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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные специальные опоры ВЛ 220 и 330 кВ

N407-4-30

Рабочие чертежи
Том 3

Расчеты опор для горных районов

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ ИНСТИТУТА /Л. Левин/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ ИНСТИТУТА ПО ВЛ /В. Хотинский/

МОСКВА - 1970 г.

gost.e-ecolog.ru

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 220 и 330 кВ

№407-4-30

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР /К. Крюков/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА /А. Флягин/

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ /К. Синелобов/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА /Б. Новгородцев/

Ленинград 1970

№3081 тм-т3

Аннотация.

В настоящем томе приводятся расчеты промежуточных и промежуточных угловых свободностоящих опор ПС 220-5, ПС 220 6, ПУС 220-1 и ПУС220-2 для горных районов, промежуточной опоры на оттяжках ПС 220-1 и расчеты предельных углов поворота допускаемых на нормальных и специальных анкерно-угловых опорах У220-1, У 220-2, УС 220-5 и УС220-6 при их использовании в горных районах.

Все опоры рассчитаны на нагрузки V района по ветру /q=80 кг/м²/, марки проводов по ГОСТ 839-59 и районы по гололеду приняты в расчётах каждой опоры указаны на листах нагрузок.

Расчеты опор выполнены по методу предельных состояний согласно нормам ПУЭ-66, СНиП II-И 9-62 с учетом изменений некоторых пунктов ПУЭ-66, утвержденных решением Министерства Энергетики и Электрификации СССР № 113 от 7 сентября 1967 года при рассмотрении проекта унифицированных опор.

Секции и элементы опор рассчитаны на наиболее неблагоприятные условия их применения.

Рассчитанные листы включены в объем тома 7 настоящего проекта.

Состав проекта.

N тома	Наименование тома.	Инвентарн. номер
Том 1.	Пояснительная записка.	3081 тм - т1
Том 2.	Расчёты подставок опор для городских условий и загрязнечных районов.	3081 тм - т2
Том 3	Расчёты опор для горных районов.	3081 тм - т3
Том 4.	Рабочие чертежи пониженных опор, подставок тросостоек для двух тросов, тросостоек для плавки гололеда и промежуточной опоры 330кв с горизонтальным расположением проводов.	3081 тм - т4
Том 5.	Рабочие чертежи опор для городских условий	3081 тм - т5
Том 6.	Рабочие чертежи опор 330кв для районов с загрязнённой атмосферой.	3081 тм - т6
Том 7.	Рабочие чертежи опор для горных районов.	3081 тм - т7
Том 8.	Нагрузки на [illegible]	3081 тм - т8
Том 9.	Схемы транспозиции и ответвлений.	3081 тм - т9
Том 10	Калькуляции стоимости.	3081 тм - т10
Том 11	Потентный [illegible] /хранится в ПК 330 энергосеть проект/	3081 тм - т11

Содержание тома 3

I Расчет промежуточных свободностоящих опор 220 кв

1.	Эскизы опор	9
2.	Нагрузки на опоры	11
3.	Давление ветра на конструкцию опор	15
4.	Расчет поясов ствола опор	17
5.	Расчет раскосов ствола опор	22
6.	Расчет траверс	23
7.	Расчет тросостоек	29
8.	Расчет распорок и диафрагм	33

II Расчет промежуточных угловых опор

1.	Эскизы опор	37
2.	Нагрузки на опоры	39
3.	Давление ветра на конструкцию опор	43
4.	Расчет поясов ствола опоры	45
5.	Расчет раскосов ствола опоры	47
6.	Расчет траверс	49
7.	Расчет раскосов при подвеске одной цепи	53
8.	Расчет тросостойки	54
9	Расчет распорок и диафрагм	56

см. след страницу

III Расчет опоры на оттяжках.

1 Эскиз опоры 59
2. Нагрузки на опоры 60
3. Давление ветра на конструкцию опоры 62
4. Задание и результаты расчета опоры на ЭЦВМ. 63
5. Расчет стойки опоры 65
6. Расчет оттяжек 67
7. Расчет траверс 67
8. Расчет распорок и диафрагм 73
9. Расчет тросостойки 74
10. Расчет стыков секций 75

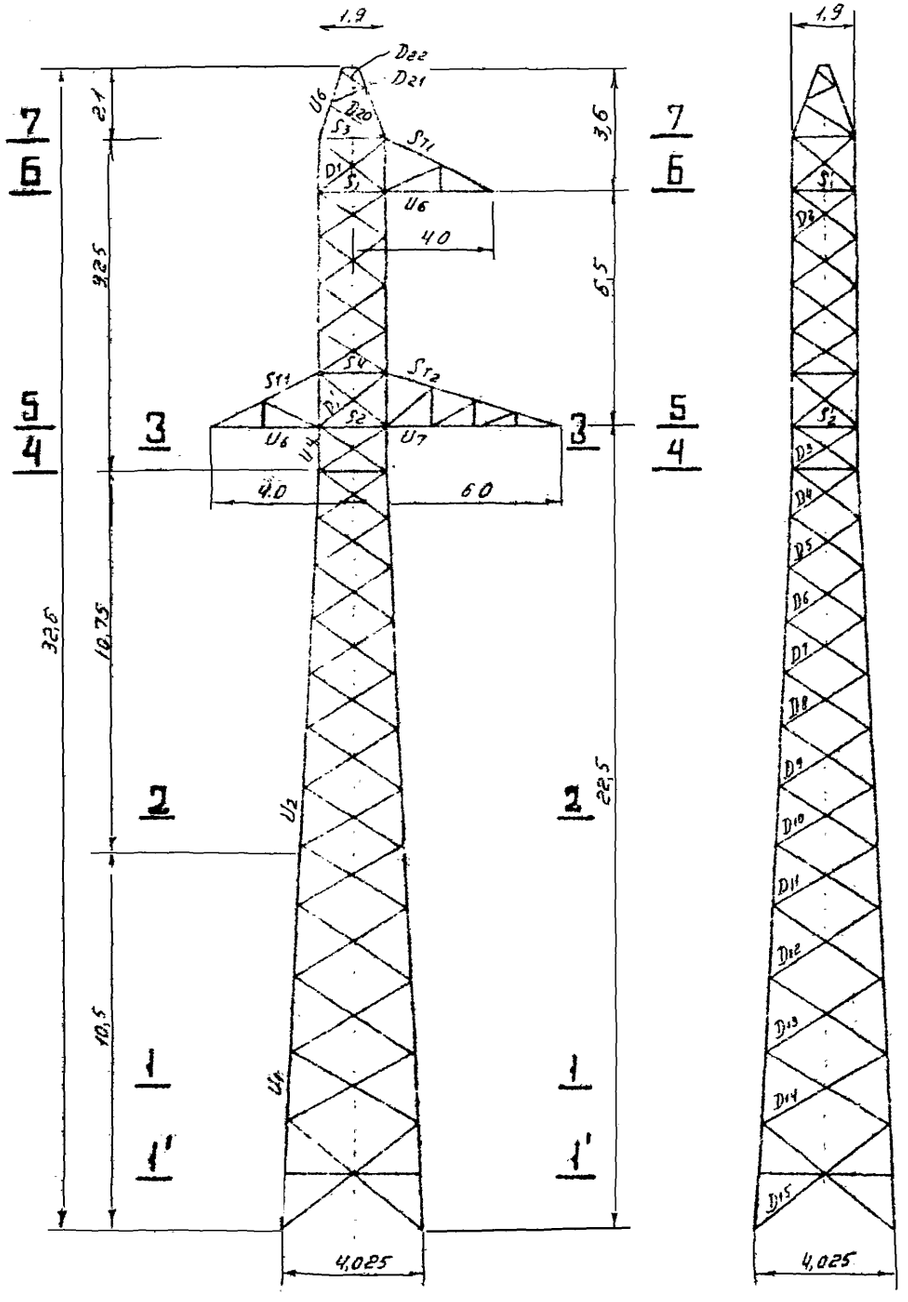
IV Расчет предельных углов поворота допускаемых на анкерно-угловых опорах в горных районах

1. Расчет опоры У220-1 76
2. Расчет опоры У220-2 79
3. Расчет опоры УС220-1 82
4. Расчет опоры УС220-2 85

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

Шифр опоры	Страницы
ПС 220-5	9, 11, 12, 15, 17, 19, 20, 23-26, 28, 29, 30, 33, 34, 35 Расчетный лист N 3081 тм-т 7-11
ПС 220-6	10, 13, 14, 16, 18, 21, 22, 23-26, 27, 28, 31, 32, 33, 36 Расчетный лист N 3081 тм-т 7-16.
ПУС 220-1	37, 39, 41, 42, 45, 47, 49-52, 53, 54-55, 56, 58 Расчетный лист N 3081 тм-т 7-43
ПУС 220-2	38, 40, 43, 44, 46, 48, 49-52, 53, 54-55, 56, 57, 58 Расчетный лист N 3081 тм-т 7-44
ПС 220-7	59-75 Расчетный лист N 3081 тм-т 7-27

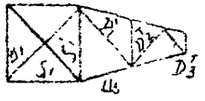
ПС 220-5



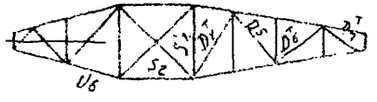
Сечение 7-7



Сечение 6-6



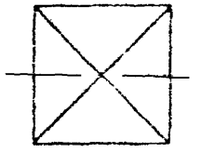
Сечение 5-5

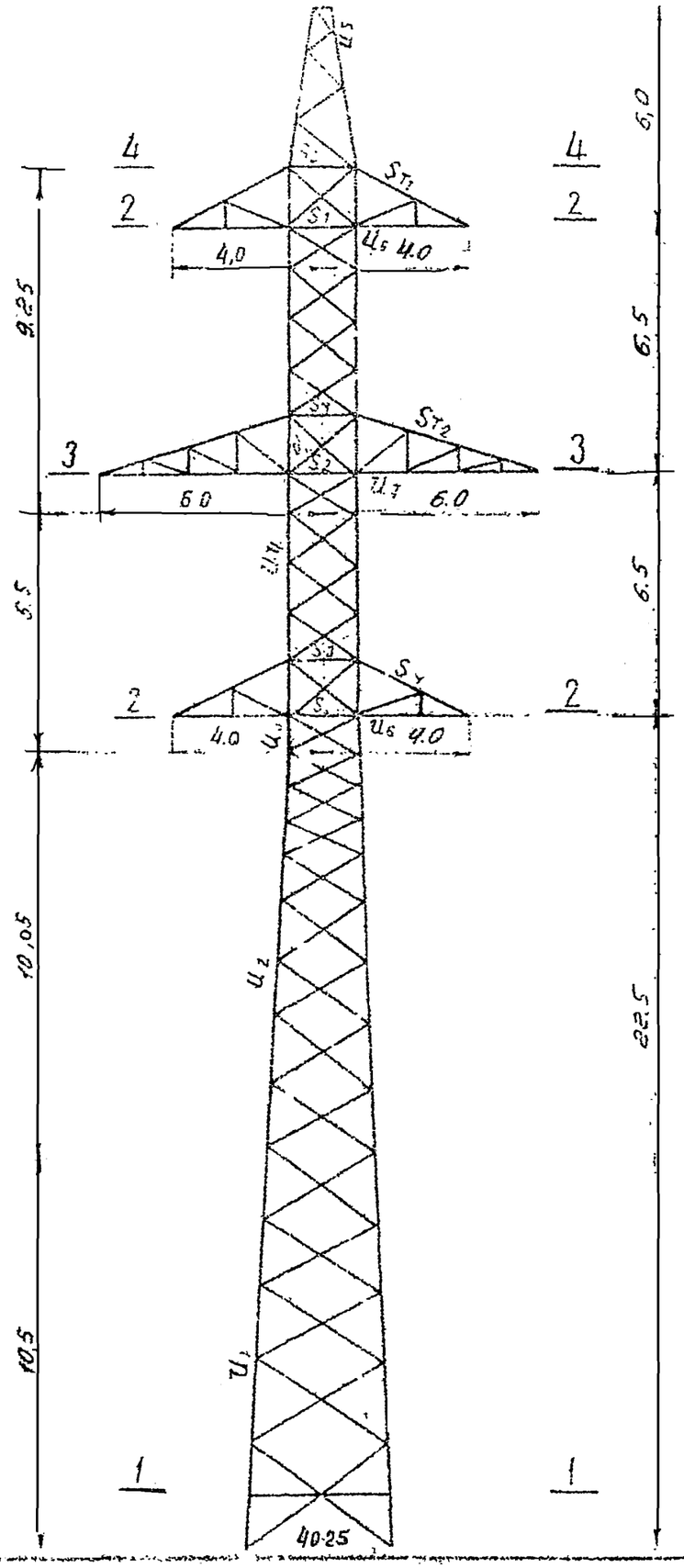


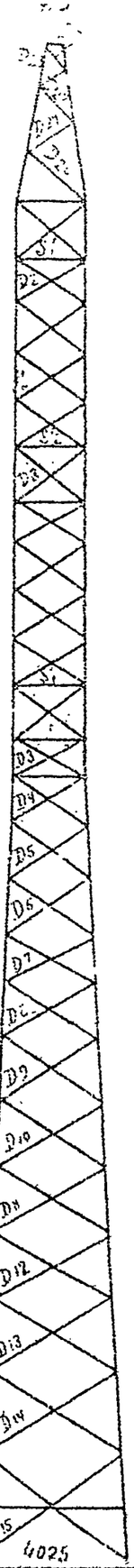
Сечение 4-4



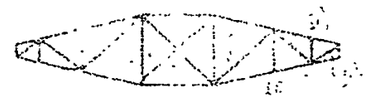
Сечение 1'-1'



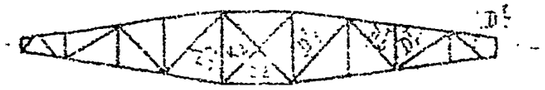




Сечение 2-2



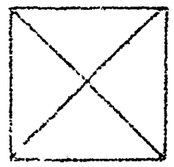
Сечение 3-3



Сечение 4-4

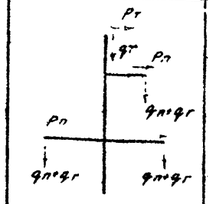
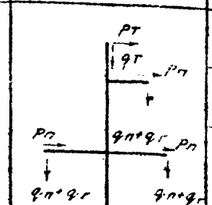
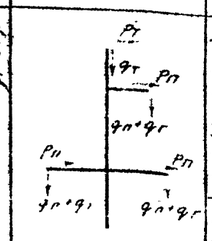


Сечение 1-1

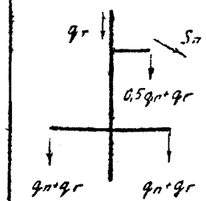
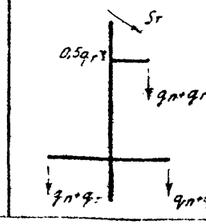


Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 220 кв для горных районов шифр ПС220-5

Таблица №1

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололед									IV район гололед								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
						l вет. 495 м; l вес 710 м; l отв 355 м			l вет. 530 м; l вес 760 м; l отв 380 м			l вет. 530 м; l вес 760 м			l вет. 435 м; l вес 620 м; l отв 310 м			l вет. 475 м; l вес 680 м; l отв 340 м			l вет. 425 м; l вес 680 м		
						норм.	n	расчет	норм	n	расчет	норм	n	расчет	норм.	n	расчет	норм.	n	расчет	норм	n	расчет
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$q_n = 80$ кг/м^2; $g_r = 1,29$ кг/м^2; $C = 0$; $\alpha = 5°46'$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n / P_r	725	1,2	870	890	1,2	1070	590	1,2	710	635	1,2	760	800	1,2	960	525	1,2	630
				Вес пролета провода, троса	g_n / g_r	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_r$ / g_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
II	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$q_n = 80$ кг/м^2; $g_r = 1,29$ кг/м^2; $C = 0$; $\alpha = 5°46'$		Давление ветра на пролет провода троса	P_n / P_r	515	1,2	620	630	1,2	755	415	1,2	500	450	1,2	540	585	1,2	680	370	1,2	445
				Вес пролета провода, троса	g_n / g_r	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_r$ / g_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
III	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$q_n = 32$ кг/м^2; $g_r = 15$ мм $g_r = 2,9$ кг/м^2; $g_r = 20$ мм $g_r = 3,9$ кг/м^2		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n / P_r	635	1,4	890	785	1,4	1020	750	1,4	1050	660	1,4	925	765	1,4	1070	835	1,4	1170
				Вес пролета провода, троса	g_n / g_r	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
						1160	2,0	2320	1350	2,0	2700	835	2,0	1670	1530	2,0	3060	1810	2,0	3620	1180	2,0	2360
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n + g_r$ / g_r	2030		3280	2580	—	4050	1300	—	2180	2300	—	3910	2920	—	4840	1600	—	2820

Продолжение таблицы №1

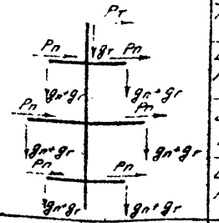
№ строки	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда									IV район гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
					В вет.	495 м			530 м			530 м			435 м			475 м			470 м		
					В вес	710 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
					В гол.	355 м			380 м			-			310 м			340 м			—		
						норм.	п	расчёт	норм.	п	расчёт	норм	п	расчёт	норм	п	расчёт	норм	п	расчёт	норм	п	расчёт
1	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$, $c=0$, $q=0$;		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$q_п$ $q_т$	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510	690	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$q_п+q_г$ $q_т$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	1,1	460
2	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения	$t=-5°C$, $c=0$; $q=0$.		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500
				Вес пролёта провода, троса	$q_п$ $q_т$	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$q_п+q_г$ $q_т$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460

Примечания:

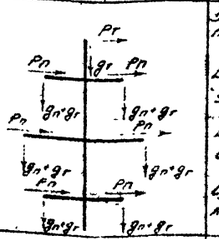
1. Высота центра тяжения троса – 31,7 м. Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,5 \times 80 = 120$ кг/м^2;
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $K=0,8$;
3. Максимальное напряжение в тросе в III–IV районах гололед $\sigma_{т\,max.} = 40$ кг/мм^2;
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

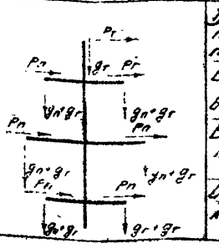
Нагрузки на двухцепную промежуточную опору ВЛ 220кВ для горных районов шифр опоры ПС 220-6

Таблица № 2

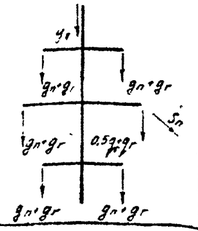
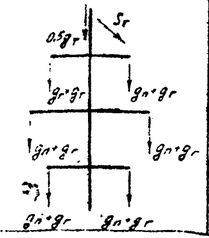


№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III район гололеда									IV район гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
					$P_{ветр}$	495 м			530 м			530 м			435 м			475 м			475		
					$P_{вес}$	710 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
					$P_{габ}$	355 м			380 м			—			310 м			340 м			—		
						нормат.	п	расчёт.	нормат.	п	расчет.	нормат.	п	расчет.	нормат.	п	расчёт.	нормат.	п	расчет.	нормат.	п	расчёт.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=36$ кг/м²; $q_т^н=130$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$, $P_т$	865	1,2	1040	1070	1,2	1280	640	1,2	770	760	1,2	910	960	1,2	1150	570	1,2	685
				Вес пролета провода, троса	$g_п$, $g_т$	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$, $g_т$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
I а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=36$ кг/м²; $q_т^н=130$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$, $P_т$	610	1,2	730	760	1,2	910	455	1,2	545	540	1,2	650	680	1,2	815	405	1,2	485
				Вес пролета провода, троса	$g_п$, $g_г$	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$, $g_т$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
III	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$; $C=15$ мм; $q_n^н=24$ кг/м²; $C=20$ мм; $q_т^н=32,5$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$, $P_т$	760	1,4	1065	870	1,4	1220	785	1,4	1100	790	1,4	1110	915	1,4	1280	875	1,4	1225
				Вес пролета провода, троса	$g_п$	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
					$g_г$	1160	2,0	2320	1350	2,0	2700	835	2,0	1670	1530	2,0	3060	1810	2,0	3620	1180	2,0	2360
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$, $g_т$	2030	—	3280	2580	—	4050	1300	—	2180	2300	—	3910	2920	—	4840	1600	—	2820





продолжение таблицы № 2

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда: АСО-300			АСО-400			С-70			IV район гололёда: АСО-300			АСО-400			С-70		
					$\delta_{ветр}$	495 м			530 м			530 м			435 м			475 м			475 м		
					$\delta_{вес}$	710 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
					$\delta_{габ}$	355 м			380 м			—			310 м			340 м			—		
						норм	п	расчёт	норм	п	расчёт	норм	п	расчёт	норм	п	расчет	норм	п	расчёт	норм	п	расчёт
III	Оборван один провод дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$, $C=0$; $q=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1485	1,3×0,8=1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—
				Вес пролёта провода троса	$g_п$ $g_т$	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно полови не максимального тяжения	$t=-5°C$; $C=0$, $q=0$,		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500
				Вес пролёта провода, троса	$g_п$ $g_т$	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	—	—	—

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса – 31,7 м; Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,62 \times 80 = 130$ кг/м².
2. Высота центра тяжести провода – 17,9 м. Нормативный скоростной напор $q_п^н = 1,19 \times 80 = 96$ кг/м²
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $K=0,8$;
4. Максимальное напряжение в тросе в III–IV районах гололеда $\sigma_{т\,max} = 40$ кг/мм²;
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Добление ветра на конструкцию опоры ПС220-5 по схемам I и II

Таблица № 3

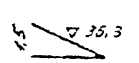
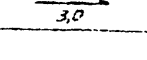
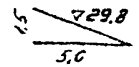
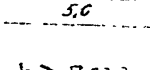
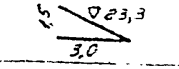
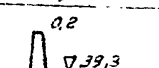
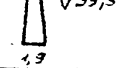
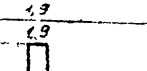
Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции	Коэффициент лобового сопротивления C_x	Конструктивная площадь грани Φ_0 (м²/м²)	Площадь грани A_0 (м²)	Площадь S (м²)	Коэффициент заполнения $f=\frac{A_0}{S}$	Аэродинамический коэффициент $C_\Phi = C_x f = 1{,}4f$	ζ при $\frac{b}{h}=1$	Аэродинамический коэффициент $C_{\Phi 1}$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэфф. динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффиц. динамики $\beta=1{,}35$ и коэфф. перегрузки $n=1{,}2$ (кг)		
										При ветре и 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 и траверсе $P_{пр} = \gamma_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе
Верхняя секция	1,5 ▽29,8 3,0	1,57	126	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	80 [2] (175)	115 [3]	80 [3]	130	185	130
Нижняя секция среднего яруса	1,5 ▽23,3 5,0	1,43	115	1,01	3,75	0,27	0,38	0,73	0,66	130 [2] (285)	185 [3]	130 [3]	210	300	210
Верхняя секция среднего яруса	1,5 ▽23,3 3,0	1,43	115	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	70 [2] (160)	105 [3]	70 [3]	115	170	115
Траверсная	0,2 2,0 ▽31,5 1,9	1,61	129	0,48	2,1	0,23	0,32	0,79	0,57	155	125	125	250	200	200
Верхняя секция	1,9 9,25 ▽25,9 1,9	1,48	119	9,9	17,6	0,22	0,31	0,82	0,56	1170	935	935	1900	1510	1510
Средняя секция	1,9 10,25 ▽15,9 2,98	1,07	86	4,66	26,2	0,18	0,25	0,88	0,47	1060	850	850	1720	1380	1380
Нижняя секция	2,98 10,5 ▽5,0 4,03	1,0	80	5,47	36,8	0,15	0,21	0,94	0,41	1210	970	970	1960	1570	1570
								Итого.		3875	3285	3160	6285	5315	5115

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор $q = 80$ кг/м² на высоте до 15 м
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ оси траверс.
3. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45 P_{тр}$
4. 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 ПС220-Б по схеме I и I^{a}

Таблица № 4

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции	Коэффициент динамичности β	Коэффициент надежности по ветровой нагрузке γ_f	Удельная ветровая нагрузка q_0 кг/м^2	Площадь граней S м^2	Коэффициент $\zeta = \beta \cdot S$	Коэффициент $C_x = 1,2$	η (при $\frac{b}{h}$ = 1)	Коэффициент $K_{(z)} = (\frac{z}{10})^{0,3}$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамики β=1,35 и коэфф. перегрузки Π=1,2 (кг)		
										При ветре ⊥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_{\perp} = 0,8P$ ⊥ траверсе	$F_{\parallel} = 0,8P$ ∥ траверсе	При ветре ⊥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_{\perp} = 0,8P$ ⊥ траверсе	$F_{\parallel} = 0,8P$ ∥ траверсе
Верхняя (грозозащитного троса)		1,72	138	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	85×2 [2] (190)	125 [3] ×2	85 [3] ×2	140×2	200×2	140×2
Нижняя (грозозащитного троса)		1,57	126	1,01	3,75	0,27	0,38	0,73	0,66	140×2 [2] (310)	200 [3] ×2	140 [3] ×2	230×2	320×2	230×2
Траверсная		1,43	115	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	70×2 [2] (160)	105 [3] ×2	70 [3] ×2	115×2	170×2	115×2
Средняя секция		1,79	143	0,91	4,75	0,19	0,27	0,87	0,51	350	280	280	570	450	450
Верхняя секция		1,63	131	3,9	17,6	0,22	0,31	0,82	0,56	1280	1020	1020	2100	1650	1650
Средняя секция		1,45	116	3,47	12,4	0,28	0,39	0,70	0,66	950	760	760	1590	1230	1230
Средняя секция		1,07	86	4,97	26,2	0,19	0,27	0,87	0,51	1150	920	920	1300	1490	1490
Нижняя секция		1,0	80	5,89	36,8	0,16	0,22	0,92	0,42	1240	990	990	2010	1800	1800
									Итого:	5560	4830	4560	9050	7800	7390

