,}29 \times 3{,}7}{1{,}0 \times 0{,}994} + \frac{0{,}239 \times 3{,}7}{1{,}0 \times 0{,}994} = 4{,}81 + 0{,}89 = 5{,}7 \text{ т}$$

б) Усилие в раскосах нижней грани. Схема III; IV р-н гололеда

$S_п = 1{,}29$ т $x = 1{,}24$ м; $M_{из} = 1{,}29 \times 1{,}24 = 1{,}6$ тм;

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

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

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

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

$q_п = 2{,}06$ т; $q_г = 0{,}045$ т; $G_{тр} \cong 0{,}11 \times 1{,}1 = 0{,}12$ т

$\Sigma G = 0{,}5 \times 2{,}06 + 0{,}5 \times 0{,}045 + 0{,}25 \times 0{,}12 = 1{,}081$ т

$$S_{т2} = \frac{1{,}081 \times 3{,}7}{1{,}0 \times 0{,}965 \times 0{,}994} = 4{,}17 \text{ т}$$

*) Монтажный режим, с учетом удвоенного веса проводов, не является расчетным

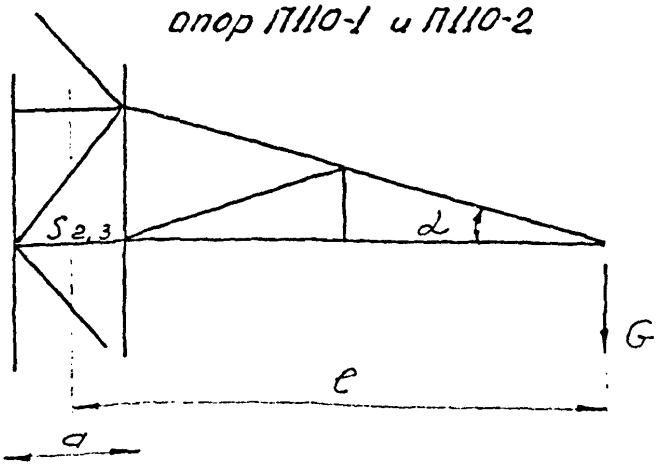
Расчет распорок и диафрагм

опор П110-1 и П110-2

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

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

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



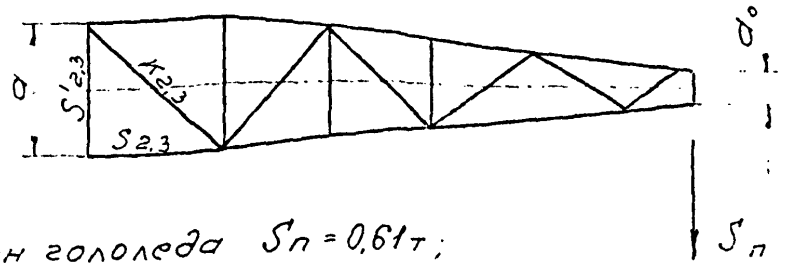


Схема III; II р-н гололеда $S_n = 0{,}61$ т;

а) Траверса $\ell = 2{,}0$ м; $a = 0{,}75$ м

$$S_3' = \frac{0{,}61 \times 2{,}0}{2 \times 0{,}75} = 0{,}82 \text{ т}$$

$$S_3 = \frac{0{,}61 \times 2{,}0}{0{,}75} + 0{,}28\ ^{*)} = 1{,}63 + 0{,}28 = 1{,}91 \text{ т}$$

$$K_3 = \frac{0{,}61 \times 2{,}0}{\sqrt{2} \times 0{,}75} = 1{,}15 \text{ т}$$

б) Траверса $\ell = 4{,}1$ м;

$$S_2' = \frac{0{,}61 \times 4{,}1}{2 \times 0{,}75} = 1{,}67 \text{ т}$$

$$S_2 = \frac{0{,}61 \times 4{,}1}{0{,}75} + 0{,}68\ ^{**)} = 3{,}33 + 0{,}68 = 4{,}01 \text{ т}$$

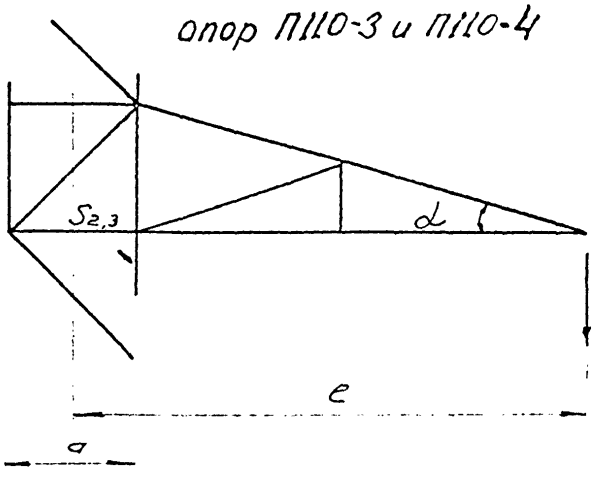
$$K_2 = \frac{0{,}61 \times 4{,}1}{\sqrt{2} \times 0{,}75} = 2{,}36 \text{ т};$$

*) См. расчет траверсы $\ell = 2{,}0$ м лист 38, 39;

**) См. расчет траверсы $\ell = 4{,}1$ м лист 39, 40;

Расчет распорок и диафрагм

опор П110-3 и П110-4



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

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

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

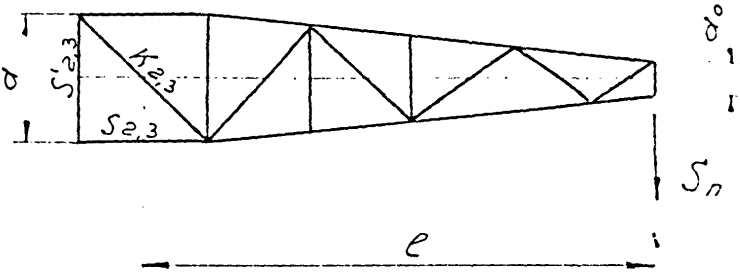


Схема III ; II р-н гололеда; $S_n = 1.29$ т

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

$$S'_3 = \frac{1.29 \times 2.1}{2 \times 1.0} = 1,36 \text{ т}$$

$$S_3 = \frac{1.29 \times 2.1}{1.0} + 0,39\ ^{*)} = 2.71 + 0,39 = 3,1 \text{ т}$$

$$K_3 = \frac{1.29 \times 2.1}{\sqrt{2} \times 1.0} = 1.91 \text{ т}$$

б) Траверса $\ell = 4,2$ м; $a = 1,0$ м;

$$S'_2 = \frac{1.29 \times 4.2}{2 \times 1.0} = 2,71 \text{ т}$$

$$S_2 = \frac{1.29 \times 4.2}{1.0} + 0,94\ ^{**)} = 5,41 + 0,94 = 6,35 \text{ т}$$

$$K_2 = \frac{1.29 \times 4.2}{\sqrt{2} \times 1.0} = 3,82 \text{ т}$$

*) См. расчет траверсы лист 41, 42;
** См. расчет траверсы лист 42, 43;

