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. ГОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ ИНСТИТУТА /Л. ЛЕВИН/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ ИНСТИТУТА ПО ВЛ /В. ХОТИНСКИЙ/

МОСКВА - 1970 г

N3081 ТМ Т3	Лист 2	87

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

N407-4-30

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

N3081 тм-т3 | Лист 3 | 8

Аннотация.

В настоящем томе приводятся расчеты промежуточных и промежуточных угловых свободностоящих опор ПС220-5, ПС220-6, ПУС220-1 и ПУС220-2 для горных районов, промежуточной опоры на оттяжках ПС220-1 и расчеты предельных углов поворота допускаемых на нормальных и специальных анкерно-угловых опорах У220-1, У220-2, УС220-5 и УС220-6 при их использовании в горных районах.

Все опоры рассчитаны на нагрузки V района по ветру /$q=80$ кг/м^2/, марки проводов по ГОСТ 839-59 и районы по гололеду принятые в расчётах каждой опоры указаны на листах нагрузок.

Расчеты опор выполнены по методу предельных состояний согласно нормам ПУЭ-66, СНиП II-А 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.

Расчетные 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 загрязненной 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 30 Энергосетьпроект/	3081 тм - т11

Содержание тома 3

I Расчет промежуточных свободностоящих опор 220 кг

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

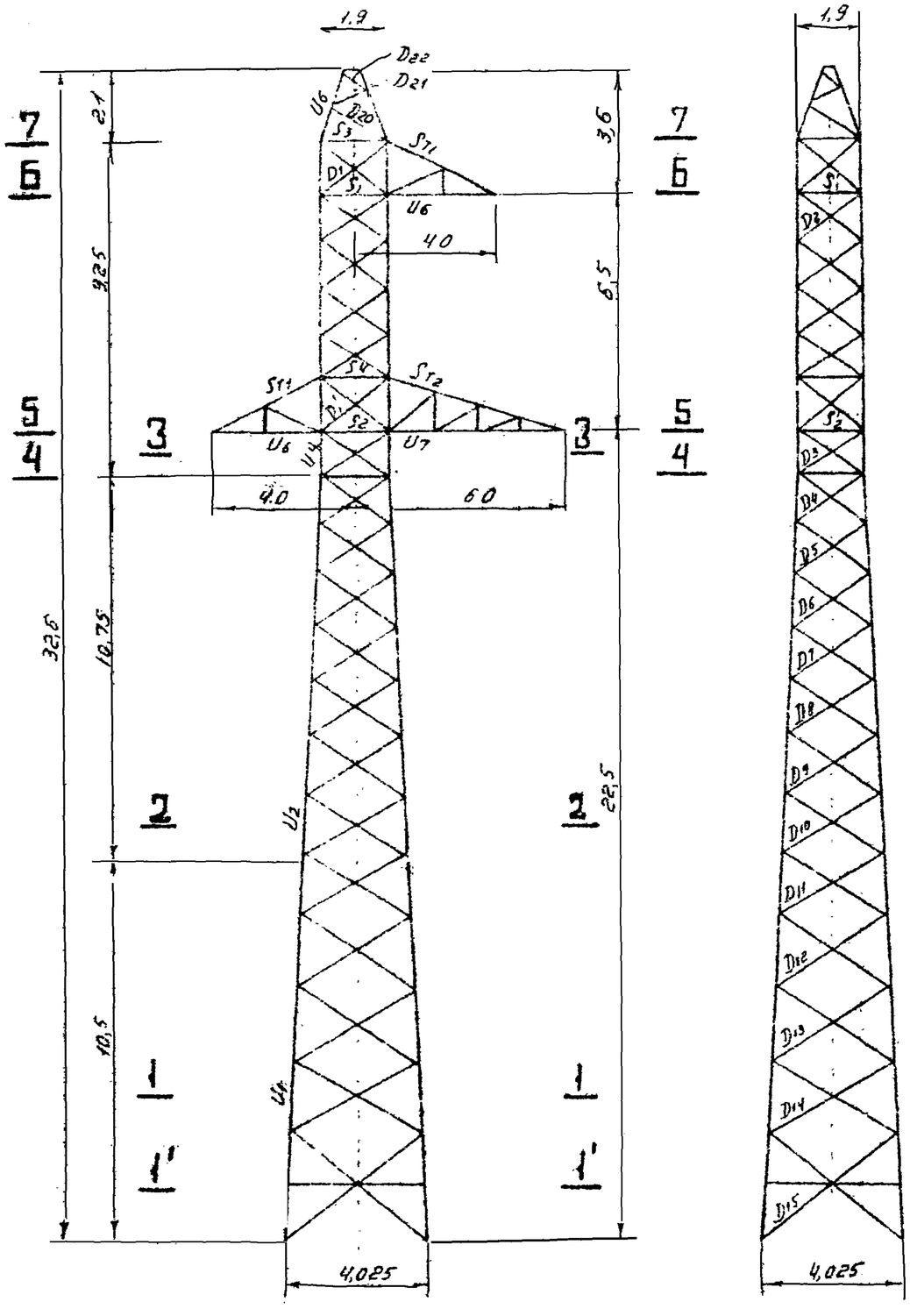
IV Расчет предельных углов поворота допускаемых на анкерно-угловых опорах в горных районах.

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:

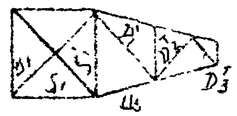
Шифр опоры	Страницы
ПС 220-5	9, 11, 12, 15, 17, 19, 20, 23-26, 28, 29, 30, 33, 34, 35 Расчетный лист N 3081 тм-т 7-11
ПС 220-6	10, 13, 14, 16, 18, 21, 22, 23-26, 27, 28, 31, 32, 33, 36 Расчетный лист N 3081 тм-т 7-16.
ПУС 220-1	37, 39, 41, 42, 45, 47, 49-52, 53, 54-55, 56, 58 Расчетный лист N 3081 тм-т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

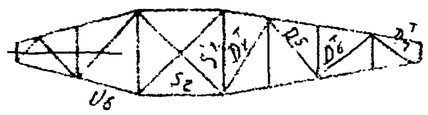


Сечение 7-7

Сечение 6-6

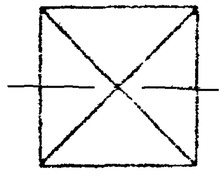


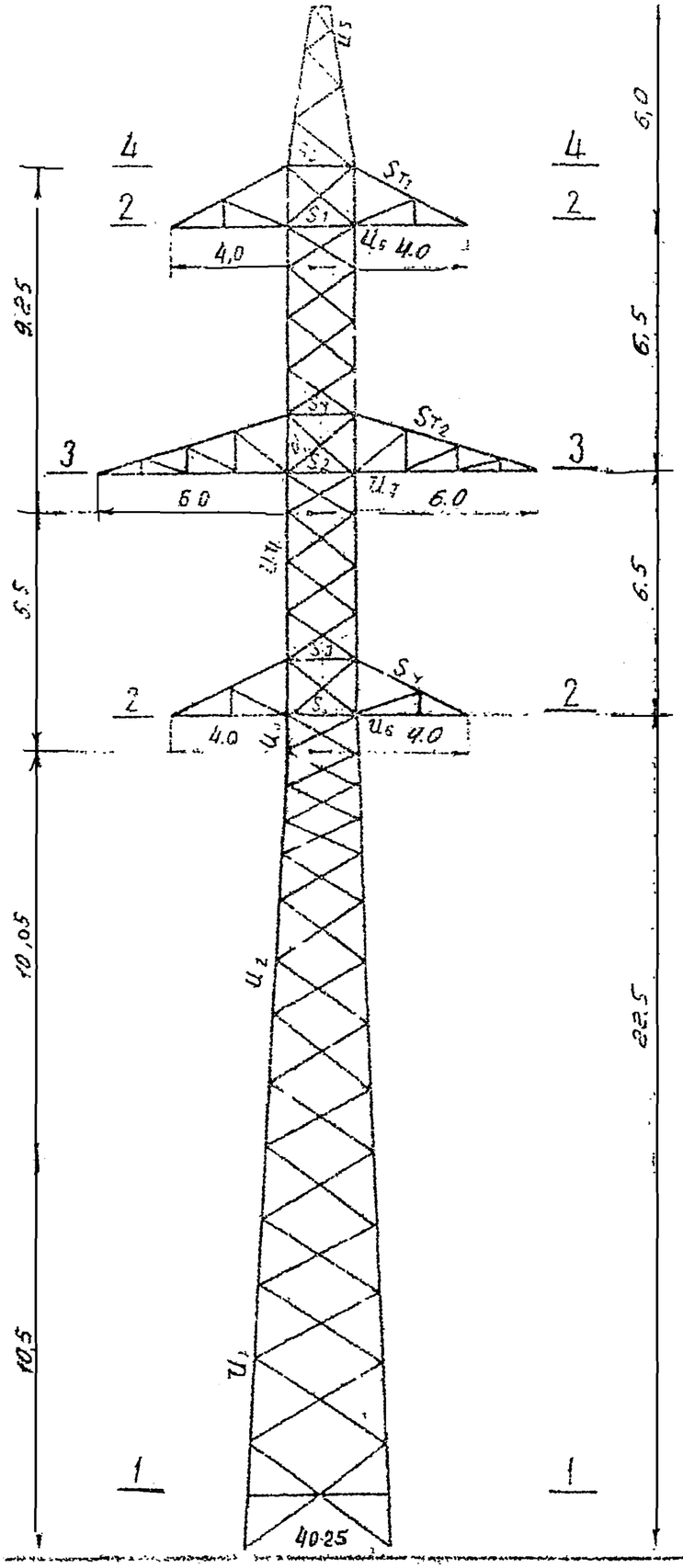
Сечение 5-5

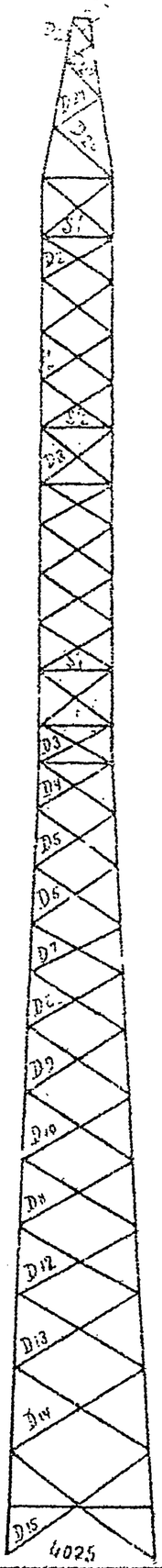


Сечение 4-4

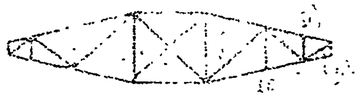
Сечение 1'-1'



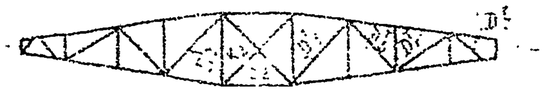




Сечение 2-2

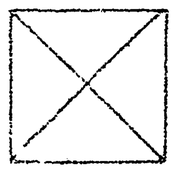


Сечение 3-3



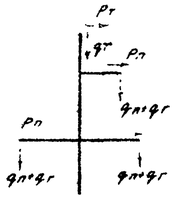
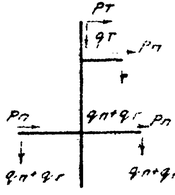
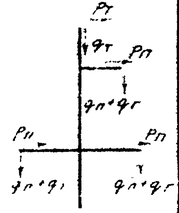
Сечение 4-4

Сечение 1-1

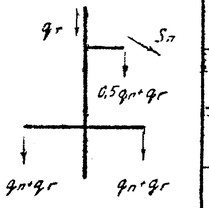
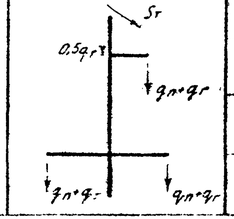


Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 220 кв для горных районов шифр ПС220-5

Таблица №1

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда									IV район гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
					$l_{вер}$	495 м			530 м			530 м			435 м			475 м			475 м		
					$l_{вес}$	710 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
					$l_{таб}$	355 м			380 м			—			310 м			340 м			—		
						норм.	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм	п	расчет
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$b=5мм$, $C=0$; $q_п^н=80 кг/м^2$, $q_г^н=125 кг/м^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$, $P_т$	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	$g_п$, $g_т$	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	$g_п+g_г$, $g_г$	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	$b=5мм$, $C=0$; $q_п^н=80 кг/м^2$, $q_г^н=120 кг/м^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$, $P_т$	515	1,2	620	630	1,2	755	415	1,2	500	450	1,2	540	565	1,2	680	370	1,2	445
				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	$g_п+g_г$, $g_г$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$b=5мм$, C 15мм, $=20мм$; $q_п^н=20 кг/м^2$, $q_г^н=30 кг/м^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$, $P_т$	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	$g_п$	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	$g_п+g_г$, $g_г$	2030		3280	2580	—	4050	1300	—	2180	2300	—	3910	2920	—	4840	1600	—	2820

Продолжение таблицы №1

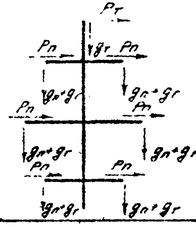
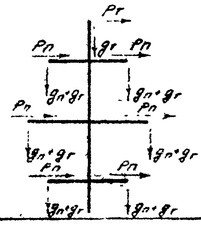
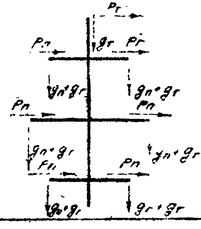
Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда									IV район гололеда								
					АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
				$l_{вет.}$	495 м			530 м			530 м			435 м			475 м			470 м		
				$l_{вес}$	740 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
				$l_{гол.}$	355 м			380 м			-			340 м			340 м			—		
					норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет
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	$q_п$ $q_г$	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	$q_г$	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
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:

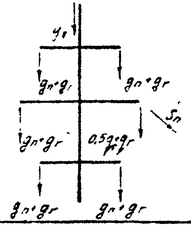
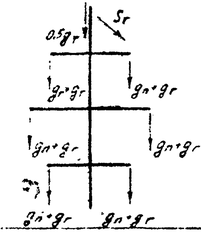
1. Высота центра тяжения троса – 31,7 м. Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,5 \times 80 = 120$ кг/м²;
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $K=0,8$;
3. Максимальное напряжение в тросе в III–IV районах гололеда $\sigma_{г\,max} = 40$ кг/мм²;
4. Нагрузки 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		
					$l_{вет}$	435 м			530 м			530 м			435 м			475 м			475		
					$l_{вес}$	710 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
					$l_{гол}$	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	расчет.
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; $q_г^н=130$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n $P_г$	885	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_n $g_г$	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	$g_n+g_г$ $g_г$	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; $q_г^н=130$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n $P_г$	510	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_n $g_г$	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	$g_n+g_г$ $g_г$	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; $q_n^н=27$ кг/м²; $c=20$ мм; $q_г^н=32,5$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n $P_г$	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_n $g_г$	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	1020 1810	1,1 2,0	1120 3620	420 1180	1,1 2,0	460 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	$g_n+g_г$ $g_г$	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 гололед									IV район гололёд								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
					$l_{вет}$	435 м			530 м			530 м			435 м			475 м			475 м		
					$l_{вес}$	710 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
					$l_{год}$	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
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	$g_п \cdot g_г$ $g_т$	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине нормального 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	$g_п \cdot g_г$ $g_т$	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.

Давление ветра на конструкцию опоры ПС220-5 по схемам I и I а

Таблица № 3

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамич. коэфф. плоской фермы $C_\varphi = C_i \cdot \varphi - 1{,}4\varphi$	η при $\frac{b}{h}=1$	Аэродинамический коэфф. пространств. фермы $C_{пр} = C_\varphi(1+\eta)$	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 $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45° $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45° $P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,5; 3,0; ▽29,8	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 траверса	1,5; 5,0; ▽23,3	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
Нижняя траверса	1,5; 3,0; ▽23,3	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
Проходной-на	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; 10,75; ▽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. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45 P_{тр}$
3. При ветре под ∠ 45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65 P_{тр}$, а $P_\parallel = 0{,}45 P_{тр}$

1) Давление ветра на конструкцию опоры ПС 220-6 по схемам I и I^а

Таблица № 4

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы F_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{F_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент плоской фермы $C_x = C_i \cdot \varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h}=1$)	Аэродинамический коэф. пространственной фермы $C_{пр} = C_x(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффиц динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамики $\beta=1{,}35$ и коэфф. перегрузки $n=1{,}2$ (кг)		
										При ветре ∥ траверсе $P=q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45° $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45° $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ∥ траверсе	При ветре ∥ траверсе $P=q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45° $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45° $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ∥ траверсе
Верхняя грозотроса	1,5; 3,0; ▽35,3	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
Средняя (грозотроса)	1,5; 5,6; ▽29,8	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
Нижняя траверса	1,5; 3,0; ▽23,3	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
Трапеция	0,2; 4,5; 1,9; ▽39,3	1,79	143	0,91	4,75	0,19	0,27	0,87	0,51	350	280	280	570	450	450
Верхняя секция	1,9; 9,25; 1,9; ▽32,4	1,63	131	3,9	17,6	0,22	0,31	0,82	0,56	1280	1020	1020	2100	1650	1650
Верхняя секция	1,9; 5,5; 1,9; ▽24,5	1,45	116	3,47	12,4	0,28	0,39	0,70	0,66	950	760	760	1590	1230	1230
Средняя секция	1,9; 12,25; 2,98; ▽15,9	1,07	86	4,97	26,2	0,19	0,27	0,87	0,51	1150	920	920	1300	1490	1490
Нижняя секция	2,98; 12,5; 4,03; ▽5,3	1,0	80	5,89	36,8	0,16	0,22	0,92	0,42	1240	990	990	2010	1600	1600
									Итого:	5560	4830	4560	9050	7800	7390

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. 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, IV район гололеда,	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и тросы M_{II} и ответра 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 $M_{W_{II}}$	⊥ траверсы $M_{W_{\perp}}$			
3-3 ▽21,9м в=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	0,8×10,6 = 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
	$U_V = \frac{24,52 + 12,01}{2\times1,9} + \frac{6,39}{4}$ = 9,6 + 1,6 = 11,2 т			$U_V = \frac{19,67 + 9,83 + 10,47}{2\times1,9} + \frac{6,39}{4}$ = 10,5 + 1,6 = 12,1 т				$U_V = \frac{50,28 + 2,5}{2\times1,9} + \frac{19,17}{4}$ = 18,7 т	
2-2 ▽11,65м в=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	0,173×10,25 = 1,77 (19,17) 20,94
	$U_2 = \frac{64,82 + 47,65}{2\times2,86\times0,998} + \frac{8,16}{4\times0,998}$ = 13,7 + 2,05 = 21,75 т			$U_2 = \frac{48,07 + 39,11 + 41,75}{2\times2,86\times0,998} + \frac{8,16}{4\times0,998}$ = 22,5 + 2,05 = 24,56 т				$U_2 = \frac{95,18 + 9,9}{2\times2,86\times0,998} + \frac{20,94}{4\times0,998}$ = 23,65 т	
1-1 ▽4,0м в=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 (85,35) 4,38 M_{II} = 128,78 $M_{W_{II}} = \frac{85,35}{4,8}$ = 17,8	0,173×7,65 = 1,32 (20,94) 22,26
	$U_1 = \frac{94,82 + 85,35}{2\times3,625\times0,998} + \frac{9,48}{4\times0,998}$ = 25,1 + 2,38 = 27,48 т			$U_1 = \frac{69,27 + 70,0 + 74,14}{2\times3,625\times0,998} + \frac{9,48}{4\times0,998}$ = 29,4 + 2,38 = 31,78 т				$U_1 = \frac{128,78 + 17,8}{2\times3,625\times0,998} + \frac{22,26}{4\times0,998}$ = 25,86 т	

Примечания:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

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; II район гололеда; Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I; II район гололеда; Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$	Схема I; II район гололеда; 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: ∥ траверса $M_{w_{II}}$	Схема I^a, III район гололеда; Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверсе $M_{w_{\perp}}$	Схема I^a, III район гололеда; Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II, IV район гололеда; Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$ (тм)	Схема II, IV район гололеда; Вертикальные нагрузки G (т)
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
	$U_4=\frac{29,89+18,03}{2\times1,9}+\frac{8,39}{4}=12,6+2,1=14,7т$			$U_4=\frac{21,18+14,78+15,97}{2\times1,9}+\frac{8,39}{4}=13,65+2,1=15,75т$				$U_4=\frac{35,99+3,76}{2\times1,9}+\frac{24,67}{4}=16,67т$	
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=2,04 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 8,905 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 cos γ=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 8,905 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 cos γ=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
	$U_1=\frac{241,38+189,04}{2\times3,87\times0,998}+\frac{16,19}{4\times0,998}=56,6+4,05=60,65т$			$U_1=\frac{156,91+136,41+148,14}{2\times3,625\times0,998}+\frac{15,73}{4\times0,998}=61,0+3,95=64,95т$				$U_1=\frac{259,88+39,4}{2\times3,87\times0,998}+\frac{39,45}{4\times0,998}=48,55т$	

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 N 7.