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор q_0 = 80 кг/м^2 на высоте до 15 м
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ оси траверс. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_{\perp} = 0,65 P_{тр}$ и $P_{\parallel} = 0,45 P_{тр}$

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПС 220-5

Таблица № 5

Сечения, отметки, базы	Схема I; III район гололеда			Схема I', III 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_{II} и ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и тросы M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос	От ветра на конструкцию: II траверсе $M_{W_{II}}$	⊥ траверсе $M_{W_{\perp}}$			
3-3 ▽21,9м B=1,9м	0,71×10,6 = 7,53 1,07×7,1 = 7,6 1,07×2×0,6 = 1,29 3,92 M_{II} = 16,42 $M_{н.у.}$ = 1,35×6,0 = 8,1 ΣM_{II} = 24,52	0,25×9,6 = 2,4 0,13×7,85 = 1,02 (0,21+0,115)×1,35 = 0,44 1,9×4,3 = 8,15 2,605 $M_{W_{II}}$ = 12,01	0,51×1 = 0,51 1,35×3 = 4,05 0,173×10,6 = 1,83 6,39	0,3×10,6 = 5,3 0,155×7,1 = 5,36 0,155×2×0,6 = 0,91 2,165 M_{II} = 11,57 $M_{н.у.}$ = 1,35×6,0 = 8,1 ΣM_{II} = 19,67	0,2×9,6 = 1,92 0,13×7,85 = 1,02 (0,21+0,115)×1,35 = 0,44 1,51×4,3 = 6,45 2,165 $M_{W_{II}}$ = 9,83	0,2×9,6 = 1,92 0,185×7,85 = 1,46 (0,3+0,17)×1,35 = 0,64 1,51×4,3 = 6,45 2,365 $M_{W_{\perp}}$ = 10,47	0,51×1 = 0,51 1,35×3 = 4,05 0,173×10,6 = 1,83 6,39	1,17×10,6 = 12,4 1,07×7,1 = 7,6 1,07×2×0,6 = 1,28 4,38 M_{II} = 21,28 $M_{н.у.}$ = 4,84×6,0 = 29,0 ΣM_{II} = 50,28 $M_{W_{II}} = \frac{12,01}{4,8}$ = 2,5	2,82×1 = 2,82 4,84×3 = 14,52 0,173×10,6 = 1,83 19,17
	$U_4 = \frac{24,52 + 12,01}{2 \times 1,9} + \frac{6,39}{4}$ = 9,6 + 1,6 = 11,2т			$U_4 = \frac{19,67 + 9,83 + 10,47}{2 \times 1,9} + \frac{6,39}{4}$ = 10,5 + 1,6 = 12,1т				$U_4 = \frac{50,28 + 2,5}{2 \times 1,9} + \frac{19,17}{4}$ = 18,7т	
2-2 ▽11,65м B=2,86м Cosγ=0,998	3,92×10,25 = 40,2 (24,52) 3,92 M_{II} = 64,82 2,605×10,25 = 26,8 (12,01) 1,72×5,13 = 8,84 4,33 $M_{W_{II}}$ = 47,65		0,173×10,25 = 1,77 (6,39) 8,16	2,765×10,25 = 28,4 (19,67) 2,765 M_{II} = 48,07 2,165×10,25 = 22,2 (9,83) 1,38×5,13 = 7,08 3,545 $M_{W_{II}}$ = 39,11		2,365×10,25 = 24,2 (10,47) 1,38×5,13 = 7,08 3,745 $M_{W_{\perp}}$ = 41,75	0,173×10,25 = 1,77 (6,39) 8,16	4,38×10,25 = 44,9 (50,28) 4,38 M_{II} = 95,18 $M_{W_{II}} = \frac{47,65}{4,8}$ = 9,9	19,17 0,173×10,25 = 1,77 20,94
	$U_2 = \frac{64,82 + 47,65}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{8,16}{4 \times 0,998}$ = 13,7 + 2,05 = 21,75т			$U_2 = \frac{48,07 + 39,11 + 41,75}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{8,16}{4 \times 0,998}$ = 22,5 + 2,05 = 24,56т				$U_2 = \frac{95,18 + 9,9}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{20,94}{4 \times 0,998}$ = 23,65т	
1-1 ▽4,0м B=3,625м Cosγ=0,998	3,92×7,65 = 30,0 (64,82) 3,92 M_{II} = 94,82 4,33×7,65 = 33,1 (47,65) 1,21×3,8 = 4,6 5,54 $M_{W_{II}}$ = 85,35		0,173×7,65 = 1,32 (8,16) 9,48	2,765×7,65 = 21,2 (48,07) 2,765 M_{II} = 69,27 3,545×7,65 = 27,2 (39,11) 0,97×3,8 = 3,69 4,52 $M_{W_{II}}$ = 70,0		3,745×7,65 = 28,7 (41,75) 0,97×3,8 = 3,69 4,72 $M_{W_{\perp}}$ = 74,14	0,173×7,65 = 1,32 (8,16) 9,48	4,38×7,65 = 33,6 (55,18) 4,38 M_{II} = 128,78 $M_{W_{II}} = \frac{85,35}{4,8}$ = 17,8	20,94 0,173×7,65 = 1,32 22,26
	$U_1 = \frac{94,82 + 85,35}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{9,48}{4 \times 0,998}$ = 25,1 + 2,38 = 27,48т			$U_1 = \frac{69,27 + 70,0 + 74,14}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{9,42}{4 \times 0,998}$ = 29,4 + 2,38 = 31,78т				$U_1 = \frac{128,78 + 17,8}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{22,26}{4 \times 0,998}$ = 25,86т	

Примечания:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

2. Момент от неуравновешенных вертикальных нагрузок $M_{н.у.} = G e$;

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПС220-6

Таблица № 6

Сечения, отметки и базы	Схема I; III район гололёда;			Схема I^{а}, III район гололеда;				Схема II, IV район гололёда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверса $M_{w_{II}}$	⊥ траверсе $M_{w_{\perp}}$			
4-4 ▽28,4 м B=1,9 м	0,770×13,1=10,1 1,28×2×7,1=18,2 1,28×2×0,62=1,59 5,89 M_{II}=29,89	0,57×10,8=6,15 0,14×2×7,85=2,2 0,23×2×1,37=0,63 2,1×4,3=9,05 3,41 $M_{w_{II}}$=18,03	0,51×1=0,51 1,35×4=5,4 0,19×13,1=2,49 8,39	0,545×13,1=7,15 0,91×2×7,1=12,9 0,91×2×0,62=1,13 4,185 M_{II}=21,18	0,45×10,8=4,85 0,14×2×7,85=2,2 0,23×2×1,37=0,63 1,65×4,3=7,1 2,84 $M_{w_{II}}$=14,78	0,45×10,2=4,85 0,2×2×7,85=3,14 0,32×2×1,37=0,88 1,65×4,3=7,1 3,14 $M_{w_{\perp}}$=15,97	0,51×1=0,51 1,35×4=5,4 0,19×13,1=2,49 8,39	1,225×13,1=16,1 1,28×2×7,1=18,3 1,28×2×0,62=1,59 6,345 M_{II}=35,99 $M_{w_{II}}=\frac{18,03}{4,8}$=3,76	2,82×1=2,82 4,84×4=19,36 0,19×13,1=2,49 24,67
	$U_4=\frac{29,83+18,03}{2\times1,9}+\frac{8,39}{4}$=12,6+2,1=14,7т			$U_4=\frac{21,18+14,78+15,97}{2\times1,9}+\frac{8,39}{4}$=13,65+2,1=15,75т				$U_4=\frac{35,99+3,76}{2\times1,9}+\frac{24,67}{4}$=16,67т	
3-3 ▽21,9 м B=1,9 м	29,89 5,89×6,5=38,3 1,28×2×0,62=1,59 8,45 M_{II}=69,78	18,03 3,41×6,5=22,2 0,115×2×1,37=0,46 1,54×3,25=5,0 5,18 $M_{w_{II}}$=45,69	8,39 1,35×2=2,7 0,19×6,5=1,24 12,33	21,18 4,185×6,5=27,2 0,91×2×0,62=1,13 6,005 M_{II}=49,51	14,78 2,84×6,5=18,5 0,115×2×1,37=0,32 1,23×3,25=4,0 4,3 $M_{w_{II}}$=37,6	15,97 3,14×6,5=20,4 0,17×2×1,37=0,46 1,23×3,25=4,0 4,71 $M_{w_{\perp}}$=40,83	8,39 1,35×2=2,7 0,19×6,5=1,24 12,33	35,99 6,345×6,5=41,3 1,28×2×0,62=1,59 8,305 M_{II}=78,88 $M_{w_{II}}=\frac{45,69}{4,8}$=9,5	24,67 4,84×2=9,68 0,19×6,5=1,24 35,59
	$U_3=\frac{69,78+45,69}{2\times1,9}+\frac{12,33}{4}$=30,4+3,1=33,5т			$U_3=\frac{49,51+37,6+40,83}{2\times1,9}+\frac{12,33}{4}$=33,6+3,1=36,7т				$U_3=\frac{78,88+9,5}{2\times1,9}+\frac{35,59}{4}$=32,07т	
2-2 ▽11,65 м B=2,86 м cosγ=0,998	69,78 8,45×10,25=86,6 8,45 M_{II}=156,38	45,69 5,18×10,25=53,1 1,86×5,13=9,55 7,04 $M_{w_{II}}$=108,34	12,33 0,19×10,25=1,95 14,28	49,51 6,005×10,25=61,5 6,005 M_{II}=111,01	37,6 4,3×10,25=44,1 1,49×5,13=7,65 5,79 $M_{w_{II}}$=89,35	40,83 4,71×10,25=48,4 1,49×5,13=7,65 6,2 $M_{w_{\perp}}$=96,88	12,33 0,19×10,25=1,95 14,28	78,88 8,905×10,25=91,4 8,305 M_{II}=170,28 $M_{w}=\frac{108,34}{4,8}$=22,6	35,59 0,19×10,25=1,95 37,54
	$U_2=\frac{156,38+108,34}{2\times2,86\times0,998}+\frac{14,28}{4\times0,998}$=46,3+3,6=49,9т			$U_2=\frac{111,01+89,35+96,88}{2\times2,86\times0,998}+\frac{14,28}{4\times0,998}$=51,8+3,6=55,4т				$U_2=\frac{170,28+22,6}{2\times2,86\times0,998}+\frac{37,54}{4\times0,998}$=43,1т	
1-1 ▽4,0 м B=3,625 м cosγ=0,998	156,38 8,45×7,65=85,0 8,45 M_{II}=241,38	108,34 7,04×7,65=70,6 2,01×5,0=10,1 9,05 $M_{w_{II}}$=189,04	14,28 0,19×7,65=1,91 16,19	111,01 6,005×7,65=45,9 M_{II}=156,91	89,35 5,79×7,65=43,3 0,99×3,8=3,76 7,39 $M_{w_{II}}$=136,41	96,88 6,2×7,65=47,6 0,99×3,8=3,76 7,8 $M_{w_{\perp}}$=148,14	14,28 0,19×7,65=1,45 15,73	170,28 8,905×10,05=89,6 8,905 M_{II}=259,88 $M_{w_{II}}=\frac{189,04}{4,8}$=39,4	37,54 0,19×10,05=1,91 39,45
	$U_1=\frac{241,38+189,04}{2\times3,8\times0,998}+\frac{16,19}{4\times0,998}$=56,6+4,05=60,65т			$U_1=\frac{156,91+136,41+148,14}{2\times3,625\times0,998}+\frac{15,73}{4\times0,998}$=61,0+3,95=64,95т				$U_1=\frac{259,88+39,4}{2\times3,87\times0,998}+\frac{39,45}{4\times0,998}$=48,55т	

Примечания:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПС 220-5

таблица № 7.

секция	грани опоры		S_n (кг)				2080		
		обознач. раскосов	База „в" (м)	$\cos\beta$	$4в\cos\beta$	$\frac{в_0}{4в\cos\beta}$	$\ell = 6.0$м от $M_{кр}$	от S_n	$\sum$
		$в_0 = 1{,}775$м			$M_{кр}$ (тм)		12,48		
сравняя секция	грань 1 оси трсверс	D_4	1,96	0,838	6,58	0,269	1,9	0,55	2,46
		D_5	2,03	0,848	6,9	0,257	1,81	0,54	2,35
		D_6	2.23	0,819	7,3	0,243	1,71	0,51	2,22
		D_7	2,38	0,838	7,98	0,222	1,56	0,46	2,02
		D_8	2,53	0,857	8,7	0,204	1,44	0,43	1,87
		D_9	2,69	0,848	9,14	0,194	1,37	0,40	1,77
		D_{10}	2,86	0,857	9,82	0,181	1,27	0,38	1,65

Расчет усилий в раскосах ствола опоры П 220-5

продолжение таблицы № 7

Секция	Грани опоры	Обозначение раскоса	База "в" (м)	cos β	4 в cos β	$\frac{B_0}{4 в \cos\beta}$	Sn (кг) = 2080, z = 6,0 м: от Mкр	от Sn	Σ
B_0 = 1,775 м							Mкр (тм) = 12,48		
Нижняя секция	Грань ⊥ оси траверс	D11	3,04	0,857	10,42	0,17	1,2	0,37	1,57
		D12	3,24	0,848	11,0	1,161	1,13	0,35	1,48
		D13	3,44	0,857	11,8	0,15	1,06	0,32	1,38
		D14	3,64	0,874	12,72	0,14	0,98	0,30	1,28
		D15	3,89	0,788	12,3	0,144	1,01	0,31	1,32

Усилия в раскосах определены по формуле:

$$D = \frac{M_{кр}}{4 в \cos\beta} + \frac{S_n B_0}{4 в \cos\beta}$$

B_0 – база на отметке приложения силы

Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПС 220-Б

таблица № 8

Секция	Грани опоры	Sп (кг)					2080		
		Обозначение раскосов	база "в" (м)	cosβ	4в cosβ	$\frac{в_0}{4в\cos\beta}$	ℓ = 6,0 м		
							от Mкр	от Sп	Σ
		$в_0$ = 1,13 м			Mкр (тм)		12,48		
Средняя секция	Грань 1 оси тавер	$Д_4$	1,96	0,838	6,58	0,172	1,9	0,35	2,26
		$Д_5$	2,03	0,848	6,9	0,164	1,81	0,34	2,15
		$Д_6$	2,23	0,819	7,3	0,155	1,71	0,32	2,03
		$Д_7$	2,38	0,838	7,98	0,142	1,56	0,30	1,86
		$Д_8$	2,53	0,857	8,7	0,130	1,44	0,28	1,72
		$Д_9$	2,69	0,848	9,14	0,124	1,37	0,26	1,63
		$Д_{10}$	2,86	0,857	9,82	0,115	1,27	0,24	1,51

Расчет усилий в раскосах ствола опоры IX-220-6

продолжение таблица № 8

секция	грани опоры	S_n (кг)					2080		
							ℓ = 6,0 м		
		Обозн. раскосов	База "в" (м)	$\cos\beta$	$4 в \cos\beta$	$\frac{в_0}{4в\cos\beta}$	от Мкр	от S_n	$\sum$
		$в_0$ = 1,13 м			$N_{кр}$ (тм)			12,48	
нижняя грань	грань I оси тангенс	D_{11}	3,04	0,857	10,42	0,11	1,2	0,23	1,43
		D_{12}	3,24	0,848	11,0	0,1	1,13	0,21	1,34
		D_{13}	3,44	0,857	11,8	0,1	1,06	0,21	1,27
		D_{14}	3,64	0,874	12,72	0,09	0,98	0,19	1,17
		D_{15}	3,89	0,788	12,3	0,09	1,01	0,19	1,2

Усилия в раскосах определены по формуле:

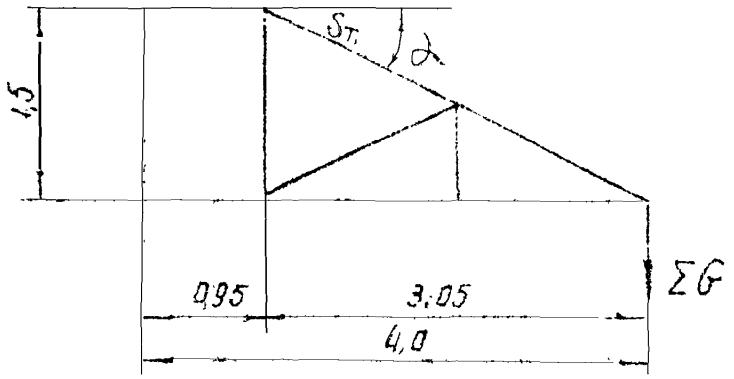
$$D = -\frac{M_{кр.}}{4в\cos\beta} + \frac{S_n в_0}{4в\cos\beta}$$

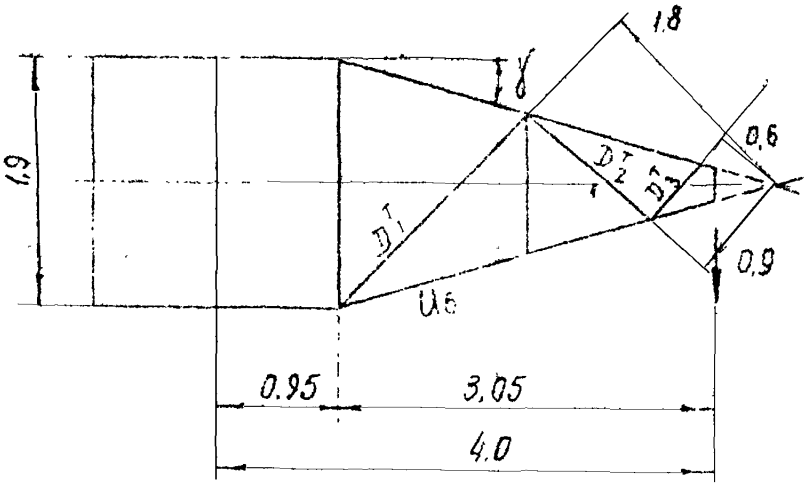
$в_0$ – база на отметке приложения силы.

Расчет траверс

опор ПС 220-5, ПС 220-6 и ПУС 220-2

1. Траверса $\ell = 4{,}0$ м;





$$tg\,\alpha = \frac{1,5}{3,05} = 0,49 \qquad \cos\gamma = 0,894$$

$$tg\,\gamma = \frac{0.95 - 0,125}{3.05} = 0,254 \quad \cos\gamma = 0,969$$

$$X = \frac{0.25}{2\,tg\,\gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,254} = 0,5\ м$$

а) Усилие в поясе

Схема II, III райои гололеда

$S_n = 2,08$ т, $g_n = 1,25$ т, $g_г = 0,1$ т, $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$;
$G_{тр} \cong 0,3$ т

$\Sigma G = 0,25 g_n + 0,5 g_г + 0,5 g_л + 0,25 G_{тр} =$
$= 0,25 \times 1,25 + 0,5 \times 0,1 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,3 = 0,52$ т;

$$U_6 = \frac{0,52 \times 3,05}{1,5 \times 0,969} + \frac{2,08 \times 3,05}{1,9 \times 0,969} = 1,09 + 3,44 = 4,53 \text{ т},$$

Схема II, IV район гололеда

$g_n = 4,74$ т, $g_г = 0,1$ т; $G_{тр} \cong 0,3$ т;

$\Sigma G = 0,5 g_n + 0,5 g_г + 0,25 G_{тр.} = 0,5 \times 4,74 + 0,5 \times 0,1 + 0,25 \times 0,3 =$
$= 2,37 + 0,05 + 0,075 = 2,5$ т;

$$U_6 = \frac{2,5 \times 3,05}{1,5 \times 0,969} = 5,25 \text{ т},$$

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район гололеда

$g_n = 4,74$ т; $g_г = 0,1$ т; $G_{тр.} \cong 0,3$ т;
$\Sigma G = 2,5$ т

$$S_{T_1} = \frac{2,5 \times 3,05}{1,5 \times 0,969 \times 0,894} = 5,89 \text{ т}$$

в) Усилия в раскосах нижней грани

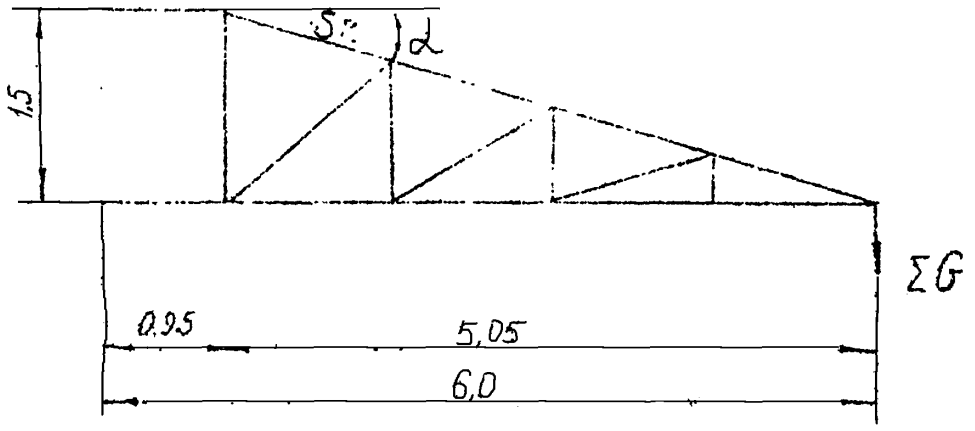
Схема III, III райан гололеда

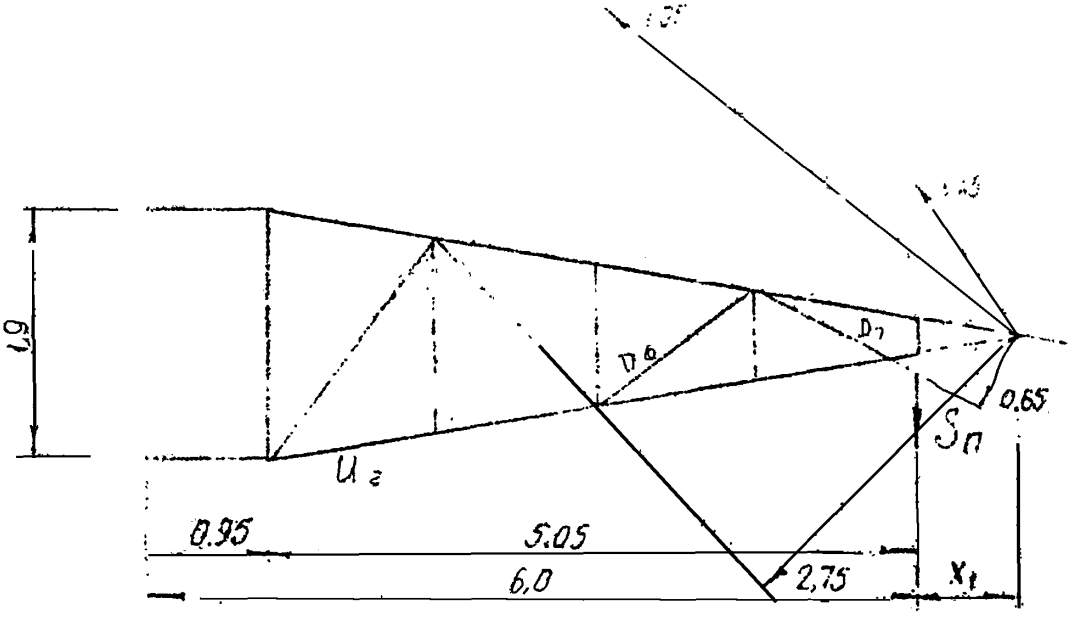
$S_n = 2,08$ т; $X = 0,5$ м, $M_{из} = 2,08 \times 0,5 = 1,04$ тм,

$D_1^T = \frac{1,04}{1,8} = 0,58$ т $\qquad D_3^T = \frac{1,04}{0,6} = 1,73$ т;

$D_2^T = \frac{1,04}{0,9} = 1,15$ т

2. Траверса $\ell = 6{,}0$ м;





$$tg\,\alpha = \frac{1{,}5}{5{,}05} = 0.297 \qquad \cos\alpha = 0.958$$

$$tg\,\gamma = \frac{1.9 - 0.25}{2 \times 5.05} = 0.163 \qquad \cos\gamma = 0.987$$

$$X_1 = \frac{0.25}{2 \cdot tg\,\gamma} = \frac{0.25}{2 \times 0{,}163} = 0{,}765\text{м}$$

а) Усилие в поясе

Схема III; III район гололеда;

$S_n = 2,08$ т; $g_n = 1,25$ т; $g_г = 0,1$ т; $g_л = 0,165$ т, $G_{тр} \cong 0,5$

$$\Sigma G = 0,25 \times g_n + 0,5 g_г + 0,5 g_л + 0,25 G_{тр} =$$
$$= 0,25 \times 1,25 + 0,5 \times 0,1 + 0,25 \times 0,5 + 0,5 \times 0,165 = 0,57 \text{ т};$$

$$U_7 = \frac{0,57 \times 5,05}{1,5 \times 0,987} + \frac{2,08 \times 5,05}{1,9 \times 0,987} =$$

$$1,94 + 5,6 = 7,54 \text{ т}$$

Схема II; IV район гололеда;

$g_n = 4,74$ т, $g_г = 0,1$ т; $G_{тр} \cong 0,5$ т;

$$\Sigma G = 0,5 g_n + 0,5 g_г + 0,25 G_{тр} = 0,5 \times 4,74 + 0,5 \times 0,1 + 0,25 \times 0,5 =$$
$$= 2,37 + 0,05 + 0,125 = 2,55 \text{ т};$$

$$U_7 = \frac{2,55 \times 5,05}{1,5 \times 0,987} = \underline{\underline{8,7 \text{ т}}},$$

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район гололеда

$g_n = 4,74$ т, $g_г = 0,1$ т, $G_{тр} \cong 0,5$ т;

$\Sigma G = 2,55$ т; $S_{т2} = \frac{2,55 \times 5,05}{1,5 \times 0,987 \times 0,958} = 9,1$ т;

в) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; III район гололеда

$S_n = 2,08$ т; $X = 0,765$ м; $M_{изг} = 2,08 \times 0,765 = 1,59_{тм}$;

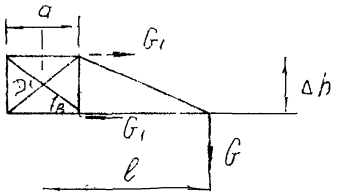
$D_4^т = \frac{1,59}{4,05} = 0,39$ т, $D_7 = \frac{1,59}{0,65} = 2,44$ т

$D_5^т = \frac{1,59}{2,75} = 0,58$ т;

$D_6^т = \frac{1,59}{1,45} = 1,1$ т

Расчет раскоса ствола опоры ПС 220-Б и ПС 220-5

Схема II, IV район гололеда



1) $\ell = 4{,}0$ м

$G_1 = \frac{G\,\ell_c}{2\Delta h}$; $\ell_c = \ell - \frac{a}{2} = 4{,}0 - 0{,}95 = 3{,}05$ м

$\Delta h = 1{,}5$ м

$G = 25 \times 25{,}0$ т (см. лист 24...)