Расчет распорок и диафрагм

опор П110-5 и П110-6

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

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

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

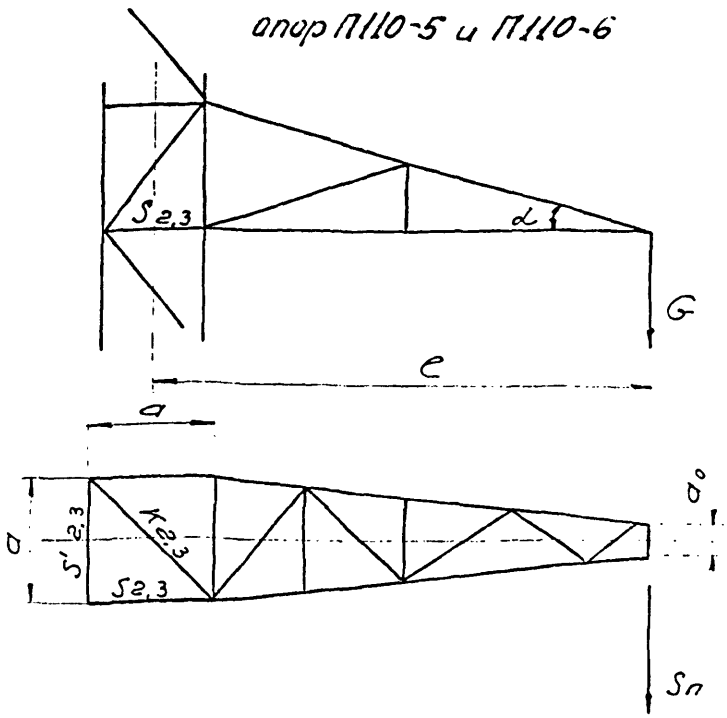


Схема III; IV р-н гололеда $S_n = 1{,}29$ т

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

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

$$S_3 = \frac{1{,}29 \times 2{,}1}{1{,}0} + 0{,}36\ *) = 2{,}71 + 0{,}36 = 3{,}07 \text{ т}$$

$$K_3 = \frac{1{,}29 \times 2{,}1}{\sqrt{2} \times 1{,}0} = 1{,}91 \text{ т}$$

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

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

$$S_2 = \frac{1{,}29 \times 4{,}2}{1{,}0} + 0{,}89\ **) = 5{,}41 + 0{,}89 = 6{,}30 \text{ т}$$

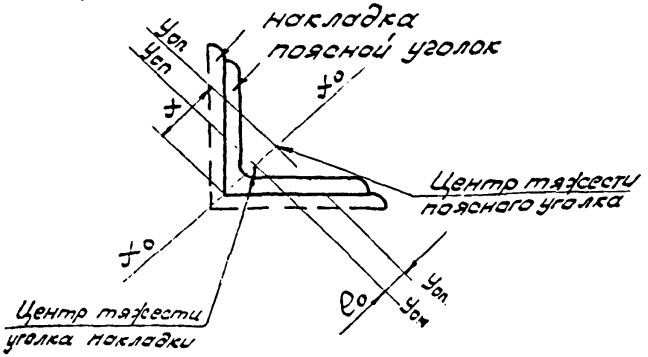
$$K_2 = \frac{1{,}29 \times 4{,}2}{\sqrt{2} \times 1{,}0} = 3{,}82 \text{ т}$$

*) См. расчет траверсы $\ell = 2{,}1$ м лист 44, 45;

**) См. расчет траверсы $\ell = 4{,}2$ м лист 45, 46;

Расчет стыков
опоры П110-1

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



$e_0 = 0{,}5$ см

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вп} F}$$

поясной уголок ∠ 70×6
накладка ∠ 90×7

$N = 5{,}60$ т $\quad n_1 = 0{,}95 \quad F = 8{,}15$ см²

$$\lambda = \frac{100}{1{,}38} = 72$$

$$e_0 = \frac{(1{,}94+0{,}7)-2{,}47}{0{,}707} = 0{,}24\text{см}$$

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

$F = 8{,}15$ см²; $J_{y_0-y_0} = 15{,}5$ см⁴ $\quad X = \frac{1{,}94}{0{,}707} = 2{,}74$ см

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

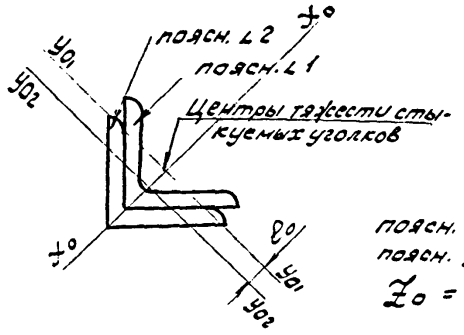
$$m = 0{,}12 \times \frac{8{,}15 \times 2{,}74}{15{,}5} = 0{,}144$$

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

$\varphi_{вп.} = 0{,}781$

$$\sigma = \frac{5600}{0{,}95 \times 0{,}781 \times 8{,}15} = 930 \text{ кг/см}^2 < [2100] \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

2. Стык средней и нижней секций (стык телескопический)



поясн. уголок 1 - ∠ 80×6
поясн. уголок 2 - ∠ 80×6
$Z_0 = 2{,}19$ см

$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вн} F} \qquad N = 8{,}66\,т$$

$\eta_1 = 1{,}0 \quad F = 9{,}38\,см^2$

$$\lambda = \frac{200 \times 1{,}14}{2{,}47} = 92$$

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

$J_{y_0 \cdot y_0} = 23{,}5\,см^4$; $\quad X = \frac{2{,}19}{0{,}707} = 3{,}1\,см$

$$\ell_0 = \frac{0{,}6}{0{,}707} = 0{,}85\,см \quad \ell = 0{,}5\,\ell_0 = 0{,}5 \times 0{,}85 = 0{,}425\,см$$

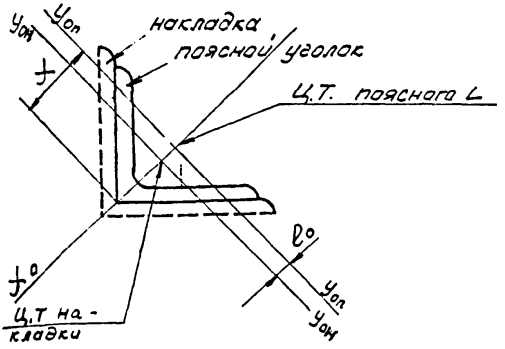
$$m = 0{,}425 \times \frac{9{,}38 \times 3{,}1}{23{,}5} = 0{,}53 \qquad m_1 = 0{,}53 \quad \lambda = 92$$

$$\varphi_{вн} = 0{,}536$$

$$\sigma = \frac{8660}{0{,}536 \times 9{,}38} = 1710\,кг/см^2 < [2100]\,\frac{кг}{см^2}$$

Расчет стыков опоры П110-3

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



$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вн} F}$$

поясной уголок ∠ 70×6
накладка ∠ 90×7

$N = 6,38F$ $\eta_1 = 0,95$ $F = 8,15 см^2$

$$\lambda = \frac{100}{1,38} = 72$$

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

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

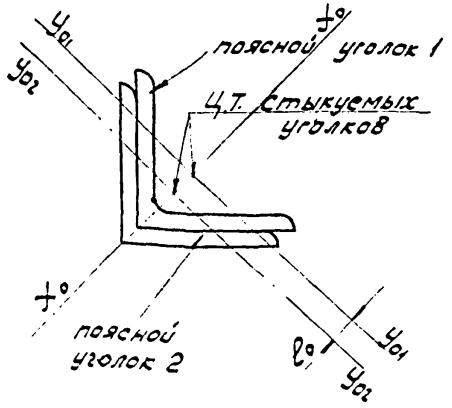
$\ell = 0,5 \ell_0 = 0,5 \times 0,24 = 0,12 см$ $\ell_0 = \frac{(1,94+0,7)-2,47}{0,707} = 0,24 см$

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

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

$\varphi_{вн.} = 0,781$ $\sigma = \frac{6,38}{0,95 \times 0,781 \times 8,15} = 1060 кг/см^2 < [2100] кг/см^2$

2. Стык средней и нижней секции
(стык телескопический)



поясной ∠1 — ∠ 80×6
поясной ∠2 — ∠ 90×7

$Z_{o1} = 2{,}19\,см$

$Z_{o2} = 2{,}47\,см$

$2{,}19 + 0{,}7 = 2{,}89\,см$

$2{,}89 - 2{,}47 = 0{,}42\,см$

$\ell_0 = \frac{0{,}42}{0{,}707} = 0{,}594$

$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вп} F}$ $N = 10{,}08\,т$

$\eta_1 = 1{,}0;$ $F = 9{,}38\,см^2;$

$\lambda = \frac{200 \times 1{,}14}{2{,}47} = 92$

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

$J_{y_0} = 23{,}5\,см^4$ $X = \frac{2{,}19}{0{,}707} = 3{,}1\,см$

$\ell = 0{,}5\,\ell_0 = 0{,}5 \times 0{,}594 = 0{,}297\,см$

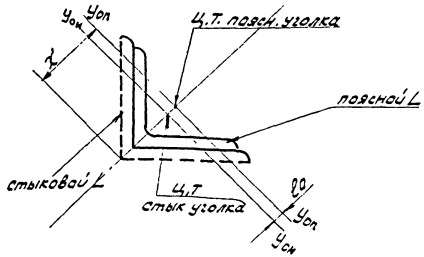
$m = 0{,}297 \times \frac{9{,}38 \times 3{,}1}{23{,}5} = 0{,}37$ $m_1 = 0{,}37$ $\lambda = 92$