Секция	Грани опоры	Sп (кг)					2080		
		Обознач. раскосов	База „в" (м)	cos β	4в cos β	$\frac{в_0}{4в\cos\beta}$	ℓ = 6.0м		
							от Mкр	от Sп	Σ
		$в_0$ = 1,775м			Mкр. (тм)		12,48		
Средняя секция	Грань I оси трансверс	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 П220-5

продолжение таблицы № 7

Секция	Грани опоры	Sn (кг)					2080		
		Обозначение раскоса	База „в" (м)	cos β	4в cos β	$\frac{в_0}{4в\cos\beta}$	ℓ = 6.0 м		
							от $M_{кр.}$	от S_n	Σ
$в_0$ = 1,775 м				$M_{кр}$ (тм)			12,48		
Нижняя секция	Грань ⊥ оси трансверс.	D_{11}	3.04	0,857	10,42	0,17	1,2	0,37	1.57
		D_{12}	3,24	0,848	11,0	1,161	1,13	0,35	1,48
		D_{13}	3,44	0,857	11,8	0,15	1,06	0,32	1,38
		D_{14}	3,64	0,874	12,72	0,14	0,98	0,30	1.28
		D_{15}	3,89	0,788	12,3	0,144	1,01	0,31	1,32

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 усилий в раскосах ствола опоры ПС 220-Б

таблица № 8

Секция	Грани опоры	S_n (кг)					2080		
		Обознач раскосов	база „в" (м)	$\cos\beta$	$4в\cos\beta$	$\frac{в_0}{4в\cos\beta}$	$l = 6,0$ м		
							от $M_{кр}$	от S_n	Σ
		$в_0 = 1,13$ м			$M_{кр}$ (тм)		12,48		
Средняя секция	Грань 1 оси трабверс	D_4	1,96	0,838	6,58	0,172	1,9	0,35	2,26
		D_5	2,03	0,848	6,9	0,164	1,81	0,34	2,15
		D_6	2,23	0,819	7,3	0,155	1,71	0,32	2,03
		D_7	2,38	0,838	7,98	0,142	1,56	0,30	1,86
		D_8	2,53	0,857	8,7	0,130	1,44	0,28	1,72
		D_9	2,69	0,848	9,14	0,124	1,37	0,26	1,63
		D_{10}	2,86	0,857	9,82	0,115	1,27	0,24	1,51

Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПС-220-6

продолжение таблица № 8

Секция	Грани опоры	S_n (кг)					2080		
							$\ell = 6,0$ м		
		Обозн. раскосов	База „в" (м)	$\cos\beta$	$4 в \cos\beta$	$\frac{в_0}{4в\cos\beta}$	от $M_{кр}$	от S_n	Σ
		$в_0 = 1,13$ м			$M_{кр}$ (тм)			12,48	
Нижняя грань	Грань 1 ССУ тавровое	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:

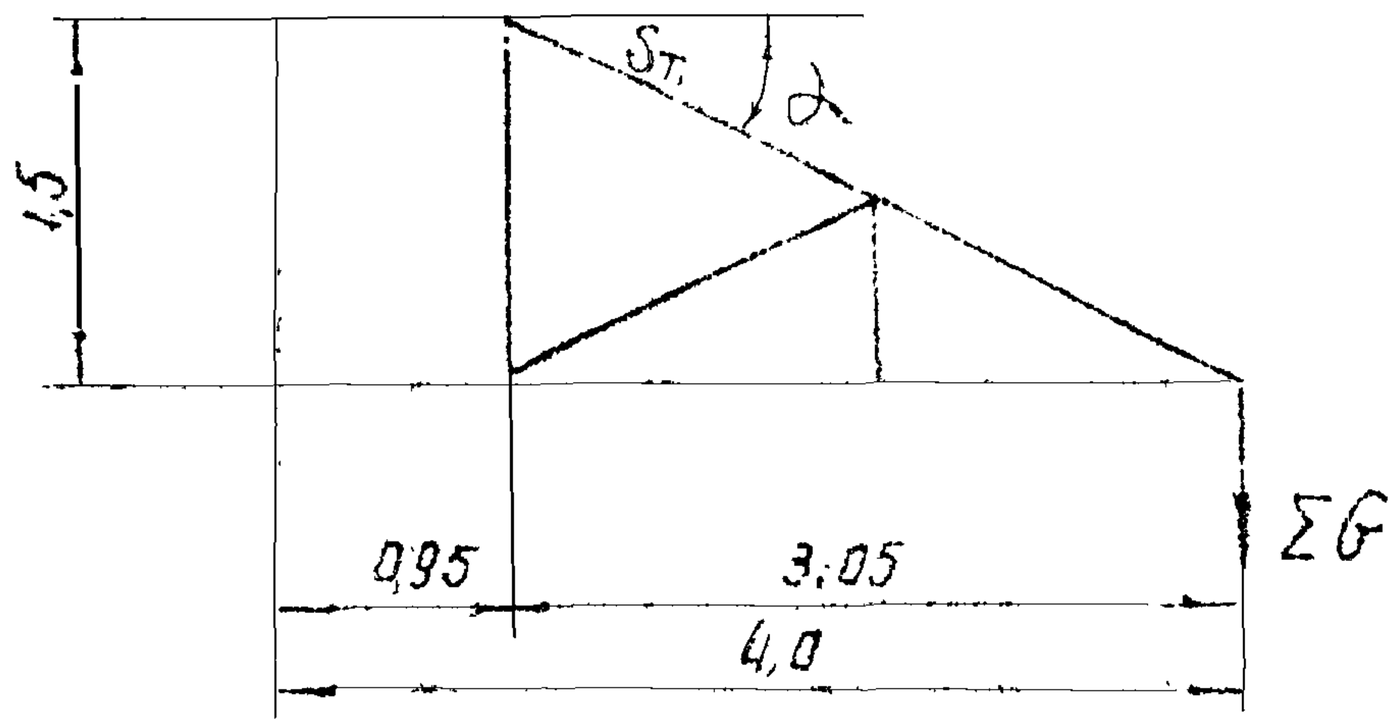
$$D = \frac{M_{кр.}}{4в\cos\beta} + \frac{S_n в_0}{4в\cos\beta}$$

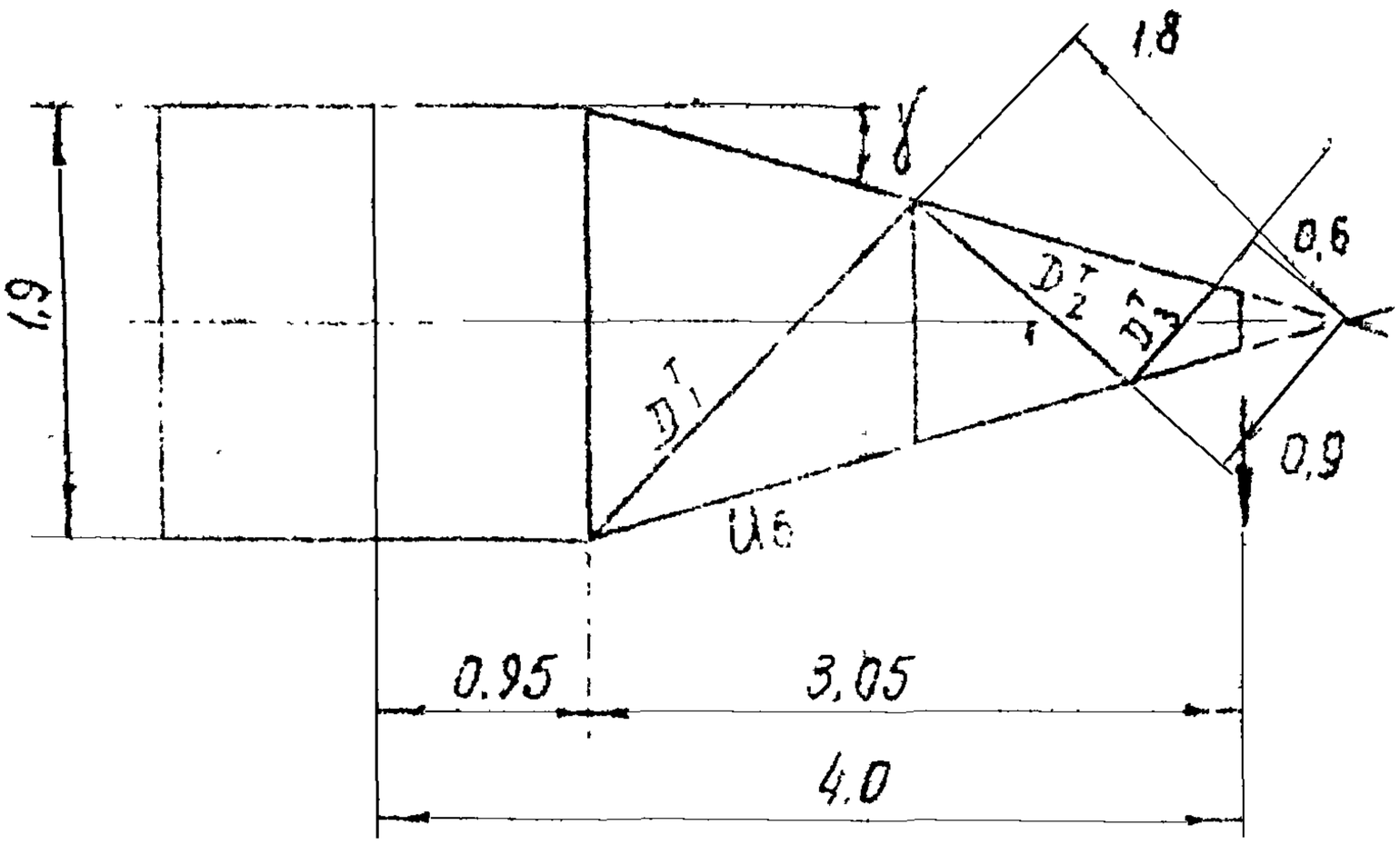
$в_0$ – база на отметке приложения силы.

Расчет траверс

опор ПС 220-5, ПС 220-6 и ПУС 220-2

1. Траверса $\ell = 4{,}0$ м;





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

$$tg\,\gamma = \frac{0{,}95 - 0{,}125}{3{,}05} = 0{,}254 \qquad \cos\gamma = 0{,}969$$

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

а) Усилие в поясе

Схема II, III район гололеда

$S_п = 2,08$ т, $g_п = 1,25$ т, $g_г = 0,1$ т, $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$;

$G_{тр} \cong 0,3$ т

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

$= 0,25 \times 1,25 + 0,5 \times 0,1 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,3 = 0,52$ 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

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

$\Sigma G = 0,5 g_п + 0,5 g_г + 0,25 G_{тр.} = 0,5 \times 4,74 + 0,5 \times 0,1 + 0,25 \times 0,3 =$

$= 2,30 + 0,05 + 0,075 = 2,5$ т;

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

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район гололеда

$g_п = 4,74$ 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

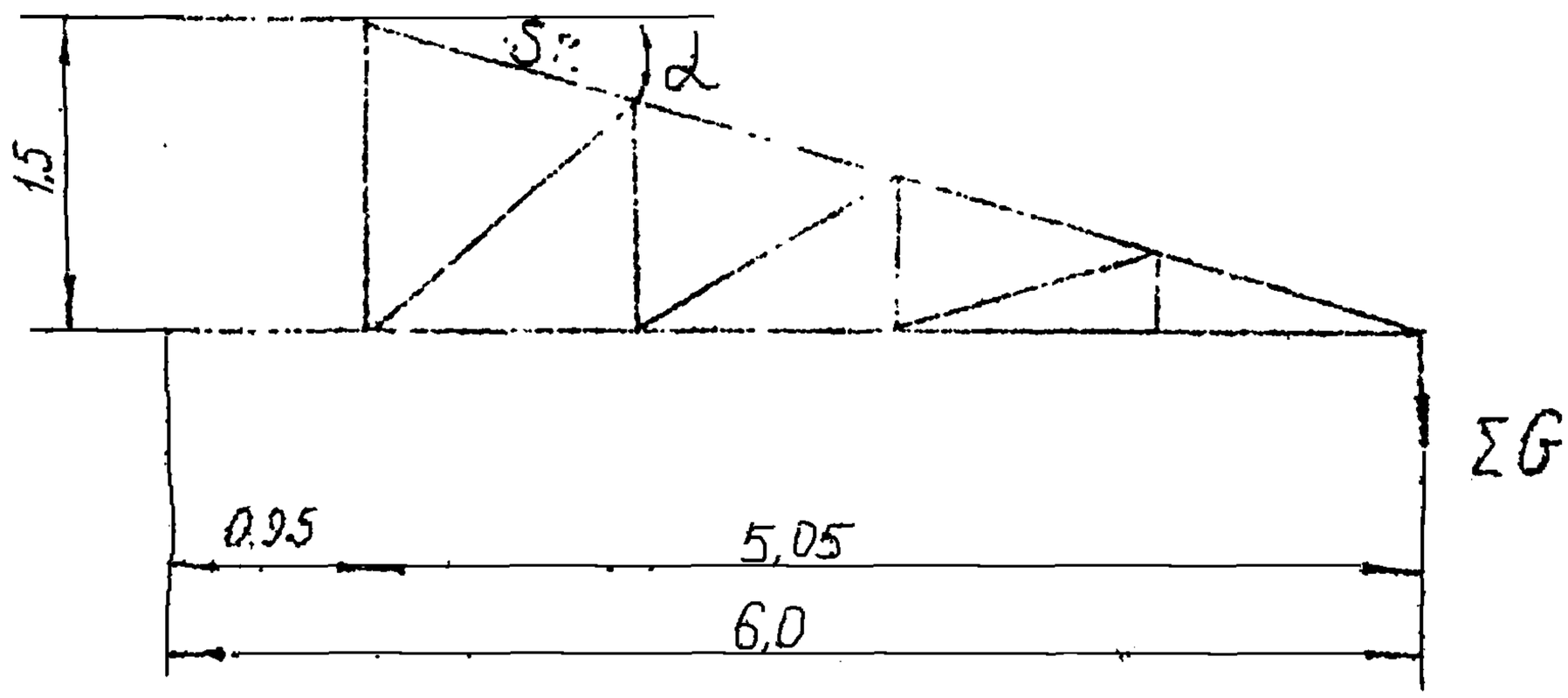
Схема III, III район гололеда

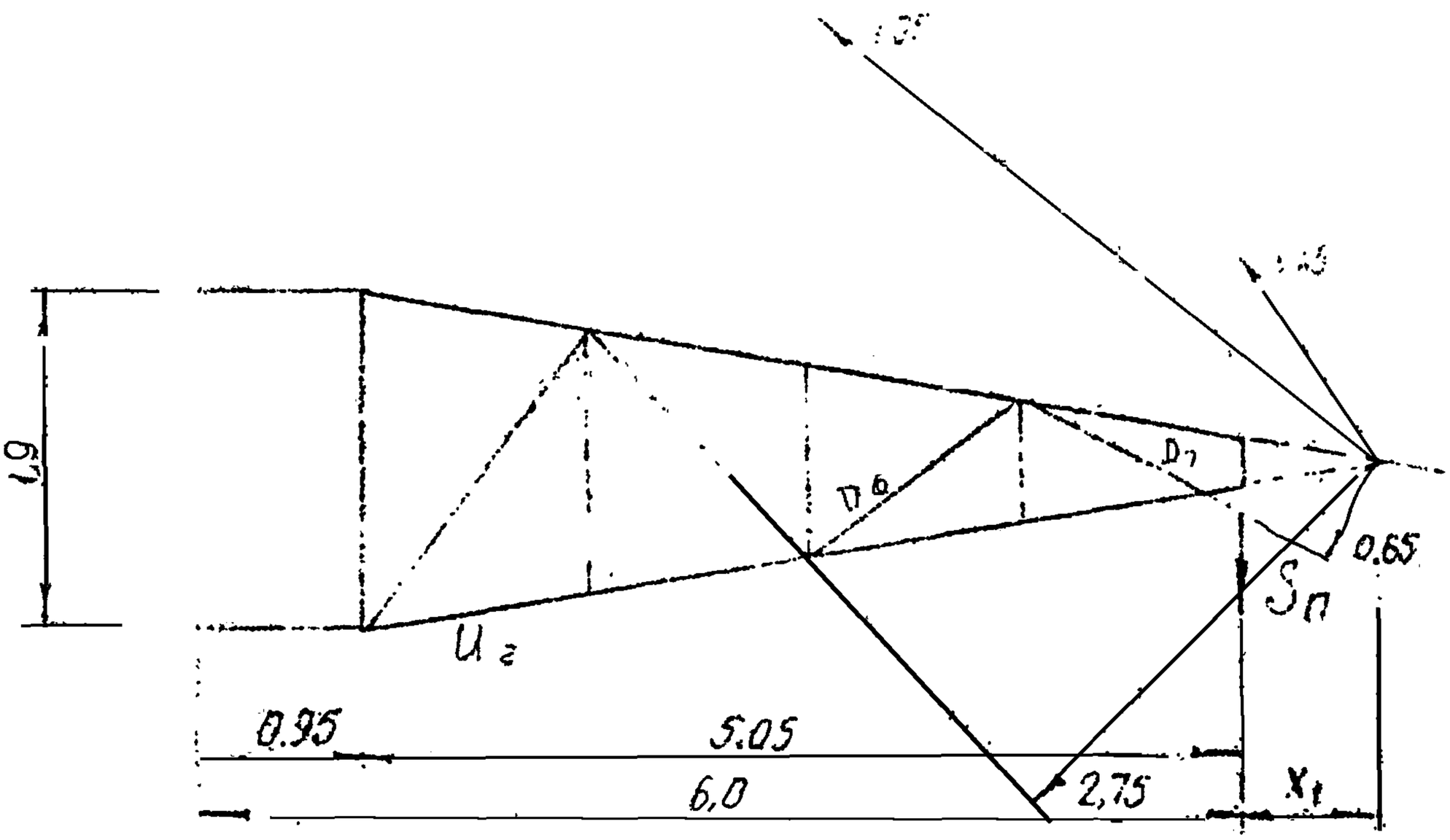
$S_п = 2,08$ т; $X = 0,5$ м, $M_{из} = 2,08 \times 0,5 = 1,04$ тм,

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

$$D_2^T = \frac{1,04}{0,9} = 1,15 \text{ т}$$

2. Траверса $\ell = 6{,}0$ м;





$$tg\,\alpha = \frac{1{,}5}{5{,}05} = 0{,}297 \qquad \cos\alpha = 0{,}958$$

$$tg\,\gamma = \frac{1{,}9 - 0{,}25}{2 \times 5{,}05} = 0{,}163 \qquad \cos\gamma = 0{,}987$$

$$X_1 = \frac{0{,}25}{2 \cdot tg\,\gamma} = \frac{0{,}25}{2 \times 0{,}163} = 0{,}765\,м$$

а) Усилие в поясе

Схема III; III район гололеда;

$S_п = 2{,}05$ т; $g_п = 1{,}25$ т; $g_г = 0{,}1$ т; $g_л = 0{,}165$ т, $G_{тр} \cong 0{,}5$

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

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

$$1{,}94 + 5{,}6 = 7{,}54 \text{ т}$$

Схема II; IV район гололеда;

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

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

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

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район гололеда

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

$\Sigma G = 2{,}55$ т; $S_{T2} = \dfrac{2{,}55 \times 5{,}05}{1{,}5 \times 0{,}987 \times 0{,}958} = 9{,}1$ т;

в) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; III район гололеда

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

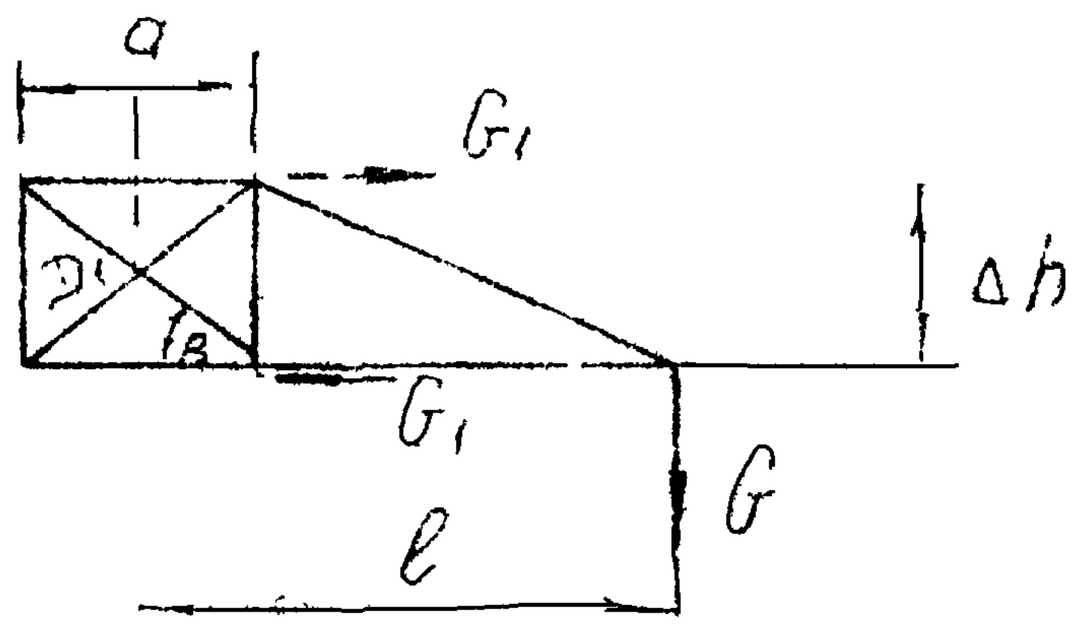
$$D_4^T = \frac{1{,}59}{4{,}05} = 0{,}39 \text{ т}, \qquad D_7 = \frac{1{,}59}{0{,}65} = 2{,}44 \text{ т}$$

$$D_5^T = \frac{1{,}59}{2{,}75} = 0{,}58 \text{ т};$$

$$D_6^T = \frac{1{,}59}{1{,}45} = 1{,}1 \text{ т}$$

Расчет раскоса ствола опоры ПС 220-6 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