$G_1 = \frac{5{,}0 \times 3{,}05}{2 \times 1{,}5} = 5{,}1$ т.

$D_1 = \frac{G}{2\cos\beta} = \frac{5{,}1}{2 \times 0{,}835} = 3{,}05$ т

2) $\ell = 6{,}0$ м

$G_1 = \frac{G\,\ell_c}{2\Delta h}$; $\ell_c = \ell - \frac{a}{2} = 6{,}0 - 0{,}95 = 5{,}05$ м;

$\Delta h = 1{,}5$ м,

$G = 25 \times 25{,}1$ т (см. лист 26...)

$G_1 = \frac{5{,}1 \times 5{,}05}{2 \times 1{,}5} = 8{,}6$ т,

$D_1' = \frac{G_1}{2\cos\beta} = \frac{8{,}6}{2 \times 0{,}835} = 5{,}15$ т;

Расчет раскосов в секциях с II поясами верхние секции для опор ПС 220-5 и ПС 220-6

Схема III, III р-н гололеда;

$S_n = 2,08$

Раскос D_2

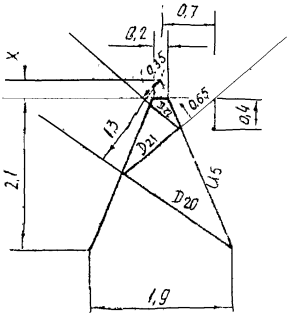
$M_{кр} = 2,08 \times 4,0 = 8,32$ тм

$$D_2 = \frac{\frac{2,08}{2}}{2 \times 0,835} + \frac{8,32}{4 \times 1,9 \times 0,835} = 0,62 + 1,31 = 1,93 \text{ т};$$

Раскос D_3 $M_{кр} = 2,08 \times 6,0 = 12,48$ тм

$$D_3 = \frac{\frac{2,08}{2}}{2 \times 0,835} + \frac{12,48}{4 \times 1,9 \times 0,835} = 0,62 + 1,94 = 2,56 \text{ т};$$

Расчет траверсы опоры ПС 220-5



$$X = \frac{2,0 \times 0,2}{1,9 - 0,2} = 0,24\ м;$$

$$tg\,\gamma = \frac{0,95}{2,0} = 0,475 \qquad \cos\gamma = 0,903$$

а) Усилие в поясе

Схема IV; III район гололеда, трос С-70

$S_т = 1,5т$, $g_т = 0,51т$, $G_{тр} = 0,2т$;

$$M = 1,5 \times 2,1 + \frac{0,51}{2} \times 0,7 = 3,0 + 0,18 = 3,18\ тм,$$

$$\Sigma G = \frac{0,51}{2} + 0,2 = 0,455\ т,$$

$$U_5 = \frac{3,18}{2 \times 1,9 \times 0,903} + \frac{0,455}{4 \times 0,903} = 0,93 + 0,13 = 1,06\ т$$

б) Усилия в раскосах

Схема IV ; III район гололеда,

$S_T = 1,5$ т, $X = 0,24$ м; $B_0 = 0,2$ м

$M_{из} = 1,5 \times 0,24 = 0,36$ тм

$M_{кр} = 1,5 \times 0,7 = 1,05$ тм,

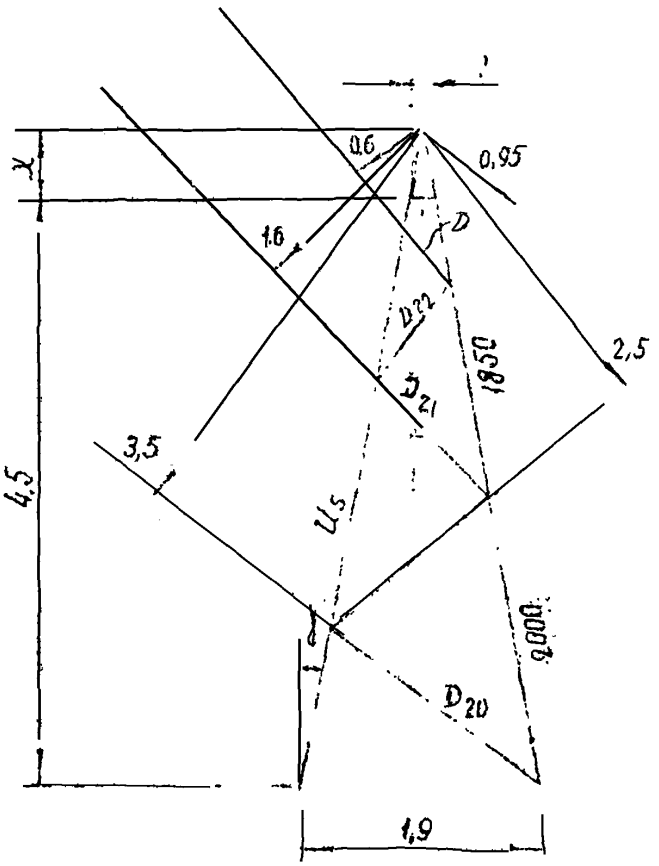
$$D = \frac{M_{из}}{2R} + \frac{M_{кр} X}{2 B_0 \times R}$$

$$D_{20} = \frac{0,36}{2 \times 1,3} + \frac{1,05 \times 0,24}{2 \times 0,2 \times 1,3} = 0,14 + 0,48 = 0,62 \text{ т}$$

$$D_{21} = \frac{0,36}{2 \times 0,65} + \frac{1,05 \times 0,24}{2 \times 0,2 \times 0,65} = 0,28 + 0,97 = 1,25 \text{ т};$$

$$D_{22} = \frac{0,36}{2 \times 0,35} + \frac{1,05 \times 0,24}{2 \times 0,2 \times 0,35} = 0,51 + 1,8 = 2,31 \text{ т}$$

Расчет трассостойки опоры ПС 220-6



$$X = \frac{4.5 \times 0.2}{1.9 - 0.2} = 0.53\ м;$$

$$tg\,\gamma = \frac{0.95}{4.5} = 0.21 \qquad \cos\gamma = 0.978$$

а) Усилие в поясе

Схема IV; III р-н гололеда; трос „С-70"

$S_т = 1.5\ т$; $g_т = 0.51\ т$; $G_{тр.} \cong 0.3\ т$;

$$M = 1.5 \times 4.5 + \frac{0.51}{2} \times 0.5 = 6.75 + 0.13 = 6,88\ тм;$$

$$\Sigma G = \frac{0.51}{2} + 0.3 = 0.255 + 0.3 = 0.555\ т,$$

$$U_5 = \frac{6.88}{2 \times 1.9 \times 0.978} + \frac{0.555}{4 \times 0.978} = 1.84 + 0.14 = 1.98 т,$$

б) Усилия в раскосах

Схема IV ; III район гололеда

$S_т = 1.5\ т$, $X = 0.53\ м$, $B_o = 0.2\ м$

$M_{из.} = 1.5 \times 0.53 = 0.8\ тм$

$M_{кр} = 1.5 \times 0.5 = 0.75\ тм$

$$D = -\frac{M_{из}}{2R} + \frac{M_{кр} \times X}{2B_o \times R}$$

$$D_{20} = \frac{0.8}{2 \times 3.5} + \frac{0.75 \times 0.53}{2 \times 0.2 \times 3.5} = 0.11 + 0.28 = 0.39 т$$

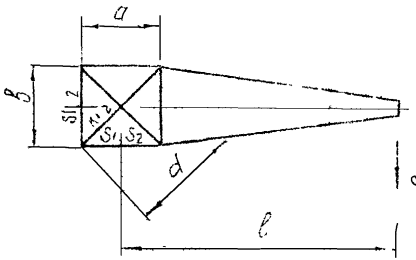
$$D_{21} = \frac{0.8}{2 \times 2.5} + \frac{0.75 \times 0.53}{2 \times 0.2 \times 2.5} = 0.16 + 0.4 = 0.56 т$$

$$D_{22} = \frac{0.8}{2 \times 1.6} + \frac{0.75 \times 0.53}{2 \times 0.2 \times 1.6} = 0.25 + 0.62 = 0.87 т,$$

$$D_{23} = \frac{0.8}{2 \times 0.95} + \frac{0.75 \times 0.53}{2 \times 0.2 \times 0.95} = 0.42 + 1.05 = 1.47 т;$$

$$D_{24} = \frac{0.8}{2 \times 0.6} + \frac{0.75 \times 0.53}{2 \times 0.2 \times 0.6} = 0.67 + 1.66 = 2.33 т;$$

Расчет распорок и диафрагм на отметках и траверс



$$S = \frac{Sn}{2в}\left(\ell - \frac{a}{2}\right)$$

$$S' = \frac{Sn}{2};$$

$$K = \frac{Sn}{4} \times \frac{d}{ав} \times (\ell - a)$$

Схема III, III район гололеда, (для опор ПС 220-5 и ПС 220-6)

$Sn = 2{,}08$ т,

1. Верхняя траверса и нижняя $\ell = 4{,}0$ м;

$a = в = 1{,}9$ м; $d = 2{,}68$ м

$$S_1 = \frac{2{,}08}{2 \times 1{,}9} \times \left(4{,}0 - \frac{1{,}9}{2}\right) = 1{,}87 \text{ т}$$

$$S_1' = \frac{2{,}08}{2} = 1{,}04 \text{ т}$$

$$K_1 = \frac{2{,}08}{4} \times \frac{2{,}68}{1{,}9^2} \times (4{,}0 - 1{,}9) = 0{,}81 \text{ т}$$

2. Средняя траверса $\ell = 6{,}0$ м;

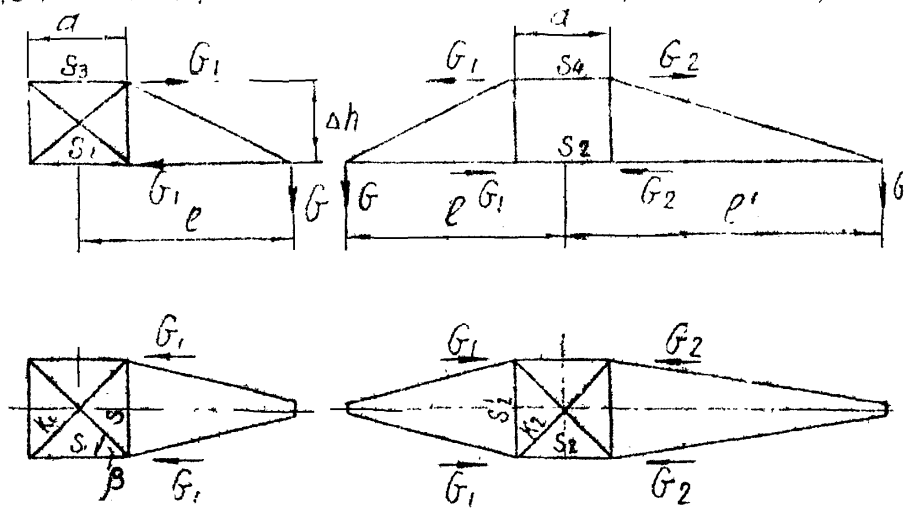
$a = в = 1{,}9$ м; $d = 2{,}68$ м;

$$S_2 = \frac{2{,}08}{2 \times 1{,}9}\left(6{,}0 - \frac{1{,}9}{2}\right) = 2{,}76 \text{ т};$$

$$S_2' = \frac{2{,}08}{2} = 1{,}04 \text{ т};$$

$$K_2 = \frac{2{,}08}{4} \times \frac{2{,}68}{1{,}9^2} \quad (6{,}0 - 1{,}9) = 1{,}59 \text{ т};$$

Схема II, IV район. гололеда (для опоры ПС 220-5)



$$G_1 = \frac{G\,\ell_0}{2\Delta h}$$

$$S_1 = 0{,}7\,G_1$$

$$S_1' = 0{,}3\,G_1\,tg\beta$$

$$K_1 = \frac{0{,}3\,G_1}{\cos\beta};$$

$$S_3 = \frac{G_1}{2};$$

$$G_2 = \frac{G\,\ell_0'}{2\Delta h};$$

$$S_2 = 0{,}7\left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2}\right)$$

$$S_2' = 0{,}3\left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2}\right) tg\beta$$

$$K_2 = \frac{0{,}3\left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2}\right)}{\cos\beta}$$

$$S_4 = G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2};$$

1. Траверса $\ell = 4{,}0$ м

$G = 2525{,}0$ т (см. лист 24)

$$G_1 = \frac{5{,}0 \times 3{,}05}{2 \times 1{,}5} = 5{,}1\text{ т}$$

$$S_1 = 0{,}7 \times 5{,}1 = 3{,}58\text{ т} \qquad S_1' = 0{,}3 \times 5{,}1 = 1{,}53\text{ т};$$

$$K_1 = \frac{0{,}3 \times 5{,}1}{0{,}707} = 2{,}16 \qquad S_3 = \frac{5{,}1}{2} = 2{,}55\text{ т};$$

2. Траверса $\ell = 6{,}0$ м;

$G = 2{,}55 \times 2 = 5{,}1$ т (см. лист 26 ...)

$$G_2 = \frac{5{,}1 \times 5{,}05}{2 \times 1{,}5} = 8{,}6 \text{ т}; \qquad G_1 = 5{,}1 \text{ т};$$

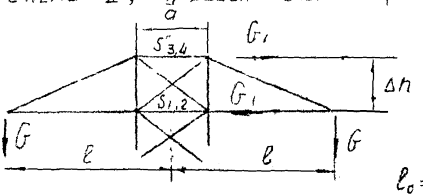
$$S_2 = 0{,}7 \left(5{,}1 + \frac{8{,}6 - 5{,}1}{2}\right) = 4{,}8 \text{ т};$$

$$S_2' = 0{,}3 \left(5{,}1 + \frac{8{,}6 - 5{,}1}{2}\right) = 2{,}06 \text{ т}$$

$$K_2 = \frac{0{,}3 \left(5{,}1 + \frac{8{,}6 - 5{,}1}{2}\right)}{0{,}707} = 2{,}91 \text{ т};$$

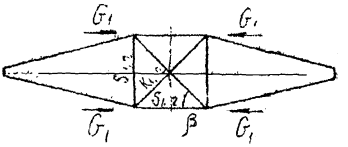
$$S_4 = 5{,}1 + \frac{8{,}6 - 5{,}1}{2} = 6{,}85 \text{ т};$$

Схема II, IV район гололеда (для опоры ПС 220-6)



$$G_1 = \frac{G\,\ell_0}{2\,\Delta h}$$

$$\ell_0 = \ell - \frac{a}{2}$$



$$S = 0{,}7G_1$$

$$S' = 0{,}3\,G_1\,tg\,\beta,$$

$$K = \frac{0{,}3\,G_1}{\cos\beta};$$

$$S'' = S_4;$$

1 Траверса $\ell = 4{,}0$ м;

$G = 2{,}5 \times 2 = 5{,}0$ т (см. лист 24.)

$G_1 = \frac{5{,}0 \times 3{,}05}{2 \times 1{,}5} = 5{,}1$ т;

$S_1 = 0{,}7 \times 5{,}1 = 3{,}58$ т; $S_1' = 0{,}3 \times 5{,}1 = 1{,}53$ т;

$K_1 = \frac{0{,}3 \times 5{,}1}{0{,}707} = 2{,}16$ т; $S_3'' = 5{,}1$ т;

2. Траверса $\ell = 6{,}0$ м

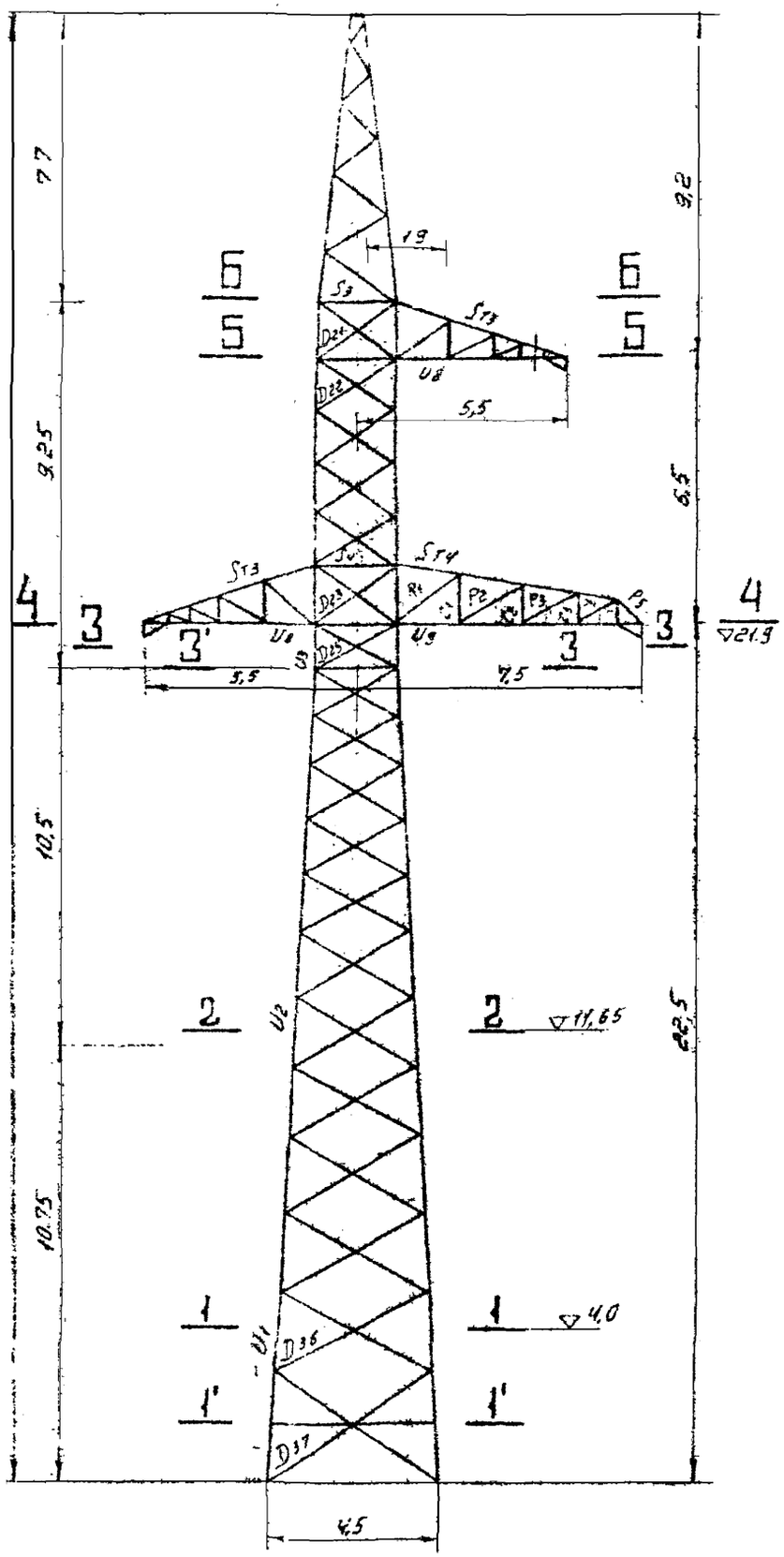
$G = 2{,}55 \times 2 = 5{,}1$ т (см. лист 26..)