$\varphi_{вн} = 0{,}583$

$\sigma = \frac{10080}{1{,}0 \times 0{,}583 \times 9{,}38} = 1840\,кг/см^2 < [2100]\,\frac{кг}{см^2}$

Расчет стыков опоры П110-5

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



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

∠ 70×6 - поясной уголок
∠ 90×7 - накладка

$N = 11{,}41$ т $\quad n_1 = 0{,}95$; $\quad F = 8{,}15$ см²

$$\lambda = \frac{100}{1{,}38} = 72$$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1{,}0$; $m = \ell \times \frac{FX}{J_{yo}}$

$$X = \frac{1{,}94}{0{,}707} = 2{,}74 \text{ см}; \quad J_{yo} = 15{,}5 \text{ см}^4;$$

$$\ell = 0{,}5 \ell_o; \quad \ell_o = \frac{(1{,}94 + 0{,}7) - 2{,}47}{0{,}707} = 0{,}24 \text{ см}$$

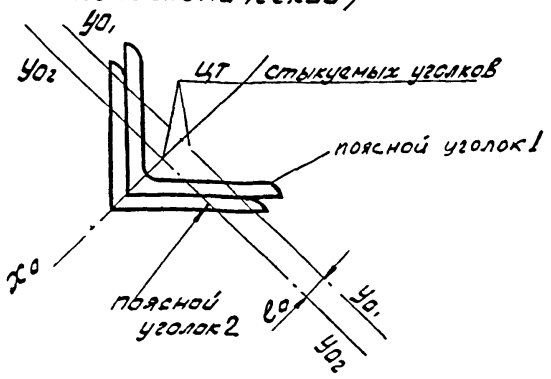
$\ell = 0{,}5 \times 0{,}24 = 0{,}12$ см

$$m = 0{,}12 \times \frac{8{,}15 \times 2{,}74}{15{,}5} = 0{,}144 \qquad m_1 = 1{,}0 \times 0{,}144 = 0{,}144$$

$\varphi_{вп} = 0{,}781$

$$\sigma = \frac{11410}{0{,}95 \times 0{,}781 \times 9{,}15} = 1890 \text{ кг/см}^2 < [2100] \text{ кг/см}^2$$

2. Стык средней и нижней секций (стык телескопический)



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

∠ 80×6 — поясной ∠ 1
∠ 90×7 — —"— ∠ 2

$N = 12{,}44$ т $n_1 = 1{,}0$ $F = 9{,}38$ см²

$$\lambda = \frac{200 \times 1{,}14}{2{,}47} = 92$$

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

$J_{y_o} = 23{,}5$ см⁴ $X = \frac{2{,}19}{0{,}707} = 3{,}1$ см

$\ell = 0{,}5\, l_o$ $l_o = \frac{(2{,}19 + 0{,}7) - 2{,}47}{0{,}707} = 0{,}594$

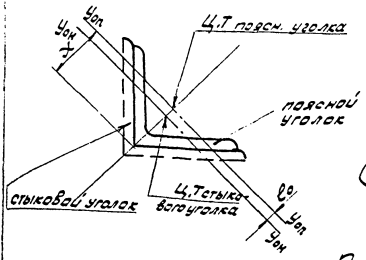
$$m = 0{,}297 \times \frac{9{,}38 \times 3{,}1}{23{,}5} = 0{,}37 \qquad m_1 = 0{,}37$$

$\varphi_{вн} = 0{,}583$

$$\sigma = \frac{12\,440}{1{,}0 \times 0{,}583 \times 9{,}38} = 2080 \frac{кг}{см^2} < [2100] \frac{кг}{см^2}$$

Расчет стыков опоры П110-2

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



$\angle$ 70×6 — поясной $\angle$
$\angle$ 100×7 — стыковой $\angle$

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

$N = 13{,}33$ т

$n_1 = 0{,}95$; $F = 8{,}15$ см²

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

$F = 8{,}15$ см²; $J_{y_0} = 15{,}5$ см⁴; $x = \frac{1{,}94}{0{,}707} = 2{,}74$ см

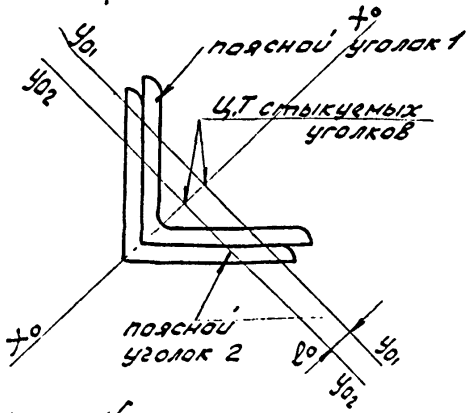
$l = 0{,}5 l_0$; $\quad$ где $l_0 = \frac{2{,}71 - (1{,}94 + 0{,}7)}{0{,}707} = 0{,}10$ см

$l = 0{,}05$ см $\quad m = 0{,}05 \frac{3{,}15 \times 2{,}74}{15{,}5} = 0{,}072$

$\lambda = \frac{100}{1{,}38} = 72 \quad \varphi_{вн} = 0{,}798$

$$\sigma = \frac{13\,330}{8{,}15 \times 0{,}95 \times 0{,}798} \cong 2100 \text{ кг/см}^2 \leq [2100] \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

2. Стык средней и нижней секций
(стык телескопический)



пояс ∠ 1 – ∠ 100×7
пояс ∠ 2 – ∠ 100×7

$Z_{0_1} = 2{,}71$; $Z_{0_2} = 2{,}71$

$$l_0 = \frac{0{,}7}{0{,}707} = 0{,}99\,см$$

$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вн} F}; \quad N = 16{,}88\,т; \quad \eta_1 = 1{,}0 \quad F = 13{,}8\,см^2$$

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

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

$$l = 0{,}5 \times l_0 = 0{,}5\,см$$

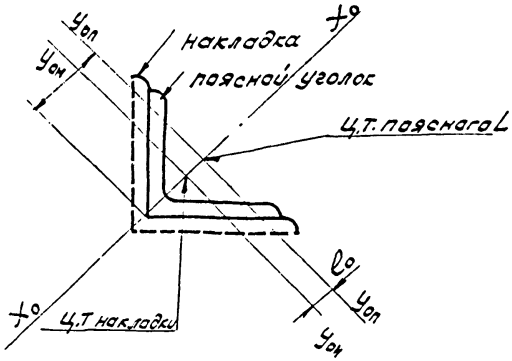
$$m = 0{,}5 \times \frac{13{,}8 \times 3{,}83}{54{,}2} = 0{,}49$$

$$\lambda = \frac{200 \times 1{,}14}{3{,}08} = 74 \qquad \varphi_{вн} = 0{,}619$$

$$\sigma = \frac{16880}{1{,}0 \times 0{,}619 \times 13{,}8} = 1970\,кг/см^2 \quad [2100]\,кг/см^2$$

Расчет стыков опоры П110-4

1. Стык верхней средней секции
(стык на одной накладке)



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

$\angle 70\times6$ — поясной уголок
$\angle 100\times7$ — накладка

$N = \frac{13{,}14\,T}{}$; $n = 0{,}95$ $F = 8{,}15$

$$\Lambda = \frac{100}{1{,}38} = 72$$

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

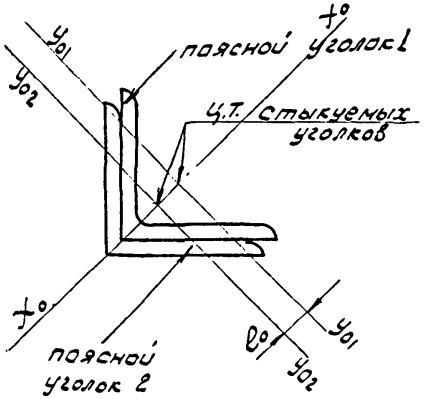
$X = \frac{1{,}94}{0{,}707} = 2{,}74$ см $l_o = \frac{2{,}71 - (1{,}94 + 0{,}7)}{0{,}707} = 0{,}1$ см