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

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

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

2) $\ell = 6{,}0$ м

$G_1 = \frac{G\,\ell_0}{2\Delta h}$; $\ell_0 = \ell - \frac{a}{2} = 6{,}0 - 0{,}95 = 5{,}05$ м;

$\Delta h = 1{,}5$ 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;

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

Расчет раскосов в секциях с II поясами верхние секции для опор ПС220-5 и ПС220-6

Схема III, III р-н гололеда;

$S_n = 2,08$

Раскос D_2

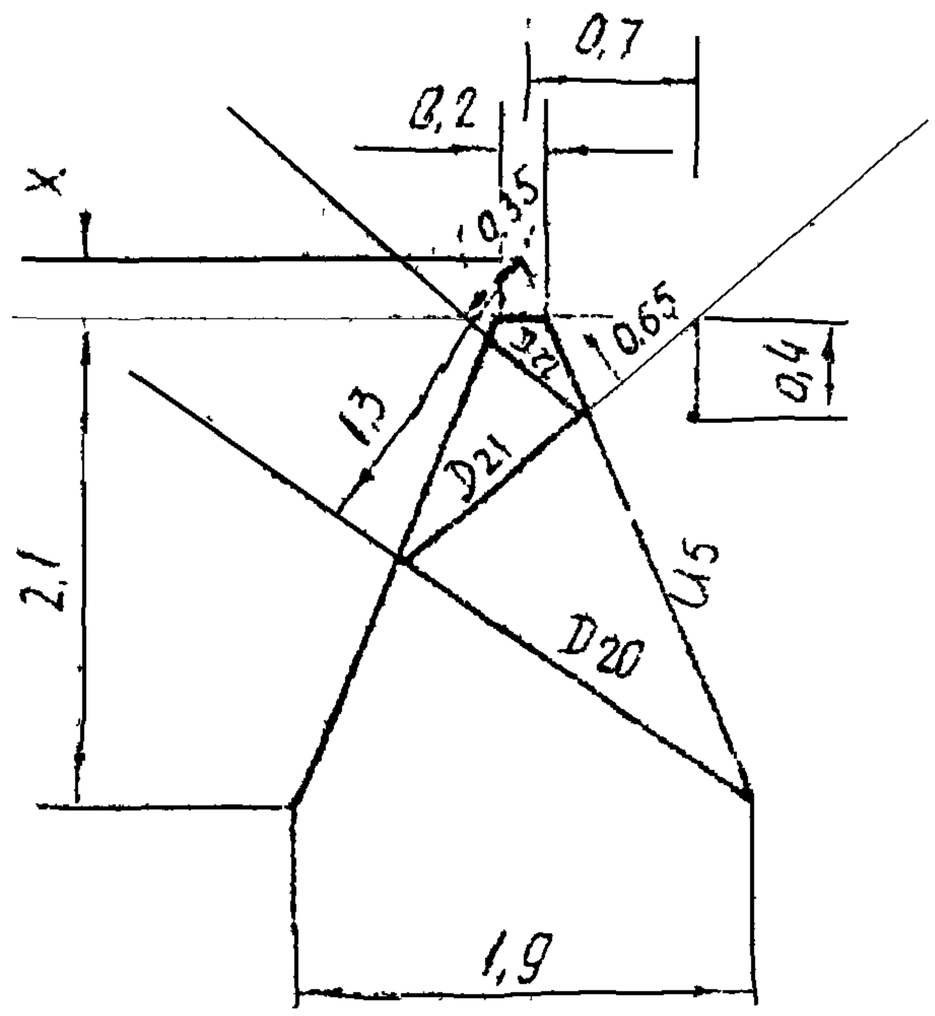
$M_{кр} = 2.08 \times 4.0 = 8.32$ тм.

$$D_2 = \frac{\frac{2,08}{2}}{2 \times 0,835} + \frac{8,32}{4 \times 1,9 \times 0,835} = 0,62 + 1.31 = 1,93 т;$$

Раскос D_3 $M_{кр} = 2.08 \times 6.0 = 12.48$ тм

$$D_3 = \frac{\frac{2.08}{2}}{2 \times 0.835} + \frac{12,48}{4 \times 1,9 \times 0.835} = 0,62 + 1.94 = 2,56 т;$$

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

$S_T = 1,5т$, $g_T = 0,51т$, $G_{тр} = 0,2т$;

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

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

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

$$= 1,06\,т$$

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,

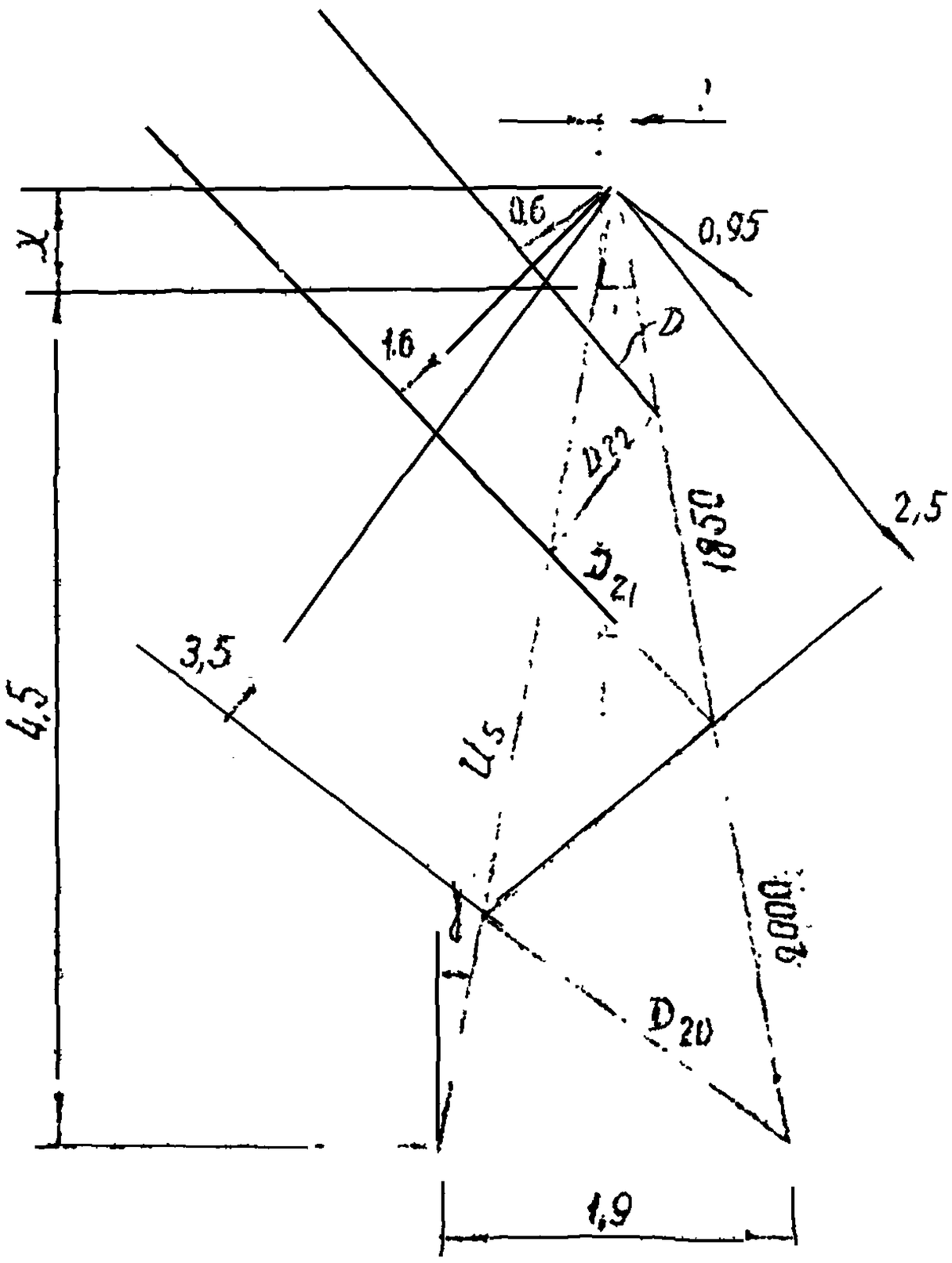
$$D = \frac{M_{из}}{2R} + \frac{M_{кр} X}{2 b_0 \times R}$$

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

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

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

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

$S_т = 1,5\ т$, $X = 0,53\ м$, $b_0 = 0,2\ м$

$M_{из.} = 1,5 \times 0,53 \quad 0,8\ тм$

$M_{кр} = 1,5 \times 0,5 = 0,75\ тм$

$$D = -\frac{M_{из}}{2R} + \frac{M_{кр} \times X}{2 b_0 \times R}$$

$$D_{20} = \frac{0,8}{2 \times 3,5} + \frac{0,75 \times 0,53}{2 \times 0,2 \times 3,5} = 0,11 + 0,28 = 0,39 т$$

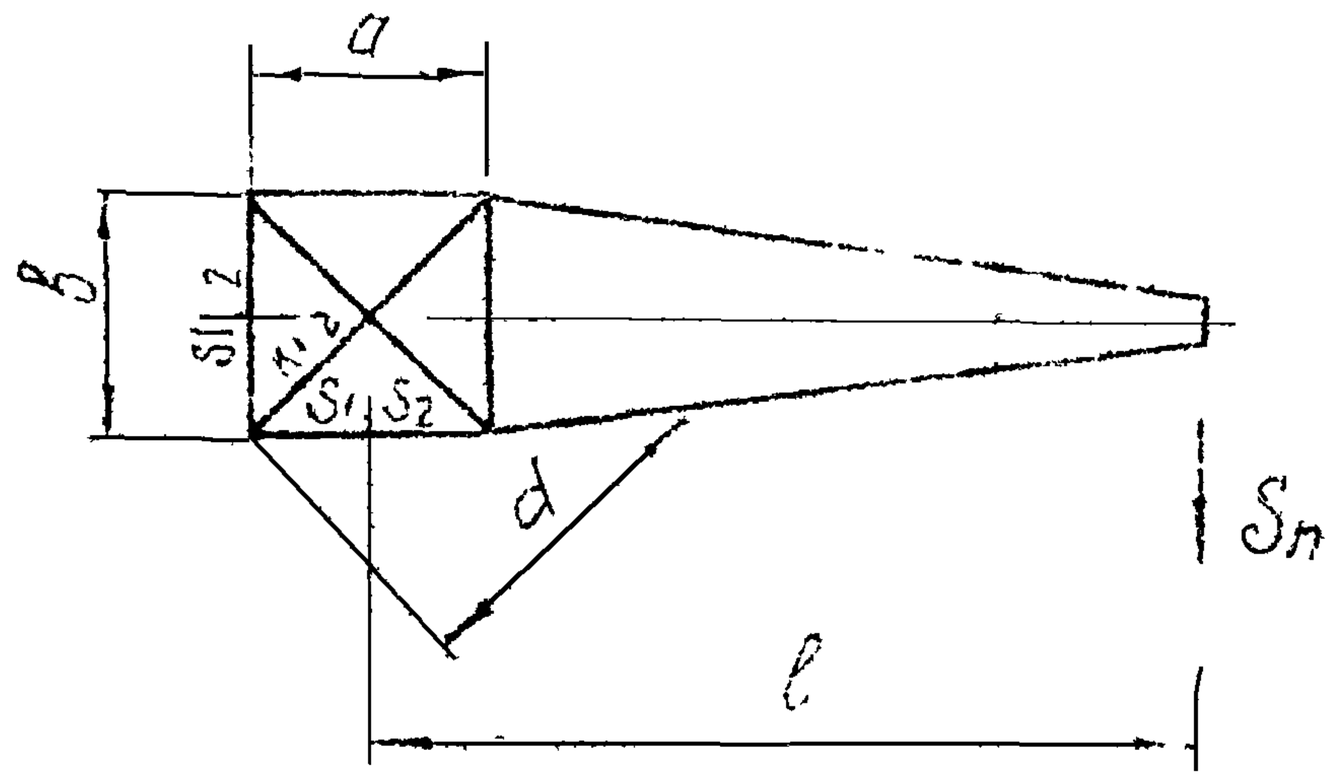
$$D_{21} = \frac{0,8}{2 \times 2,5} + \frac{0,75 \times 0,53}{2 \times 0,2 \times 2,5} = 0,16 + 0,4 = 0,56 т$$

$$D_{22} = \frac{0,8}{2 \times 1,6} + \frac{0,75 \times 0,53}{2 \times 0,2 \times 1,6} = 0,25 + 0,62 = 0,87 т,$$

$$D_{23} = \frac{0,8}{2 \times 0,95} + \frac{0,75 \times 0,53}{2 \times 0,2 \times 0,95} = 0,42 + 1,05 = 1,47 т;$$

$$D_{24} = \frac{0,8}{2 \times 0,6} + \frac{0,75 \times 0,53}{2 \times 0,2 \times 0,6} = 0,67 + 1,66 = 2,33 т;$$

Расчет распорок и диафрагм на отметках и траверс



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

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

$$K = \frac{S_n}{4} \times \frac{d}{aв} \times (\ell - a)$$

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

$S_n = 2{,}08$ т,

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

$a = в = 1{,}9$ м; $d = 2{,}68$ м

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

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

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

2 Средняя траверса $\ell = 6{,}0$ м;

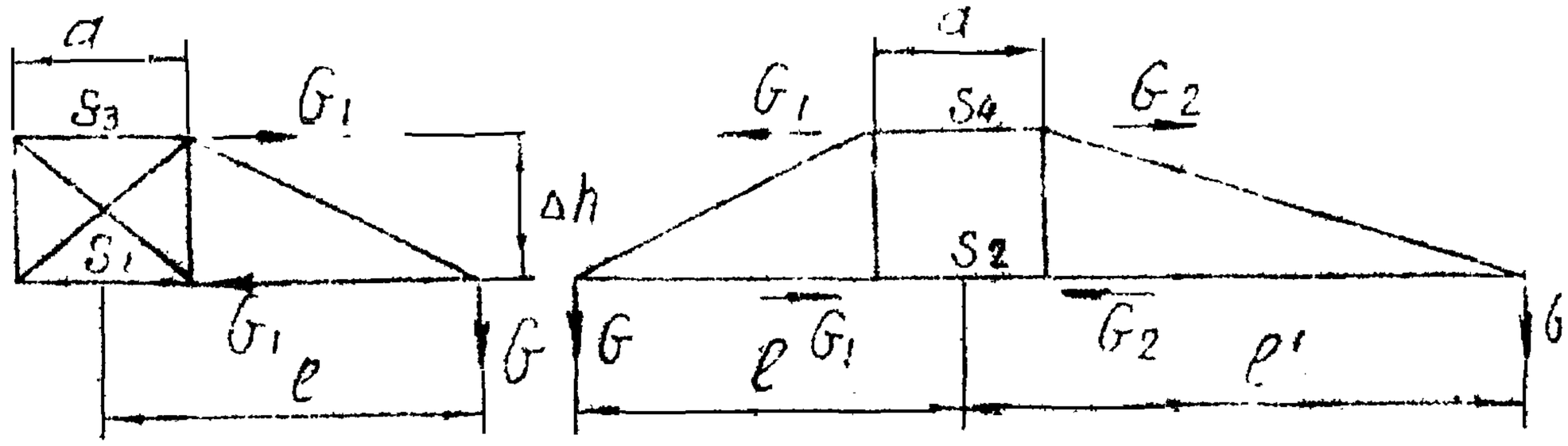
$a = в = 1{,}9$ м; $d = 2{,}68$ м;

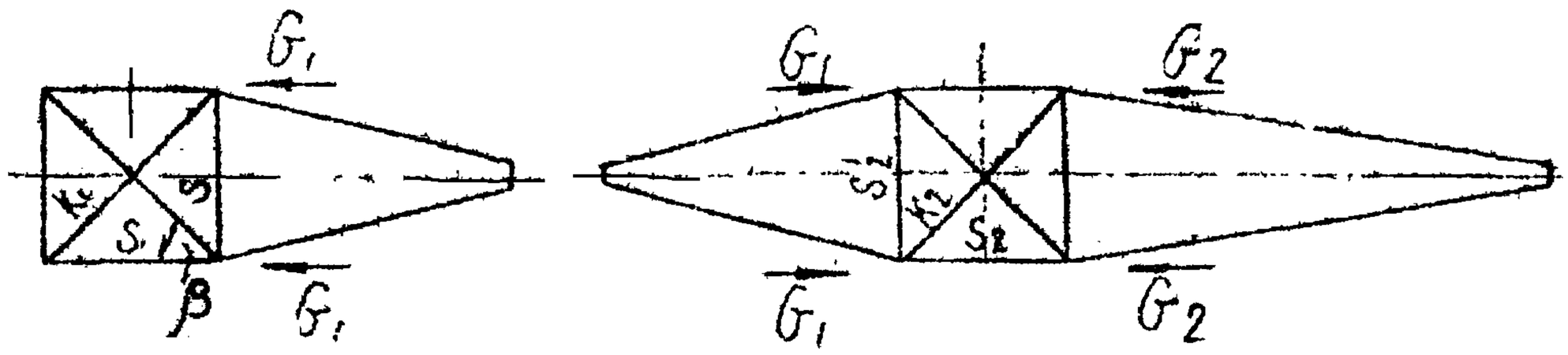
$$S_2 = \frac{2{,}08}{2 \times 1{,}9}\left(6{,}0 - \frac{1{,}9}{2}\right) = 2{,}76 т;$$

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

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

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





$$G_1 = \frac{G\,l_0}{2\Delta h}$$

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

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

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

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

$$G_2 = \frac{G\,l_0'}{2\Delta h};$$

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

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

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

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

1. Траверса $l = 4{,}0$ м

$G = 2{,}5 \div 25{,}0$ 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 . . .)