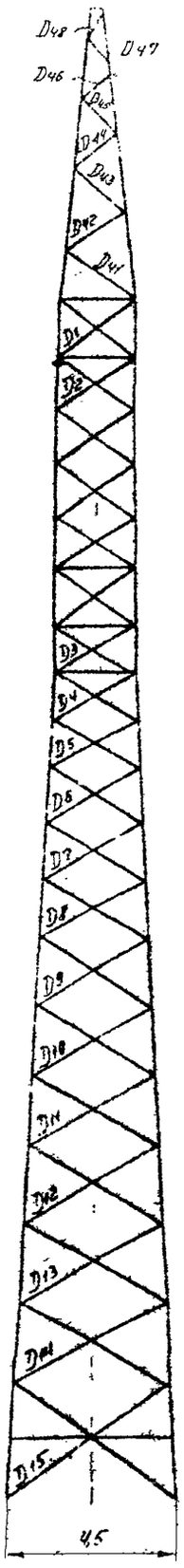
$G_1 = \frac{5{,}1 \times 5{,}05}{2 \times 1{,}5} = 8{,}6$ т;

$S_2 = 0{,}7 \times 8{,}6 = 6{,}02$ т, $S_2' = 0{,}3 \times 8{,}6 = 2{,}56$ т;

$K_2 = \frac{0{,}3 \times 8{,}6}{0{,}707} = 2{,}64$ т; $S_4'' = 8{,}6$ т

ПУС 220-1

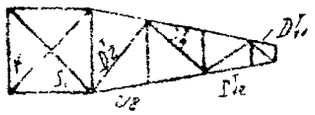




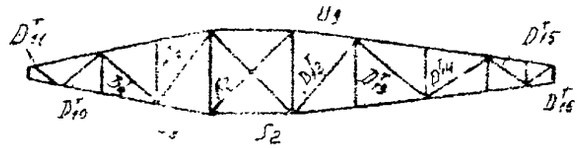
Сечение 6-6



Сечение 5-5



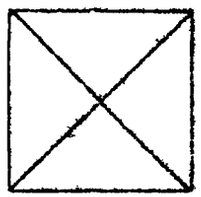
Сечение 4-4



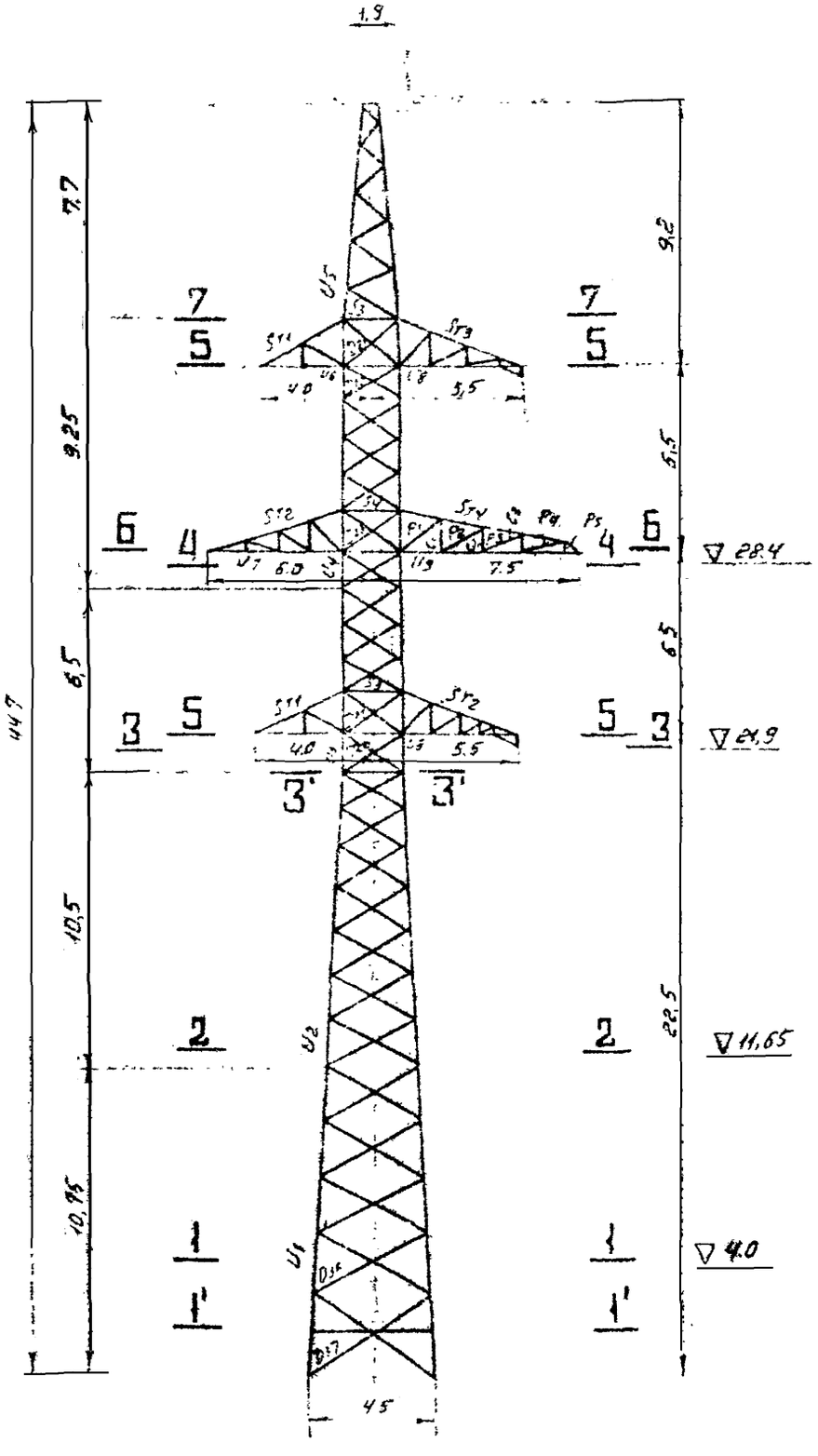
Сечение 3'-3'

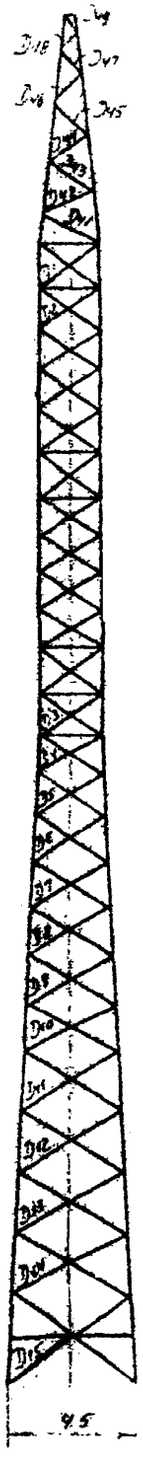


Сечение 1'-1'

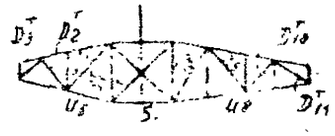


ПУС 220-2

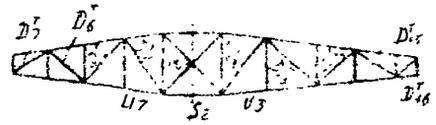




Сечение 5-5



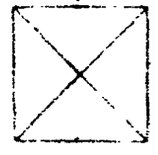
Сечение 6-6



Сечение 3'-3'



Сечение 1'-1'

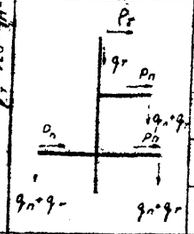
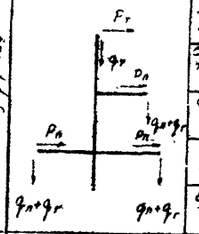
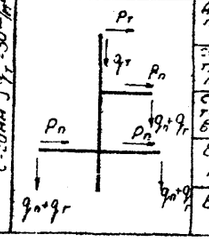


Сечение 7-7



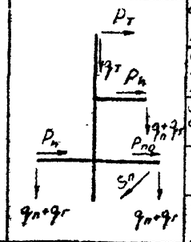
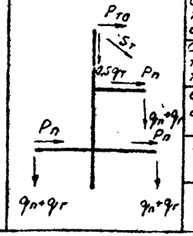
Нагрузки на одноцепную промежуточную угловую опору ВЛ 220 кв. для горных районов ПУС 220-1

Таблица № 9

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III район гололеда															IV район гололеда														
						АСО-300					АСО-400					С-70					АСО-300					АСО-400					С-70				
					$l_{ветр}$	495 м					470 м					470 м					435 м					400 м					400 м				
					$l_{вес}$	710 м					760 м					760 м					620 м					570 м					570 п				
					$l_{таб}$	355 м					380 м					—					310 м					340 м					—				
						Нормативные		n	Расчетные		Нормативные		n	Расчетные		Нормативное		n	Расчетное		Нормативные		n	Расчетные		Нормативные		n	Расчетные		Нормативные		n	Расчетные	
						2°	10°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	10°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверсы	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=80$ кг/м²; $q_т^н=120$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	725	725	1,2	870	870	790	790	1,2	950	950	525	525	1,2	630	630	635	635	1,2	760	760	670	670	1,2	805	805	440	440	1,2	525	525
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	85	430	1,3	110	560	120	475	1,3	160	620	60	250	1,3	80	320	65	340	1,3	85	440	95	380	1,3	125	495	50	195	1,3	65	255
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	P_n $P_т$	810	1155	—	980	1430	910	1265	—	1110	1570	585	775	—	710	950	700	975	—	845	1200	765	1050	—	930	1300	490	635	—	590	780
				Вес пролета провода, троса	q_n $q_т$	780		1,1	860		1140		1,1	1250		465		1,1	510		680		1,1	750		855		1,1	940		350		1,1	385	
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	90		1,1	100		90		1,1	100		—		—	—		90		1,1	100		90		1,1	100		—		—	—	
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$t=-5°C$, $C=0$; $q_n^н=80$ кг; $q_т^н=120$ кг		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	515	515	1,2	620	620	560	560	1,2	670	670	370	370	1,2	445	445	450	450	1,2	540	540	475	475	1,2	570	570	310	310	1,2	370	370
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	55	270	1,3	70	350	100	400	1,3	130	520	50	200	1,3	65	260	40	210	1,3	50	270	80	320	1,3	100	415	40	150	1,3	50	195
				Суммарная горизонт. нагрузка вдоль траверсы	P_n $P_т$	570	785	—	690	970	660	960	—	800	1190	420	570	—	510	705	490	660	—	590	810	555	795	—	670	985	350	460	—	420	565
				Вес пролета провода, троса	q_n $q_т$	780		1,1	860		1140		1,1	1250		465		1,1	510		680		1,1	750		855		1,1	940		350		1,1	385	
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	90		1,1	100		90		1,1	100		—		—	—		90		1,1	100		90		1,1	90		—		—	—	
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$; $C=15$ мм; $q_n^н=20$ кг/м²; $C=20$ мм; $q_т^н=30$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_1	635	635	1,4	890	890	645	645	1,4	905	905	670	670	1,4	940	940	660	660	1,4	925	925	645	645	1,4	905	905	700	700	1,4	980	980
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода, троса	P_2	130	650	1,4	180	910	175	625	1,4	245	975	100	405	1,4	140	570	130	650	1,4	180	910	175	695	1,4	245	975	100	405	1,4	140	570
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	P_n $P_т$	765	1285	—	1070	1800	820	1340	—	1150	1880	850	1075	—	1080	1510	790	1310	—	1105	1895	820	1340	—	1150	1880	800	1105	—	1120	1550
				Вес пролета провода, троса	q_n $q_т$	780 1160		1,1 2,0	860 2320		1140 1350		1,1 2,0	1250 2700		465 835		1,1 2,0	510 1670		680 1530		1,1 2,0	750 3060		855 1520		1,1 2,0	940 3040		350 985		1,1 2,0	385 1970	
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	90		1,1	100		90		1,1	100		—		—	—		90		1,1	100		90		1,1	100		—		—	—	

Нагрузки на одноцепную промежуточную угловую опору ВЛ 220 кв. для горных районов ПУС 220-1

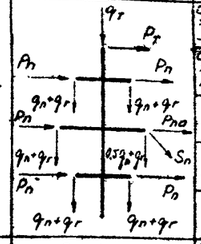
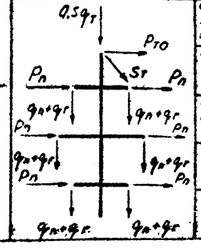
Продолжение таблицы № 9

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III район гололеда															IV район гололеда														
						АСО-300					АСО-400					С-70					АСО-200					АСО-400					С-70				
					$l_{ветр}$	495 м					470 м					470 м					435 м					400 м					400 м				
					$l_{вес}$	710 м					760 м					760 м					620 м					570 м					570 м				
					$l_{габ}$	355 м					330 м					—					310 м					340 м					—				
						Нормативные		h	Расчетные		Нормативные		h	Расчетные		Нормативное		h	Расчетные		Нормативные		h	Расчетные		Нормативные		h	Расчетные		Нормативные		h	Расчетные	
						2°	10°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	10°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$; $C=0$; $q=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса.	P_n P_T	55	275	1.04	55	285	80	330	1.04	85	340	30	130	1.04	30	135	40	210	1.04	40	220	65	260	1.04	70	270	25	95	1.04	25	100
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода при обрыве.	P_{no}	25	130	1.04	25	135	35	140	1.04	35	145	—	—	—	—	—	25	130	1.04	25	135	35	140	1.04	35	145	—	—	—	—	—
				Составляющая ⊥тр-се от тяжения провода при обрыве.	S_n	1480	1475	1.04	1540	1535	1990	1980	1.04	2080	2060	—	—	—	—	—	1480	1475	1.04	1540	1535	1990	1980	1.04	2080	2060	—	—	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	q_n q_T	780		1.1	860		1140		1.1	1250		465		1.1	510		680		1.1	750		855		1.1	940		350		1.1	385	
				Вес гирлянд изоляторов.	q_r	90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—		90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—	
IV	Оборван один трос Провода не оборваны Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, тросса.	P_n	55	275	1.04	55	285	80	330	1.04	85	340	—	—	—	—	—	40	210	1.04	40	220	65	260	1.04	70	270	—	—	—	—	—
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения троса на обрыве.	P_{To}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	80	1.04	25	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	100	1.04	25	105
				Составляющая ⊥тр-се от тяжения троса при обрыве.	S_T	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1.04	1500	1485	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1.04	1500	1485
				Вес пролета провода, троса.	q_n q_T	780		1.1	860		1140		1.1	1250		465		1.1	510		680		1.1	750		855		1.1	940		350		1.1	385	
				Вес гирлянд изоляторов.	q_r	90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—		90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—	

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса – 31,7 м
   Нормативный скоростной напор $q_T^н = 120$ кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $K=0.8$; $1.3 \times 0.8 = 1.04$.
3. Максимальное напряжения в тросе в III и IV районах гололеда $\sigma_{T\,max} = 40$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Продолжение таблицы № 10

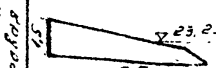
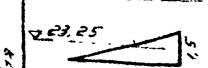
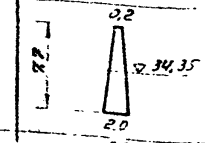
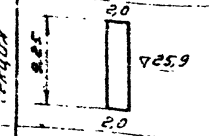
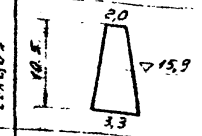
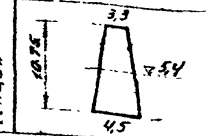
N схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III район гололеда															IV район гололеда														
						АСО-300					АСО-400					С-70					АСО-300					АСО-400					С-70				
					$l_{вегр}$	495 м					380 м					380 м					435 м					340 м					340 м				
					$l_{вес}$	710 м					570 м					570 м					620 м					570 м					570 м				
					$l_{сиб}$	355 м					380 м					—					310 м					340 м					—				
						Нормативные			Расчетные		Нормативные			Расчетные		Нормативные			Расчетные		Нормативные			Расчетные		Нормативные			Расчетные		Нормативные			Расчетные	
						2°	10°	n	2°	10°	2°	8°	n	2°	8°	2°	8°	n	2°	8°	2°	8°	n	2°	8°	2°	8°	n	2°	8°	2°	8°	n	2°	8°
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$,		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	P_n $P_т$	55	275	1.04	55	285	80	330	1.04	85	330	30	130	1.04	30	135	40	170	1.04	40	180	65	260	1.04	70	270	25	95	1.04	25	100
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения провода при обрыве	$P_{по}$	25	130	1.04	25	135	35	140	1.04	35	145	—	—	—	—	—	25	130	1.04	25	135	35	140	1.04	35	145	—	—	—	—	—
				Составляющая ⊥ тр-сы от тяжения провода при обрыве	S_n	1480	1475	1.04	1540	1535	1990	1980	1.04	2080	2060	—	—	—	—	—	1480	1475	1.04	1540	1535	1990	1980	1.04	2080	2060	—	—	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	q_n $q_т$	780		1.1	860		855		1.1	940		350		1.1	385		680		1.1	750		855		1.1	940		350		1.1	385	
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—		90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—	
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение по тросу равно половине его максимального тяжения	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	P_n	55	275	1.04	55	285	80	330	1.04	85	340	—	—	—	—	—	40	170	1.04	40	180	65	260	1.04	70	270	—	—	—	—	—
				Составляющая вдоль траверсы от тяжения троса при обрыве	$P_{то}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	100	1.04	25	105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	100	1.04	25	105
				Составляющая ⊥ тр-се от тяжения троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1.04	1500	1485	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1.04	1500	1485
				Вес пролета провода, троса	q_n $q_т$	780		1.1	860		855		1.1	940		350		1.1	385		680		1.1	750		855		1.1	940		350		1.1	385	
				Вес гирлянд изоляторов	$q_г$	90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—		90		1.1	100		90		1.1	100		—		—	—	

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса — 31,7 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1{,}62 \times 80 = 130$ кг/м²
2. Высота центра тяжести провода — 17,9 м
   Нормативный скоростной напор $q_п^н = 1{,}19 \times 80 = 96$ кг/м²
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $K = 0{,}8$; $1{,}3 \times 0{,}8 = 1{,}04$
4. Максимальное напряжение в тросе в III и IV районах гололеда. $\sigma_{т\,max} = 40$ кг/мм².
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Давление ветра на конструкцию опоры ПУС 220-1 по схемам I и I^{a}

Таблица № 10^{a}

Наименование пояса	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте	Ветровое давление q_0 (кгс/м^2)	$K_{ср}$	$F_{ср}$ (м^2)	$\frac{F_{ср}}{S}$	$\frac{F_{ср}}{S} \cdot K_{ср} = \xi$	η (при $\frac{b}{h}$?)	C_x (с учетом экранирования)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамичности (кгс)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамики $\beta = 1,35$ и коэффициента перегрузки $n = 1,2$ (кгс)		
										При ветре $\perp$ траверсе $P = q_0 C_{ср} S$	При ветре под $\angle 45°$ к траверсе $P_\perp = 0,8P$ $\perp$ траверсе	$P_\parallel = 0,8P$ $\parallel$ траверсе	При ветре $\perp$ траверсе $P_p = q_0 C_{ср} S \beta n$	При ветре под $\angle 45°$ $P_\perp = 0,8P$ $\perp$ траверсе	$P_\parallel = 0,8P$ $\parallel$ траверсе
Верхний		1,55	124	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	130 [2] (300)	200	130 [3]	210	320	210
Нижний		1,43	114	1,61	5,2	0,31	0,43	0,65	0,71	190 [2] (420)	270 [3]	190	310	440	310
Нижний		1,43	114	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	120 (270)	180 [3]	120	190	290	190
Распорки		1,67	134	1,65	8,45	0,19	0,27	0,87	0,51	580	460	460	940	750	750
Верхний пояс		1,48	118	4,1	18,5	0,22	0,31	0,81	0,56	1220	970	970	1980	1570	1570
Верхний пояс		1,07	86	5,3	28,0	0,19	0,27	0,87	0,51	1230	980	980	1990	1590	1590
Нижний пояс		1,0	80	6,2	42,0	0,15	0,21	0,94	0,41	1380	1100	1100	2240	1780	1780
								Итого:		4850	4160	3950	7860	6740	5400

Примечания:

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

Давление ветра на конструкцию опоры ПУС 220-2 по схемам I и I*

Таблица № 11

Наименование траверсы	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте	Скоростной напор ветра, принятый для расчета (кг/м²)	$\frac{\Delta}{d}$	$C_x S$ (м²)	$\frac{\Delta}{d}\sqrt{C_x S}$	$K_n = 1 + \zeta \frac{\Delta}{d}\sqrt{C_x S}$	ζ (при $\frac{\Delta}{d}=1$)	Коэффициент, учитывающий неравномерность скоростного напора $C_{пр} = \varphi(\frac{\Delta}{d}\sqrt{C_x S})$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамики $B = 1,35$ и коэффициента перегруз. $n = 1,2$ (кг)		
										При ветре ⊥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠ 45°		При ветре ⊥ траверсе $P_{тр} = q_0 C_{пр} S B n$	При ветре под ∠ 45°	
											$P_{\perp} = 0,8P$ ⊥ траверсе	$P_{\parallel} = 0,8P$ ∥ траверсе		$P_{\perp} = 0,8P$ ⊥ траверсе	$P_{\parallel} = 0,8P$ ∥ траверсе
Верхняя	▽35,3 / 3,0 / 1,5	1,72	138	0,55	2,25	0,24	17,34	0,78	0,61	85 [2] (130)	125 [3]	85 [3]	140	200	140
	1,5 / 4,5 / ▽38,3	1,72	138	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	150 [2] (330)	215 [3]	150 [3]	240	350	240
Средняя	▽29,8 / 5,0 / 1,5	1,57	126	1,05	3,75	0,28	0,39	0,70	0,66	140 [2] (310)	200 [3]	140 [3]	230	325	230
	1,5 / 6,5 / ▽29,8	1,57	126	1,61	5,2	0,31	0,43	0,65	0,71	210 [2] (465)	300 [3]	210 [3]	340	425	340
Нижняя	▽23,3 / 3,0 / 1,5	1,43	115	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	70 [2] (160)	105 [3]	70 [3]	115	170	115
	1,5 / 4,5 / ▽23,3	1,43	115	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	125 [2] (275)	180 [3]	125 [3]	200	290	200
Грозозащитная	0,2 / 2,7 / 2,0 / ▽40,9	1,81	145	1,65	8,45	0,19	0,27	0,87	0,51	625	500	500	1010	810	810
Верхняя	2,0 / 8,25 / 2,0 / ▽32,4	1,63	131	4,1	18,5	0,22	0,31	0,81	0,56	1350	1080	1080	2180	1750	1750
Средняя	2,0 / 5,5 / 2,0 / ▽24,5	1,45	116	3,68	13,0	0,28	0,39	0,70	0,66	995	790	790	1610	1280	1280
Средняя	2,0 / 10,5 / 3,3 / ▽15,9	1,07	86	6,46	28,0	0,23	0,32	0,80	0,58	1400	1110	1110	2270	1800	1800
Нижняя	3,3 / 10,75 / 4,5 / ▽5,4	1,0	80	7,1	42,0	0,17	0,24	0,9	0,47	1580	1260	1260	2560	2040	2040
									Итого:	6730	5865	5520	10895	9500	8945

Примечания:

1. Опора рассчитана на скоростной напор $q_0 = 80$ кг/м² на высоте до 15 м
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ оси траверс. При ветре ⊥ оси ВЛ ветр. нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$
3. При ветре под ∠ 45° к оси ВЛ $P_{\perp} = 0,65\ P_{тр}$ и $P_{\parallel} = 0,45\ P_{тр}$

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПУС 220-1

Таблица № 12

Сечения, отметки и базы	Схема I, II район гололеда, $\lambda = 8°$. Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I, II район гололеда, $\lambda = 8°$. Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$	Схема I, II район гололеда, $\lambda = 8°$. Вертикальные нагрузки G (т)	Схема I^a, III район гололеда. Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I^a, III район гололеда. Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: II траверса $M_{W_{II}}$	Схема I^a, III район гололеда. Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: I траверса $M_{W_{I}}$	Схема I^a, III район гололеда. Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II, II район гололеда. Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$ (тм)	Схема II, II район гололеда. Вертикальные нагрузки G (т)
3-3 ▽21,9 $B = 1.9$ м	0,95×16,3 = 15,5 1,57×7,1 = 11,1 1,57×2×0,60 = 1,95 5,66 M_{II} = 28,55 $M_{н.у.} = \frac{1,35 \times 7,5 = 10,12}{38,67}$	0,94×12,45 = 11,7 0,21×7,85 = 1,65 1,98×3,98 = 7,88 (0,19+0,31)×1,35 = 0,68 3,63 21,41	0,51×1 = 0,51 1,35×3 = 4,05 0,215×16,3 = 3,50 8,06	0,71×16,3 = 11,6 1,19×7,1 = 8,4 1,19×2×0,60 = 1,5 4,27 M_{II} = 21,5 $M_{н.у.} = \frac{1,35 \times 7,5 = 10,12}{31,62}$	0,75×12,45 = 9,35 0,21×7,85 = 1,65 1,57×3,98 = 6,25 (0,16+0,31)×1,35 = 0,68 0,19 3,03 $M_{W_{II}}$ = 17,93	0,75×12,45 = 9,35 0,32×7,85 = 2,52 1,57×3,98 = 6,25 (0,29+0,44)×1,35 = 0,99 3,37 $M_{W_{I}}$ = 19,11	0,51×1 = 0,51 1,35×3 = 4,05 0,215×16,3 = 3,50 8,06	1,55×16,3 = 25,3 1,88×7,1 = 13,4 1,88×2×0,60 = 2,34 7,19 M_{II} = 41,04 $M_{W_{II}} = \frac{21,95}{4,8} = 4,55$ $M_{н.у.} = 4,08 \times 7,5 = 30,6$ 76,19	2,36×1 = 2,36 4,08×3 = 12,24 0,215×16,3 = 3,50 18,1
	$\frac{38,67 + 21,91}{2 \times 1,9} + \frac{8,06}{4} = 15,9 + 2,0 = 17,9$ т			$U_3 = \frac{31,62 + 17,93 + 19,11}{2 \times 1,9} + \frac{8,06}{4} = 18,1 + 2,0 = 20,1$ т				$U_3 = \frac{76,19}{2 \times 1,9} + \frac{18,1}{4} = 20,0 + 4,5 = 24,5$ т	
2-2 ▽11,65 $B = 3,05$ м $\cos\gamma = 0,998$	38,67 5,66×10,25 = 58,20 5,66 96,87	21,91 3,63×10,25 = 37,2 1,99×4,25 = 8,45 5,62 67,56	8,06 0,215×10,25 = 2,21 10,27	31,62 4,27×10,25 = 43,90 4,27 75,52	17,93 3,03×10,25 = 31,1 1,59×4,25 = 6,75 4,62 55,78	19,11 3,37×10,25 = 34,6 1,59×4,25 = 6,75 4,96 60,46	8,06 0,215×10,25 = 2,21 10,27	76,19 7,19×10,25 = 73,6 7,19 149,79 $M_{W_{II}} = \frac{67,56}{4,8} = 14,1$ 163,89	18,1 0,215×10,25 = 2,21 20,31
	$U_2 = \frac{96,87 + 67,56}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{10,27}{4 \times 0,998} = 27,0 + 2,55 = 29,55$ т			$U_2 = \frac{75,52 + 55,78 + 60,46}{2 \times 3,05 \times 0,988} + \frac{10,27}{4 \times 0,988} = 31,25 + 2,55 = 33,80$ т				$U_2 = \frac{163,89}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{20,31}{4 \times 0,998} = 26,8 + 5,1 = 31,9$	
1-1 ▽4,0 м $B = 4,0$ м $\cos\gamma = 0,998$	96,87 5,66×7,65 = 43,20 5,66 140,07	67,56 5,62×7,65 = 43,0 2,24×1,3 = 2,92 113,48	10,27 0,215×7,65 = 1,65 11,92	73,52 4,27×7,65 = 32,60 4,27 108,12	55,78 4,62×7,65 = 35,4 1,78×1,3 = 2,3 5,42 93,48	60,46 4,96×7,65 = 38,00 1,78×1,3 = 2,3 6,74 100,76	10,27 0,215×7,65 = 1,65 11,92	163,89 7,19×7,65 = 55,0 7,19 218,89 $M_{W_{II}} = \frac{113,48}{4,8} = 23,6$ 242,49	20,31 0,215×7,65 = 1,65 21,96
	$U_1 = \frac{140,07 + 113,48}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{11,92}{4 \times 0,998} = 31,8 + 2,96 = 34,76$ т			$U_1 = \frac{108,12 + 93,48 + 100,76}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{11,92}{4 \times 0,998} = 38,0 + 2,96 = 40,96$ т				$U_1 = \frac{242,49}{2 \times 4 \times 0,998} + \frac{21,96}{4 \times 0,998} = 30,4 + 5,5 = 35,9$	