$l = 0{,}5$ $l_o = 0{,}05$ см

$m = 0{,}05\,\frac{8{,}15\times2{,}74}{15{,}5} = 0{,}072$ $m_1 = 1{,}0\times0{,}072 = 0{,}072$

$\varphi_{вн} = 0{,}798$ $\sigma = \frac{13140}{0{,}95\times0{,}798\times8{,}15} \cong 2100$ кг/см² $\leq$ $[2100]\,\frac{кг}{см^2}$

2. Стык средней и нижней секций (стык телескопический)



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

∠ 100×7 – поясной уголок №1

∠ 100×7 – поясной уголок №2

$N = 19{,}14\,т$; $\eta_1 = 1{,}0$ $F = 13{,}8\,см^2$

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

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

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

$$\ell_0 = \frac{0{,}7}{0{,}707} = 0{,}99\,см \quad \ell = 0{,}5 \times 0{,}99 = 0{,}495\,см$$

$$m = 0{,}495 \times \frac{13{,}8 \times 3{,}83}{54{,}2} = 0{,}482 \qquad m_1 = 0{,}482$$

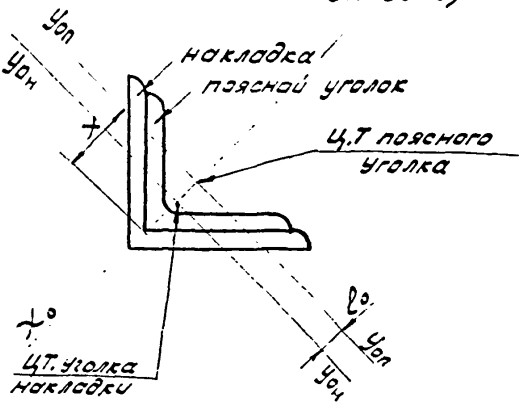
$\varphi_{вн} = 0{,}66$

$$\sigma = \frac{19140}{1{,}0 \times 0{,}66 \times 13{,}8} = 2090\,кг/см^2 < [2100]\,\frac{кг}{см^2}$$

Расчет стыков

П 110-6

1. Стык верхних секций
(стык на одной накладке)



$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вн} F}$; $N = 9{,}43$т; ∠ 70×6 – поясной, ∠ 90×7 – накладка

$n_1 = 0{,}95$; $F = 8{,}15$ см²

$\lambda = \frac{100}{1{,}38} = 72$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1{,}0$; $m = l \times \frac{FX}{J_{yo}}$

$J_{yo} = 15{,}5$ см⁴; $X = \frac{1{,}94}{0{,}707} = 2{,}74$ см;

$1{,}94 + 0{,}7 = 2{,}64$см $\quad 2{,}64 - 2{,}47 = 0{,}17$см

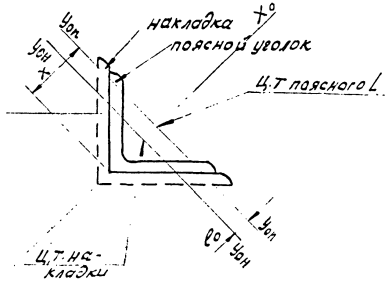
$l_o = \frac{0{,}17}{0{,}707} = 0{,}24$см $\quad l = 0{,}5 l_o = 0{,}5 \times 0{,}24 = 0{,}12$ см

$m = 0{,}12 \times \frac{8{,}15 \times 2{,}74}{15{,}5} = 0{,}173$ $\quad m_1 = 1{,}0 \times 0{,}173 = 0{,}173$

$\varphi_{вн} = 0{,}769$

$\sigma = \frac{9430}{0{,}95 \times 0{,}769 \times 8{,}15} = 1530$ кг/см² < [2100] кг/см²

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



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

∠ 90×7 – поясной уголок
∠ 110×8 – накладка

$N = 18{,}24\,т$; $n_1 = 0{,}95$ $F = 12{,}3\,см^2$

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

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1{,}0$, $m = \ell \times \frac{F x}{J_{уо}}$

$$x = \frac{2{,}47}{0{,}707} = 3{,}49\,см;\ J_{уо} = 38{,}9\,см^4$$

$$\ell = 0{,}5\,\ell_0 \qquad \ell_0 = \frac{(2{,}47 + 0{,}8) - 3{,}0}{0{,}707} = 0{,}38\,см$$

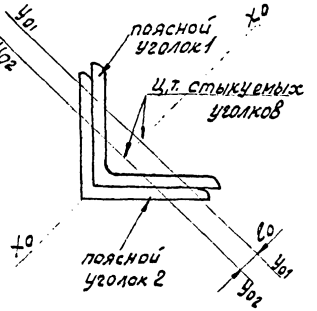
$$\ell = 0{,}5 \times 0{,}38 = 0{,}19\,см$$

$$m = 0{,}19 \times \frac{12{,}3 \times 3{,}49}{38{,}9} = 0{,}21 \qquad m_1 = 1{,}0 \times 0{,}21 = 0{,}21$$

$$\varphi_{вн} = 0{,}82$$

$$\sigma = \frac{18240}{0{,}95 \times 0{,}82 \times 12{,}3} = 1900\,кг/см^2 < [2100]\,\frac{кг}{см^2}$$

3. Стык средней и нижней секций (стык телескопический)



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

$\angle$ 110×8 – поясной N 1

$\angle$ 110×8 – —"— N2

$N = 22,32$ т; $n_1 = 1,0$ $F = 17,2$ см²

$$\lambda = \frac{200 \times 1,14}{3,39} = 67$$

$m_1 = \eta m$; где $\eta = 1,0$ $m = l \frac{F x}{J_{y0}}$

$J_{y0} = 81,8$ см⁴; $x = \frac{3,00}{0,707} = 4,25$ см

$l_0 = \frac{0,8}{0,707} = 1,13$ см $l = 0,5 \times 1,13 = 0,565$ см

$m = 0,565 \times \frac{17,2 \times 4,25}{81,8} = 0,5$ $m_1 = 0,5$

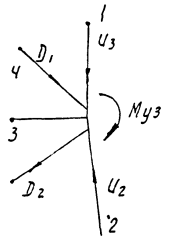
$\varphi_{вн} = 0,65$

$$\sigma = \frac{22320}{1,0 \times 17,2 \times 0,65} = 1990 \frac{кг}{см^2} \leq [2100] \frac{кг}{см^2}$$

3078тм/4 л. 63/79

Опора П110-5

Стык верхней и средней секции



Узловой момент:

$M_{уз.} = 1530 \times 5{,}7 + 1500 \times 2{,}0 =$

$= 8700 + 3000 = 11700$ кгсм

$M_{уз.} = 117.0$ кгм.

$D_1 = 1.53$т

$D_2 = 1.5$т

$U_3 = U_2 = 6.17$т

Стержень	сечение	J_x	$\ell_{геом.}$	J_x/ℓ
1	L70×6	37.6	100	0,376
2	L80×6	57.0	200	0,285
3	L63×5	23.1	100	0,231
4	L63×5	23.1	140	0,165
				1.057

Для стержня 1

$$3_1 = \frac{0.376}{1.057} = 0{,}356$$

Момент изгибающий пояс U_3

$M_1 = 0{,}356 \times 117.0 = 41.7$ кгм

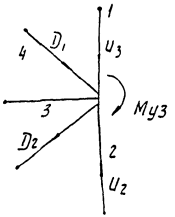
$$W_1 = \frac{J_x}{z_0} = \frac{37.6}{1{,}94} = 19.4\ см^3 \qquad \sigma_м = \frac{4170}{19.4} = 215\ кг/см^2$$

Суммарное напряжение в поясе U_3

$$\sigma = \frac{6170}{8{,}15} + 215 = 980\ кг/см^2$$

Опора П110-6

1. Стык верхней и средней секций



Узловой момент:

$M_{уз.} = 2800 \times 7.5 + 2750 \times 3.3 =$

$= 30080$ кгсм

$M_{уз} = 300,8$ кгм

$D_1 = 2,8$т

$D_2 = 2,75$т

$U_3 = U_2 = 16,77$т

Стержень	сечение	J_x	$l_{нам}$	J/c
1	L90×7	94,3	100	0,943
2	L110×8	198,0	200	0,990
3	L63×5	23,1	100	0,231
4	L63×5	23,1	140	0,165
				2.329

Для стержня 1

$$\frac{3}{1} = \frac{0.943}{2.329} = 0,405$$

Момент изгибающий пояс U_3

$M_1 = 0,405 \times 300,8 = 122,0$ кгм

$W_1 = \frac{J_x}{z_0} = \frac{94,3}{2.47} = 38,2\,см^3$ $\quad \sigma_м = \frac{12200}{38,2} = 320\ кг/см^2$

Суммарное напряжение в поясе U_3

$\sigma = \frac{16\,770}{12,3} + 320 = 1360 + 320 = 1680 \cdot кг/см^2$

Рассчитал: /Токарева/.