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

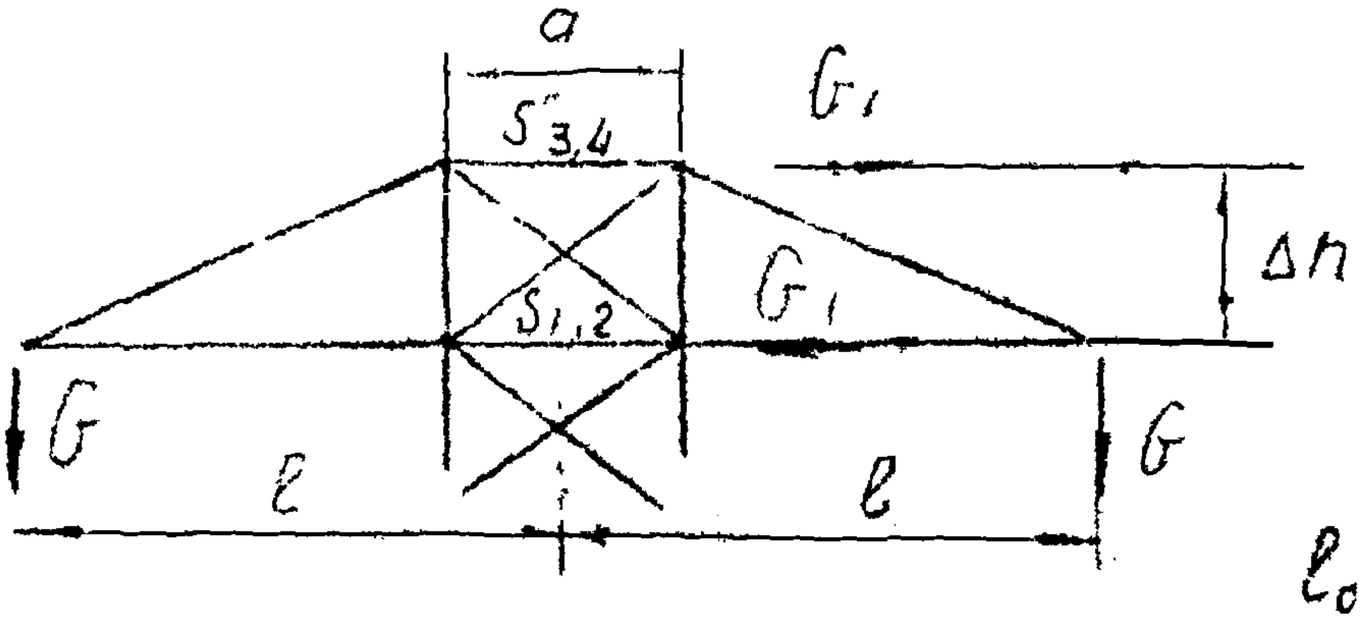
$$S_2 = 0{,}7 \left(5{,}1 + \frac{8{,}6 - 5{,}1}{2}\right) = 4{,}8 \text{ т};$$

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

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

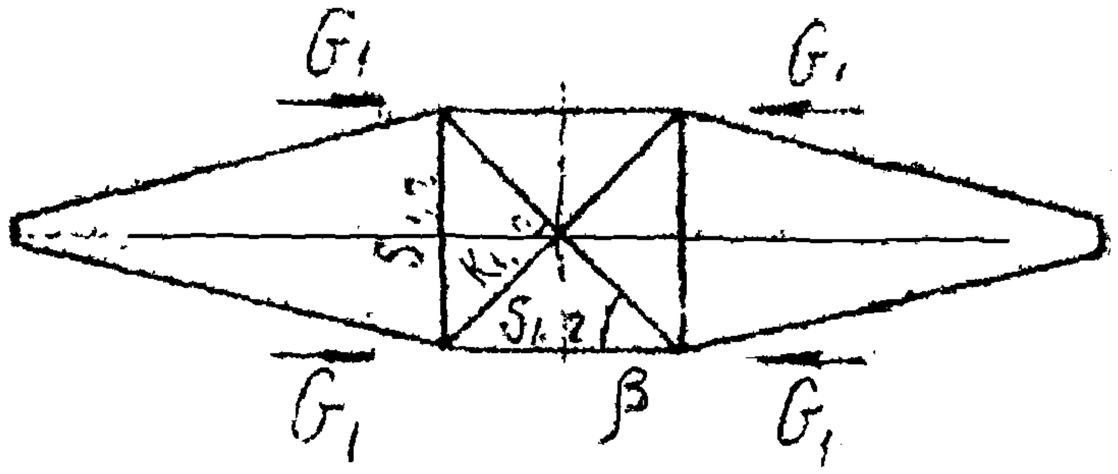
$$S_4 = 5{,}1 + \frac{8{,}6 - 5{,}1}{2} = 6{,}85 \text{ т};$$

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



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

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



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

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

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

$$S'' = G_1;$$

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

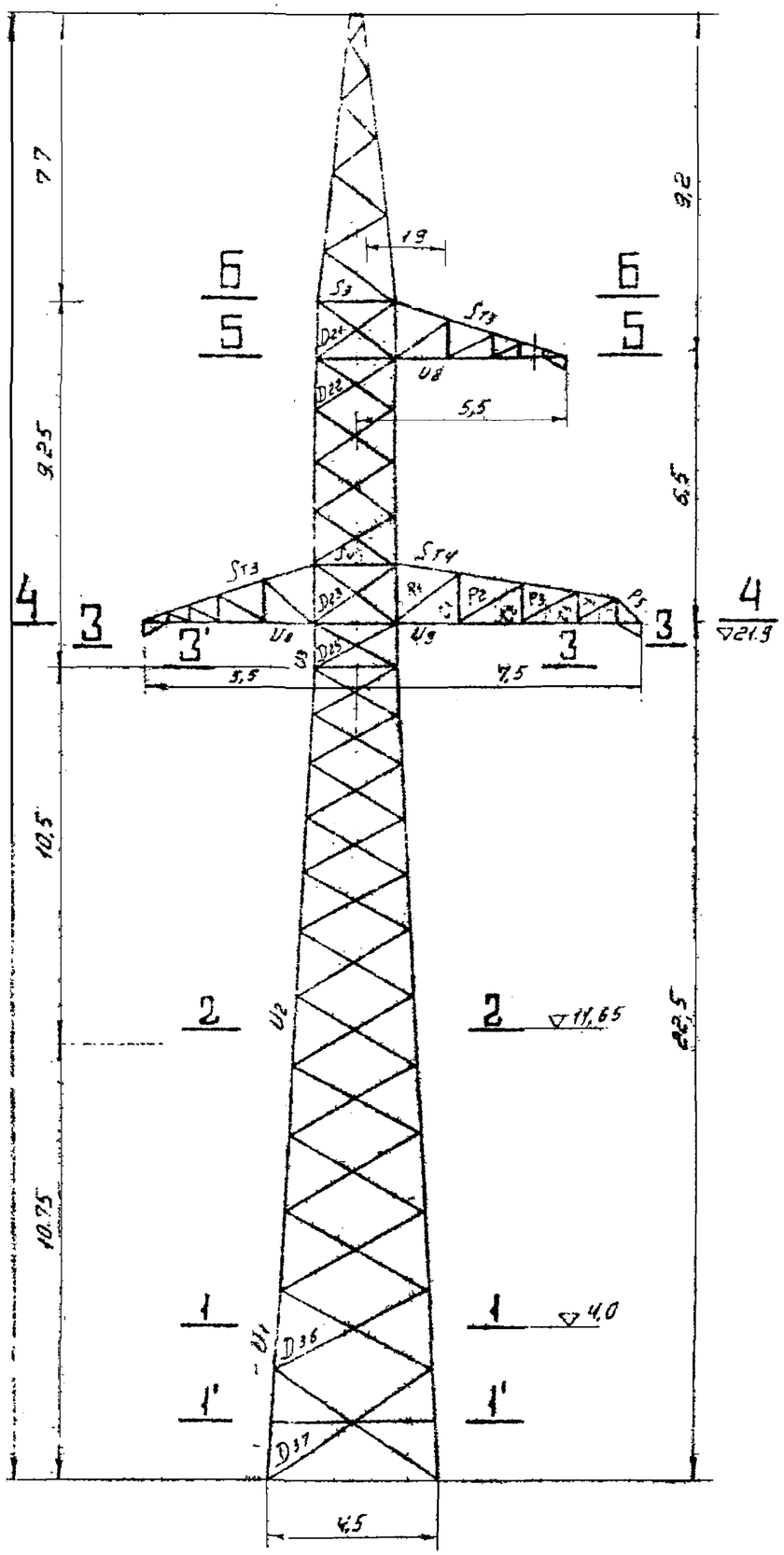
$G = 2{,}55 \times 2 = 5{,}1$ т (см. лист 26..)

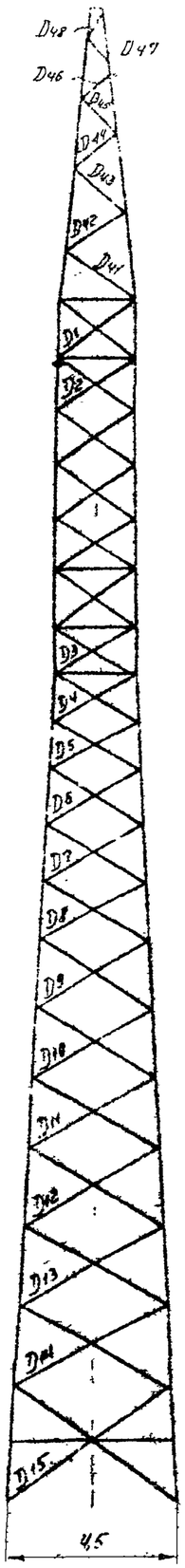
$$G_1 = \frac{5{,}1 \times 5{,}05}{2 \times 1{,}5} = 8{,}6\ т;$$

$S_2 = 0{,}7 \times 8{,}6 = 6{,}02$ т, $S'_2 = 0{,}3 \times 8{,}6 = 2{,}58$ т;

$K_2 = \frac{0{,}3 \times 8{,}6}{0{,}707} = 2{,}64$ т; $S''_4 = 8{,}6$ т

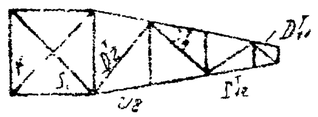
ПУС 220-1



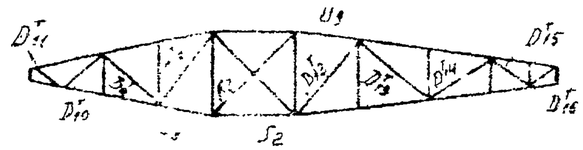


Сечение 6-6

Сечение 5-5

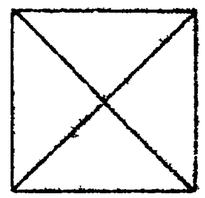


Сечение 4-4

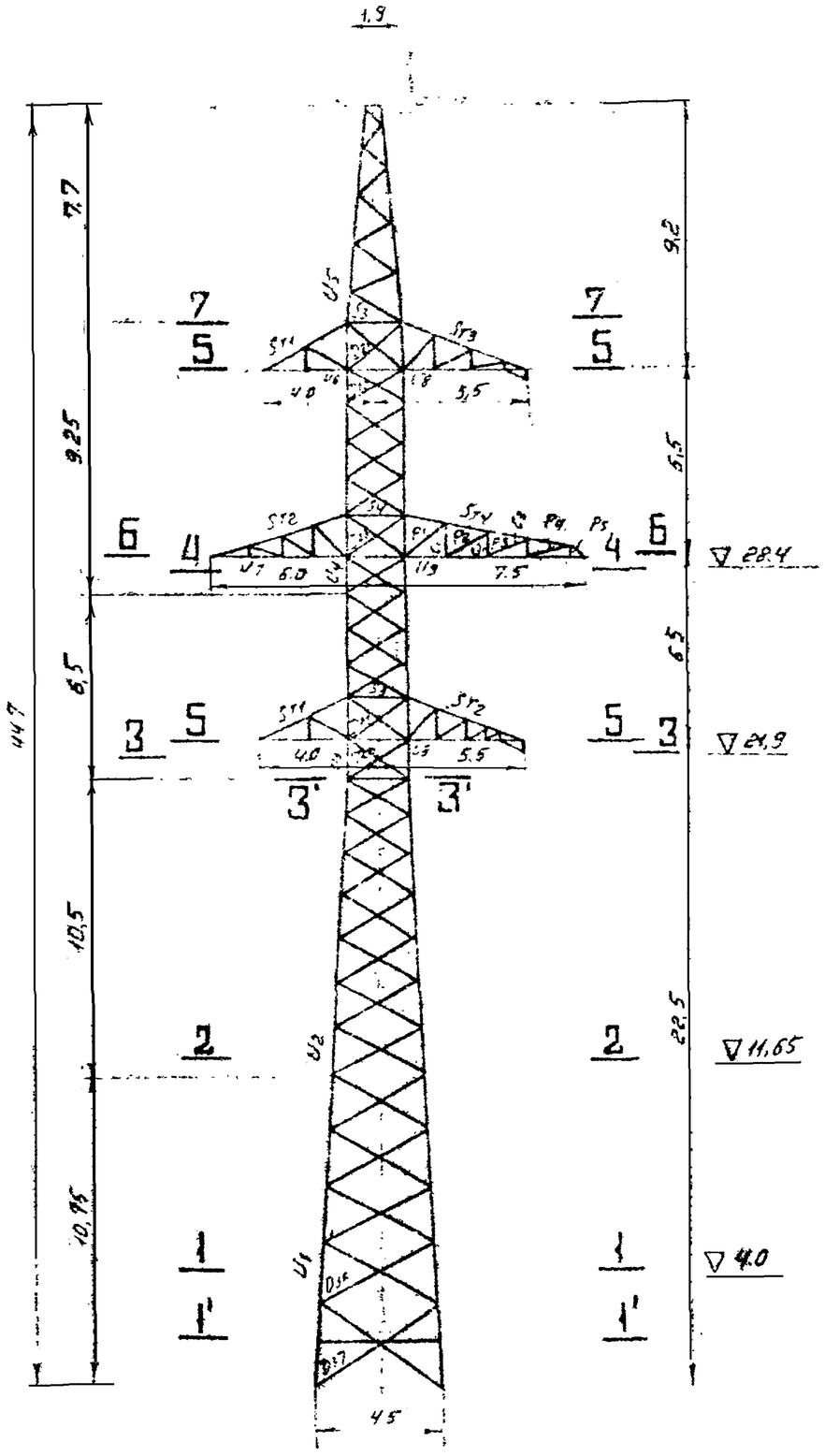


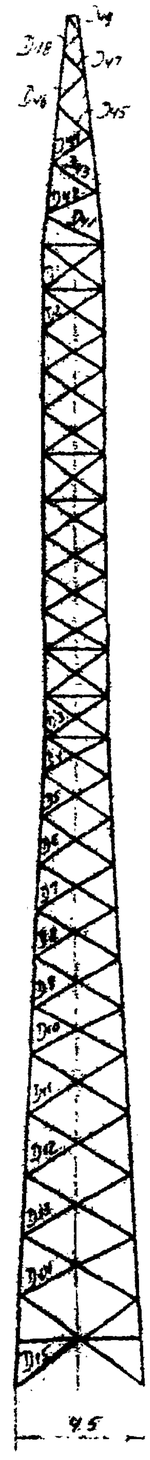
Сечение 3'-3'

Сечение 1'-1'

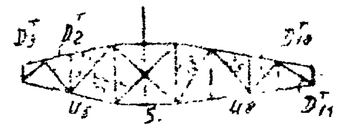


ПУС 220 - 2

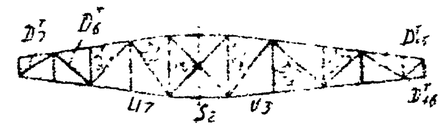




Сечение 5-5

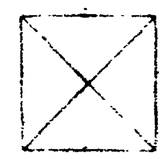


Сечение 6-6



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 климатических условий | Схемы нагрузок | Род нагрузок | | III район гололеда | | |

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

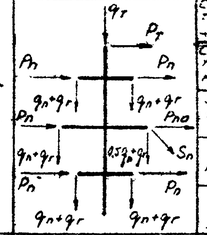
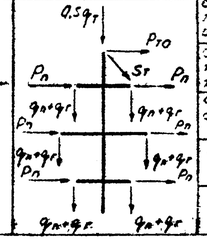
Продолжение таблицы № 9

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатических условий	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III район гололеда															IV район гололеда												
						АСО-300					АСО-400					С-70					АСО-200					АСО-400					С-70			
					$l_{вет}$	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	$t_н = -5°C$; $C=0$; $q=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса.	$P_п$ $P_т$	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.	$P_{по}$	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 1тр-се от тяжения провода при обрыве.	$S_п$	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	$q_п$ $q_т$	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		—		—	—	
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, троссы.	$P_п$	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.	$P_{то}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	80	1.04	25	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	100	1.04	25	105
				Составляющая 1тр-се от тяжения троса при обрыве.	$S_п$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1.04	1500	1485	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1.04	1500	1485
				Вес пролета провода, троса.	$q_п$ $q_т$	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		—		—	—	

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса – 31,7 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 120$ 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 $\sigma_{max} = 40$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Продолжение таблицы № 10

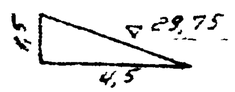
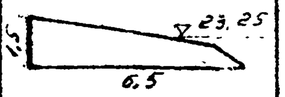
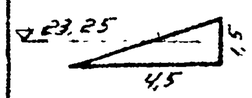
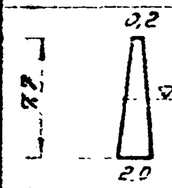
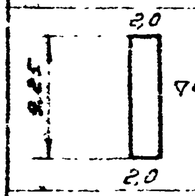
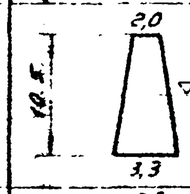
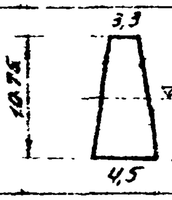
№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III район гололеда															IV район гололеда											
						АСО-300					АСО-400					С-70					АСО-300				АСО-400				С-70			
					$l_{вр\,гл}$	495 м					380 м					320 м					435 м				340 м				340 м			
					$l_{вес}$	710 м					570 м					570 м					620 м				570 м				570 м			
					$l_{гол}$	355 м					380 м					—					310 м				340 м				—			
						Нормативные		n	Расчетные		Нормативные		n	Расчетные		Нормативные		n	Расчетные		Нормативные		n	Расчетные	Нормативные		n	Расчетные	Нормативные		n	Расчетные	
						2°	10°		2°	10°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$; $c=0$; $q^н=0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса	$P_п$ / $P_т$	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-се от тяжения провода при обрыве	$S_п$	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	$q_п$ / $q_т$	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	$P_п$	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	$q_п$ / $q_т$	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^а

Таблица N 10^а

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент перехода от скоростного напора к ветровому	Ветровая площадь секции φ_0 (м²)	Ветровая площадь элементов ΣF_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\Sigma F_i}{S}$	Коэффициент лобового сопротивления элементов $\Sigma F = C \Sigma F_i$ (м²)	η (при $\frac{b}{h}$)	Коэффициент лобового сопротивления $C = C_{пр}(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффиц. динам. (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠ 45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	$P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффиц. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэффиц. перегр. $n = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠ 45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	$P_\parallel = 0{,}8P$ ∥ траверсе
Верхняя траверса		1,55	124	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	130 [2] (300)	200	130 [3]	210	320	210
Нижняя траверса		1,43	114	1,61	5,2	0,31	0,43	0,65	0,71	190 [2] (420)	270 [3]	190	310	440	310
Нижняя траверса		1,43	114	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	120 (270)	180 [3]	120	190	290	190
Пирамидальная		1,67	134	1,65	8,45	0,19	0,27	0,87	0,51	580	460	460	940	750	750
Верхняя секция		1,48	1:8	4,1	18,5	0,22	0,31	0,81	0,56	1220	970	970	1980	1570	1570
Верхняя секция		1,07	86	5,3	28,0	0,19	0,27	0,87	0,51	1230	980	980	1990	1590	1590
Нижняя секция		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	6400

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. 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 $P_\parallel = 0{,}45 P_{тр}$

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

Таблица № 11

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь лицевой грани ΣF_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\Sigma F_i}{S}$	Аэродинамич. коэффиц. плоск. ферм $C_{пр} = C_{пр} = 1{,}44$	η (при $\frac{b}{h}=1$)	Аэродинамич. коэффициент фермы $C_{пр} = C_{пр}\eta$ (1+2)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффиц. динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффиц. динамики $\beta = 1.35$ и коэффиц. перегр. $n = 1.2$ (кг)		
										При ветре ⊥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠ 45° $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45° $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ∥ траверсе	При ветре ⊥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠ 45° $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠ 45° $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ∥ траверсе
Верхний траверс	▽36,3 4,5 / 3,0	1,72	138	0,55	2,25	0,24	17,34	0,78	0,61	85 (130) [2]	125 [3]	85 [3]	140	200	140
	1,5 / 4,5 ▽36,3	1,72	138	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	150 (330) [2]	215 [3]	150 [3]	240	350	240
Средний траверс	▽29,8 4,5 / 5,0	1,57	126	1,05	3,75	0,28	0,39	0,70	0,66	140 (310) [2]	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 (465) [2]	300 [3]	210 [3]	340	485	340
Нижний траверс	▽23,3 1,5 / 3,0	1,43	115	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	70 (160) [2]	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 (275) [2]	180 [3]	125 [3]	200	290	200
Пирамидальная	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 секция	2,0; 9,25; 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
Верхняя секция	2,0; 6,5; 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 секция	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 секция	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 расчитана 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