Примечание:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПУС 220-2

Таблица № 12

Сечения, отметки и базы	Схема I; II район гололеда; $\alpha = 3°$			Схема I^{а}; III район гололеда $\alpha = 8°$				Схема II; IV район гололеда; $\alpha = 8°$	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	⊥ траверсе $M_{W_{\perp}}$			
4-4 ▽ 28,4 м B = 1,3 м	2,88 × 16,3 = 14,3 1,58 × 2 × 7,1 = 22,5 1,58 × 2 × 0,60 = 2,0 7,20 M_{II} = 38,8	1,01 × 12,5 = 12,6 (0,14 + 0,24) × 7,9 = 3,00 (0,23 + 0,34) × 1,4 = 0,80 2,18 × 4,0 = 8,7 4,14 $M_{W_{II}}$ = 25,1	0,385 × 1 = 0,385 1,04 × 4 = 4,16 0,215 × 16,3 = 35,0 8,05	0,655 × 16,3 = 10,7 1,21 × 2 × 7,1 = 17,2 1,21 × 2 × 0,60 = 1,5 3,50 M_{II} = 29,4	0,21 × 12,5 = 10,1 (0,14 + 0,24) × 7,9 = 3,0 (0,23 + 0,34) × 1,4 = 0,80 1,75 × 4,0 = 7,0 3,51 $M_{W_{II}}$ = 20,9	0,21 × 1,2,5 = 10,1 (0,20 + 0,350) × 7,9 = 4,35 (0,325 + 0,485) × 1,4 = 1,13 1,75 × 4,0 = 7,0 3,92 $M_{W_{\perp}}$ = 22,58	0,385 × 1 = 0,385 1,04 × 4 = 4,16 0,215 × 16,3 = 3,50 8,05	1,45 × 16,3 = 23,6 1,89 × 2 × 7,1 = 26,9 1,89 × 2 × 0,60 = 2,34 9,01 M_{II} = 52,84 $M_{W_{II}} = \frac{25,1}{4,8} = 5,2$	2,385 × 1 = 2,385 4,08 × 4 = 16,32 0,215 × 16,3 = 3,50 22,21
	$U_4 = \frac{38,8 + 25,1}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 16,8 + 2,01 = 18,8$ т			$U_4 = \frac{29,4 + 20,9 + 22,58}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 19,2 + 2,01 = 21,21$ т				$U_4 = \frac{52,84 + 5,2}{2 \times 1,9} + \frac{22,21}{4} = 15,2 + 5,55 = 20,75$ т	
3-3 ▽ 21,9 B = 1,9 м	38,8 7,20 × 6,5 = 46,8 1,58 × 2 × 0,60 = 2,0 10,36 M_{II} = 87,6	25,1 4,14 × 6,5 = 26,9 (0,115 + 0,20) × 1,4 = 0,44 1,61 × 2,6 = 4,18 6,065 $M_{W_{II}}$ = 56,62	8,05 1,04 × 2 = 2,08 0,215 × 6,5 = 1,40 11,53	29,4 3,50 × 6,5 = 35,7 1,21 × 2 × 0,60 = 1,5 7,92 M_{II} = 66,6	20,9 3,51 × 6,5 = 22,8 (0,115 + 0,20) × 1,4 = 0,44 1,28 × 2,6 = 3,33 5,11 $M_{W_{II}}$ = 47,47	22,58 3,92 × 6,5 = 25,5 (0,17 + 0,290) × 1,4 = 0,65 1,28 × 2,6 = 3,33 5,66 $M_{W_{\perp}}$ = 52,06	8,05 1,04 × 2 = 2,08 0,215 × 6,5 = 1,40 11,53	52,84 9,01 × 6,5 = 58,6 1,89 × 2 × 0,60 = 2,34 12,79 M_{II} = 113,78 $M_{W_{II}} = \frac{56,62}{4,8} = 11,8$	22,21 4,08 × 2 = 8,16 0,215 × 6,5 = 1,40 31,74
	$U_3 = \frac{87,6 + 56,62}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 38,0 + 2,88 = 40,88$ т			$U_3 = \frac{66,6 + 45,47 + 50,06}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 43,1 + 2,88 = 45,98$				$U_3 = \frac{113,78 + 11,8}{2 \times 1,9} + \frac{31,74}{4} = 33,0 + 7,92 = 40,32$ т	
2-2 ▽ 11,65 м B = 3,05 м cos γ = 0,998	87,6 10,36 × 10,25 = 106,0 10,36 M_{II} = 193,6	56,62 6,065 × 10,25 = 62,2 0,27 × 4,25 = 3,65 8,335 $M_{W_{II}}$ = 128,47	11,53 0,215 × 10,25 = 2,21 13,74	7,92 × 10,25 = 81,4 7,92 M_{II} = 148,0	47,47 5,11 × 10,25 = 52,5 1,8 × 4,25 = 7,65 6,91 $M_{W_{II}}$ = 107,62	52,06 5,66 × 10,25 = 58,1 1,8 × 4,25 = 7,65 7,46 $M_{W_{\perp}}$ = 117,81	11,53 0,215 × 10,25 = 2,21 13,74	113,78 12,79 × 10,25 = 131,0 12,79 M_{II} = 244,78 $M_{W_{II}} = \frac{128,47}{4,8} = 26,8$	31,74 0,215 × 10,25 = 2,21 33,95
	$U_2 = \frac{193,6 + 128,47}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 52,9 + 3,45 = 56,35$ т			$U_2 = \frac{148,0 + 107,62 + 117,81}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 61,2 + 3,45 = 64,65$ т				$U_2 = \frac{244,78 + 26,8}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{33,95}{4 \times 0,998} = 44,7 + 8,52 = 53,22$ т	
1-1 ▽ 4,0 м B = 4,0 м cos γ = 0,998	193,6 10,36 × 7,65 = 79,2 10,36 M_{II} = 272,8	128,47 8,335 × 7,65 = 63,8 2,56 × 1,3 = 3,3 10,895 $M_{W_{II}}$ = 195,57	13,74 0,215 × 7,65 = 1,64 15,38	148,0 7,92 × 7,65 = 60,7 7,92 M_{II} = 208,7	107,62 6,91 × 7,65 = 52,9 0,40 × 1,3 = 2,65 8,95 $M_{W_{II}}$ = 163,17	117,81 7,46 × 7,65 = 57,0 2,04 × 1,3 = 2,65 9,5 $M_{W_{\perp}}$ = 177,46	13,74 0,215 × 7,65 = 1,64 15,38	244,78 12,79 × 7,65 = 97,7 12,79 M_{II} = 342,48 $M_{W_{II}} = \frac{195,57}{4,8} = 40,6$	33,95 0,215 × 7,65 = 1,64 35,59
	$U_1 = \frac{272,8 + 195,57}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,35}{4 \times 0,998} = 58,6 + 3,85 = 62,45$ т			$U_1 = \frac{208,7 + 163,17 + 177,46}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,38}{4 \times 0,998} = 67,15 + 3,85 = 71,0$ т				$U_1 = \frac{342,48 + 40,6}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{35,59}{4 \times 0,998} = 47,7 + 8,92 = 56,62$ т	

Примечание:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПУС 220-1

Таблица 13

Обозначение элементов	Схема	База „в" (м)	cos β	Нагрузки в (т) и (тм): Перерезывающая сила Q	Изгибающий момент $M_{из}$	Крутящ. момент $M_{кр}$	2 cos β	$M_{из}$ в tg γ	4 в cos β	Усилия в раскосах (т): $Д' = \frac{\frac{Q}{3} \cdot \frac{M_{из}}{\delta} \cdot tg\gamma}{2\cos\beta}$	$Д'' = \frac{M_{кр}}{4\cos\beta}$	$Д = Д' + Д''$
D_1	IV	1,9	0,788	1,5	—	0,75	1,576	—	6,0	0,48	0,13	0,61
D_2	III	1,9	0,839	2,08	—	11,4	1,678	—	6,37	0,62	1,79	2,41
D_3	III	1,9	0,839	2,08	—	15,6	1,678	—	6,37	0,62	2,45	3,07
D_4	III	2,0	0,848	2,08	10,8	15,6	1,696	0,33	6,78	0,42	2,30	2,72
D_5	III	2,2	0,839	2,08	13,5	15,6	1,678	0,37	7,37	0,40	2,12	2,52
D_6	III	2,4	0,829	2,08	16,4	15,6	1,658	0,42	7,95	0,38	1,96	2,34
D_7	III	2,55	0,848	2,08	19,5	15,6	1,696	0,47	8,65	0,34	1,80	2,14
D_8	III	2,75	0,857	2,08	22,6	15,6	1,714	0,5	9,42	0,32	1,66	1,98
D_9	III	2,95	0,848	2,08	26,0	15,6	1,696	0,54	10,0	0,30	1,56	1,86
D_{10}	III	3,15	0,866	2,08	29,5	15,6	1,732	0,57	10,9	0,27	1,43	1,70
D_{11}	III	3,35	0,857	2,08	33,0	15,6	1,714	0,60	11,5	0,26	1,36	1,52
D_{12}	III	3,60	0,857	2,08	37,2	15,6	1,714	0,63	12,3	0,24	1,26	1,50
D_{13}	III	3,80	0,875	2,08	41,2	15,6	1,750	0,66	13,3	0,22	1,17	1,39
D_{14}	III	4,1	0,891	2,08	44,7	15,6	1,782	0,67	14,6	0,21	1,07	1,28
D_{15}	III	4,35	0,819	2,08	49,3	15,6	1,638	0,69	14,2	0,21	1,09	1,3
D_{22}	I	1,9	0,839	3,49	17,65	—	1,678	—	—	1,04	—	1,04
D_{24}	I	1,9	0,839	8,18	48,80	—	1,678	—	—	2,44	—	2,44
D_{36}	I	4,1	0,891	11,70	216,50	—	1,782	3,24	—	1,31	—	1,31
D_{37}	I	4,37	0,819	11,90	245,30	—	1,638	3,42	—	1,55	—	1,55

$tg\,\gamma = 0,061$

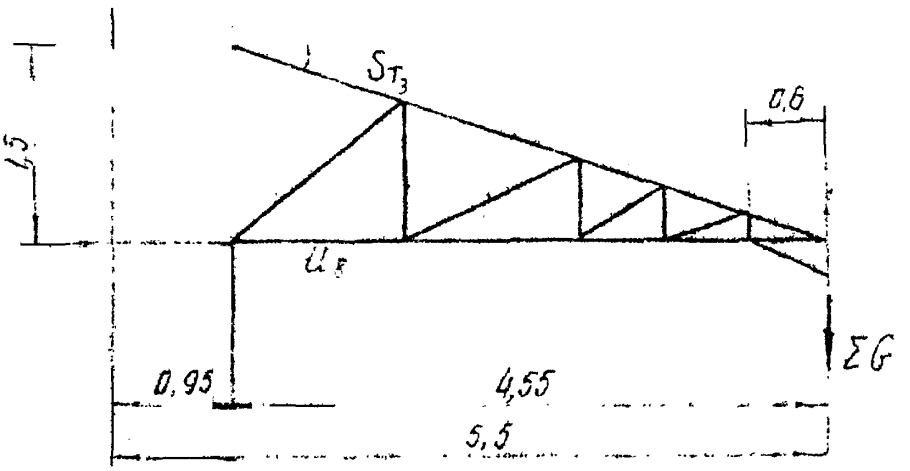
Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПУС 220-2

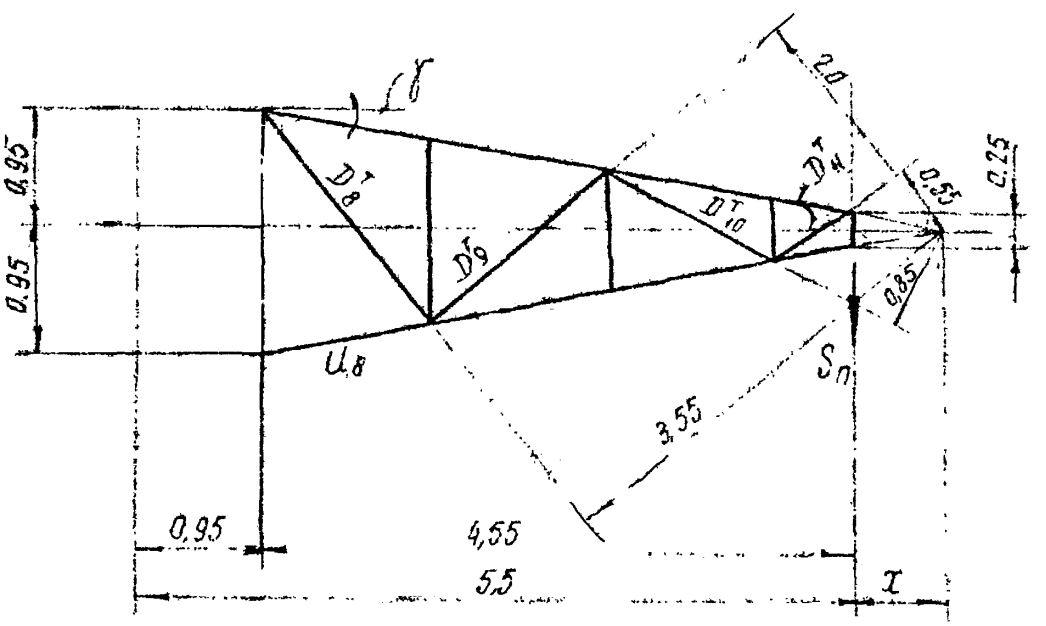
Таблица № 14

Обознач. элементов	Схема	База „в" (м)	cos β	Нагрузки в (т) и (тм): Перерез. сила Q	Изгиб момент Mиз	Крутящ момент Mкр	2cos β	Mиз в tg γ	4в cos β	Усилия в раскосах (т): $Д' = \frac{Q}{2} \cdot \frac{M_{из}}{в} \cdot tg\,\gamma}{2\cos\beta}$	$Д'' = \frac{M_{кр}}{4в\cos\beta}$	$Д = Д' + Д''$
D_1	IV	1,9	0,798	1,5	—	0,75	1,576	—	5,0	0,48	0,13	0,61
D_2	I	1,9	0,839	2,08	—	11,4	1,678	—	6,37	0,62	1,79	2,41
D_3	III	1,9	0,839	2,08	—	15,6	1,678	—	6,37	0,62	2,45	3,07
D_4	III	2,0	0,848	2,08	17,3	15,6	1,696	0,528	5,78	0,30	2,30	2,60
D_5	III	2,2	0,839	2,08	20,0	15,6	1,678	0,555	7,37	0,29	2,12	2,41
D_6	III	2,4	0,829	2,08	22,9	15,6	1,658	0,582	7,95	0,28	1,96	2,24
D_7	III	2,55	0,848	2,08	26,0	15,6	1,696	0,622	8,65	0,25	1,80	2,05
D_8	III	2,75	0,857	2,08	29,1	15,6	1,714	0,645	9,42	0,23	1,66	1,89
D_9	III	2,95	0,848	2,08	32,5	15,6	1,696	0,673	10,0	0,22	1,56	1,78
D_{10}	III	3,15	0,866	2,08	36,0	15,6	1,732	0,698	10,9	0,20	1,43	1,63
D_{11}	III	3,35	0,857	2,08	39,5	15,6	1,714	0,72	11,5	0,19	1,36	1,55
D_{12}	III	3,6	0,857	2,08	43,7	15,6	1,714	0,742	12,3	0,18	1,27	1,45
D_{13}	III	3,8	0,875	2,08	47,7	15,6	1,750	0,763	13,3	0,16	1,17	1,33
D_{14}	III	4,1	0,891	2,08	51,7	15,6	1,782	0,768	14,6	0,15	1,07	1,22
D_{15}	III	4,35	0,819	2,08	57,0	15,6	1,638	0,80	14,2	0,15	1,10	1,25
D_{22}	I	1,9	0,839	5,39	17,12	—	1,678	—	—	1,61	—	1,61
D_{24}	I	1,9	0,839	11,2	63,2	—	1,678	—	—	3,33	—	3,33
D_{25}	I	1,9	0,839	16,25	142,6	—	1,678	—	—	4,82	—	4,82
D_{26}	I	2,0	0,848	16,25	163,8	—	1,696	5,0	—	1,84	—	1,84
D_{27}	I	2,2	0,839	16,25	185,0	—	1,678	5,13	—	1,79	—	1,79
D_{28}	I	2,4	0,829	16,25	207,8	—	1,658	5,28	—	1,70	—	1,70
D_{29}	I	2,55	0,848	16,25	232,2	—	1,696	5,55	—	1,52	—	1,52
D_{30}	I	2,75	0,857	18,05	258,5	—	1,714	5,72	—	1,88	—	1,88
D_{31}	I	2,95	0,848	18,05	286,5	—	1,696	5,94	—	1,77	—	1,77
D_{32}	I	3,15	0,866	18,05	316,7	—	1,732	6,15	—	1,63	—	1,63
D_{33}	I	3,35	0,857	18,05	348,0	—	1,714	6,35	—	1,55	—	1,55
D_{34}	I	3,6	0,857	18,05	409,6	—	1,714	6,93	—	1,22	—	1,22
D_{35}	I	3,8	0,875	18,05	446,0	—	1,750	7,15	—	1,07	—	1,07
D_{36}	I	4,1	0,891	20,35	484,8	—	1,782	7,19	—	1,68	—	1,68
D_{37}	I	4,35	0,819	20,35	534,7	—	1,638	7,5	—	1,63	—	1,63

Расчет траверс

1. Траверса $\ell = 5{,}5$ м; для опор ПУС 220-1, ПУС 220





$$tg\gamma = \frac{1{,}9 - 0{,}25}{2 \times 4{,}55} = 0{,}181 \qquad \cos\gamma = 0{,}984$$

$$tg\alpha = \frac{1{,}5}{4{,}55} = 0{,}33 \qquad \cos\alpha = 0{,}949$$

$$x = \frac{0{,}25}{2 \times tg\gamma} = \frac{0{,}25}{2 \times 0{,}181} = 0{,}69\ м$$

а) Усилие в поясе. Схема III, III р.г $\alpha = 2°$ Провод АСО-40 трос С-70

$S_п = 2,08$; $q_п = 1,25$ т, $q_г = 0,1$т $G_{тр} = 0,25 \times 1,1 = 0,28$т

$q_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$т

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

$= 0,25 \times 1,25 + 0,5 \times 0,1 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,28 = 0,51$т

$U_в = \frac{0,51 \times 4,55}{1,5 \times 0,984} + \frac{2,08 \times 4,55}{1,9 \times 0,984} = 1,58 + 5,08 = 6,64$т

Схема II; IV р.г $\alpha = 8°$ Провод АСО-400, Трос С-70,

$q_п = 3,98$т $q_г = 0,1$т $P_п = 1,89$т

$\Sigma G = 0,5 q_п + 0,5 q_г + 0,25 G_{тр} = 0,5 \times 3,98 + 0,5 \times 0,1 + 0,25 \times 0,28 = 2,11$т

$U_в = \frac{2,11 \times 4,55}{1,5 \times 0,984} + \frac{1,89}{2 \times 0,984} = 6,5 + 0,96 = 7,46$т

б) Усилие в тяге. Схема II; IV р г

$q_п = 3,98$т; $q_г = 0,1$т, $G_{тр} = 0,28$т; $\Sigma G = 2,49$т,

$S_{т_э} = \frac{2,11 \times 4,55}{1,5 \times 0,984 \times 0,949} = 6,85$т

в) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; $\alpha = 2°$; $S_п = 2,08$т $x = 0,69$м

$M = 2,08 \times 0,69 = 1,43$тм

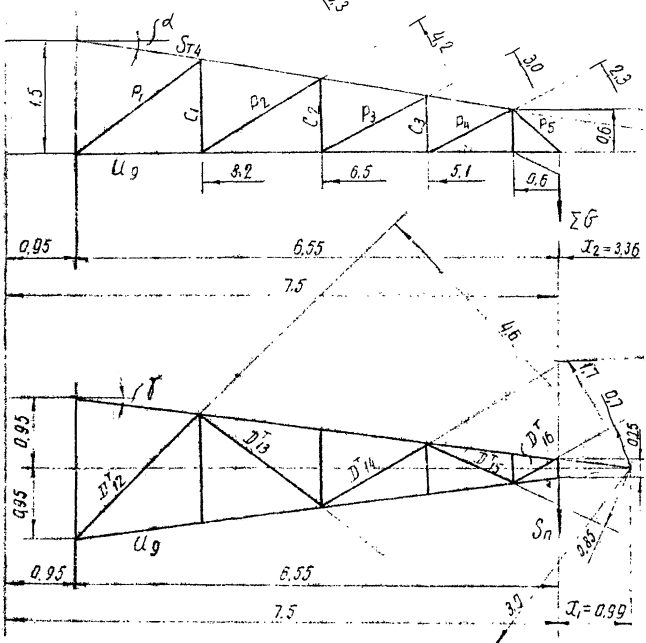
$D_8^т = \frac{1,43}{3,55} = 0,4$т

$D_9^т = \frac{1,43}{2,0} = 0,72$т

$D_{10}^т = \frac{1,43}{0,85} = 1,68$т

$D_{11}^т = \frac{1,43}{0,55} = 2,6$т

2. Траверса $\ell = 7{,}5$ м. для опор ПУС 220-1, ПУС 220-2



$$tg\gamma = \frac{1,9 - 0,25}{2 \times 6,55} = 0,126 \qquad \cos\gamma = 0,992$$

$$tg\alpha = \frac{0,6}{5,95} = 0,151 \qquad \cos\alpha = 0,989$$

$$X_1 = \frac{0,25}{2 \times tg\gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,126} = 0,99\ м$$

$$X_2 = \frac{5,95 \times 0,6}{0,9} - 0,6 = 3,96 - 0,6 = 3,36\ м$$

а) Усилие в поясе. Схема III; III р.г $\alpha = 2°$ Провод АСО-40 трос С-70

$S_п = 2{,}08$т $q_п = 1{,}25$т $q_г = 0{,}1$т $G_{тр} = 0{,}25 \times 1{,}1 \cong 0{,}28$

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

$\Sigma G = 0{,}25 \times 1{,}25 + 0{,}5 \times 0{,}1 + 0{,}5 \times 0{,}165 - 0{,}25 \times 0{,}28 = 0{,}51$т

$$U_9 = \frac{0{,}51 \times 6{,}55}{1{,}5 \times 0{,}992} + \frac{2{,}08 \times 6{,}55}{1{,}9 \times 0{,}992} = 2{,}25 + 7{,}35 = 9{,}6\text{т}$$

Схема II IV р.г $\alpha = 10°$ Провод АСО-400, трос С-70

$q_п = 3{,}98$т $q_г = 0{,}1$т $P_п = 1{,}89$т

$\Sigma G = 0{,}5 \times 3{,}98 + 0{,}5 \times 0{,}1 + 0{,}25 \times 0{,}28 = 2{,}11$т.

$$U_9 = \frac{2{,}11 \times 6{,}55}{1{,}5 \times 0{,}992} + \frac{1{,}89}{2 \times 0{,}992} = 9{,}3 + 0{,}95 = 10{,}25\text{т}.$$

б) Усилие в тяге Схема II; IV р.г.

$q_п = 3{,}98$т $q_г = 0{,}1$т $G_{тр} = 0{,}28$т, $\Sigma G = 2{,}49$т

$$S_{т4} = \frac{2{,}11 \times 6{,}55}{1{,}5 \times 0{,}989 \times 0{,}992} = 9{,}4\text{т}$$

в) Усилия в элементах боковой грани

Схема II; IV р.г. $\Sigma G = 2{,}11$т

$M = 2{,}11 \times 3{,}36 = 7{,}1$тм

$P_1 = \frac{7{,}1}{5{,}8} = 1{,}23$т; $P_2 = \frac{7{,}1}{4{,}2} = 1{,}7$т; $P_3 = \frac{7{,}1}{3{,}0} = 2{,}4$т;

$P_4 = \frac{7{,}1}{2{,}4} = 3{,}0$т; $P_5 = \frac{\Sigma G}{\cos 45°} = \frac{2{,}11}{0{,}707} = 3{,}0$т

$C_1 = \frac{7{,}1}{8{,}2} = 0{,}9$т; $C_2 = \frac{7{,}1}{6{,}5} = 1{,}1$т; $C_3 = \frac{7{,}1}{5{,}1} = 1{,}4$т.

г) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; $\alpha = 0°$; $S_п = 2{,}08$т $Y_1 = 0{,}99$м

$M = 2{,}08 \times 0{,}99 = 2{,}06$тм

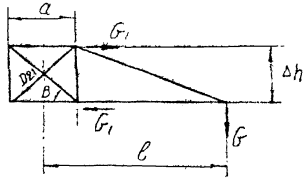
$D^т_{12} = \frac{2{,}06}{4{,}6} = 0{,}45$т; $D^т_{13} = \frac{2{,}06}{3{,}0} = 0{,}69$т

$D^т_{14} = \frac{2{,}06}{1{,}7} = 1{,}21$т; $D^т_{15} = \frac{2{,}06}{0{,}85} = 2{,}42$т

$D^т_{16} = \frac{2{,}06}{0{,}7} = 2{,}95$т

Расчет раскосов ствола опоры ПУС 220-1
ПУС 220-2 при подвеске одной цепи

Схема II; IV район гололеда



1) Траверса $\ell = 5,5$ м

$$G_1 = \frac{G\,\ell_0}{2\,\Delta h}, \qquad \ell_0 = \ell - \frac{a}{2} = 5,5 - 0,95 = 4,55\text{ м}$$

$\Delta h = 1,5$ м $\qquad G = 4,08$ т

$$G_1 = \frac{4,08 \times 4,55}{2 \times 1,5} = 6,2\text{ т}$$

$$D_{21} = \frac{G_1}{2\cos\beta} = \frac{6,2}{2 \times 0,788} = 3,93\text{ т}.$$

2) Траверса $\ell = 7,5$ м

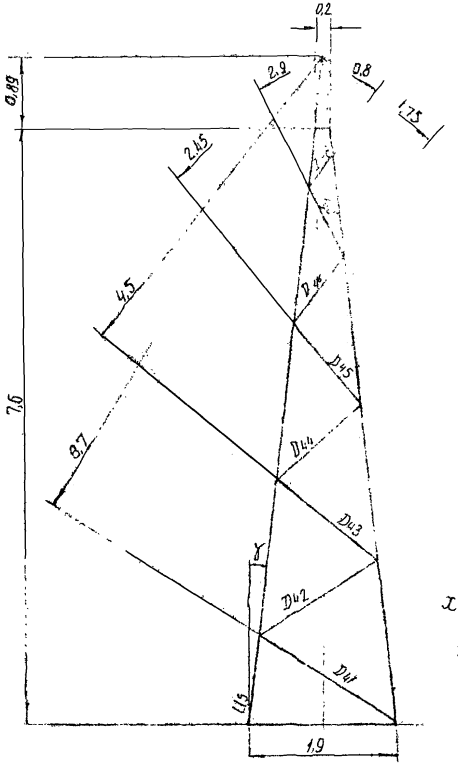
$\ell_0 = 7,5 - 0,95 = 6,55$ м

$\Delta h = 1,5$ м $\qquad G = 4,08$ т

$$G_1 = \frac{4,08 \times 6,55}{2 \times 1,5} = 8,9\text{ т}$$

$$D_{23} = \frac{8,9}{2 \times 0,788} = 5,65\text{ т}$$

Расчет тросостойки опор ПУС 220-1, ПУС 220-2



$$x = \frac{7{,}6 \times 0{,}2}{1{,}9 - 0{,}2} = 0{,}89$$

$$tg\,\gamma = \frac{0{,}85}{7{,}7} = 0{,}11$$

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

а) Усилие в поясе

Схема IV; III р-н гололеда; трос С-70; $\alpha = 2°$

$S_T = 1{,}5\,т$; $q_T = 0{,}51\,т$; $G_{тр} \cong 0{,}4\,т$

$M = 1{,}5 \cdot 7{,}6 + \frac{0{,}51}{2} \times 0{,}5 = 11{,}4 + 0{,}12 = 11{,}52\,тм$

$\Sigma G = \frac{0{,}51}{2} + 0{,}4 = 0{,}63\,т$

$$U_5 = \frac{11,52}{2 \times 1,9 \times 0,994} + \frac{0,63}{4 \times 0,994} = 3,04 + 0,16 = 3,2\,т$$

б) Усилия в раскосах

Схема IV; III район гололеда

$S_т = 1,5\,т$, $x = 0,89\,м$ $b_0 = 0,2\,м$.

$M_{из} = 1,5 \times 0,89 = 1,34\,тм$; $M_{кр} = 1,5 \times 0,5 = 0,75\,тм$

$$D = \frac{M_{из}}{2R} + \frac{M_{кр} \times x}{2b_0 \times R};$$

$$D_{41} = \frac{1,34}{2 \times 6,7} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 6,7} = 0,1 + 0,25 = 0,35\,т$$

$$D_{42} = \frac{1,34}{2 \times 5,8} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 5,8} = 0,12 + 0,29 = 0,41\,т$$

$$D_{43} = \frac{1,34}{2 \times 4,5} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 4,5} = 0,15 + 0,37 = 0,52\,т$$

$$D_{44} = \frac{1,34}{2 \times 3,65} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 3,65} = 0,19 + 0,46 = 0,65\,т$$

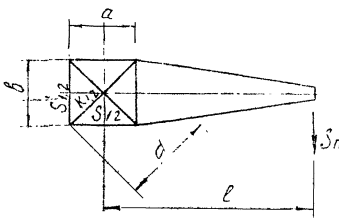
$$D_{45} = \frac{1,34}{2 \times 2,45} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 2,45} = 0,28 + 0,68 = 0,96\,т$$

$$D_{46} = \frac{1,34}{2 \times 1,75} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 1,75} = 0,38 + 0,95 = 1,33\,т$$

$$D_{47} = \frac{1,34}{2 \times 0,9} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 0,9} = 0,75 + 1,86 = 2,61\,т$$

$$D_{48} = \frac{1,34}{2 \times 0,8} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 0,8} = 0,84 + 2,08 = 2,92\,т$$

Расчет распорок и диафрагм на отметках траверс аппары ПУС 220-1, ПУС 220-2



$$S = \frac{S_п}{2в}\left(ℓ - \frac{a}{2}\right)$$

$$S' = \frac{S_п}{2}$$

$$K = \frac{S_п}{4} \times \frac{d}{aв}(ℓ - a)$$

Схема III; III район гололеда.

$S_п = 2{,}08$ т

1. Верхняя и нижняя траверсы $ℓ = 5{,}5$ м

$a = в = 1{,}9$ м, $d = 2{,}68$ м,

$$S_1 = \frac{2{,}08}{2 \times 1{,}9} \times \left(5{,}5 - \frac{1{,}9}{2}\right) = 2{,}49 \text{ т}$$

$$S_1' = \frac{2{,}08}{2} = 1{,}04 \text{ т}$$

$$K_1 = \frac{2{,}08}{4} \times \frac{2{,}68}{1{,}9 \times 1{,}9}(5{,}5 - 1{,}9) = 1{,}39 \text{ т}$$

2. Средняя траверса $ℓ = 7{,}5$ м

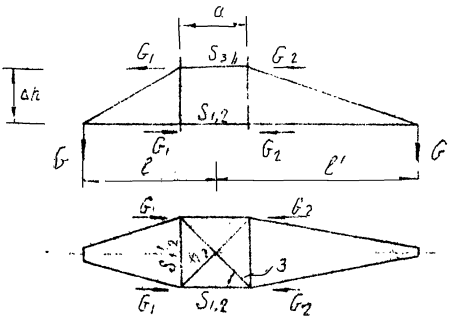
$a = в = 1{,}9$ м, $d = 2{,}68$ м

$$S_2 = \frac{2{,}08}{2 \times 1{,}9}\left(7{,}5 - \frac{1{,}9}{2}\right) = 3{,}58 \text{ т}$$

$$S_2' = \frac{2{,}08}{2} = 1{,}04 \text{ т}$$

$$K_2 = \frac{2{,}08}{4} \times \frac{2{,}68}{1{,}9 \times 1{,}9}(7{,}5 - 1{,}9) = 2{,}17 \text{ т}$$

Схема II ; IV район гололеда. Опора ПУС 220-2



$$G_1 = \frac{G \cdot \ell_0}{2\,\Delta h}, \qquad G_2 = \frac{G\,\ell_0'}{2\,\Delta h};$$

$$S_{1,2} = 0{,}7\left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2}\right)$$

$$S'_{1,2} = 0{,}3\left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2}\right) tg\,\beta$$

$$K = \frac{0{,}3\left(G_1 + \frac{G_2 - S'_1}{2}\right)}{\cos\beta};$$

$$S_{3,4} = G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2},$$

1. Верхняя и нижняя траверсы ($\ell = 4{,}0$ м; $\ell' = 5{,}5$ м)

$G = 4{,}08$ т; $\quad G_1 = \frac{4{,}08 \times 3{,}05}{2 \times 1{,}5} = 4{,}15$ т

$$G_2 = \frac{4{,}08 \times 4{,}55}{2 \times 1{,}5} = 6{,}2\text{ т}$$

$$S_1 = 0{,}7\left(4{,}15 + \frac{6{,}2 - 4{,}15}{2}\right) = 3{,}74\text{ т}$$

$$S'_1 = 0{,}3\left(4{,}15 + \frac{6{,}2 - 4{,}15}{2}\right) \times 1 = 1{,}6\text{ т}$$

$$K_1 = \frac{0{,}3\left(4{,}15 + \frac{6{,}2 - 4{,}15}{2}\right)}{0{,}707} = 2{,}26\text{ т}$$

$$S_3 = 4{,}08 + \frac{6{,}2 + 4{,}15}{2} = 5{,}34\text{ т}$$

3. Средняя траверса ($\ell = 6,0$м $\ell' = 7,5$м)

$G = 4,08$ т $\quad G_1 = \frac{4,08 \times 5,05}{2 \times 1,5} = 6,85$

$G_2 = \frac{4,08 \times 6,55}{2 \times 1,5} = 8,9$т

$S_2 = 0,7 \left(6,85 + \frac{8,9 - 6,85}{2}\right) = 5,5$т

$S'_2 = 0,3 \left(6,85 + \frac{8,9 - 6,85}{2}\right) \times 1 = 2,36$т

$K_2 = \frac{0,3 \left(6,85 + \frac{8,9 - 6,85}{2}\right)}{0,707} = 3,34$

$S_4 = 6,85 + \frac{8,9 - 6,85}{2} = 7,88$т.

Опора ПУС 220-1

1. Нижняя траверса ($\ell = 5,5$м $\ell' = 7,5$м)

$G = 4,08$ т $\quad G_1 = \frac{4,08 \times 4,55}{2 \times 1,5} = 6,2$т

$G_2 = \frac{4,08 \times 6,55}{2 \times 1,5} = 8,9$т

$S_2 = 0,7 \left(6,2 + \frac{8,9 - 6,2}{2}\right) = 5,3$т

$S'_2 = 0,3 \left(6,2 + \frac{8,9 - 6,2}{2}\right) \times 1 = 2,27$т

$K_2 = \frac{2,27}{0,707} = 32$т

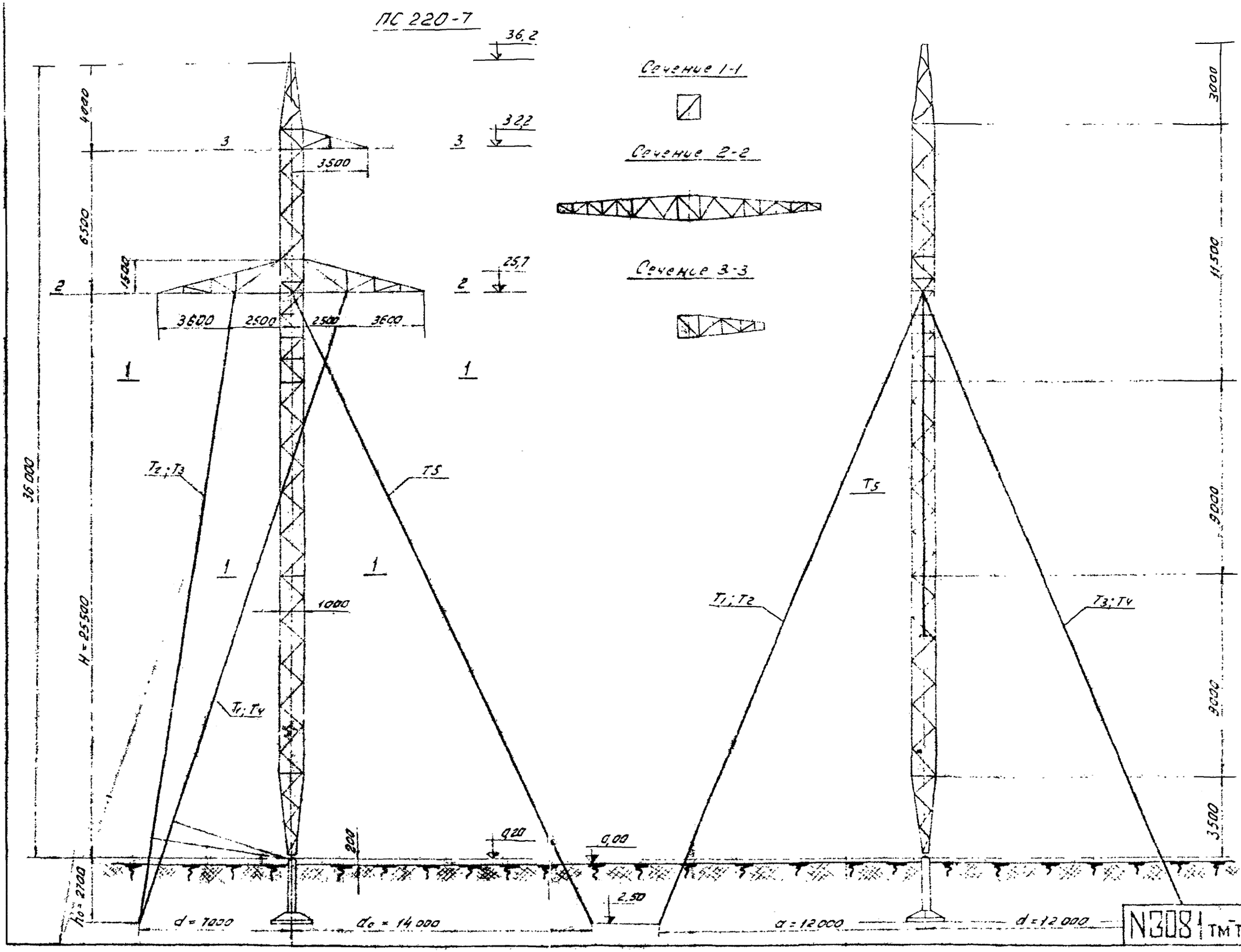
$S_4 = 6,4 + \frac{8,9 - 6,2}{2} = 7,55$т

2. Верхняя траверса $\ell = 5,5$м

$S_3 = \frac{4,08 \cdot 4,55}{2 \cdot 1,5} \cdot 0,5 = 3,1$т

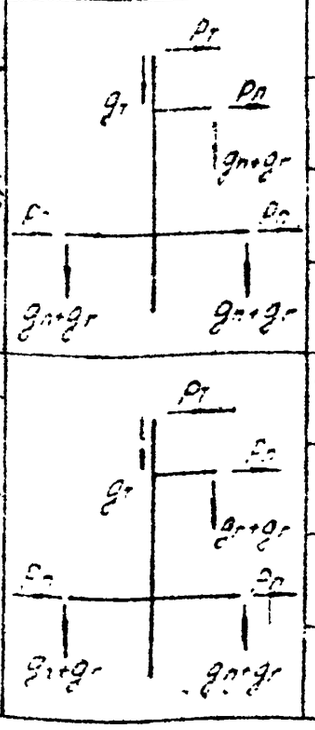
Расчет выполнил: Цейтлин

Расчет проверил: Такарева

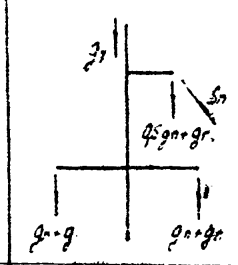
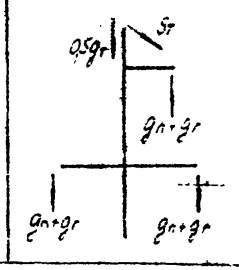

ПС 220-7
36,2
32,2
25,7
Сечение 1-1
Сечение 2-2
Сечение 3-3
4000
6500
1500
3500
3600
2500
2500
3600
36000
H = 25500
h₀ = 2700
T2; T3
T5
T1; T4
1000
200
0,20
0,00
2,50
d = 7000
d₀ = 14000
a = 12000
d = 12000
T1; T2
T3; T4
3000
11500
9000
9000
3500
N3081 ТМ-Т3
Лист
59

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору на оттяжках для горных районов. Шифр ПС 220-7

Таблица N 15

N N схем	Расчетные схемы	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Вид нагрузок		III р-н гололёда									IV р-н гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
					Vветр.	550			530			530			450			530			530		
					Vвес.	790			840			840			700			760			760		
					Vгол.	395			420			—			350			380			—		
						норм.	n	расчет.	норм.	n	расчет.	норм.	n	расч.	норм.	n	расчет.	норм.	n	расчет.	норм.	n	расч.
I	Провода и трос не оборваны, свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	γ_n = 0,5 кг/м; C = 20 мм; γ_n = 0,8 кг/м; γ_n = 1,2 кг/м		Давление ветра на пролёт провода, троса	g_n $g_т$	530	1,2	960	890	1,2	1020	600	1,2	720	720	1,2	860	630	1,2	1070	585	1,2	700
				Вес пролёта провода-троса.	g_n $g_т$	675	1,1	960	1260	1,1	1390	520	1,1	570	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ $g_т$	965	—	1060	1350	—	1490	520	—	570	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510
I	Провода и трос не оборваны, тросы изолированы. Ветер направлен вдоль оси траверс.	γ_n = 2,0 кг/м; C = 20 мм; γ_n = 3,0 кг/м; γ_n = 4,0 кг/м		Давление ветра на пролёт провода, троса	g_n $g_т$	705	1,4	990	725	1,4	1920	780	1,4	1090	750	1,4	1050	835	1,4	1200	975	1,4	1365
				Вес пролета провода, троса.	g_n $g_т$	875 1285	1,1 2,0	960 2570	1260 1500	1,1 2,0	1390 3000	520 830	1,1 2,0	570 1860	780 1650	1,1 2,0	850 3300	1140 2025	1,1 2,0	1250 4040	465 1330	1,1 2,0	510 2660
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ $g_т$	2250	—	3630	2850	—	4490	1450	—	2420	2520	—	4260	3250	—	5390	1795	—	3170

Продолжение таблица № 15

№ схем	Расчётные схемы	Сочетание внешних воздействий	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III р-н гололеда АСО 300			III р-н гололеда АСО 400			III р-н гололеда С-70			IV р-н гололеда АСО 300			IV р-н гололеда АСО 400			IV р-н гололеда С-70		
						норм.	n	расч.	норм.	n	расч.	норм.	n	расч.	норм.	n	расч.	норм.	n	расч.	норм.	n	расч.
				$g_{1,2гр}$		550			530			530			450			530			530		
				$g_{1бес}$		790			840			840			700			760			760		
				$g_{1об.}$		395			420			—			350			910			—		
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$0,9g_1+0,8g_2+1,25g_3+g_4$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1485	1,3×0,8×1,04	1545	2600	1,3×0,8×1,04	2080	—	—	—	1485	1,3×0,8×1,04	1545	2000	1,3×0,8×1,04	2080	—	—	—
				Вес пролёта провода, троса	g_n $g_т$	875	1,1	980	1260	1,1	1390	520	1,1	570	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$ $g_т$	965	—	1060	1350	—	1490	520	—	570	870	—	990	1230	—	1350	465	—	510
IV	Оборван трос, провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального.	$0,9g_1+0,8g_2+1,25g_3+0,5g_4$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8×1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8×1,04	1500
				Вес пролёта провода троса	g_n $g_т$	875	1,1	960	1260	1,1	1390	520	1,1	570	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$ $g_т$	965	—	1080	1350	—	1490	520	—	570	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса - 28,5 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,5 \times 80 = 120$ кг/м.г
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
3. Максимальное напряжение в тросе принято $\sigma_{т,max} = 40$ кг/мм².
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Таблица 16

Давление ветра на конструкцию опоры

Наименование элементов опоры	Эскиз и средняя отметка секции	Коэф. увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор Q_0 (кг/м²)	Площадь элемента фермы φ (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэф. заполнения $\varphi = \frac{f_1}{S}$	Аэродинамический коэф. плоской фермы $C_{ф}=C_{ф}\cdot\varphi$ (м²)	при $\frac{b}{h}=1$	Аэродинам. коэф. пласт. фермы $C_{пр}=C_{ф}$ (м²)	Нормативная ветровая нагрузка $P_{н}=Q_0 \cdot C_{пр}$	Расчетная ветровая нагрузка $P_{р}=P_{н}\cdot\Gamma$
Верхняя траверса	32,5; 1,0; 3,0	1,62	130	0,43	1,5	0,287	0,4	0,7	0,68	60 (133)	104
Нижняя траверса	26,5; 2,0; 5,6	1,5	120	2,7	5,6	0,482	0,68	0,38	0,91	205×2 (455×2 910)	357×2
Верхняя часть опоры	10,5; 1,0; 30,8	1,59	127	2,5	10,5	0,238	0,33	0,77	0,585	780	1360
Нижняя часть опоры	25,5; 1,0; 18,0	1,2	96	5,8	25,5	0,23	0,32	0,8	0,575	1410	2450
Оттяжки	18,0	1,2	96.							110	192
								Итого		2770	4820

Примечания:

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

Задание для расчёта опоры ПС 220-7 на ЭЦВМ „Урал-2"

Таблица № 17

Геометрические характерист. опоры			Нагрузки на опору		Провод АСО-400, трос С-70, IV р-н гололеда						
Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Схема I(1) Ветер слева	Схема I(2) Ветер справа	Схема II Гололед, ветер слева	Схема III (1) Обрыв верхнего провода	Схема III (2) Обрыв правого нижнего провода	Схема III (3) Обрыв левого нижнего провода	Схема IV Обрыв троса
a	см	1200	P_B	кг	4820	−4820	1426	0	0	0	0
d	— „ —	700	$P_П$	кг/м	2,02	− 2,02	2,26	0	0	0	0
d_0	— „ —	1400	$P_Т$	— „ —	1,33	−1,33	2,55	0	0	0	0
l	— „ —	250	$T_в$	кг	0	0	0	0	2080	0	0
H_0	— „ —	2820	$T_в^I$	— „ —	0	0	0	0	0	2080	0
H	— „ —	2550	$T_в'$	— „ —	0	0	0	2080	0	0	0
h_0	— „ —	270	$T_т^I$	— „ —	0	0	0	0	0	0	2040
h_1	— „ —	165	$T_в''$	— „ —	0	0	0	0	0	0	0
E	кг/см²	$1,5 \cdot 10^6$	$T_т''$	— „ —	0	0	0	0	0	0	0
F_1	см²	1,68	T_c^x	— „ —	0	0	0	0	0	0	0
F_2	— „ —	1,68	$T_т''$	— „ —	0	0	0	0	0	0	0
F_5	— „ —	3,36	$M_в$	кгсм	$-172,8 \cdot 10^4$	$172,8 \cdot 10^4$	$-43,5 \times 10^4$	0	0	0	0
Бс	кгсм²	$181 \cdot 10^8$	M_g	— „ —	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$189 \cdot 10^4$	$236 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$88,4 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$
Tos	кг	6000	M_t^I	— . —	$101,5 \cdot 10^3$	$-101,5 \cdot 10^4$	$25,4 \cdot 10^4$	0	0	0	0
$l_{вет}$	м	530	M_g'	— „ —	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$189 \cdot 10^4$	$23,6 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$
$L_{пр}$	см	610	G	кг	8360	8360	23140	7680	7680	7680	8100
$L_{изг}$	— „ —	610	W	кг/см	1,34	− 1,34	0,335	0	0	0	0
$L_в$	— „ —	350									
h_2	— „ —	650									
h_3	— „ —	400									

Примечание: Обозначение геометрических размеров и нагрузок принято по „Программе расчета одностоечной опоры с двумя расщеплёнными и одной одиночной оттяжками" (инв. № 3002 тм-тб)

N3081 тм-т3 2

Альбом 63 87

Таблица результатов расчёта опоры ПС 220-7 на ЭЦВМ

Таблица №18

Обозначен размерность	Схема I (1) Ветер слева	Схема I (2) Ветер справа	Схема II Гололед, ветер слева	Схема III (1) Обрыв верхнего провода	Схема III (2) Обрыв правого нижнего провода	Схема III (3) Обрыв левого нижнего провода	Схема IV обрыв троса
T_1 (кг)	7990	1305	6260	0	0	5180	9590
T_2 (кг)	11630	0	11020	3370	5650	0	1410
T_3 (кг)	11630	0	11020	2980	1780	9230	5120
T_4 (кг)	7990	1305	6260	7380	9580	1180	4810
T_5 (кг)	0	20210	0	6620	7660	7820	5750
R_x (кг)	-630	525	540	160	510	-250	100
$N_{\text{н}}$ (кг)	19090	4270	14950	2080	5910	4880	450
Δx (см)	38	-20	31,2	-0,9	-2,3	-2,5	0
Δy (см)	0	0	0	7,9	10,6	8,3	6,2
φ (рад)	0,08	0,09	0,1	0,02	0,06	-0,03	0
β (рад)	0	0	0	0,3	0,7	-0,6	0
M_c (кг см)	-2752830	3 019 130	-2473380	-413530	1293450	644550	252970
R_y (кг)	0	0	0	530	0	0	840
N_n (кг)	-43570	-28750	-54210	-25880	-29720	-28680	-24270
N_a (кг)	17610	1150	15530	3070	5140	4550	2120
q_{ax} (кг)	4050	390	3450	490	820	1530	490
q_{ay} (кг)	-7490	-490	-6610	-1300	-2190	1540	-900
$N_в$ (кг)	17610	1150	15530	9200	10030	9440	8890
$q_{вx}$ (кг)	-4050	390	3450	2620	3096	1690	2170
$q_{вy}$ (кг)	7490	490	6610	3915	4270	4020	3780
N_o (кг)	0	18100	0	5930	6860	7000	5150
q_{cx} (кг)	0	-8390	0	-2950	-3410	-3480	-2560

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

R_x, R_y - горизонтальные реакции в опорном шарнире

N_n - вертикальная реакция в опорном шарнире

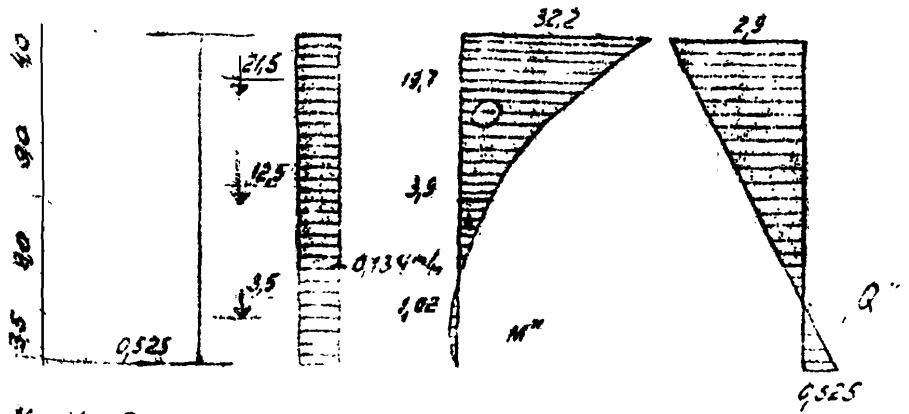
N_o - начечт. в стойке на уровне нижних траверс.