Проверил: /Герасинова/.

П 110-7

Сечение 1-1

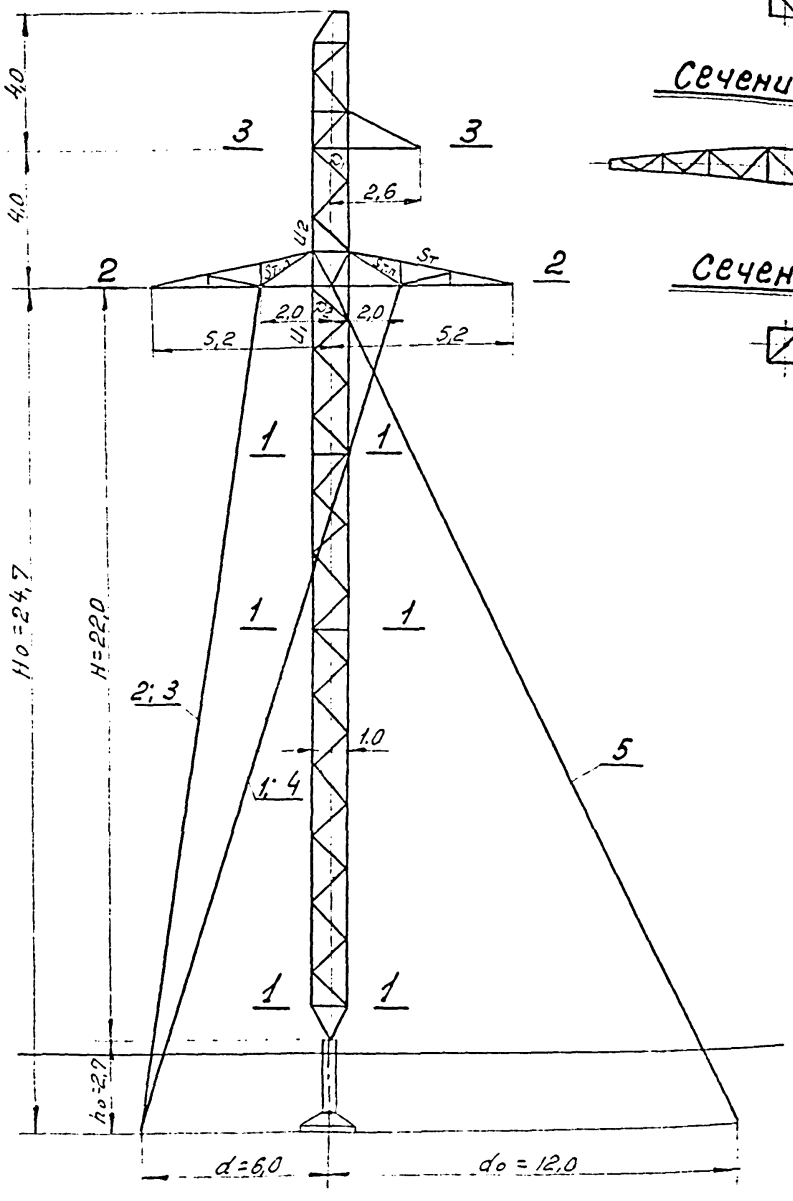


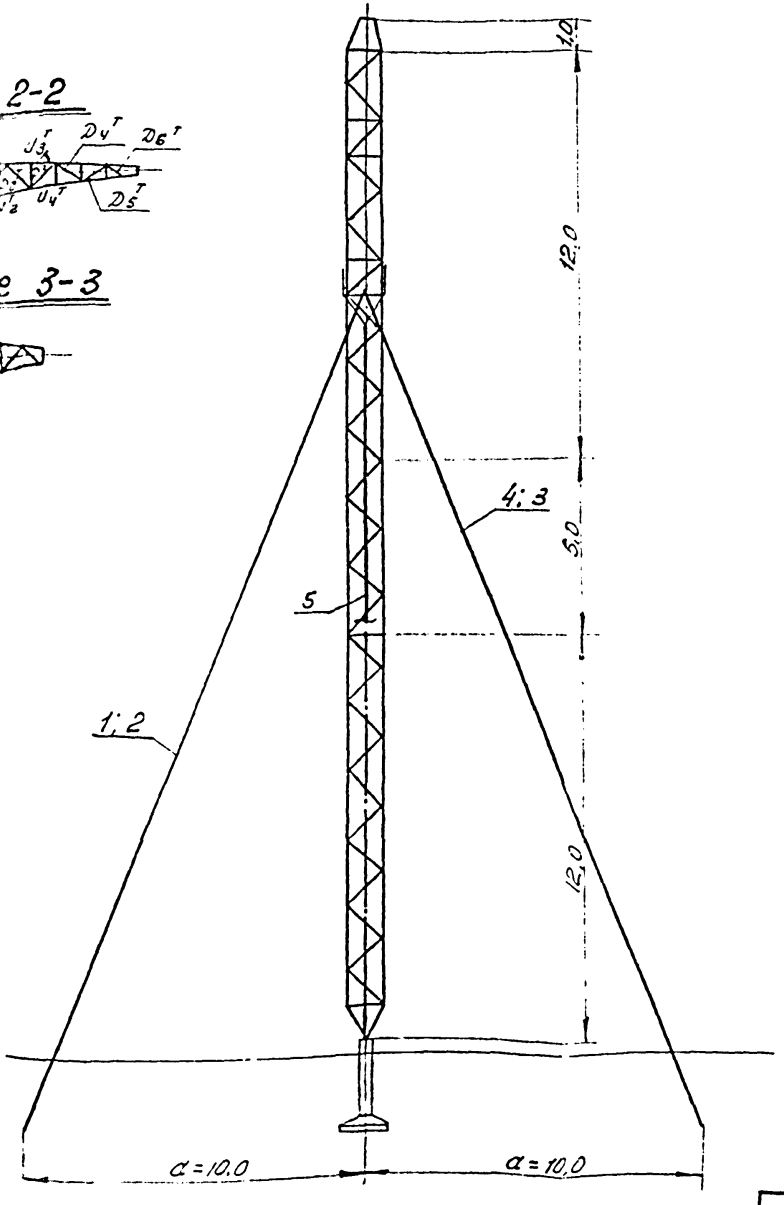
Сечение 2-2



Сечение 3-3

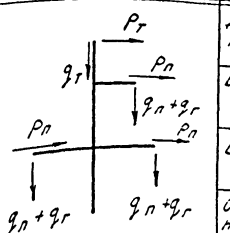
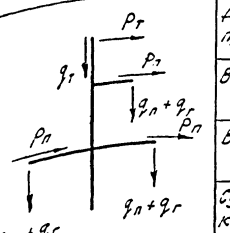






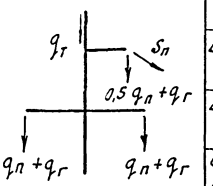
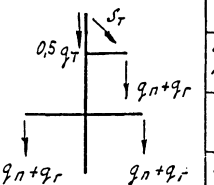
Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кв. Шифр П 110-7