Сечение, отметки и базы	Схема I, II район гололеда, t = -8°			Схема I^а, III район гололеда				Схема II, I^а район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры M_{wII} (тм)	Вертикальные нагрузки
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_{wII}	G (т)	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверса M_{wII}	I траверса M_{wI}	G (т)		
3-3 ▽21,9 B=4,9м	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 $M_{H.y.}$ = 1,35×7,5 = 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 21,91	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 $M_{H.y.}$ = 1,35×7,5 = 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_{wII} = 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_{wI} = 19,11	0,51×1 = 0,51 1,35×4 = 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_{wII} = 21,95 / 4,8 = 4,55 $M_{H.y.}$ = 4,08×7,5 = 30,6 76,19	2,36×1 = 2,36 4,08×3 = 12,24 0,215×16,3 = 3,50 18,1
	$\frac{38.67+21.91}{2\times1.9} + \frac{8.06}{4} = 15,9 + 2,0 = 17,9$ т			$U_3 = \frac{31.62+17.93+19.11}{2\times1.9} + \frac{8.06}{4} = 18,1 + 2,0 = 20,1$ т				$U_3 = \frac{76.19}{2\times1.9} + \frac{18.1}{4} = 20,0 + 4,5 = 24,5$ т	
2-2 ▽11,65 B = 3,05м cosγ = 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_{wII} = 67,56 / 4,8 = 14,1 163,89	18,1 0,215×10,25 = 2,21 20,31
	$U_2 = \frac{96.87+67.56}{2\times3.05\times0.998} + \frac{10.27}{4\times0.998} = 27,0 + 2,55 = 29,55$ т			$U_2 = \frac{75.52+55.78+60.46}{2\times3.05\times0.988} + \frac{10.27}{4\times0.988} = 31,25 + 2,55 = 33,80$ т				$U_2 = \frac{163.89}{2\times3.05\times0.998} + \frac{20.31}{4\times0.998} = 26,8 + 5,1 = 31,9$	
1-1 ▽4,9м B = 4,0м cosγ = 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_{wII} = 113,42 / 4,8 = 23,6 242,49	20,31 0,215×7,65 = 1,65 21,96
	$U_1 = \frac{140.07+113.48}{2\times4.0\times0.998} + \frac{11.92}{4\times0.998} = 31,8 + 2,96 = 34,76$ т			$U_1 = \frac{108.12+93.48+100.76}{2\times4.0\times0.998} + \frac{11.92}{4\times0.998} = 38,0 + 2,96 = 40,96$ т				$U_1 = \frac{242.49}{2\times4\times0.998} + \frac{21.96}{4\times0.998} = 30,4 + 5,5 = 35,9$	

Примечание:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

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; $\alpha = 8°$			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 в = 1,9 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 = 3,50 8,05	0,655×16,3 = 10,7 1,21×2×7,1 = 17,2 1,21×2×0,60 = 1,5 5,50 M_{II} = 29,4	0,81×12,5 = 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
	$U_4 = \frac{38,8 + 25,1}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 16,8 + 2,01 = 18,8т$			$U_4 = \frac{29,4 + 20,9 + 22,58}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 19,2 + 2,01 = 21,21т$				$U_4 = \frac{52,84 + 5,2}{2 \times 1,9} + \frac{22,21}{4} = 15,2 + 5,55 = 20,75т$	
3-3 ▽ 21,9 в = 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 5,50×6,5 = 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
	$U_3 = \frac{87,6 + 56,62}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 38,0 + 2,88 = 40,88т$			$U_3 = \frac{66,6 + 45,47 + 50,06}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 43,1 + 2,88 = 45,98$				$U_3 = \frac{113,78 + 11,8}{2 \times 1,9} + \frac{31,74}{4} = 33,0 + 7,92 = 40,92т$	
2-2 ▽ 11,65 м в = 3,05 м cosγ = 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
	$U_2 = \frac{193,6 + 128,47}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 52,9 + 3,45 = 56,35т$			$U_2 = \frac{148,0 + 107,62 + 117,81}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 61,2 + 3,45 = 64,65т$				$U_2 = \frac{244,78 + 26,8}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{33,95}{4 \times 0,998} = 44,7 + 8,52 = 53,22т$	
1-1 ▽ 4,0 м в = 4,0 м cosγ = 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
	$U_1 = \frac{272,8 + 195,57}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,35}{4 \times 0,998} = 58,6 + 3,85 = 62,45т$			$U_1 = \frac{208,7 + 163,17 + 177,46}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,38}{4 \times 0,998} = 67,15 + 3,85 = 71,0т$				$U_1 = \frac{342,48 + 40,6}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{35,59}{4 \times 0,998} = 47,7 + 8,92 = 56,62т$	

Примечание:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПУС 220-1

Таблица 13

Обозначение элементов	Схема	базы „в" (м)	cos β	Нагрузки в (т) и (тм): Перерезывающая сила Q	Изгибающий момент Миз	Крутящ. момент Мкр	2 cos β	Миз / в	4в cos β	Усилия в раскосах (т): $A' = \frac{Q \cdot \frac{Миз}{в} \cdot tg\gamma}{2\cos\beta}$	$A'' = \frac{Мкр}{4\cos\beta}$	$A = A' + A''$
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	216,60	—	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

$tg\,\gamma = 0,061$

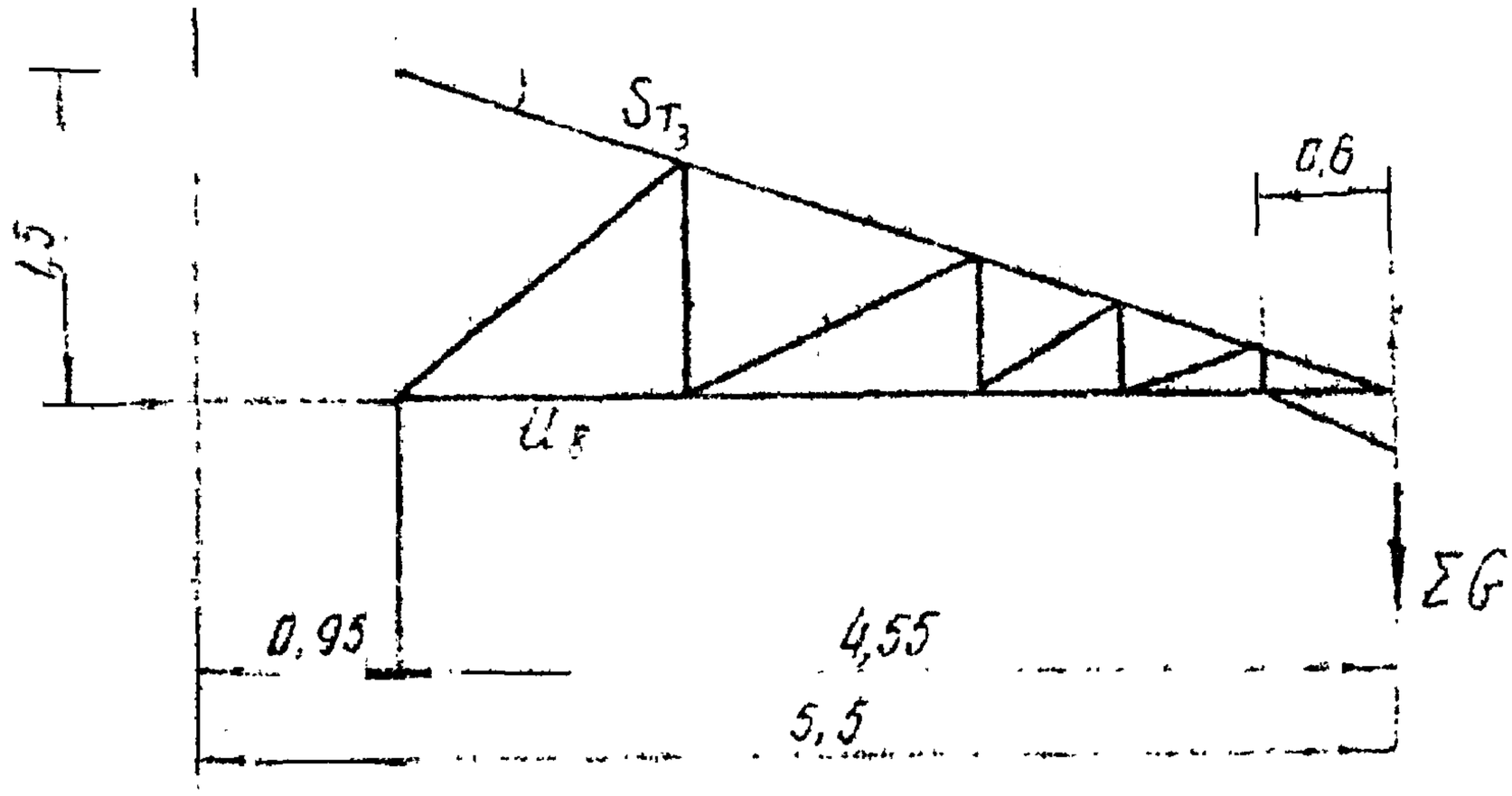
Расчет усилий в раскосах ствола опоры ПУС 220-2

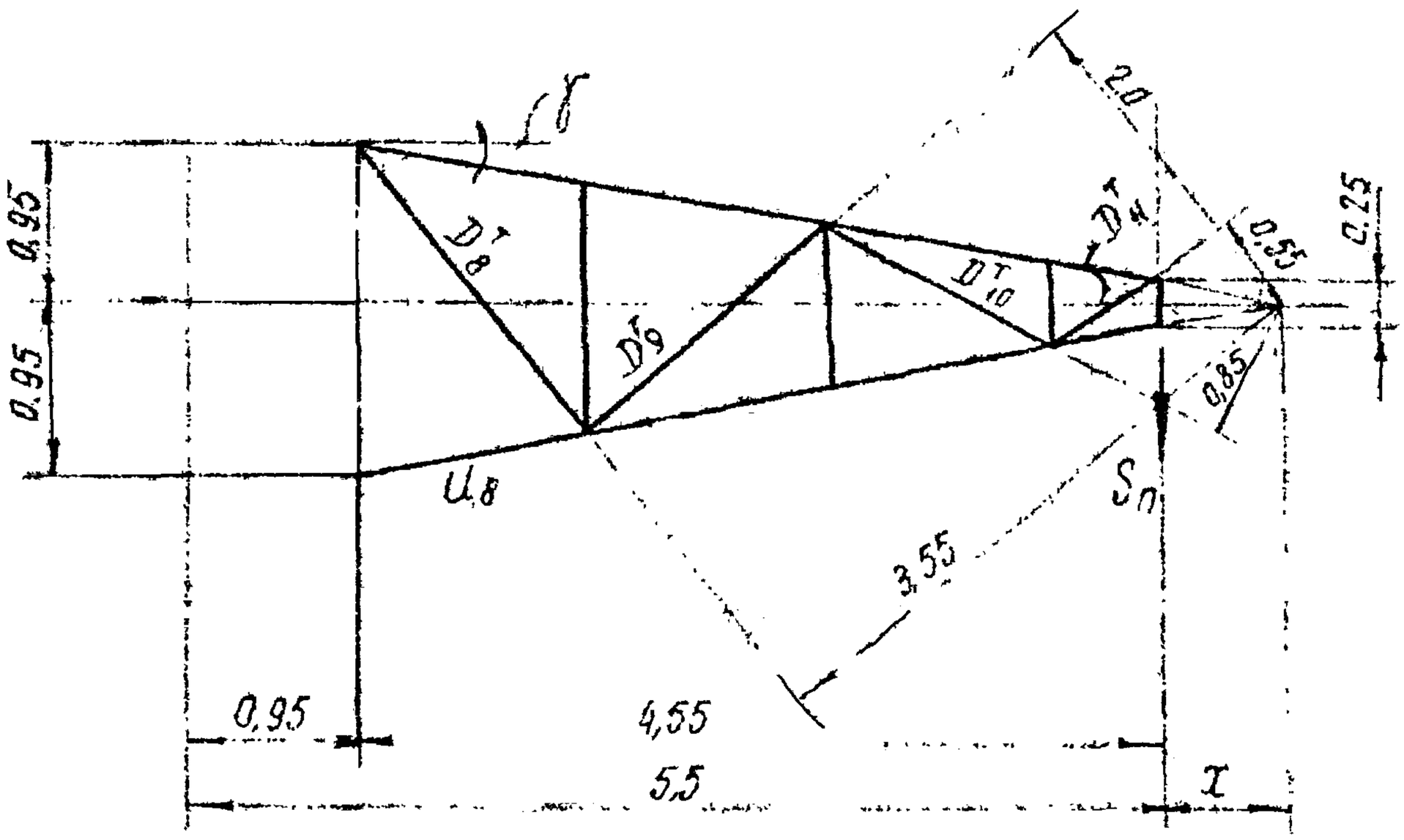
Таблица № 14

Обознач. элемента	Схема	База „в" (м)	cos β	Нагрузки в (т) и (тм)			2cos β	Mиз / в tg γ	4в cos β	Усилия в раскосах (т)		
				Перерез. сила Q	Изгиб. момент Mиз	Крутящ. момент Mкр				$Д' = \frac{Q}{2} \cdot \frac{M_{из}}{в \cdot tg\gamma} / 2\cos\beta$	$Д'' = \frac{M_{кр}}{4в\cos\beta}$	$Д = Д' + Д''$
Д1	IV	1.9	0,798	1,5	—	0.75	1,576	—	6,0	0,48	0,13	0,61
Д2	III	1,9	0,839	2,08	—	11,4	1,678	—	6,37	0,62	1,79	2,41
Д3	III	1,9	0,839	2,08	—	15,6	1,678	—	6,37	0,62	2,45	3,07
Д4	III	2,0	0,848	2,08	17,3	15,6	1,696	0,528	6,78	0,30	2,30	2,60
Д5	III	2,2	0,839	2,08	20,0	15,6	1,678	0,555	7,37	0,29	2,12	2,41
Д6	III	2,4	0,829	2,08	22,9	15,6	1,658	0,582	7,95	0,28	1,96	2,24
Д7	III	2,55	0,848	2,08	26,0	15,6	1,696	0,622	8,65	0,25	1,80	2,05
Д8	III	2,75	0,857	2,08	29,1	15,6	1,714	0,645	9,42	0,23	1,66	1,89
Д9	III	2,95	0,848	2,08	32,5	15,6	1,696	0,673	10,0	0,22	1,56	1,78
Д10	III	3,15	0,866	2,08	36,0	15,6	1,732	0,698	10,9	0,20	1,43	1,63
Д11	III	3,35	0,857	2,08	39,5	15,6	1,714	0,72	11,5	0,19	1,36	1,55
Д12	III	3,6	0,857	2,08	43,7	15,6	1,714	0,742	12,3	0,18	1,27	1,45
Д13	III	3,8	0,875	2,08	47,7	15,6	1,750	0,763	13,3	0,16	1,17	1,33
Д14	III	4,1	0,891	2,08	51,7	15,6	1,782	0,768	14,6	0,15	1,07	1,22
Д15	III	4,35	0,819	2,08	57,0	15,6	1,638	0,80	14,2	0,15	1,10	1,25
Д22	I	1,9	0,839	5,39	17,12	—	1,678	—	—	1,61	—	1,61
Д24	I	1,9	0,839	11,2	63,2	—	1,678	—	—	3,33	—	3,33
Д25	I	1,9	0,839	16,25	142,6	—	1,678	—	—	4,82	—	4,82
Д26	I	2,0	0,848	16,25	163,8	—	1,696	5,0	—	1,84	—	1,84
Д27	I	2,2	0,839	16,25	185,0	—	1,678	5,13	—	1,79	—	1,79
Д28	I	2,4	0,829	16,25	207,8	—	1,658	5,28	—	1,70	—	1,70
Д29	I	2,55	0,848	16,25	232,2	—	1,696	5,55	—	1,52	—	1,52
Д30	I	2,75	0,857	18,05	258,5	—	1,714	5,72	—	1,88	—	1,88
Д31	I	2,95	0,848	18,05	286,5	—	1,696	5,94	—	1,77	—	1,77
Д32	I	3,15	0,866	18,05	316,7	—	1,732	6,15	—	1,63	—	1,63
Д33	I	3,35	0,857	18,05	348,0	—	1,714	6,35	—	1,55	—	1,55
Д34	I	3,6	0,857	18,05	409,6	—	1,714	6,93	—	1,22	—	1,22
Д35	I	3,8	0,875	18,05	446,0	—	1,750	7,15	—	1,07	—	1,07
Д36	I	4,1	0,891	20,35	484,8	—	1,782	7,19	—	1,68	—	1,68
Д37	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

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

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

$$U_8 = \frac{0,51 \times 4,55}{1,5 \times 0,984} + \frac{2,08 \times 4,55}{1,9 \times 0,984} = 1,58 + 5,08 = 6,64 т$$

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

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

$$U_8 = \frac{2,11 \times 4,55}{1,5 \times 0,984} + \frac{1,89}{2 \times 0,984} = 6,5 + 0,96 = 7,46 т$$

б) Усилие в тяге. Схема II; IV р г

$q_п = 5,98$ т; $q_г = 0,1$ т, $G_{тр} = 0,28$ т; $\Sigma G = 2,49$ т,

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

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

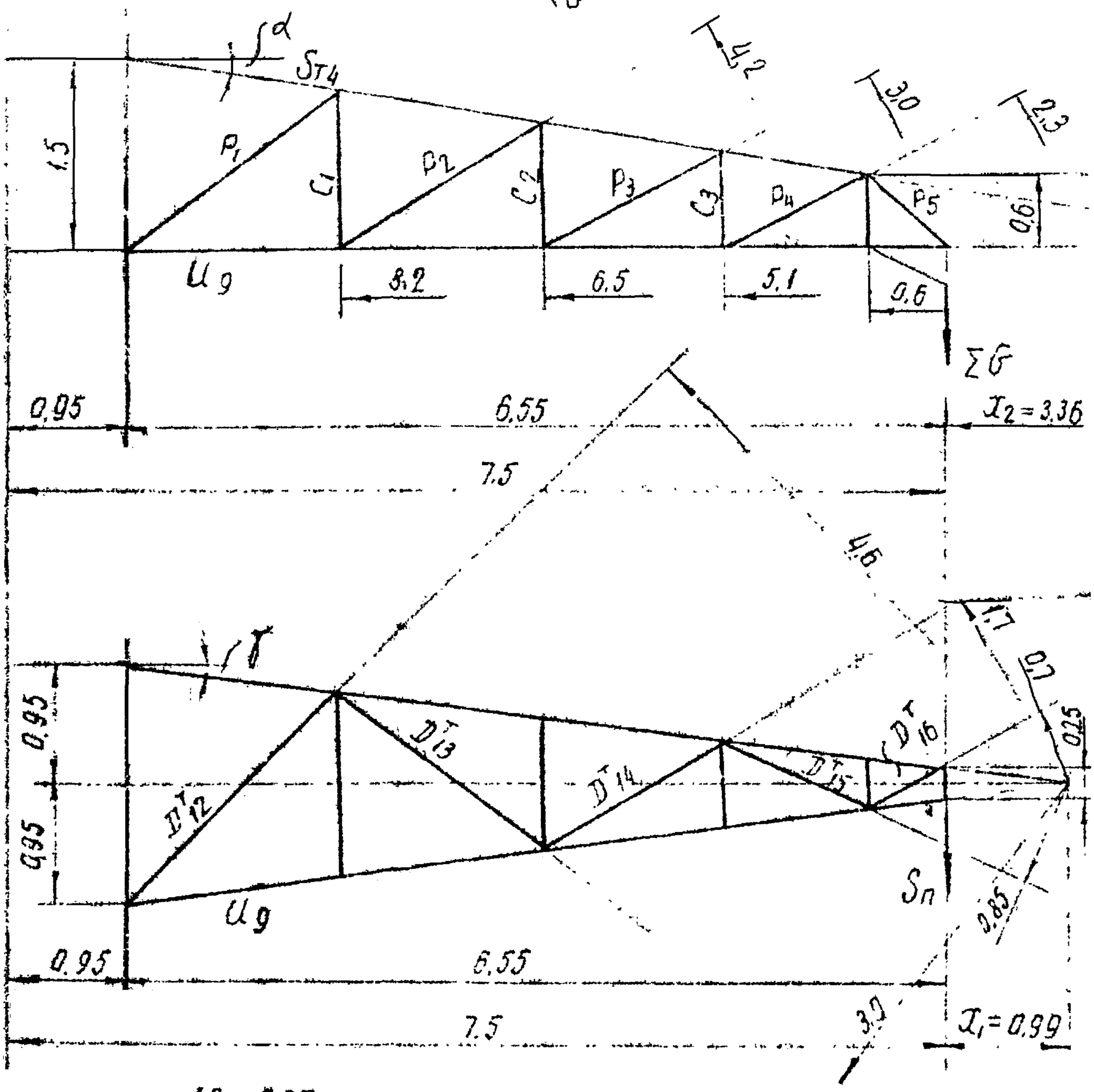
$$D_8^т = \frac{1,43}{3,55} = 0,4 т$$

$$D_9^т = \frac{1,43}{2,0} = 0,72 т$$

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

$$D_{11}^т = \frac{1,43}{0,55} = 2,6 т$$

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

$S_п = 2{,}08т$ $q_п = 1.25т$ $q_г = 0{,}1т$ $G_{тр} = 0{,}25 \times 1{,}1 \cong 0{,}28$

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

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

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

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

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

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

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

б) Усилие в тяге Схема II; IV р.г.