$\Delta x, \Delta y, f, \beta$ - перемещение стойки на том же уровне

$N_a, q_{cx}, q_{ay}, N_в$ - нагрузки на анкерные плиты.

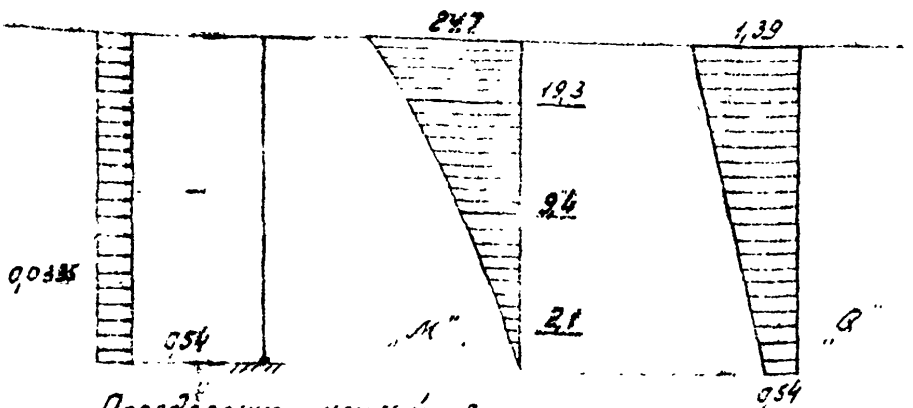
Расчет стойки ниже уровня нижних траверс

Схема I, IV р-н гололеда, ветер справа



$N = N_n - G_{ст} = 28750 - 2500 = 26250$ кг

Схема II, IV р-н гололеда ветер слева



Определение усилий в поясах

↓ 25,5 Схема II

$M = N_n - G_{ст} = 54,21 - 3,0 = 51,3$ тм

$U = \frac{N}{4} + \frac{M}{2B} = \frac{51,3}{4} + \frac{24,7}{2 \cdot 0,96} = 12,8 + 12,8 = 25,6$ т

↓ 21,5 Схема I

$M = 19,7$ тм $N = 28,75 - 2,5 = 26,25$ т

$U = \frac{26,25}{4,1} + \frac{19,7}{2 \cdot 0,96} = 6,3 + 3,8 = 10,1$ т

Схема II

$M = 19,3$ тм $N = 54,21 - 2,5 = 51,71$ т

$M = \frac{51,71}{4} + \frac{19,3}{2 \cdot 0,96} = 12,9 + 10,1 = 23,0$ т

↓ 12,5 м

Схема I $M = 9,4$ тм $N = 54,21 - 2,0 = 52,2$ т

$$U = \frac{52,2}{4} + \frac{9,4}{2 \times 0,96} = 13,1 + 4,9 = 18,0 \text{ т}$$

↓ 3,5 м. Схема II

$M = 2,1$ тм. $N = 54,2$ т

$$U_1 = \frac{54,2}{4} + \frac{2,1}{2 \times 0,96} = 13,55 + 1,1 = 14,65 \text{ т}$$

Определение усилий в раскосах. Схема I

↓ 25,5 $Q = 2,9$ т. $D_4 = \frac{2,9}{2 \times 0,707} = 2,05$ т

↓ 21,5 $Q = 2,36$ т $D_3 = \frac{2,36}{2 \times 0,707} = 1,67$ т.

↓ 12,5 $Q = 1,15$ т. $D_2 = \frac{1,15}{2 \times 0,707} = 0,82$ т.

↓ 3,1 $Q = 0,54$ т. $D_1 = \frac{0,54}{2 \times 0,707} = 0,38$ т.

Расчет стойки выше уровня нижних травес.

↓ 27,2

Схема II, III-н гололед

$$M_{II} = 1,36 \times 8,9 + 1,2 \times 4,9 + 5,33 \times 3,5 + 3,17 \times 0,5 + \frac{0,27 \times 8,92}{2} =$$

$$12,1 + 5,9 + 18,9 + 1,58 + 1,07 = 40,55 \text{ тм.}$$

$$G = 3,17 + 5,39 + 1,5 = 8,6 \text{ т}$$

$$U' = \frac{40,55}{2 \times 0,96} + \frac{8,6}{4} = 21,1 + 2,1 = 23,2 \text{ т}$$

Расчет раскосов

Схема III $Sn = 2080$ кг.

$M_{кр} = 2,08 \times 3,5 = 7,3$ тм $Q = 2,08$ т. $\cos\beta = 0,707$.

$$D = \frac{2,08}{2 \times 0,707} + \frac{7,3}{2 \times 0,96 \times 0,707} = 1,48 + 5,38 = 6,86 \text{ т.}$$

Подбор сечения оттяжек

Для оттяжек 1,2,3,4 расчетным является усилие в нормальном режиме I (1) - 11630кг.

Принимаем канат ф 17,0 (ГОСТ 3064-66)

Разрывное усилие - 19900кг

$R_p = 19300 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 = 11460$ кг < 11630 кг (перенапряжение 15%)

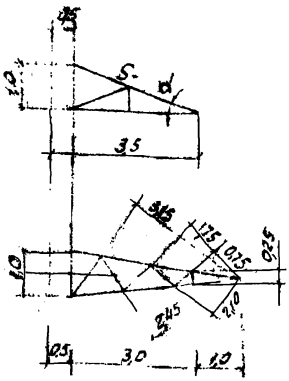
В оттяжке 5 расчетным является усилие в нормальном режиме I (2) - 20210 кг.

Принимаем 2 каната ф 17,0

$R_p = 2 \times 11660 = 23300$ кг > 20210 кг.

Расчет траверс

а) Верхняя траверса



$tg\alpha = \frac{1,0}{3,0} = 0,334 \quad \alpha = 18°28'$

$\sin\alpha = 0,316$

$tg\gamma = \frac{1,0 - 0,25}{2 \times 3,0} = 0,125 \quad \gamma = 7°10'$

$\cos\gamma = 0,992$

$X = \frac{0,25}{2tg\gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,125} = 1,0м$

Для тяги расчетной является сх. II, IV р-н гололеда

$G = 5,39 т$

$$S_т = \frac{G}{2 \sin\alpha \cos\gamma} = \frac{5390}{2 \times 0,316 \times 0,992} = 8,6 м$$

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

$S_п = 2080 м$. $g_п = 1250 кг$ $g_г = 100 кг$. $g_л = 165 кг$

$G_{тр} = 100 кг$

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

$$= 0,25 \times 1250 + 0,5 \times 100 + 0,5 \times 165 + 0,25 \times 100 =$$

$$= 312 + 50 + 83 + 25 = 470 кг.$$

$$U_п = \frac{2,08 \times 3,0}{1,0 \times 0,992} + \frac{0,47 \times 3,0}{1,0 \times 0,992} = 6,3 + 1,4 = 7,7 м$$

Усилие в раскосах нижней грани. Схема III

$M = 2,08 \times 1,0 = 2,08 тм$

$$D'_9 = \frac{2,08}{3,15} = 0,66 т$$

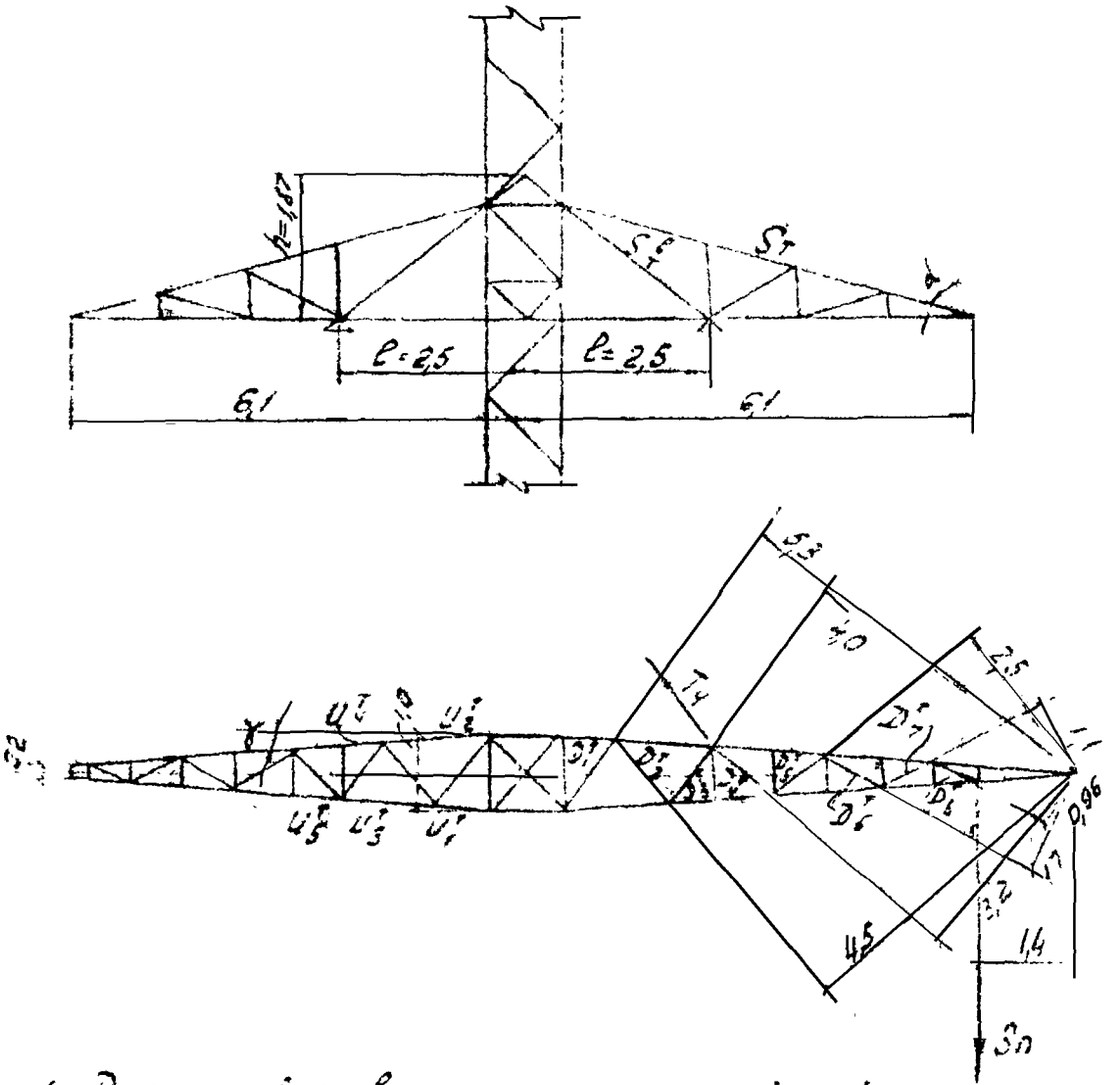
$$D'_{10} = \frac{2,08}{2,45} = 0,85 т$$

$$D'_{11} = \frac{2,08}{1,75} = 1,19 т$$

$$D'_{12} = \frac{2,08}{1,1} = 1,9 т$$

$$D'_{13} = \frac{2,08}{0,75} = 2,8 т.$$

Нижняя траверса



1. Для силовых внутренних тяг расчётной является схема I(г) нормального режима

$T_2 = T_3 = 11{,}63$ т.

$$S_т = \frac{1}{2}(T_2 + T_3)\frac{H_c}{L_2}\cdot\frac{\sqrt{h^2+\ell^2}}{h} = \frac{1}{2}\times 2\times 11{,}63\times\frac{2{,}82}{31{,}0}\times\frac{\sqrt{1{,}67^2+2{,}5^2}}{1{,}67} =$$

$$= 11{,}63\times 0{,}91\times 1{,}67 = 17{,}1\text{ т}$$

2. Для наружных тяг расчетное усл. схема I

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

$$G = (g_п + g_р) + 0{,}5\,G_{тр} = 5{,}39 + 0{,}2 = 5{,}6\text{ т}$$

$$\sin\alpha = \frac{1{,}5}{\sqrt{1{,}5^2+5{,}6^2}} = \frac{1{,}5}{5{,}8} = 0{,}26$$

$$\cos\gamma = \frac{5,6}{\sqrt{0,4^2+5,6^2}} = \frac{5,6}{5,63} = 0,998$$

$$S_T = \frac{5,6}{2\times 0,26\times 0,998} = 10,8\,m$$

3. Расчет поясов

Для левых пролетных поясов расчетной явл. сх. III (3) - обрыв левого нижнего провода.

$T_4 = 9560$ кг.

$$U_n^0 = \left[\frac{G}{2Sg\alpha} + \frac{T_1+T_4}{2} + \frac{H_0}{2} + \frac{c}{4} + \frac{1}{2}(T_1+T_4)\frac{d+2}{L_1}\right]\frac{1}{\cos\gamma}$$

$$G = \frac{g_n}{2} + g_r + 0,5\,g_{тр} = 625 + 100 + 200 = 925\,кг.$$

$$tg\alpha = 0,27 \qquad \cos\gamma = 0,998$$

$$U_n^0 = \left[\frac{0,925}{2\times 0,27} + \frac{9,56}{2} + \frac{28,2}{32,6}\times\frac{2,5}{1,87} + \frac{1}{2}\times 9,56\times\frac{7,0+2,5}{32,6}\right]\times\frac{1}{0,998} =$$

$$= (1,73 + 5,52 + 1,4)\times\frac{1}{0,998} = 8,6\,-$$

$$U_i = U_c + Q\frac{\ell_0}{\ell_i}; \quad Q = S\frac{\ell_n\cdot\ell}{2\ell} = 2080\times\frac{3,5}{2\times 2,5} = 1,5\,m$$

$$U_1^T = 8,6 + 1,5\times\frac{3,0}{1,0} = 8,6 + 4,5 = 13,1\,m$$

$$U_2^T = 8,6 + 1,5\times\frac{3,7}{0,9} = 8,6 + 6,2 = 14,8\,m$$

$$U_3^T = 8,6 + 1,5\times\frac{4,4}{0,8} = 8,6 + 8,3 = 16,9\,m$$

$$U_4^T = 8,6 + 1,5\times\frac{5,0}{0,7} = 8,6 + 10,7 = 19,3\,m$$

Для поясов консольной части расчетной является сх. III.

$$U_5^T = \frac{G}{2tg\alpha\cos\gamma} + S_n\frac{\ell_n\cdot\ell}{\ell\cos\gamma} = \frac{0,925}{2\times 0,27\times 0,998} + 2,08\,\frac{3,6}{0,96\times 0,998} =$$

$$= 1,72 + 7,86 = 9,6\,m.$$

4. Расчёт раскосов нижней грани.

Для раскосов средней части траверсы расчётной является схема III

$M = Q[(\ell_1 + x) - \ell] = Q(6,1 + 1,53 - 2,5) = Q \times 5,13$

$Q = T_4 \frac{a}{\ell_1} = 9,56 \times \frac{12,0}{31,9} = 3,6\,т$

$M = 3,6 \times 5,13 = 18,5\,тм$

$D_1^т = \frac{18,5}{5,3} = 3,5\,т$

$D_2^т = \frac{18,5}{4,5} = 4,1\,т$

$D_3^т = \frac{18,5}{4,0} = 4,6\,т$

Для раскосов консольной части расчётной является схема III.

$M = 5 \times 1,4 = 2,08 \times 1,4 = 2,9\,тм.$

$D_4^т = \frac{2,9}{3,2} = 0,9\,т$

$D_5^т = \frac{2,9}{2,5} = 1,16\,т$

$D_6^т = \frac{2,9}{1,7} = 1,7\,т$

$D_7^т = \frac{2,9}{1,1} = 2,55\,т$

$D_8^т = \frac{2,9}{0,96} = 3,03\,т$

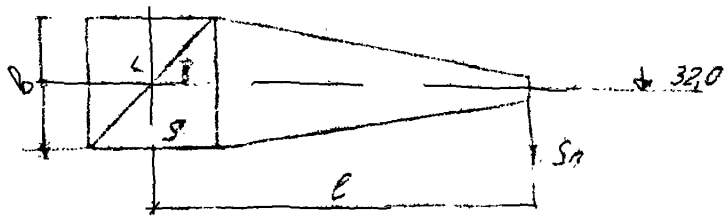
Проверка напряжения в панели пояса $И^{7}_{4}$
(случай, не вошедший в расчетный лист)
Усилие - 19,3 т.

$\angle$ 90×7 $\quad F = 12{,}3 см^2$; $\quad l = 200 см \quad \gamma_x = 2{,}77 см$

$\lambda = \frac{200}{2{,}77} = 72 \qquad \varphi = 0{,}798 \qquad m = 1{,}0$

$$\sigma = \frac{19\,300}{12{,}3 \times 0{,}798 \times 1{,}0} = \frac{19\,300}{9{,}8} = 1970 \ кг/см^2 < [2100]$$

Расчёт распорок и диафрагм.



$$S = \frac{S_n \ell}{k} + \frac{G}{2 t g \alpha}$$

Схема III, IV р-н гололёда

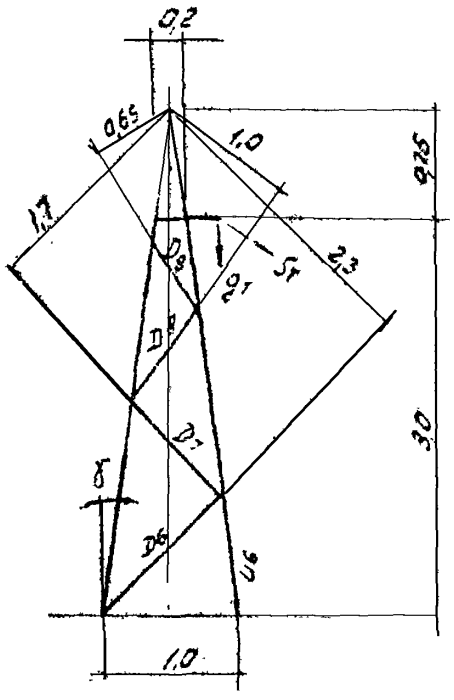
$S_n = 2080$ кг. $0{,}5\ G = 470$ кг

$$S = \frac{2{,}08 \times 3{,}5}{0{,}96} + \frac{0{,}47 \times 2}{2 \times 0{,}334} = 7{,}6 + 1{,}4 = 9{,}0\ т$$

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

$$K = \frac{2{,}08 \times 3{,}5}{1{,}41 \times 0{,}92} = 5{,}6\ т$$

Расчет тросостойки



$tg\gamma = \frac{0,4}{3,0} = 0,133$

$\cos\gamma = 0,991$

Схема IV, IV р-н гололеда

$S_T = 1500$ кг. $g_T = 510$ кг. $\sigma_{тр/ст} = 200$ кг.

Усилие в порсе.

$M_{изг.} = 1,5 \times 3,0 + 0,51 \times 0,5 \times 0,5 = 4,5 + 0,13 = 4,63$ тм

$U_6 = \frac{4,63}{2 \times 1,0 \times 0,991} + \frac{0,51 + 0,2}{4 \times 0,991} = 2,34 + 0,18 = 2,52$ т.

Усилие в раскосах.

$M_{кр} = 1,5 \times 0,5 = 0,75$ тм. $T = \frac{M_{кр}}{2b} = \frac{0,75}{2 \times 0,2} = 1,88$ т

$\frac{S_T}{2} + T = \frac{1,5}{2} + 1,88 = 0,75 + 1,88 = 2,63$ т

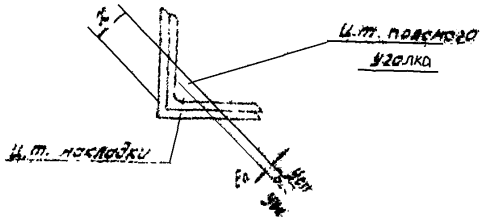
$M_{изг.} = 2,63 \times 0,75 = 1,97$ тм.

$D_6 = \frac{1,97}{2,3} = 0,86$ т $D_8 = \frac{1,97}{1,0} = 1,97$ т

$D_7 = \frac{1,97}{1,7} = 1,16$ т $D_9 = \frac{1,97}{0,65} = 3,03$ т

Расчет стыков секций

а) Стык нижней и средней секций (+35)



пояс – L 90×7

накладка – L 100×7

$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_м F}$ $N = 14{,}7$ т $F = 12{,}3$ см² $n_1 = 0{,}95$

$\lambda = \frac{200}{2{,}77} = 72$ $\varphi = 0{,}798$

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

$x = \frac{2{,}47}{0{,}707} = 3{,}5$ см. $J_{y_0} = 38{,}9$ см² $e = 0{,}5 e_0$

$e_0 = \frac{(2{,}47 + 0{,}7) - 2{,}71}{0{,}707} = \frac{0{,}46}{0{,}707} = 0{,}65$ см.

$e = 0{,}5 \times 0{,}65 = 0{,}325$ см

$m = m_1 = 0{,}325 \times \frac{12{,}3 \cdot 9{,}5}{38{,}9} = 0{,}36$ $\varphi_м = 0{,}679$

$\sigma = \frac{14700}{0{,}95 \times 0{,}679 \times 12{,}3} = 1850$ кг/см² < [2100]

б. Стыки 1-ой и 2-ой средних секций, а также стык 2-ой средней секции с верхней выполняются с двухсторонними накладками и проверки не требуют.

Расчет выполнил: Элькинд

Расчет опоры У220-1

Определение предельного угла поворота на опоре У220-1 в горных районах при $q^н = 80$ кг/м².

Опора У220-1 рассчитана на подвеску проводов АСО-300 и АСО-400 и троса С-70 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q^н = 50$ кг/м² (см. расчет №3080 тм-т3 лист 8/43 ÷ 25/43 и расчетный лист №3080 тм-т.7-4).

Увеличение скоростного напора с 50 кг/м² до 80 кг/м² отражается только на схемах нормального режима I и II. Поэтому элементы опоры, рассчитанные по схеме II, т.е. пояса ствола опоры, тросостойка и элементы траверс, подлежат проверке на повышенные ветровые нагрузки по схеме II.

Как показывает расчет на листах 76, 77, 78, опору У220-1 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^н = 80$ кг/м², III-IV районы гололедности, провод АСО-400) при углах поворота до 52° включительно.

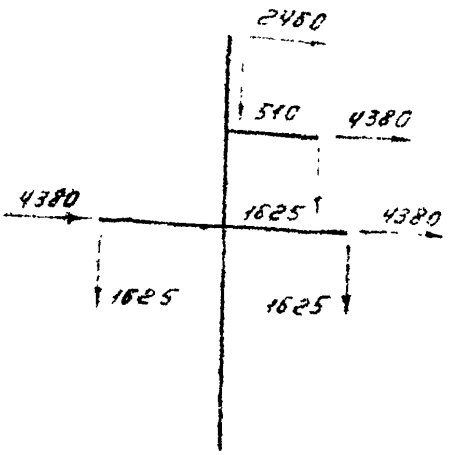
В остальных случаях (с проводом АСО-400 в I-II р.г. и с проводом АСО-300 в I-IV р.г.) опору можно применять при $q^н = 80$ кг/м² на углах поворота до 60° включительно.

Схемы расчетных нагрузок

провод АСО-400; трос С-70

$\alpha = 52°$

Схема I



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.

III район гололедности, без разности тяжения

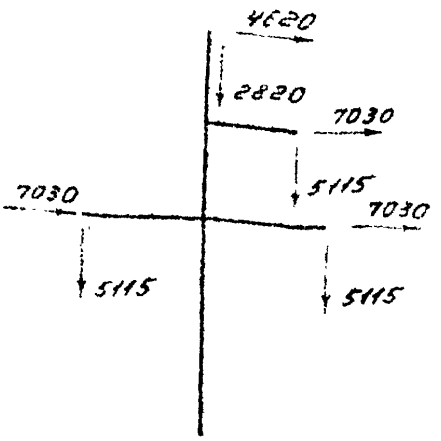
$t = -5°C$; $c = 0$; $q_n^н = 80\ кг/м^2$

$q_т^н = 120\ кг/м^2$

$l_{вет} = 530$ м; $l_{вес} = 760$ м;

$l_{габ} = 380$ м;

Схема II



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.

II район гололедности, без разности тяжения.