Таблица № 1

№ № схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					q ветр.	450						450					
					q вес.	565						540					
					q габ.	450						430					
						нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п.	расчет.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 50 кг/м^2$; $q_т^н = 70 кг/м^2$; $t = -5°C$; $c = 0$		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	410	1,2	490	240	1,2	290	410	1,2	490	240	1,2	290
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	530	1,1	580	230	1,1	255	505	1,1	555	220	1,1	240
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	570	—	625	230	—	255	545	—	600	220	—	240
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5°C$; $c = 5 мм$. $q_п^н = 12,5 кг/м^2$; $c = 10 мм$. $q_т^н = 18 кг/м^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	215	1,4	300	185	1,4	260	280	1,4	390	285	1,4	400
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	530 215	1,1 2,0	580 430	230 110	1,1 2,0	255 220	505 480	1,1 2,0	555 960	220 290	1,1 2,0	240 580
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	785	—	1055	340	—	475	1025	—	1560	510	—	820

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 110 кв. Шифр П 110-7

Таблица №2

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					ℓ вет.	450						450					
					ℓ вес.	565						540					
					ℓ гол.	450						430					
						нормат.	п	расчет.	нормат.	п.	расчет.	нормат.	п	расчет.	нормат.	п	расчет.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий (верхний) или крутящий (нижний правый) момент на опору.	$t=-5^{\circ}C$; $C=0$; $q^{н}=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1050	1,3×0,8=1,04	1090	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса.	$q_п$ $q_т$	530	1,1	580	230	1,1	255	505	1,1	555	220	1,1	240
				Вес гирлянд изоляторов.	$q_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_п+q_г$ $q_т$	570	—	625	230	—	255	545	—	600	220	—	240
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5^{\circ}C$; $C=0$; $q^{н}=0$		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролета провода, троса	$q_п$ $q_т$	530	1,1	580	230	1,1	255	505	1,1	555	220	1,1	240
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$q_п+q_г$ $q_т$	570	—	625	230	—	255	545	—	600	220	—	240

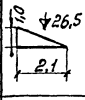
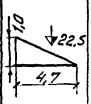
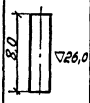
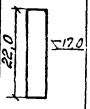
Примечания:

1. Высота центра тяжести троса 21,6 м.
   Нормативный скоростной напор $q_т^{н} = 1,4 \times 50 = 70$ кг/м.^{2}
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{max} = 54$ кг/мм.^{2}
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкцию опоры

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

Таблица №3

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м).	Коэф. увелич. скоростн. напора по высоте.	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэф. заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинам. коэф. плоск. фермы $C_\varphi = C_i\,\varphi = 1,4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродин. коэф. простр. фермы $C_{пр} = C_\varphi\,(1+\eta)$	Нормат. ветровая нагрузка $p = q_0\,C_{пр}\,S$	Расчетн. ветр. нагрузка $p_p = q_0\,C_{пр}\,S_{пр}$
Верхняя траверса		1,49	75	0,25	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	21 [2] (47)	36
Нижняя траверса		1,40	70	0,89	2,35	0,378	0,530	0,52	0,805	60 [2] (132)	105
Верхняя секция		1,49	75	1,93	8,0	0,241	0,337	0,78	0,600	360	625
Нижняя секция		1,1	55	4,39	22,0	0,199	0,278	0,85	0,517	625	1090
Оттяжки		1,1	55							44	76
									Итого	1110	1932

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси вл. ветровая нагрузка составляет $0,45\,P_{тр}$.

Расчет опоры производился на ЭЦВМ „Урал-2" по программе расчета одностоечной опоры с 2-мя расщепленными и одной одиночной оттяжками (инв. N3002тм-т6).

Таблица результатов расчета опоры на ЭЦВМ

Таблица №4

Расчетн. велич.	Сх.I (1) ветер слева	Сх.I (2) Ветер справа	Сх. II (1) ветер слева	Сх. II (2) Ветер справа	Сх. III (1) обрыв прав. нижн. пров.	Сх. III (2) обрыв лев. нижн. пров.	Сх. IV
T_1 (кг).	3929	1391	3086	1980	0	3880	1212
T_2 (кг)	4393	794	3740	1166	3817	0	1295
T_3 (кг)	4393	794	3740	1166	1036	6257	3794
T_4 (кг)	3929	1391	3086	1980	6460	1008	3791
T_5 (кг)	0	10539	1387	8613	5602	5303	4888
R_x (кг)	-250	244	194	-194	130	17	58
$N-N_0$(кг)	1538	(нечетк. печать) -85,6	90,9	-90,9	1730	1352	11
Δx	14,7	-12,3	8,0	-8,0	-1,3	нечеткая печать	0,25
Δy	0	0	0	0	7,9		6,74
φ	0,0016	0,0017	0,0032	-0,0032	0,0014	0,00020	0
β	0	0	0	0	0,075	-0,069	0,0016
M_c (кг·см)	-659198	672128	-729142	729142	-286228	-37637	-127193
R_y (кг)	0	0	0	0	0	0	494
$N_п$ (кг)	-19470	нечетк. печать -17845	-21393	-21211	-19292	-18914	-17813
N_a (кг)	7515	1963	6168	2827	3499	3444	2263
q_{ax} (кг)	1782	518	1442	742	556	1116	541
q_{ay} (кг)	-3042	-795	-2497	-1144	-1416	-1394	-916
N_B (кг)	7515	1963	6168	2827	6685	6630	6844
q_{Bx} (кг)	1782	518	1442	742	2011	1219	1653
q_{By} (кг)	3042	795	2497	1144	2706	2684	2771
N_c (кг)	0	9479	1247	7747	5038	4770	4397
q_{cx} (кг)	0	-4605	-606	-3764	-2448	-2317	-2136

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

R_x, R_y – горизонт. реакции в опорном шарнире

$N_п$ – вертик. реакция в опорном шарнире

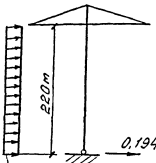
M_c – момент в стойке на уровне нижних траверс

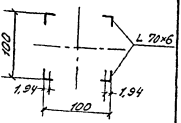
Δx, Δy, φ, β – перемещения стойки на уровне нижн. траверс

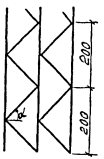
N_a, q_{ax}, q_{ay}, N_B и т.д. – нагрузки на анкерные плиты.

Расчет стойки ниже уровня нижних траверс

Схема II (1) Эп. M Эп. Q







Подбор сечения поясов

$N = N_л - G_{ст}$ $\quad G_{ст} = \frac{2}{3} \cdot 2310 = 1540$ кг

$N = 21,393 - 1,54 = 19,85$ т.

$U_1 = \frac{19,85}{4} + \frac{7,29}{2 \cdot 0,96} = 4,96 + 3,8 = 8,76$ т.

L 70×6 $\quad F = 8,15 \quad r_x = 2,15 \quad l_0 = м_л \, l_л$

$\frac{i_л}{i_р} = \frac{15,5 \cdot 141}{200 \quad 1,36} = 8,05 \qquad м_л = 1,11$

$\lambda = \frac{1,11 \cdot 200}{2,15} = 104 \qquad \varphi = 0,568 \qquad m = 1,0$

$\sigma = \frac{8,76 \cdot 10^3}{0,568 \cdot 8,15 \cdot 1,0} = 1900 < 2100$ кг/см²

Подбор сечения раскосов стойки

$Q_{расч} = 1,294$ т $\quad \cos \alpha = 0,707 \quad D_2 = \frac{1,294}{2 \cdot 0,707} = 0,92$ т.