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

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

в) Усилия в элементах боковой грани

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

$M = 2{,}11 \times 3{,}36 = 7{,}1тм$

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

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

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

г) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; $\alpha = 0°$; $S_п = 2{,}08т$ $x_1 = 0{,}99м$

$M = 2{,}08 \times 0{,}99 = 2{,}06тм$

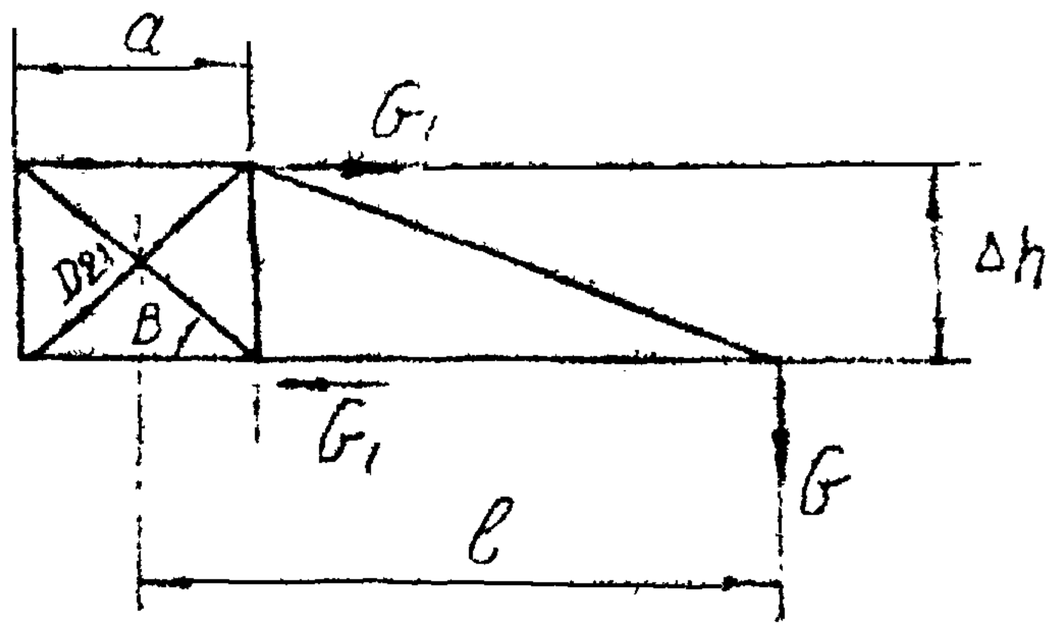
$D^т_{12} = \frac{2{,}06}{4{,}6} = 0{,}45т$; $D^т_{13} = \frac{2{,}06}{3{,}0} = 0{,}69т$

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

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

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

Схема II ; IV район гололеда



1) Траверса $l = 5,5$ м

$$G_1 = \frac{G\, l_0}{2\,\Delta h}, \qquad l_0 = l - \frac{a}{2} = 5,5 - 0,95 = 4,55 \text{ м}$$

$\Delta h = 1,5$ 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 $l = 7,5$ м

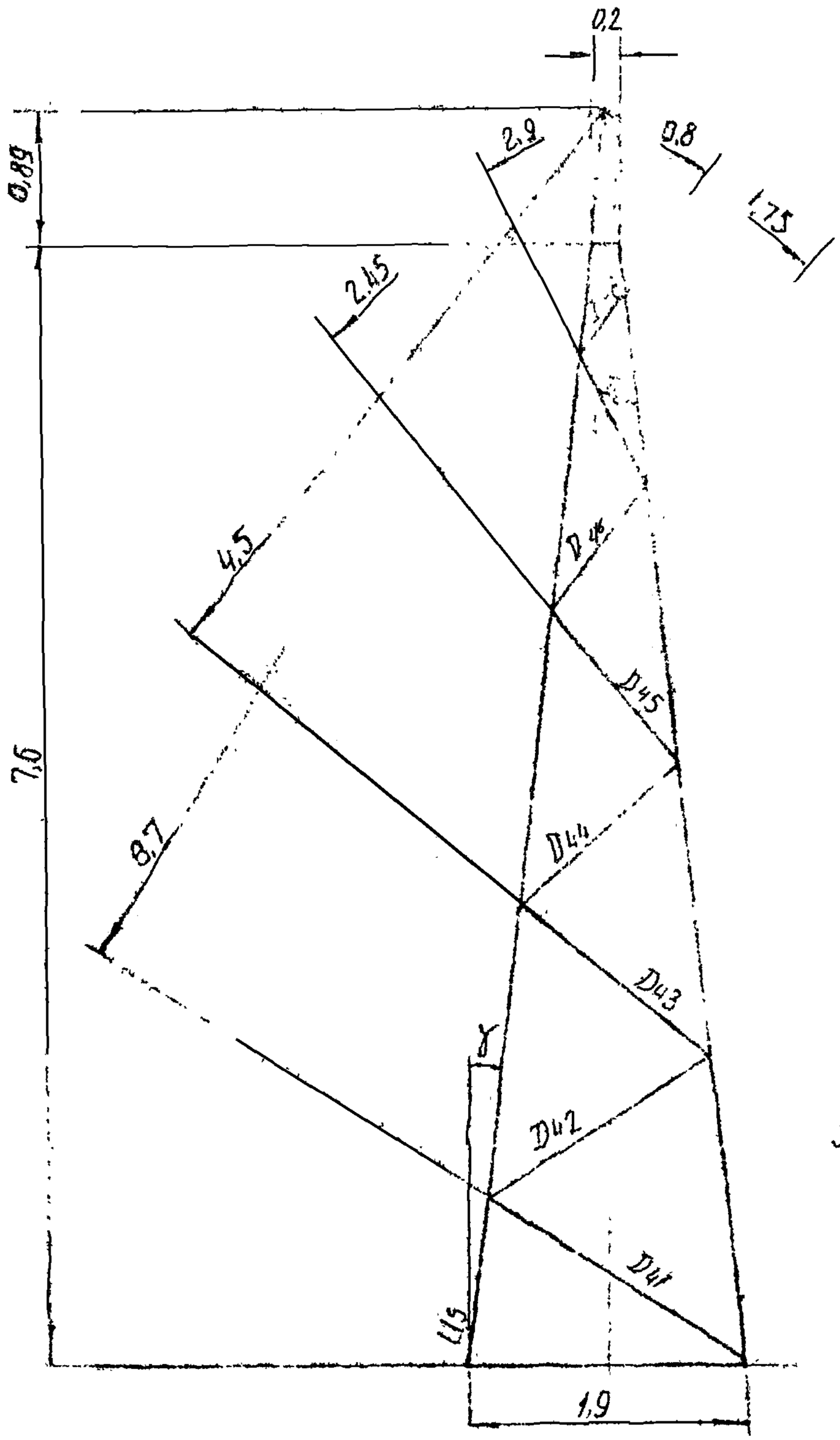
$$l_0 = 7,5 - 0,95 = 6,55 \text{ м}$$

$\Delta h = 1,5$ 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 трассостойки 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

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

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

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

б) Усилия в раскосах

Схема IV; III район гололеда

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

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

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

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

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

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

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

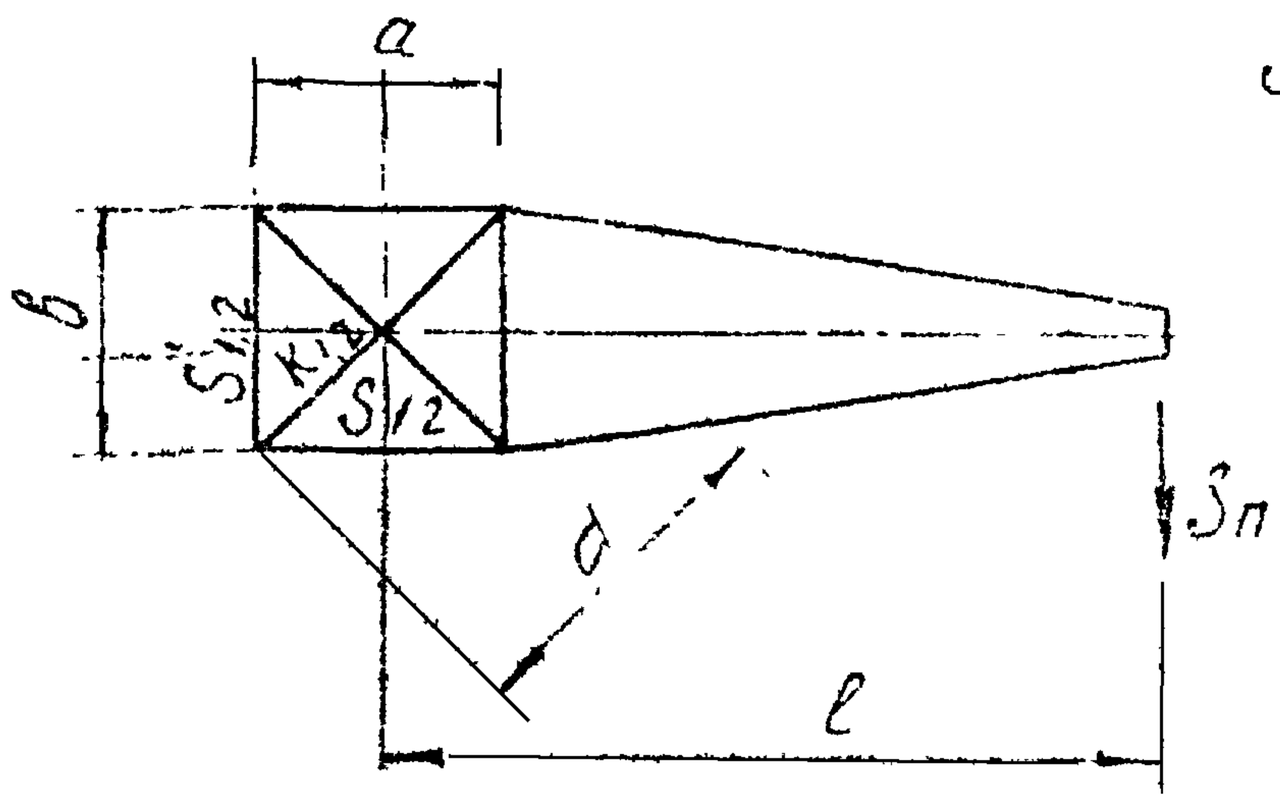
$$D_{45} = \frac{1,34}{2 \times 2,45} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 2,45} = 0,28 + 0,68 = 0,96т$$

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

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

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

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



$$S = \frac{S_п}{2b}\left(\ell - \frac{a}{2}\right)$$

$$S' = \frac{S_п}{2}$$

$$K = \frac{S_п}{4} \times \frac{d}{ab}(\ell - a)$$

Схема III; III район гололеда,

$S_п = 2{,}08$ т

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

$a = b = 1{,}9$ 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 $\ell = 7{,}5$ м

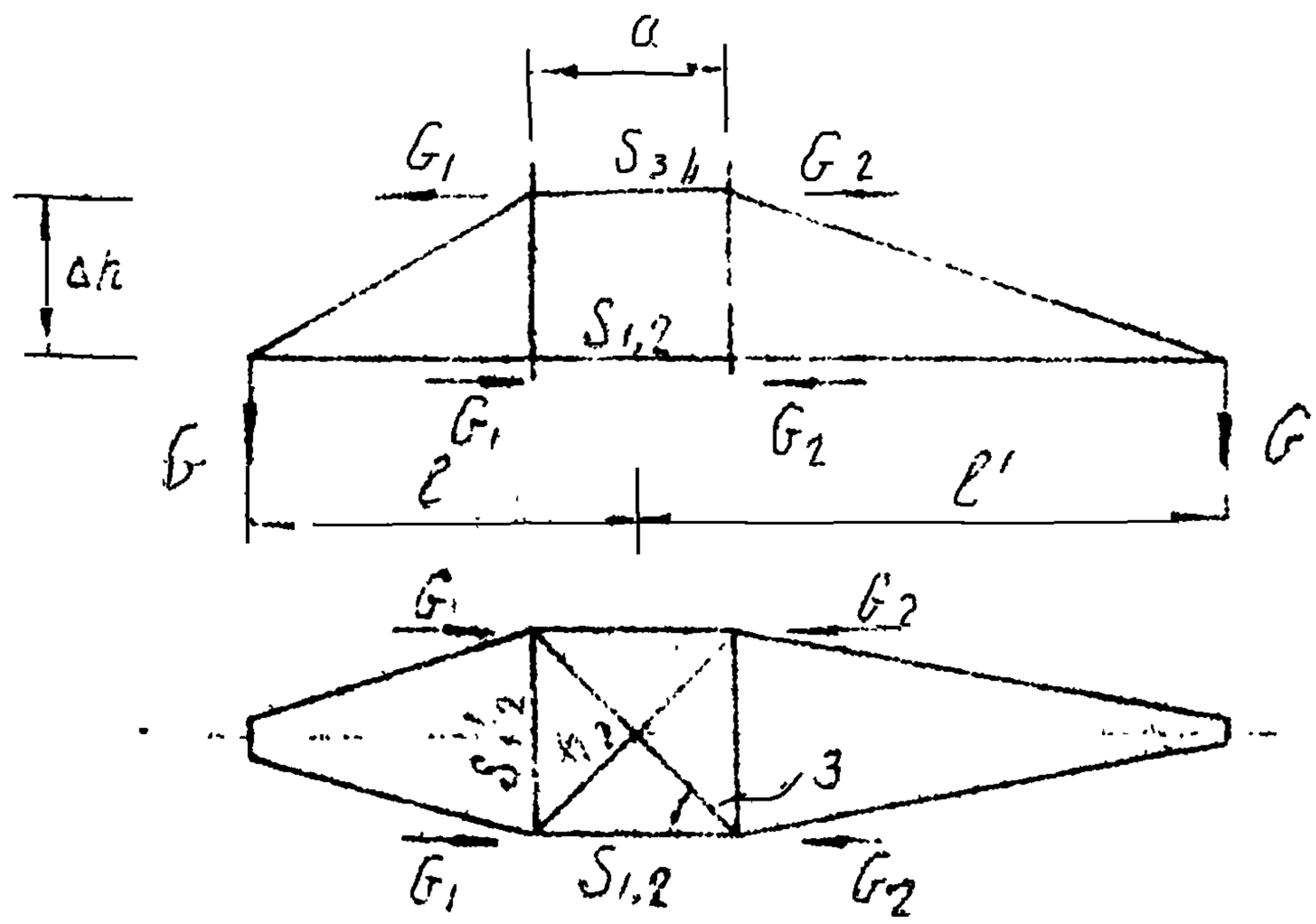
$a = b = 1{,}9$ м, $d = 2{,}68$ м

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

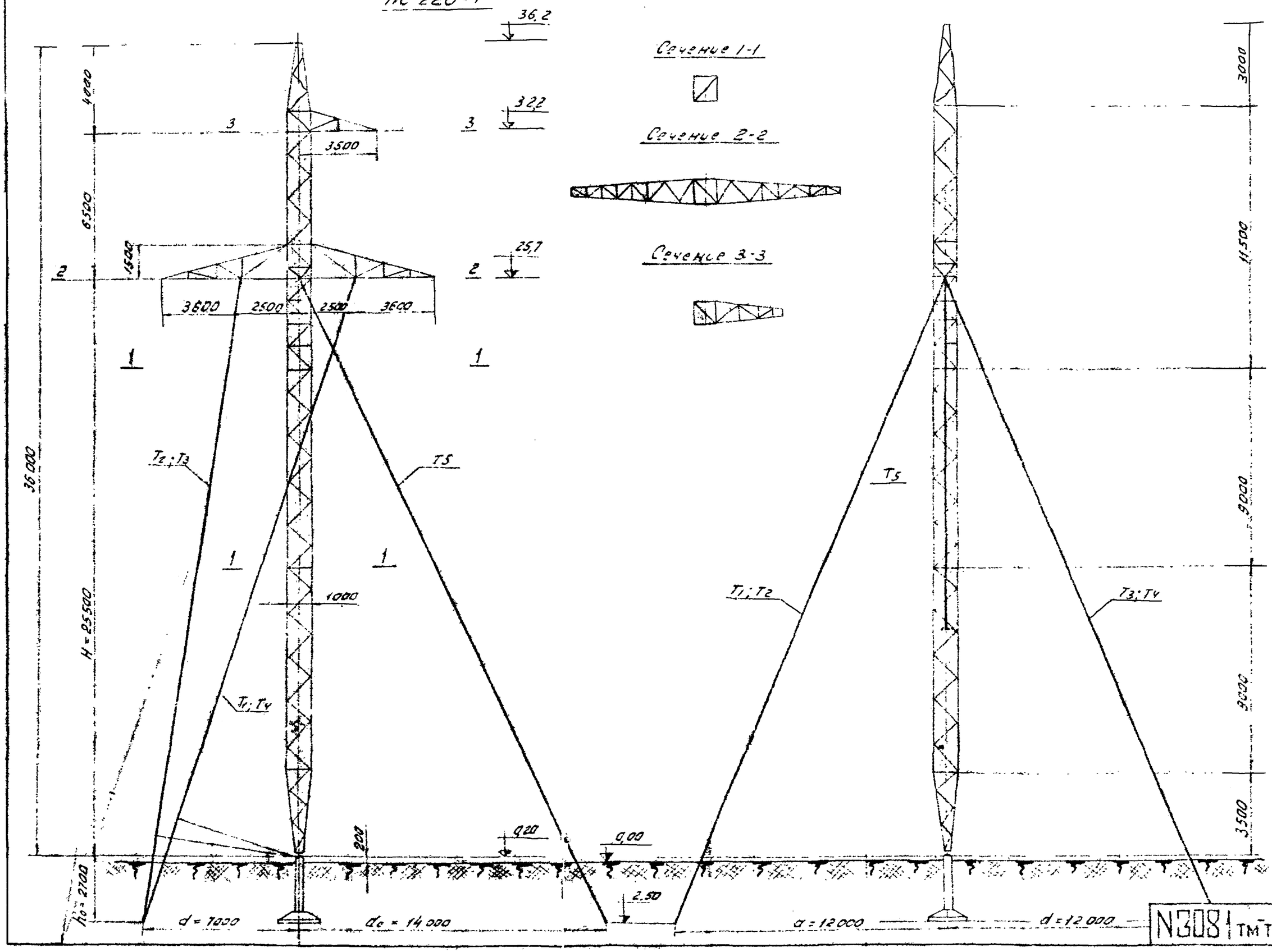
$S_4 = 6{,}4 + \frac{8{,}9 - 6{,}2}{2} = 7{,}55$ т

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: Такареба

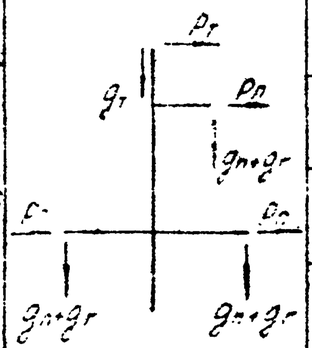
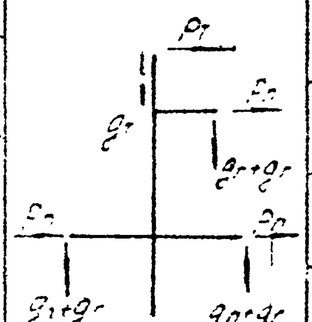
ПС 220-7



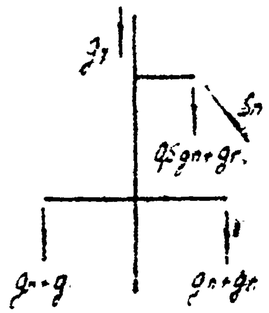
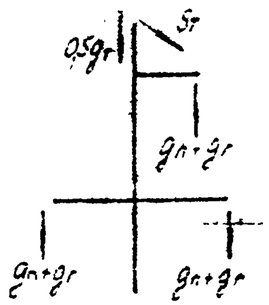
N3081 ТМТ 3 Лист 59

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

Таблица № 15

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III р-н гололёда АСО-300 норм.	n	расчет.	АСО-400 норм.	n	расчет.	С-70 норм.	n	расч.	IV р-н гололеда АСО-300 норм.	n	расчет.	АСО-400 норм.	n	расчет.	С-70 норм.	n	расч.
					$P_{ветр.}$	550			530			530			450			530			530		
					$P_{вес.}$	790			840			840			700			760			760		
					$P_{габ.}$	395			420			–			350			380			–		
I	Провода и трос не оборваны, свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$\gamma_n = 0{,}5$ кг/м², $C=0$; $\gamma_г = 0{,}5$ кг/м², $C=0$; $q_г = 120$ кг/м²		Давление ветра на пролёт провода, троса	P_n $P_г$	600	1,2	960	890	1,2	1020	600	1,2	720	720	1,2	860	890	1,2	1070	585	1,2	700
				Вес пролёта провода, троса.	q_n $q_г$	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.	$q_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	–	–	–	90	1,1	100	90	1,1	100	–	–	–
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$q_n+q_г$ $q_г$	965	–	1060	1350	–	1490	520	–	570	870	–	960	1230	–	1350	465	–	510
II	Провода и трос не оборваны, покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$\gamma_n = 2$ кг/м², $C=15$ мм; $\gamma_г = 2$ кг/м², $C=20$ мм; $\gamma_г = 5$ кг/м², $C=15$ мм		Давление ветра на пролёт провода, троса	P_n $P_г$	705	1,4	990	725	1,4	1020	780	1,4	1090	750	1,4	1050	855	1,4	1200	975	1,4	1360
				Вес пролёта провода, троса.	q_n $q_г$	875	1,1	960	1260	1,1	1390	520	1,1	570	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510
						1285	2,0	2570	1500	2,0	3000	930	2,0	1860	1650	2,0	3300	2025	2,0	4040	1330	2,0	266[illegible]
				Вес гирлянд изоляторов.	$q_г$	90	1,1	100	90	1,1	100	–	–	–	90	1,1	100	90	1,1	100	–	–	–
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$q_n+q_г$ $q_г$	2250	–	3630	2850	–	4490	1450	–	2420	2520	–	4260	3250	–	5390	1795	–	3170