$t = -5°C$; $c = 20$мм; $q_n^н = 20\ кг/м$

$q_т^н = 30\ кг/м$

$l_{вет.} = 475$ м; $l_{вес} = 680$ м

$l_{габ.} = 340$ м;

Определение усилий в поясах ствола опоры У220-1

Таблица № 19

Сечения, отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда; α = 52°; без разн. тяж.			Схема II; III район гололеда; α = 52°, без разн. тяж.		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и тросы $M_н$	От ветра на конструкцию опоры M_w		От нагрузок на провода и тросы $M_н$	От ветра на конструкцию опоры M_w	
3-3 ▽ 18,75 м δ = 2,5 м	2,46 × 15,35 = 37,8 4,38 × 7,25 = 31,8 4,38 × 2 × 0,75 = 6,58 13,14 $M_н$ = 76,18 $M_{нy}$ = 1,625 × 4,9 = 7,97 ΣM = 84,15	0,87 × 12,15 = 10,7 0,224 × 8,1 = 1,84 2,14 × 4,1 = 8,7 3,29 × 2 × 1,7 = 0,98 3,81 M_w = 22,22	0,51 × 1 = 1,02 1,625 × 3 = 4,875 0,35 × 15,3 = 5,35 11,245	4,62 × 15,35 = 70,6 7,03 × 7,25 = 51,0 7,03 × 2 × 0,75 = 10,7 25,71 $M_н$ = 132,3 $M_{нy}$ = 5,115 × 4,9 = 25,1 Σ $M_н$ = 157,4	M_w = 4,65	2,82 × 1 = 2,82 5,115 × 3 = 15,35 0,35 × 15,9 = 5,35 23,52
	$U_2 = \frac{76,18 + 22,22}{2 \times 2,5} + \frac{11,245}{4} = 19,7 + 2,8 = 22,5$ т			$U_2 = \frac{157,4 + 4,65}{2 \times 2,5} + \frac{23,52}{4} = 32,5 + 5,87 = 38,37$ т		
2-2 ▽ 10,7 м δ = 4,7 м	13,14 × 8,1 = 105,5 84,15 13,14 $M_н$ = 190,65	22,22 3,81 × 8,1 = 30,9 2,22 × 2,8 = 6,2 6,03 M_w = 59,32	11,245 0,35 × 8,1 = 2,83 14,075	157,4 25,71 × 8,1 = 208,0 25,71 $M_н$ = 365,4	M_w = 12,42	23,52 0,35 × 8,1 = 2,83 26,35
	$U_1 = \frac{190,65 + 59,32}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{14,075}{4 \times 0,989} = 26,9 + 3,55 = 30,45$ т			$U_1 = \frac{365,4 + 12,42}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{26,35}{4 \times 0,989} = 40,5 + 6,65 = 47,15$ т		
1-1 ▽ 2,2 м δ = 7,3 м cos δ = 0,989	190,65 13,14 × 8,5 = 112,0 $M_н$ = 302,65	59,32 6,03 × 8,5 = 51,4 2,85 × 2,3 = 6,55 M_w = 117,27	14,075 0,35 × 8,5 = 2,97 17,045	365,4 25,71 × 8,5 = 221,8 $M_н$ = 587,2	M_w = 24,4	26,35 0,35 × 8,5 = 2,97 29,32
	$U_7 = \frac{302,65 + 117,27}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{17,045}{4 \times 0,989} = 29,0 + 4,26 = 33,26$ т			$U_7 = \frac{587,2 + 24,4}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{29,32}{4 \times 0,989} = 42,0 + 7,4 = 49,4$ т		

U_7 = 48,5 т $\sigma_7 = \frac{49,4}{23,6}$ = 2090 кг/см²

Расчет опоры У220-2

Определение предельного угла поворота на опоре У220-2 в горных районах при $q^н = 80$ кг/м²

Опора У220-2 рассчитана на подвеску проводов АСО-300 и АСО-400 и троса С-70 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q^н = 50$ кг/м² (см. расчет №3080тм-т.7-5 лист 34/43 - 43/43 и расчетный лист №3080-тм-т.7-5)

Увеличение скоростного напора с 50 кг/м² до 80 кг/м² отражается только на схемах нормального режима I и II. Поэтому элементы опоры, рассчитанные по схемам II, т.е. пояса ствола опоры, трассостойка и элементы траверс, подлежат проверке на повышенные ветровые нагрузки по схеме IV.

Как показывает расчет на листах 79, 87, 88, опору У220-2 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^н = 80$ кг/м², III-IV районы гололедности, провод АСО-400 при углах поворота до 52° включительно.

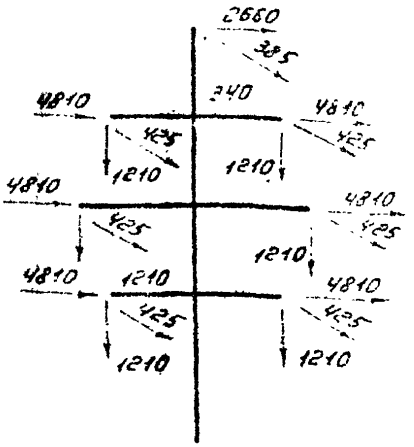
В остальных случаях (с проводом АСО-400 в I-II р. и с проводом АСО-300 в I-IV р.г.) опору можно применять при $q^н = 80$ кг/м² на углах поворота до 60° включительно.

Схемы расчетных нагрузок

провод АСО-400; трос С-70

$\alpha = 52°$

Схема I



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.

III район гололедности, с разностью тяжений.

$t = -5°C$; $C = 0$; $q_n^н = 96 кг/м^2$

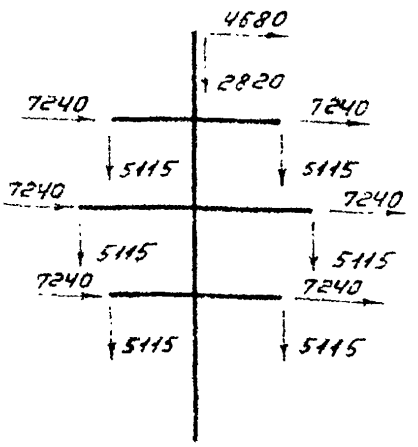
$q_т^н = 130 кг/м^2$

$\ell_{ветр.} = 530 м$; $\ell_{вес} = 760 м$;

$\ell_{габ} = 380 м$;

($\ell_{снеж.} = 250 м$)

Схема II



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.

IV район гололедности, без разности тяжений.

$t = -5°C$; $C = 20 мм$; $q_n^н = 24 кг/м$

$q_т^н = 32,5 кг/м$

$\ell_{ветр.} = 475 м$; $\ell_{вес} = 680 м$

$\ell_{габ.} = 340 м$

Определение усилий в поясах ствола опоры У220-2

Таблица № 20

Сечения, отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда, $\alpha = 52°$; разность тяжений. Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II; IV р-н гололеда, $\alpha = 52°$; без разн. тяж. Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и тросы M_{II}	От нагрузок на провода и тросы $M_{\perp}$	От ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_w	
4-4 ▽ 25,2 м β = 2,5 м	2,66 × 15,4 = 41,0 4,81 × 2 × 7,3 = 70,3 4,81 × 2 × 0,8 = 7,7 21,9 M_{II} = 119,0	0,385 × 15,4 = 5,94 0,425 × 2 × 7,3 = 6,2 0,425 × 2 × 0,8 = 0,68 2,09 $M_{\perp}$ = 12,82	M_w = 29,2	0,34 × 1 = 0,34 1,21 × 4 = 4,84 0,4 × 15,0 = 6,0 11,18	4,68 × 15,4 = 72,0 7,24 × 2 × 7,3 = 106,0 7,24 × 2 × 0,8 = 11,6 33,64 M_{II} = 189,6	0,2 × 11,9 = 2,38 0,056 × 2 × 7,8 = 0,88 0,064 × 2 × 1,5 = 0,19 0,66 × 4,1 = 2,68 1,1 M_w = 6,13	2,82 × 1 = 2,82 5,12 × 4 = 20,48 0,4 × 15,0 = 6,0 29,3
	$U_3 = \frac{119,0 + 12,82 + 29,2}{2 \times 2,5} + \frac{11,18}{4} = 32,2 + 2,79 = 34,99$ т				$U_3 = \frac{189,6 + 6,13}{2 \times 2,5} + \frac{29,3}{4} = 39,1 + 7,4 = 46,5$ т		
3-3 ▽ 18,8 м β = 2,5 м	119,0 21,9 × 6,4 = 140,0 4,81 × 2 × 0,75 = 7,7 31,52 M_{II} = 266,7	12,82 2,09 × 6,4 = 13,4 0,425 × 2 × 0,75 = 0,64 2,94 $M_{\perp}$ = 26,86	M_w = 68,4	11,18 1,21 × 2 = 2,42 0,4 × 6,4 = 2,56 16,16	189,6 33,64 × 6,4 = 216,0 7,24 × 2 × 0,75 = 10,9 48,12 M_{II} = 416,5	6,13 1,1 × 6,4 = 7,05 0,05 × 2 × 1,2 = 0,12 0,43 × 2,5 = 1,09 1,63 M_w = 14,39	29,3 5,12 × 2 = 10,24 0,4 × 6,4 = 2,56 42,1
	$U_2 = \frac{266,7 + 26,86 + 68,4}{2 \times 2,5} + \frac{16,16}{4} = 72,2 + 4,04 = 76,24$ т				$U_2 = \frac{416,5 + 14,39}{2 \times 2,5} + \frac{42,1}{4} = 86,2 + 10,5 = 96,7$ т		
2-2 ▽ 10,7 м β = 4,7 м cos β = 0,989	266,7 31,52 × 8,1 = 256,0 31,52 M_{II} = 522,7	26,86 2,94 × 8,1 = 23,8 2,94 $M_{\perp}$ = 50,66	M_w = 137,5	16,16 0,4 × 8,1 = 3,24 19,4	416,5 48,12 × 8,1 = 390,0 48,12 M_{II} = 806,5	14,39 1,63 × 8,1 = 13,2 0,49 × 2,8 = 1,4 2,12 M_w = 28,99	42,1 0,4 × 8,1 = 3,25 45,35
	$U_1 = \frac{522,7 + 50,66 + 137,5}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{19,4}{4 \times 0,989} = 76,5 + 4,9 = 81,4$ т				$U_1 = \frac{806,5 + 28,99}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{45,35}{4 \times 0,989} = 90,0 + 11,4 = 101,4$ т		
1-1 ▽ 2-2 м β = 7,3 м cos β = 0,989	522,7 31,52 × 8,5 = 268,0 M_{II} = 790,7	50,66 2,94 × 8,5 = 25,0 $M_{\perp}$ = 75,66	M_w = 230,0	19,4 0,4 × 8,5 = 3,4 22,8	806,5 48,12 × 8,5 = 415,0 M_{II} = 1221,5	28,99 2,12 × 8,5 = 18,0 0,64 × 2,3 = 1,47 48,46	45,35 0,4 × 8,5 = 3,4 48,75
	$U_7 = \frac{790,7 + 75,66 + 230,0}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{22,8}{4 \times 0,989} = 76,0 + 5,76 = 81,76$ т				$U_7 = \frac{1221,3 + 48,46}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{48,75}{4 \times 0,989} = 87,8 + 12,3 = 100,1$ т		

$U_7 = 100,7$ т; $\sigma_7 = \frac{100,1}{48,6} = 2070$ кг/см²

Расчет опоры УС220-5

Определение предельного угла поворота на опоре УС220-5 в горных районах при $q^н = 80$ кг/м^2.

Опора УС220-5 рассчитана на подвеску проводов АСО-300 и АСО-400 и троса С-70 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q = 50$ кг/м^2 (см. расчеты 3080 тм-т3 лист 9/43 ÷ 12/43; 3081 тм-т2 лист 83/91, 85/91, 87/91, 90/91, 91/91 и расчетный лист №3081 тм-т5-5).

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

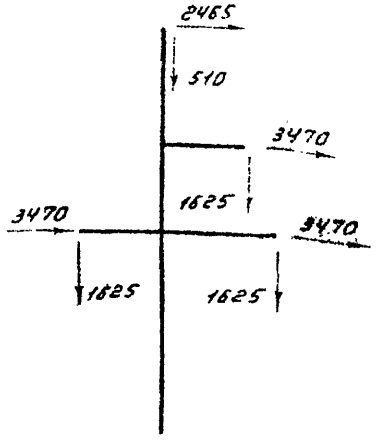
Как показывает расчет на листах 82, 83, 84, опору УС220-5 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^н = 80$ кг/м^2; I-IV районы гололедности; провод АСО-300 и АСО-400) при углах поворота до 50° включительно

Схемы расчетных нагрузок

провод 9С0-400 ; трос С-70

$\alpha = 60°$

Схема I



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда

III район гололедности, без разности натяжения.

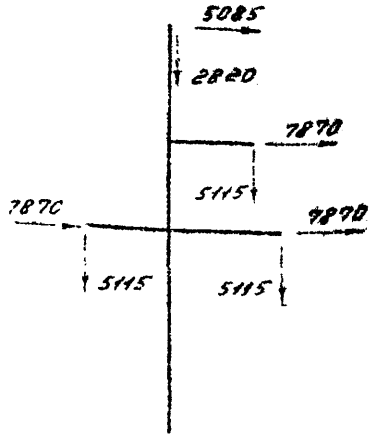
$t = -5°C$; $C = 0$; $q^н_п = 80$ кг/м^2

$q^н_г = 160$ кг/м^2

$\ell_{ветр} = 530$ м ; $\ell_{вес} = 760$ м;

$\ell_{наб.} = 380$ м;

Схема II



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

$t = -5°C$; $C = 20$ мм; $q^н_п = 20$ кг/м

$q^н_г = 30$ кг/м

$\ell_{ветр} = 475$ м; $\ell_{вес} = 680$ м;

$\ell_{наб.} = 340$ м;

Определение усилий в поясах ствола опоры УС 220-5

Таблица № 21

Сечения отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда; $\alpha = 60°$ без разн. тяж.			Схема II; IV р-н гололеда; $\alpha = 60°$; без разн. тяжения		
	Изгибающие моменты (т.м)		Вертикальн. нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальн. нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкции опоры M_w		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на ствол опоры M_w	
7-7 ▽ 14,75 м $B = 2,5$ м	2,465 × 15,35 = 37,9 3,47 × 7,25 = 25,2 3,47 × 2 × 0,75 = 5,2 12,88 $M_{II} = 68,3$ $M_{Wy} = 1,625 \times 4,9 = 7,96$	$M_w = 20,2$	0,51 × 1 = 0,51 1,625 × 3 = 4,875 0,35 × 15,3 = 5,35 10,74	5,085 × 15,35 = 78,1 7,87 × 7,25 = 57,0 7,87 × 2 × 0,75 = 11,8 28,7 $M_{II} = 146,9$ $M_{Wy} = 5,115 \times 4,9 = 25,1$	$M_w = 4,2$	2,82 × 1 = 2,82 5,115 × 3 = 15,34 0,35 × 15,3 = 5,35 23,51
	$U_3 = \frac{75,25 + 20,2}{2 \times 2,5} + \frac{10,74}{4} = 19,3 + 2,7 = 20,0$ т			$U_3 = \frac{172,0 + 4,2}{2 \times 2,5} + \frac{23,51}{4} = 35,2 + 5,87 = 41,07$ т		
3-3 ▽ 6,2 м $B = 3,3$ м $\cos\beta = 0,999$	76,26 12,88 × 8,55 = 119,0 12,88 $M_{II} = 186,26$ $U_2 = \frac{186,26 + 57,2}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{13,74}{4 \times 0,999} = 35,8 + 3,44 = 40,24$ т	$M_w = 57,2$	10,74 0,35 × 8,55 = 3,0 13,74	172,0 28,7 × 8,55 = 246,0 28,7 $M_{II} = 418,0$ $U_2 = \frac{418,0 + 11,9}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{25,51}{4 \times 0,999} = 65,0 + 6,68 = 71,6$ т	$M_w = 11,9$	23,51 0,35 × 8,55 = 3,0 26,51
1-1 ▽ 1,5 м $B = 3,85$ м $\cos\beta = 0,999$	186,26 12,88 × 4,7 = 60,5 $M_{II} = 246,76$ $U_1 = \frac{246,76 + 84,2}{2 \times 3,85 \times 0,999} - \frac{15,38}{4 \times 0,999} = 43,0 + 3,84 = 46,84$ т	$M_w = 84,2$	13,74 0,35 × 4,7 = 1,64 15,38	418,0 28,7 × 4,7 = 135,0 553,0 $U_1 = \frac{553,0 + 17,5}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{28,15}{4 \times 0,999} = 74,2 + 7,04 = 81,24$ т	$M_w = 17,5$	25,51 0,35 × 4,7 = 1,64 28,15

$$\sigma_1 = \frac{81,24}{39,2} = 2070 \text{ кг/см}^2$$

Расчет опоры УС 220-6

Определение предельного угла поворота на опоре УС 220-6 в горных районах при $q^н = 80$ кг/м²

Опора УС220-6 рассчитана на подвеску проводов АСО-300 и АСО-400 и троса С-70 в I-IV районах гололедности и в III Ветровом районе при $q = 50$ кг/м² (см. расчеты 3080 тм-т3 лист 35/43 – 38/43, 3081тм-т2 лист 82/91, 84/91, 86/91; 88/91, 89/91 и расчетный лист 3081тм-т5-6).

Увеличение скоростного напора с 50 кг/м² до 80 кг/м² отражается только на схемах нормального режима I и II. Поэтому элементы опоры, рассчитанные по схеме II, т.е. пояса ствола опоры, тросостойка и элементы траверс, подлежат проверке на повышенные ветровые нагрузки по схеме IV.

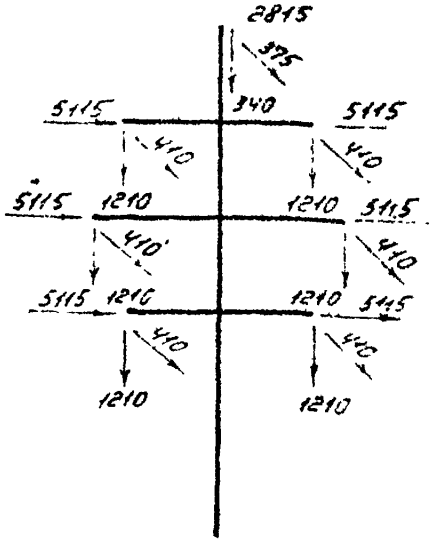
Как показывает расчет на листах 85, 86, 87 опору УС220-6 можно применять в вышеуказанных условиях ($q_п^н = 80$ кг/м², III-IV районы гололедности, провод АСО-400) при углах поворота до 58° включительно.

В остальных случаях (с проводом АСО-400 в I-II р.г. и с проводом АСО-300 в I-IV р.г.) опору можно применять при $q^н = 80$ кг/м² на углах поворота до 60° включительно.

Схемы расчетных нагрузок
провод АСО-400; трос С-70

$\alpha = 58^{\circ}$

Схема I



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда

III район гололедности, с разностью тяжений.

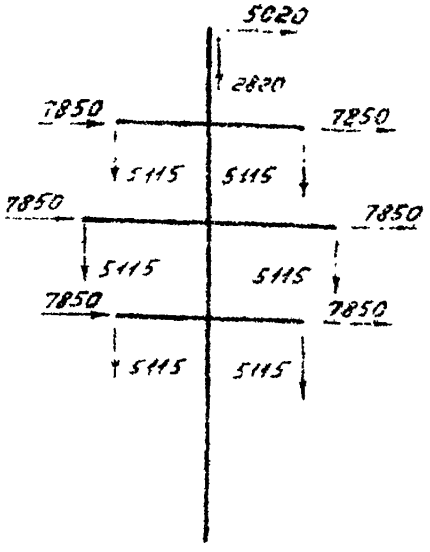
$t = -5^{\circ}C$, $C = 0$; $q_n^н = 96$ кг/м^2

$q_г^н = 130$ кг/м^2

$\ell_{ветр.} = 530$ м, $\ell_{вес} = 760$ м;

$\ell_{гор.} = 380$ м, ($\ell_{снеж} = 250$ м)

Схема II



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.

IV район гололедности, без разности тяжений

$t = -5^{\circ}C$; $C = 20$ мм, $q_n^н = 24$ кг/м

$q_г^н = 325$ кг/м

$\ell_{ветр} = 475$ м, $\ell_{вес} = 680$ м,

$\ell_{гор.} = 340$ м,

Определение усилий в поясах ствола опоры ПС 220-6

Таблица № 22

Сечения, отметки, базы	Схема I: III р-н гололеда, $\alpha = 58°$, без разн. тяжения. Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос $M_{\parallel}$	От нагрузок на провода и трос $M_{\perp}$	От ветра на конструкцию $M_{w\parallel}$	Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II: IV р-н гололеда, $\alpha = 58$; без разн. тяж. Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос $M_{\parallel}$	От ветра на конструкцию опоры M_w	Вертикальные нагрузки G (т)
4-4 ▽ 21,2 м $b = 2,5$ м	$2,815 \times 15,4 = 43,4$ $5,115 \times 2 \times 7,3 = 74,7$ $5,115 \times 2 \times 0,8 = 8,2$ 23,28 $M_{\parallel} = 126,3$	$0,375 \times 15,4 = 5,78$ $0,41 \times 2 \times 7,3 = 6,0$ $0,41 \times 2 \times 0,8 = 0,66$ 2,02 $M_{\perp} = 12,44$	$M_w = 28,2$	$0,34 \times 1 = 0,34$ $1,21 \times 4 = 4,84$ $0,4 \times 15 = 6,0$ 11,18	$5,02 \times 15,4 = 77,4$ $7,85 \times 2 \times 7,3 = 115,0$ $7,85 \times 2 \times 0,8 = 12,6$ 36,42 $M_{\parallel} = 205,0$	$M_w = 5,77$	$2,82 \times 1 = 2,82$ $5,115 \times 4 = 20,46$ $0,4 \times 15,0 = 6,0$ 29,28
	$U_3 = \frac{126,3 + 12,44 + 28,2}{2 \times 2,5} + \frac{11,18}{4} = 33,3 + 2,79 = 36,1$ т				$U_3 = \frac{205,0 + 5,77}{2 \times 2,5} + \frac{29,28}{4} = 42,2 + 7,29 = 49,49$ т		
3-3 ▽ 14,8 м $b = 2,5$ м	125,3 $23,28 \times 6,4 = 49,0$ $5,115 \times 2 \times 0,7 = 7,15$ 33,51 $M_{\parallel} = 290,41$	12,44 $2,02 \times 6,4 = 12,9$ $0,41 \times 2 \times 0,7 = 0,58$ 2,84 $M_{\perp} = 25,92$	$M_w = 66,0$	11,18 $1,21 \times 2 = 2,42$ $0,4 \times 6,1 = 2,56$ 16,16	205,0 $36,42 \times 6,4 = 234,0$ $7,85 \times 2 \times 0,7 = 11,0$ 52,12 $M_{\parallel} = 450,0$	$M_w = 13,9$	29,28 $5,15 \times 2 = 10,23$ $0,4 \times 6,4 = 2,56$ 42,07
	$U_2 = \frac{290,41 + 25,92 + 66,0}{2 \times 2,5} = \frac{16,16}{4} = 76,5 + 4,04 = 80,54$ т				$U_2 = \frac{450,0 + 13,9}{2 \times 2,5} + \frac{42,07}{4} = 92,5 + 10,5 = 103,0$ т		
6-6 ▽ 6,2 м $b = 3,3$ $\cos\gamma = 0,999$	290,41 $33,51 \times 8,6 = 288,0$ 33,51 $M_{\parallel} = 578,41$	25,92 $2,84 \times 8,6 = 24,4$ 2,84 $M_{\perp} = 50,32$	$M_w = 135,0$	16,16 $0,4 \times 8,6 = 3,45$ 19,61	450,0 $52,12 \times 8,6 = 449,0$ 52,12 $M_{\parallel} = 899,0$	$M_w = 25,4$	42,07 $0,4 \times 8,6 = 3,45$ 45,52
	$U_1 = \frac{578,41 + 50,32 + 135,0}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{19,61}{4 \times 0,999} = 115,6 + 4,9 = 120,5$ т				$U_1 = \frac{899,0 + 25,4}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{45,52}{4 \times 0,999} = 140,0 + 11,4 = 151,4$ т		
1-1 ▽ 1,5 м $b = 3,85$ м $\cos\gamma = 0,999$	578,41 $33,51 \times 4,7 = 157,5$ $M_{\parallel} = 735,91$	50,32 $2,84 \times 4,7 = 13,4$ $M_{\perp} = 63,72$	$M_w = 180,0$	19,61 $0,4 \times 4,7 = 1,9$ 21,51	899,0 $52,12 \times 4,7 = 246,0$ $M_{\parallel} = 1145,0$	$M_w = 34,7$	45,52 $0,4 \times 4,7 = 1,9$ 47,42
	$U_7 = \frac{735,91 + 63,72 + 180,0}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{21,51}{4 \times 0,999} = 127,0 + 5,36 = 132,36$ т				$U_7 = \frac{1145,0 + 34,7}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{47,42}{4 \times 0,999} = 152,8 + 11,8 = 164,6$ т		

$$\sigma_7 = \frac{164,6}{78,4} = 2100 \text{ кг/см}^2$$

Расчет выполнил: [signature] (Токарева)

N3081 тм-т3 лист 87

gost.e-ecolog.ru