L 36×4 $\quad F = 2,75 \quad r_{min} = 0,70 \quad l_р = 141$ см

$\frac{l_р}{r_{min}} = \frac{141}{0,70} = 202 \qquad \frac{i_л}{i_р} = 8,05 \qquad м_р = 0,700$

$\lambda = \frac{0,700 \cdot 141}{0,70} = 141 \qquad \varphi = 0,356 \qquad m = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64$

$\sigma = \frac{0,92 \cdot 10^3}{0,356 \cdot 0,64 \cdot 2,75} = 1470$ кг/см² < 2100

Согласно п. 3.9 инструкции по расчету опор производим проверку поясов стойки по формуле:

$$U_1 = \frac{N^p}{4} + \frac{M^p}{2b} + \frac{n N^p \left(f_0 + \frac{1}{750}\ell\right)}{2b\left(1 - \frac{N^p}{N_э}\right)}$$

$n = 1{,}0$ для сварной опоры

Схема II (1)

$N^p = 19{,}85$ т. $\quad M^p = 7{,}29$ тм. $\quad b = 0{,}96$ м.

f_0 - максимальный прогиб стойки под действием расчетных поперечных нагрузок

$$f_0 = \frac{5}{384}\,\frac{q\,H^4}{EJ} \qquad Q = 0{,}0125\ \text{т/м}.$$

$$f_0 = \frac{5 \cdot 0{,}0125 \cdot 22{,}0^4}{384 \cdot 15{,}75 \cdot 10^3} = 0{,}24 \cdot 10^{-2}\ \text{м} = 0{,}24\ \text{см}.$$

$N_э$ - критическая сила

$$N_э = \frac{\pi^2 EJ}{\ell^2} = \frac{3{,}14^2 \cdot 15{,}75 \cdot 10^3}{22{,}0^2} = 320\ \text{т}.$$

$$U_1 = \frac{19{,}85}{4} + \frac{7{,}29}{2 \cdot 0{,}96} + \frac{1{,}0 \cdot 19{,}85\left(0{,}24 \cdot 10^{-2} + \frac{22{,}0}{750}\right)}{2 \cdot 0{,}96\left(1 - \frac{19{,}85}{320}\right)} =$$

$$= 4{,}96 + 3{,}8 + 0{,}35 = 9{,}11\ \text{т}.$$

Схема I (1) $\quad N^p = 19{,}47 - 1{,}54 = 17{,}93$ т

$M^p = 6{,}59$ тм.

$$f_0 = 0{,}24 \cdot 10^{-2} \cdot 4 = 0{,}96 \cdot 10^{-2}\ \text{см}.$$

$$U_1 = \frac{17{,}93}{4} + \frac{6{,}59}{2 \cdot 0{,}96} + \frac{1{,}0 \cdot 17{,}93\left(0{,}96 \cdot 10^{-2} + 2{,}93 \cdot 10^{-2}\right)}{2 \cdot 0{,}96\left(1 - \frac{17{,}93}{320}\right)} =$$

$$= 4{,}48 + 3{,}44 + 0{,}38 = 8{,}30\ \text{т}$$

$$\sigma = \frac{9{,}11 \cdot 10^6}{0{,}568 \cdot 8{,}15} = 1970\ \text{кг/см}^2 < 2100$$

Расчет стойки выше уровня нижних траверс

1. Пояс верхней части стойки (▽ 22,0 м.)

Схема IV (обрыв троса)

$S_T = 1360$ кг.

$M_\perp = 1{,}36 \times 8 = 10{,}9$ тм

$M_\parallel = (q_п + q_г) \times 2{,}6 = 0{,}625 \times 2{,}6 = 1{,}63$ тм

$G = 0{,}5 q_т + q_п + q_г + \frac{2{,}31}{30} \cdot 8 = 0{,}12 + 0{,}625 + 0{,}62 = 1{,}36$ т.

$U_2 = \frac{10{,}9 + 1{,}63}{2 \times 0{,}96} + \frac{1{,}36}{4} = 6{,}53 + 0{,}34 = 6{,}87$ т.

$l_п = 200$ см. Принимаем сечение пояса

∟70×6 $F = 8{,}15$ см^2 $r_{min} = 1{,}38$ см $J_{min} = 15{,}5$ см.^{4}

раскосы ∟50×4 $F = 3{,}89$ см^2 $J_{min} = 3{,}80$ см^4

$\frac{i_п}{i_р} = \frac{J_{п\,min}}{J_{р\,min}} \frac{l_р}{l_п} = \frac{15{,}5 \times 120}{3{,}80 \times 100} = 4{,}80$

По табл. 12 СНиП II-И. 9-62 $\mu_п = 1{,}08$

$l_0 = \mu_п l_п = 1{,}08 \times 100 = 108$ см

$\lambda = \frac{108}{1{,}38} = 78$ $\varphi = 0{,}762$ $m = 1$

$\sigma = \frac{6{,}87 \times 10^3}{8{,}15 \times 0{,}762} = 1110$ кг/см^2 < 2100

2. Раскос верхней части стойки.

Схема III $S_п = 1290$ кг

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

Максимальная поперечная сила в одной грани

$$Q_{max} = \frac{M_{кр}}{2b} + \frac{S_п}{2} = \frac{3{,}36}{2 \cdot 1{,}0} + \frac{1{,}29}{2} = 1{,}68 + 0{,}65 = 2{,}33_т$$

Усилие в раскосе:

$$D_1 = \frac{Q_{max.}}{\cos\alpha} = \frac{2{,}33}{0{,}707} = 3{,}28\,т$$

Принимаем сечение раскоса L 50×4

$F = 3.89\ см^2$ $J_{min} = 3.80\ см^4$ $r_{min} = 0,99$

$$\frac{i_n}{i_p} = \frac{15,5 \times 120}{3,80 \times 100} = 4,80; \quad \frac{l_p}{r_{min}} = \frac{120}{0,99} = 121$$

$\varphi_p = 0,802$; $l_0 = 121 \times 0,802 = 97\ см$

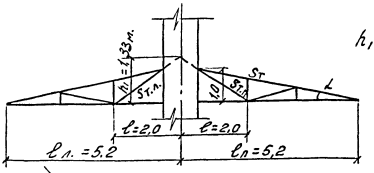
$$\lambda = \frac{97}{0,99} = 98 \; ; \; \varphi = 0,627; m_1 = 0,8 \text{ (см. табл. 7 СНиП II-В.9-62)}$$

$m_2 = 0,8$ - на прикрепление элемента в стык

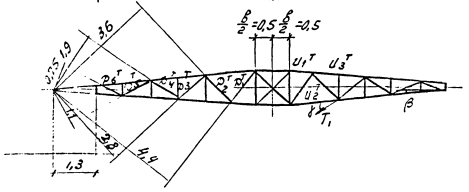
к поясу $F\varphi m_1 m_2 = 3,89 \times 0,627 \times 0,8 \times 0,8 = 1,56\ см^2$

$$\sigma = \frac{328 \times 10^3}{1,56} = 2100\ кг/см^2$$

Расчет нижней траверсы



$$h_1 = \frac{2,0 \cdot 1,0}{1,5} = 1,33\text{м}.$$



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

Усилие в левой тяге

$$S_{т.л.} = \frac{1}{2}\left(T_2 + T_3\right)\frac{H_0}{L_2}\frac{\sqrt{h_1^2+\ell^2}}{h_1} = \frac{1}{2}\,4,39\cdot 2\,\frac{24,7}{27,0}\,\frac{\sqrt{1,33^2+2,0^2}}{1,33} =$$

$$= 7,3\text{т}.$$

Усилие в правой тяге

$$S_{т.л.} = \frac{1}{2}\left(T_1 + T_4\right)\frac{H_0}{L_1}\frac{\sqrt{h_1^2+\ell^2}}{h_1} = \frac{1}{2}\,3,93\cdot 2\,\frac{24,7}{27,8}\,\frac{\sqrt{1,33^2+2,0^2}}{1,33} =$$

$$= 6,32\text{т}.$$

$\angle 63\times 5 \qquad F = 6,13 \qquad \sigma = \frac{7,3\cdot 10^3}{6,13} = 1190 < 2100$

2. Для наружных тяг расчетной является схема II нормального режима.