Продолжение таблица № 15

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		III р-н гололеда									IV р-н гололеда								
						АСО 300			АСО 400			С-70			АСО 300			АСО 400			С-70		
					$t_{гр}$	550			530			530			450			530			530		
					$t_{вет}$	790			840			840			700			760			760		
					$t_{гол}$	395			420			—			350			980			—		
						норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°$, $C=0$, $g_г=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1485	1,3×0,8=1,04	1545	2000	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	$g_п$ $g_т$	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	$g_п+g_г$ $g_т$	965	—	1060	1350	—	1490	520	—	570	870	—	990	1230	—	1350	465	—	510
II	Оборван трос, провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального.	$t=-5°$, $C=0$, $g_г=0$		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	$g_п$ $g_т$	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	$g_п+g_г$ $g_т$	965	—	1060	1350	—	1490	520	—	570	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса - 285 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,5 \times 80 = 120$ кг/м²
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 элементов фермы, м²	Площадь по контуру S (м²)	Коэф. заполнения $\varphi = \frac{S_ч}{S}$	Аэродинамический коэф. плоской фермы $C_{аэр} = C_x \cdot \varphi$	при $\frac{b}{h} = 1$	Аэродинамич. коэф. пространственной формы $C_{пр} = C_{аэр} \cdot \xi$	Нормативная ветровая нагрузка $P_{тр} = q_0 \cdot C_{пр} \cdot S$	Расчетная ветровая нагрузка
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; 2,2; 5,6	1,5	120	2,7	5,6	0,482	0,68	0,38	0,91	205×2 (455×2 910)	351×2
Верхняя часть опоры	19,5; 1,0; 39,8	1,59	127	2,5	19,5	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 БЛ 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	Pв	кг	4820	-4820	1420	0	0	0	0
d	—"—	700	Pп	кг/м	2,02	-2,02	2,26	0	0	0	0
do	—"—	1400	Pг	—"—	1,33	-1,33	2,55	0	0	0	0
l	—"—	250	Tв	кг	0	0	0	0	2080	0	0
Ho	—"—	2820	$T_в^{I}$	—"—	0	0	0	0	0	2080	0
H	—"—	2550	$T_в^{I}$	—"—	0	0	0	2080	0	0	0
ho	—"—	270	$T_г^{I}$	—"—	0	0	0	0	0	0	2040
h1	—"—	165	$T_в^{II}$	—"—	0	0	0	0	0	0	0
E	кг/см²	$1,5 \cdot 10^6$	$T_г^{II}$	—"—	0	0	0	0	0	0	0
F1	см²	1,68	T_c^{II}	—"—	0	0	0	0	0	0	0
F2	—"—	1,68	$T_т^{II}$	—"—	0	0	0	0	0	0	0
F3	—"—	3,36	Mв	кгсм	$-172,8 \cdot 10^4$	$172,8 \cdot 10^4$	$-43,5 \times 10^4$	0	0	0	0
Bo	кгсм²	$181 \cdot 10^9$	Mg	—"—	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$189 \cdot 10^4$	$23,6 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$88,4 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$
Tos	кг	6000	$M_в^{I}$	—"—	$101,5 \cdot 10^4$	$-101,5 \cdot 10^4$	$25,4 \cdot 10^4$	0	0	0	0
Qвет	м	530	M_g^{I}	—"—	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$189 \cdot 10^4$	$23,6 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$
Lпр	см	610	G	кг	8360	8360	23140	7680	7680	7680	8100
Lлев	—"—	610	W	кг/см	1,34	-1,34	0,335	0	0	0	0
Lв	—"—	350									
h2	—"—	650									
h3	—"—	400									

Примечание: Обозначение геометрических размеров и нагрузок принято по „Программе расчета одностоечной опоры с двумя расщеплёнными и одной одиночной оттяжками" (инв. № 3002тм-т6)

Таблица результатов расчёта опоры ПС 220-1 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
$N_{-x}b$ (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_z (кг см)	-2752830	3019130	-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_c (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

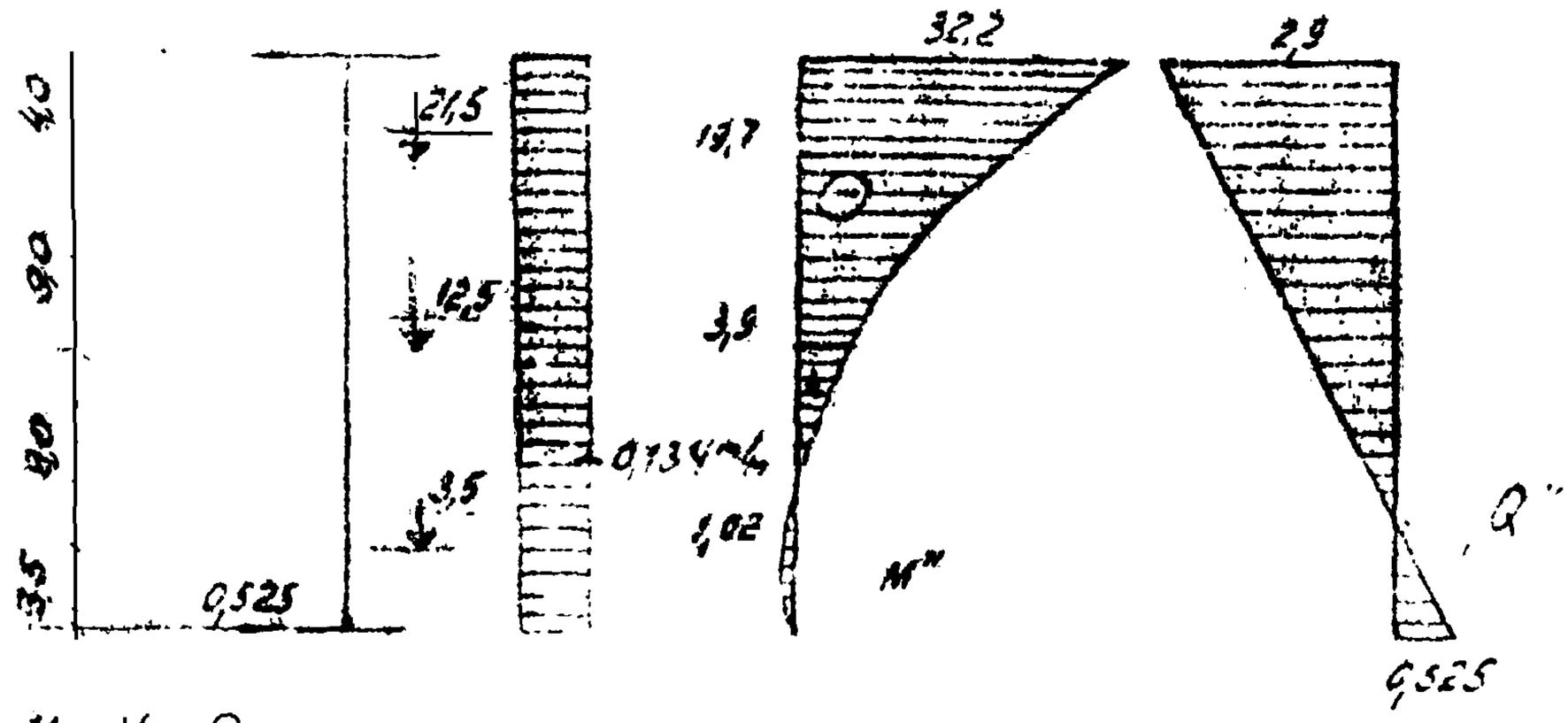
M_c - момент в стойке на уровне нижних траверс.

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

$N_a, Q_{ax}, Q_{ay}, N_в$ - нагрузки на анкерные плиты.

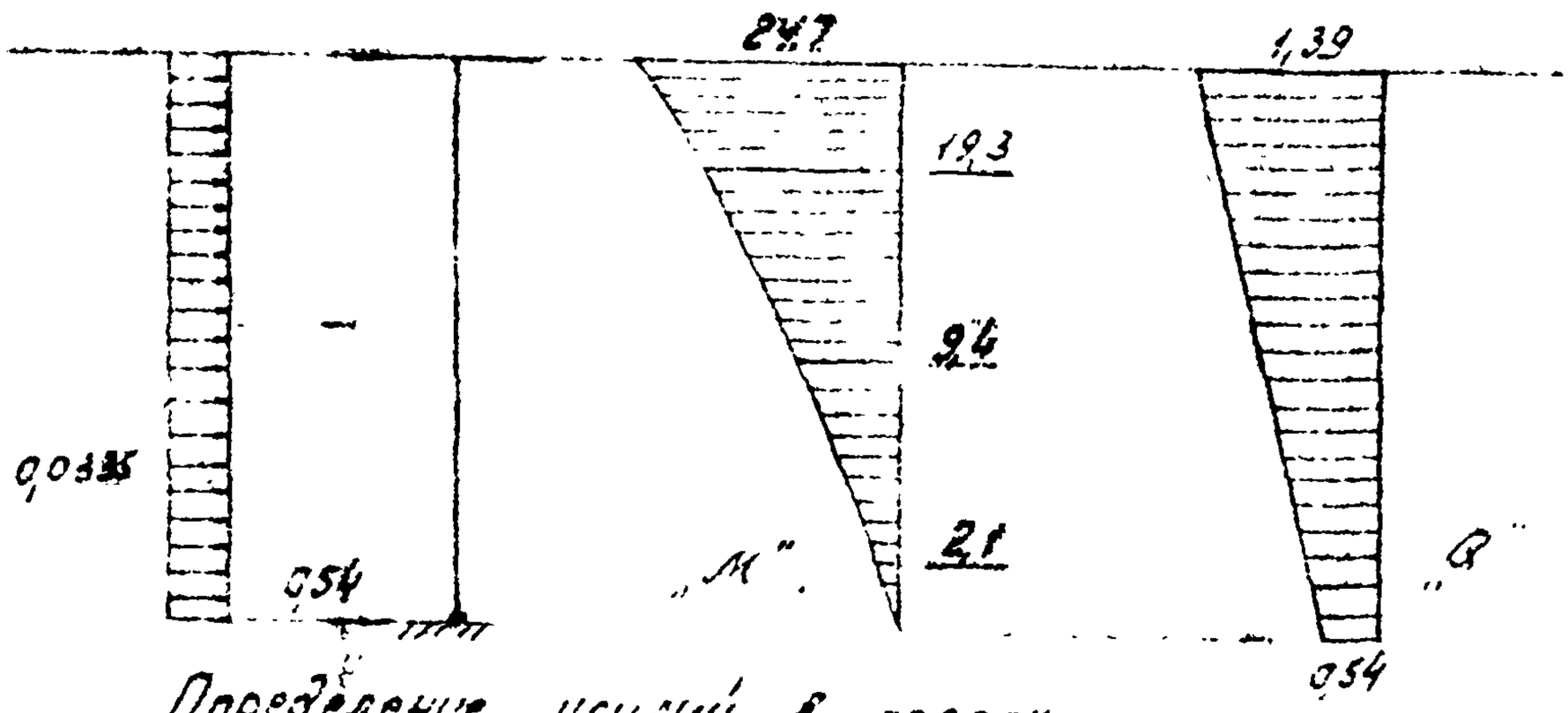
Расчет стойки ниже уровня нижних траверс

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

$N = N_n - G_{ст} = 54,21 - 3,0 = 51,3$ т.

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

↓ 21,5 Схема I

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

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

Схема II

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

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

↓ 12,5 м

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

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

↓ 3,5 м. Схема II

$M = 2,1$ тм. $N = 54,2$ т

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

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 траверс.

↓ 27,2

Схема II, III р-н гололеда

$$M_{11} = 1,36 \times 8,9 + 1,2 \times 4,9 + 5,33 \times 3,5 + 3,17 \times 0,5 + \frac{0,27 \times 8,9^2}{2} =$$

$$12,1 + 5,9 + 18,9 + 1,58 + 1,07 + 40,55 тм.$$

$G = 3,17 + 5,39 + 1,5 = 8,6$ т

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

Расчет раскосов

Схема III $S_n = 2080$ кг.

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

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

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

$R_p = 19900 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 = 11460 < 11630$ кг (перенапряжение 15%)

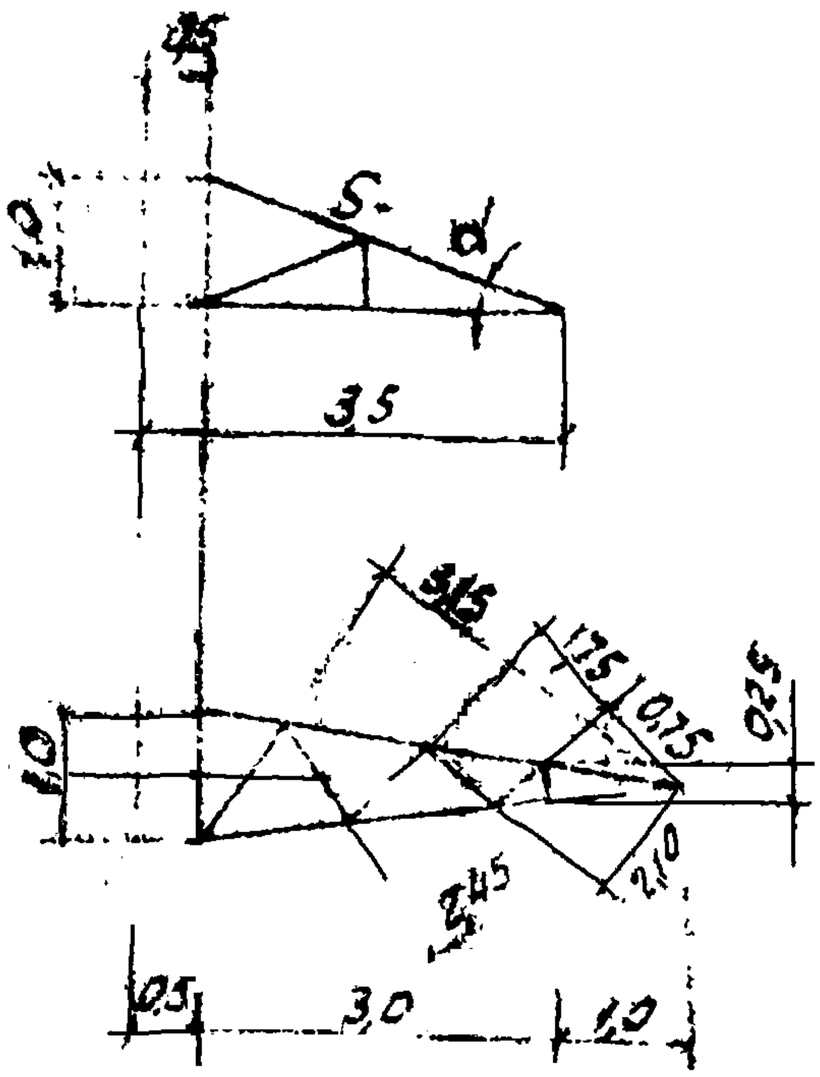
В оттяжке 5 расчетным является усилие в нормальном режиме I (2) - 20210 кг.

Принимаем 2 каната ф 17,0

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

Расчет траверс

а) Верхняя траверса



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

$\sin\alpha = 0,316$

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

$\cos\gamma = 0,992$

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

Для тяги рассчетной является сх. II; IV р-н гололеда

$G = 5,39 m$

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

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

$S_n = 2080 m.$ $g_n = 1250 кг$ $g_r = 100 кг.$ $g_л = 165 кг$

$G_{тр} = 100 кг$

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

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

$= 312 + 50 + 83 + 25 = 470 кг.$

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

Усилие в раскосах нижней грани. Схема III

$M = 2,08 \times 1,0 = 2,08 тм$

$$D_9^I = \frac{2,08}{3,15} = 0,66 m$$

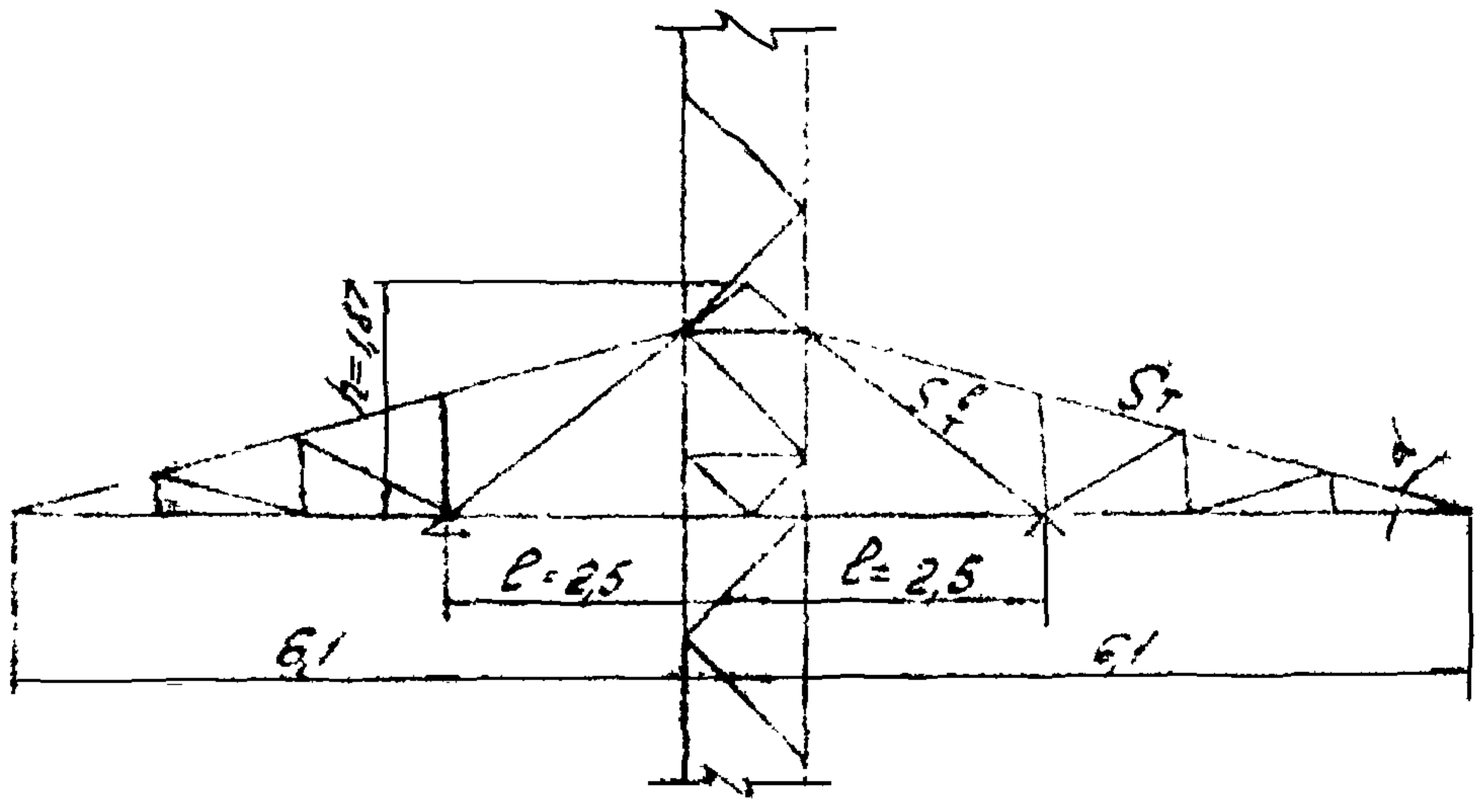
$$D_{10}^I = \frac{2,08}{2,45} = 0,85 m$$