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

$G = g_л + g_т + \frac{1}{2}G_{трав.} = 1,56 + \frac{1}{2}\cdot 0,2 = 1,66$ т

$$\sin\alpha = \frac{1.0}{\sqrt{1.0^2 + 4.7^2}} = 0{,}208$$

$$\cos\beta = \frac{4.7}{\sqrt{0.4^2 + 4.7^2}} = 0{,}995$$

$$S_T = \frac{1.66}{2 \cdot 0{,}208 \cdot 0{,}995} = 4{,}02\ т$$

$L\ 63\times5 \qquad F = 6{,}13 \qquad \sigma = \frac{4.02 \cdot 10^3}{6{,}13} = 655\ кг/см^2$

3. Для пролетных поясов расчетной является правая трав. Для правых пролетных поясов расчетной является схема III (1) (обрыв правого нижнего провода)

$$U_0 = \left(\frac{G}{2\,tg\alpha} + \frac{1}{2}(T_1 + T_4)\frac{H_0}{L_1}\frac{\ell}{h_1} + \frac{1}{2}(T_1 + T_4)\frac{d+\ell}{L_1}\cos\gamma\right) \times$$

$$\times \frac{1}{\cos\beta}; \qquad G = \frac{q_n}{2} + q_г + \frac{1}{2} G_{тр} = 0{,}323 + \frac{0{,}2}{2} = 0{,}423\ т.$$

$$\cos\gamma = \frac{d+\ell}{\sqrt{a^2 + (d+\ell)^2}} = \sqrt{\frac{6+2}{10^2 + 8^2}} = 0{,}625$$

$$U_0 = \left(\frac{0{,}423}{2 \cdot 0{,}213} + \frac{1}{2}\,6{,}46\,\frac{24.7}{27{,}8}\,\frac{2{,}0}{1{,}33} + \frac{1}{2}\,6{,}46\,\frac{6+2}{27{,}8}\,0{,}625\right) \cdot$$

$$\cdot \frac{1}{0{,}995} = (0{,}994 + 4{,}31 + 0{,}581)\frac{1}{0{,}995} = 5{,}90\ т$$

$$U_i^T = U_0 + Q\frac{\ell_i}{b_i} \qquad Q = S\,\frac{\ell_л - \ell}{2\ell} = 1{,}29\,\frac{5{,}2 - 2{,}0}{2 \cdot 2{,}0} = 1{,}03\ т.$$

$$U_3^T = 5{,}9 + 1{,}03\,\frac{4{,}0}{0{,}74} = 5{,}9 + 5{,}56 = 11{,}46\ т$$

$$U_2^T = 5{,}9 + 1{,}03\,\frac{3{,}25}{0{,}88} = 5{,}9 + 3{,}8 = 9{,}70\ т$$

$$U_1^T = 5{,}9 + 1{,}03\,\frac{2{,}5}{1{,}0} = 5{,}9 + 2{,}58 = 8{,}48\ т$$

$L\ 70\times6 \quad F = 8{,}15 \quad r_x = 2{,}15 \quad \lambda = \frac{150}{2{,}15} = 70$

$\varphi = 0{,}81 \quad \sigma = \frac{9.70 \cdot 10^3}{0{,}81 \cdot 8{,}15 \cdot 0{,}75} = 1960 < 2100$

$m = 0{,}75$

4. Для раскосов средней части расчетной является правая траверса. Расчетный режим III (1) (оборван правый провод)

$$M = Q\ (5{,}2 + 1{,}3 - 2{,}0) = Q \cdot 4{,}5$$

$$Q = T_4 \frac{a}{L_1} = 6{,}46 \cdot \frac{10}{27.8} = 2{,}33\ т$$

$$M = 2{,}33 \cdot 4{,}5 = 10{,}45\ тм$$

$$D^T_i = \frac{M}{z_i}$$

$$D^T_1 = \frac{10{,}45}{4{,}4} = 2{,}38\ т \qquad D^T_2 = \frac{10{,}45}{3{,}6} = 2{,}90\ т$$

$\angle 63 \times 5$ $\quad F = 6{,}13 \quad z_{min} = 1{,}25 \quad m = 0{,}7$

$$\lambda_1 = \frac{120}{1{,}25} = 96 \qquad \lambda_2 = \frac{110}{1{,}25} = 88$$

$$\varphi = 0{,}636 \qquad \varphi = 0{,}702$$

$$\sigma_1 = \frac{2{,}38 \cdot 10^3}{0{,}636 \cdot 6{,}13 \cdot 0{,}7} = 870\ кг/см^2 < 2100$$

$$\sigma_2 = \frac{2{,}90 \cdot 10^3}{0{,}702 \cdot 6{,}13 \cdot 0{,}7} = 970\ кг/см^2 < 2100,$$

5. Для поясов консольной части расчетной является схема III

$$U^T_4 = \frac{G}{2\, tg\alpha\, \cos\beta} + S_n \frac{\ell_n - \ell}{b}$$

$$U^T_4 = \frac{0{,}423}{2 \cdot 0{,}213 \cdot 0.995} + 1{,}29 \frac{3{,}2}{0{,}74} = 1{,}0 + 5{,}6 = 6{,}6\ т$$

$\angle 70 \times 6$ $\quad F = 8{,}15 \quad z_x = 2{,}15 \quad \lambda = \frac{160}{2{,}15} = 75$

$$\varphi = 0{,}780 \qquad m = 0{,}75$$

$$\sigma = \frac{6.6 \cdot 10^3}{8{,}15 \cdot 0{,}780 \cdot 0{,}75} = 1380\ кг/см^2 < 2100$$

6. Для раскосов консольной части расчетной является схема III

$$Д_i^T = \frac{M}{z_i} \qquad M = S \cdot 1,3 = 1,29 \cdot 1,3 = 1,68 \text{ тм.}$$

Таблица №5

Раскос	z_i (м)	усилие $Д_i^T$ (т)	l_o (см)	F ($см^2$)	r_{min} (см)	$\lambda = \frac{l_o}{r_{min}}$	φ	m	$б = \frac{Д}{\varphi_m F}$
$Д_3^T$	2,8	0,60	100	L50×4 3,89	0,99	101	0,592	0,75	345
$Д_4^T$	1,9	0,89	90	"	"	91	0,681	"	450
$Д_5^T$	1,1	1,53	90	"	"	91	0,681	"	770
$Д_6^T$	0,75	2,24	70	"	"	71	0804	"	960

Расчет верхней траверсы $l = 2,6$ м см. на стр. 22 (3078тм-т5)

Подбор сечения оттяжек

Для оттяжек 1, 2, 3, 4 расчетное усилие

в нормальном режиме $T_н^р = 4,39$ т.

в аварийном режиме $Т_а^р = 6,46$ т.

Примем канат ф13 (ГОСТ 3063-66)

Разрывное усилие $P = 12750$ кг

$R_н^р = 12,75 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 7,35$ т $> 4,39$ т

$R_а^р = 12,75 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 8,17$ т $> 6,46$ т

Для оттяжки 5 расчетное усилие в

нормальном режиме $T_н^р = 10,54$ т.

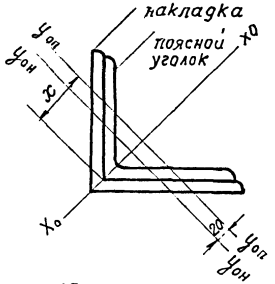
в аварийном режиме $T_а^р = 5,60$ т

Примем 2 каната ф13 (ГОСТ 3063-66)

$R_н^р = 2 \cdot 12,75 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 14,70 > 10,54$ т.

Расчет стыков секций

Стык верхней и средней секций
(Стык на одной накладке)



Поясной уголок L 70×6

Накладка L 80×6

$$N = \frac{19,85}{4} + \frac{5,11}{2 \cdot 0,96} = 4,96 + 2,66 = 7,62\ т.$$

$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вн} F} \qquad \eta_1 = 0,95 \qquad F = 8,15\ см^2$$

$$\lambda = \frac{200}{2,15} = 93$$

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

$$x = \frac{1,94}{0,707} = 2,74\ см \qquad J_{y_0} = 15,5\ см^4$$

$$e = 0,5\, e_0 \qquad e_0 = \frac{(1,94 + 0,6) - 2,19}{0,707} = 0,495\ см$$

$$e = 0,5 \cdot 0,495 = 0,248\ см$$

$$m = 0,248 \times \frac{8,15 \cdot 2,74}{15,5} = 0,357; \quad m_1 = 1,0 \cdot 0,357 = 0,357$$

$$\varphi_{вн} = 0,588$$

$$\sigma = \frac{7620}{0,95 \cdot 0,588 \cdot 8,15} = 1670 < 2000$$

Стык средней и нижней секции делается по аналогии со стыком верхней и средней секции.

gost.e-ecolog.ru

Рассчитал: [redacted] /Левченко/

Проверил: [redacted] /Элькинд/