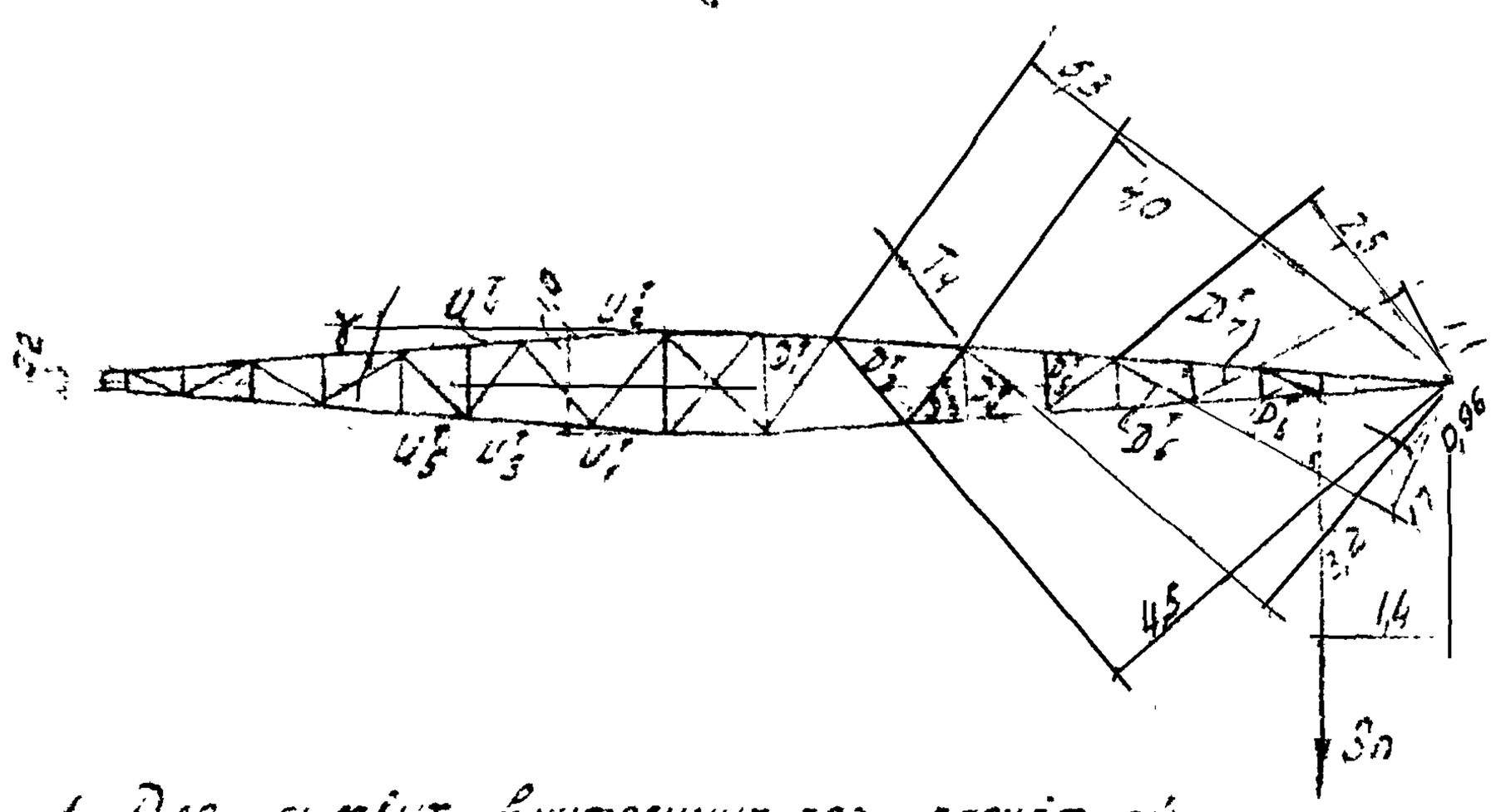
$$D_{11}^I = \frac{2,08}{1,75} = 1,19 m$$

$$D_{12}^I = \frac{2,08}{1,1} = 1,9 m$$

$$D_{13}^I = \frac{2,08}{0,75} = 2,8 m$$

Нижняя траверса





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

$T_2 = T_3 = 11,63$ т.

$$S_T = \frac{1}{2}(T_2 + T_3)\frac{H_c}{L_2}\frac{\sqrt{h^2+\ell^2}}{h} = \frac{1}{2}\times 2\times 11,63\times\frac{28,2}{31,0}\times\frac{\sqrt{1,67^2+2,5^2}}{1,67} =$$

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

2. Для наружных тяг расчетная явл. схема II

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

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

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

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

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

3. Расчет поясов

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

$T_4 = 9560$ кг.

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

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

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

$$U_n^0 = \left[\frac{0,925}{2\times 0,27} + \frac{9,56}{2} + \frac{28,2}{32,6} + \frac{25}{1,87} + \frac{1}{2}\times 9,56\times\frac{1,0+2,5}{32,6}\right]\times\frac{1}{0,998} =$$

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

$$U_i = U_0 + Q\frac{l_0}{l_i}; \quad Q = S\frac{l_n - l}{2l} = 2080\times\frac{3,5}{2\times 2,5} = 1,5\,т$$

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

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

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

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

Для поясов консольной части расчетной является сх. III.

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

$$= 1,72 + 7,86 = 9,6\,т.$$

4. Расчёт раскосов нижней грани.

Для раскосов средней части траверсы расчётной является схема III

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

$Q = T_4 \frac{a}{L_1} = 9{,}56 \times \frac{12{,}0}{31{,}9} = 3{,}6\,т$

$M = 3{,}6 \times 5{,}13 = 18{,}5\,тм$

$D_1^T = \frac{18{,}5}{5{,}3} = 3{,}5\,т$

$D_2^T = \frac{18{,}5}{4{,}5} = 4{,}1\,т$

$D_3^T = \frac{18{,}5}{4{,}0} = 4{,}6\,т$

Для раскосов консольной части расчётной является схема III.

$M = S \times 1{,}4 = 2{,}08 \times 1{,}4 = 2{,}9\,тм.$

$D_4^T = \frac{2{,}9}{3{,}2} = 0{,}9\,т$

$D_5^T = \frac{2{,}9}{2{,}5} = 1{,}16\,т$

$D_6^T = \frac{2{,}9}{1{,}7} = 1{,}7\,т$

$D_7^T = \frac{2{,}9}{1{,}1} = 2{,}55\,т$

$D_8^T = \frac{2{,}9}{0{,}96} = 3{,}03\,т$

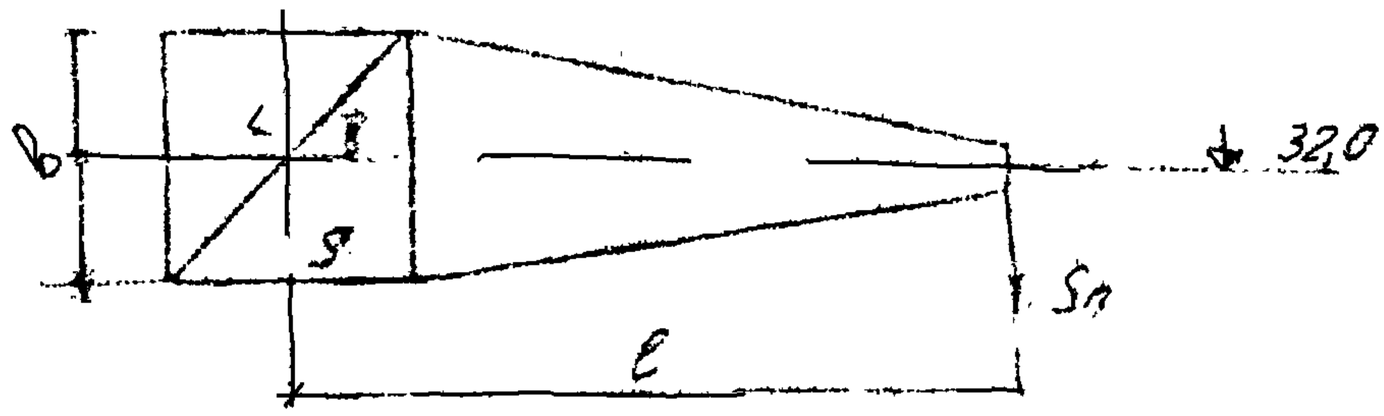
Проверка напряжения в панели пояса U_4^7
(случай, не вошедший в расчетный лист)
Усилие - 19,3 т.

$L\ 90\times7 \qquad F = 12{,}3\,см^2;\ l = 200\,см \qquad r_x = 2{,}77\,см$

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

$\sigma = \frac{19\,300}{12{,}3\times0{,}798\times1{,}0} = \frac{19\,300}{9{,}8} = 1970\ кг/см^2 < [2100]$

Расчёт распорок и диафрагм.



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

Схема III, IV р-н головёда

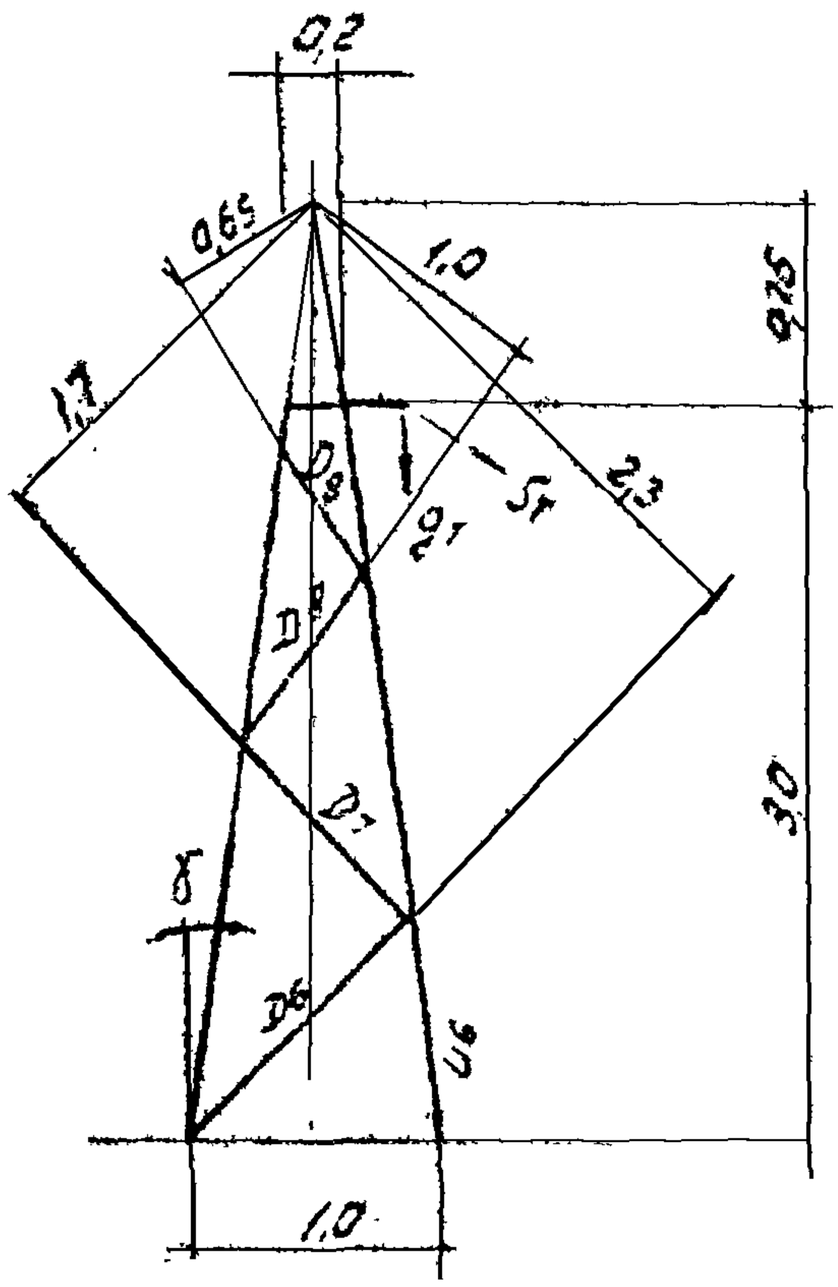
$S_п = 2080$ кг. $0{,}5\ G = 470$ кг

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

$$K = \frac{S_п l}{\sqrt{2} b}$$

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

Расчет троссостойки



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

$\cos\gamma = 0,991$

Схема IV, IV р-н золоеда

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

Усилие в тросе.

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

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

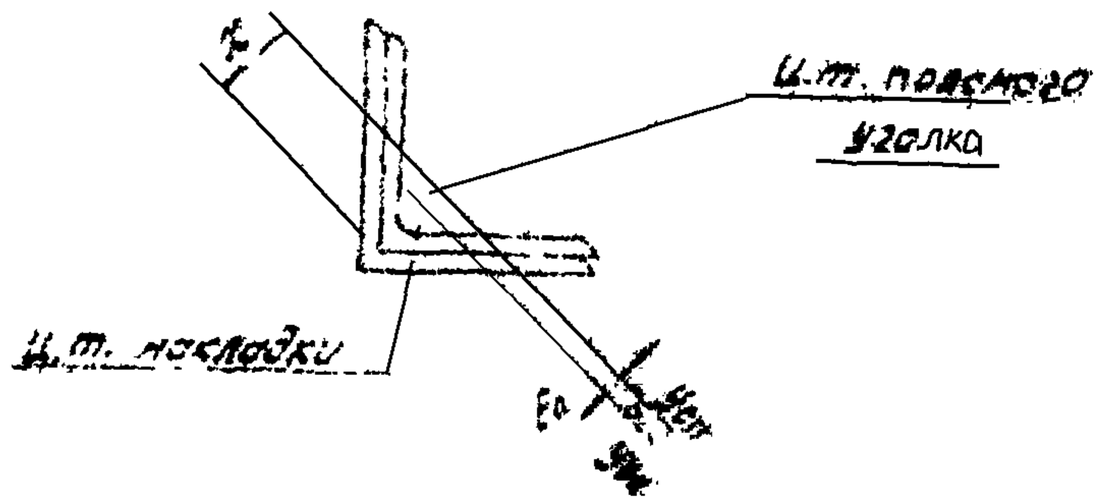
$M_{изг.} = 2,63 \times 0,75 = 1,97$ тм.

$D_6 = \frac{1,97}{2,3} = 0,86$ т $D_6 = \frac{1,97}{1,0} = 1,97$ 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 (+3,5)



пояс – L 90×7

накладка – L 100×7

$\sigma = \frac{N}{m_1 \varphi_{вн} F}$ $N = 14,7 т$ $F = 12,3 см^2$ $m_1 = 0,95$

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

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

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

$e_0 = \frac{(2,47 + 0,7) - 2,71}{0,707} = \frac{0,65}{0,707} = 0,55 см.$

$e = 0,5 \times 0,55 = 0,325 см$

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

$\sigma = \frac{14700}{0,95 \times 0,679 \times 12,3} = 1850 кг/см^2 < [2100]$

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

Расчет выполнил: Элькинд /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.

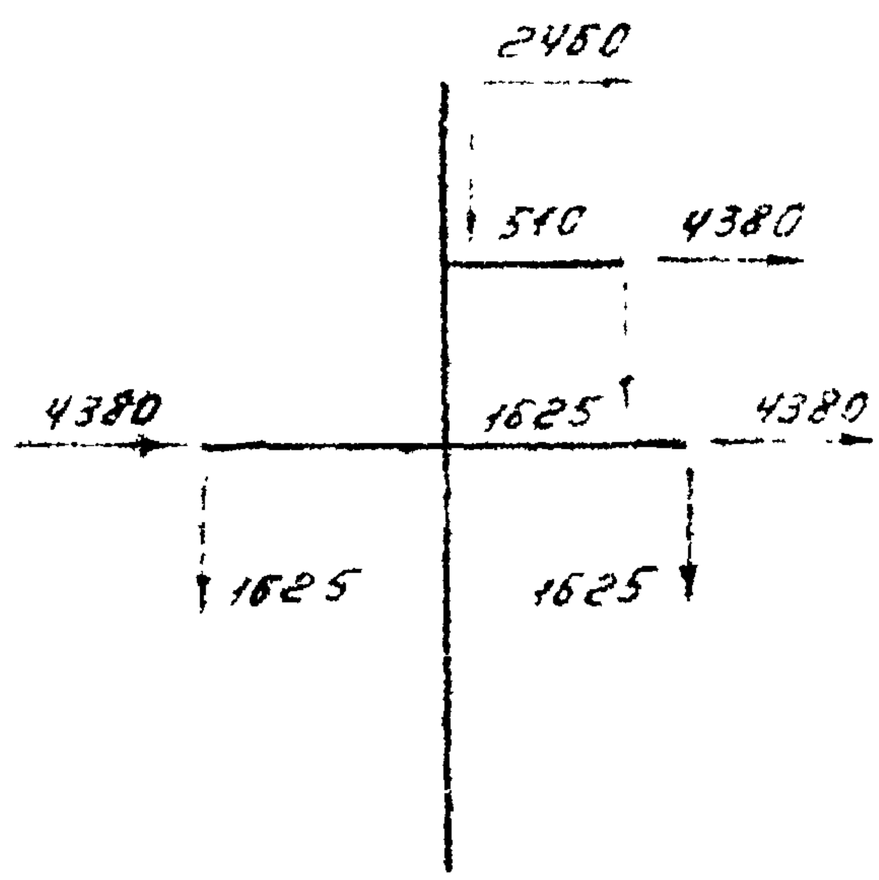
В остальных случаях (с проводом АСО-400 в I-II р.г. и с проводом АСО-300 в I-IV р.г.) опору можно применять при $q^н = 80$ кг/м² на углах поворота до 60° включительно.

Схемы расчетных нагрузок

провод АСО-400; трос С-70

$\alpha = 52^\circ$

Схема I



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда.

III район гололедности, без разности тяжения

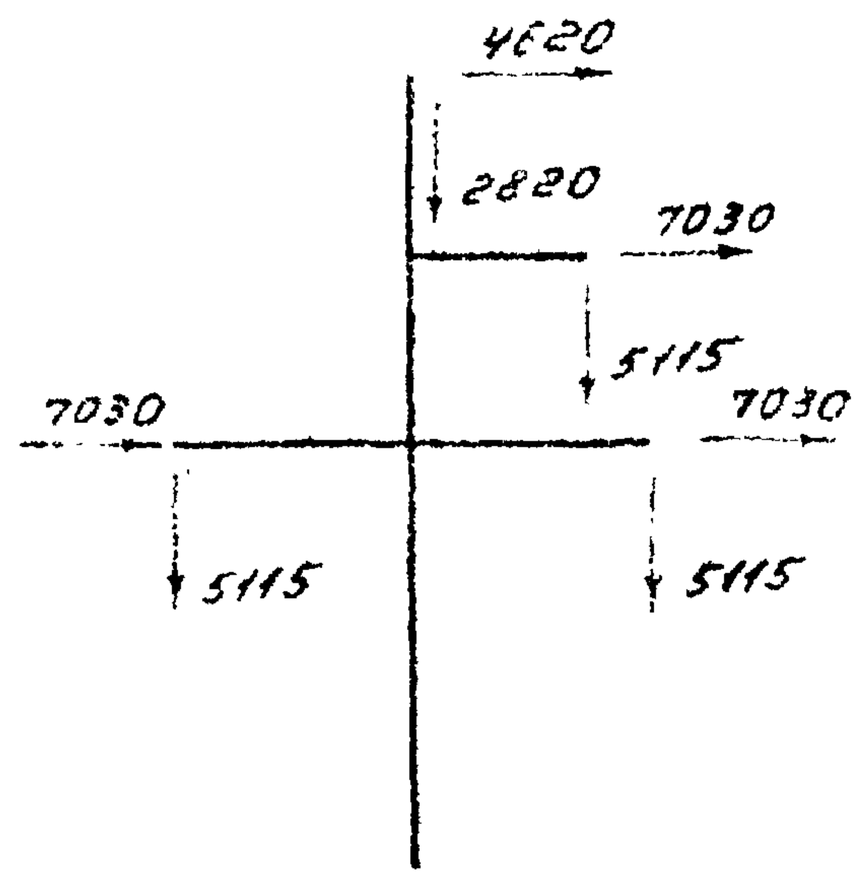
$t = -5^\circ C$; $\varepsilon = 0$; $q_n^н = 80\ кг/м^2$

$q_т^н = 120\ кг/м^2$

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

$\ell_{гол} = 380\ м$;

Схема II



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.

IV район гололедности, без разности тяжения.

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

$q_т^н = 30\ кг/м$

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

$\ell_{гол.} = 340\ м$;

Определение усилий в поясах ствола опоры У220-1

Таблица № 19

Сечения. отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда; $\alpha = 52°$; без разн. тяж.			Схема II; IV район гололеда; $\alpha = 52°$; без разн. тяж.		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_w		От нагрузок на провода и тросы M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_w	
3-3 ▽ 18,75 м $b = 2,5$ м	2,46 × 15,35 = 37,8 4,38 × 7,25 = 31,8 4,38 × 2 × 0,75 6,58 13,14 M_{II} = 76,18 $M_{ну}$ = 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 0,29 × 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_{II} = 132,3 $M_{ну}$ = 5,115 × 4,9 = 25,1 ΣM_{II} = 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 $b = 4,7$ м	13,14 × 8,1 = 106,5 24,15 13,14 M_{II} = 100,65	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_{II} = 365,4	M_w = 12,42	23,52 0,35 × 8,1 = 2,83 26,35
	$U_1 = \frac{100,65 + 59,32}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{14,075}{4 \times 0,989} = 26,9 + 3,55 = 30,45$ 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 $b = 7,3$ м $\cos\gamma = 0,989$	190,65 13,14 × 8,5 = 112,0 M_{II} = 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_{II} = 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 $\qquad \sigma_7 = \frac{49,4}{23,6} = 2090$ 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 л.3080тм. лист 34/43 - 43/43 и расчетный лист №3080тм-т7-5)

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, тросостойка и элементы траверс, подлежат проверке на повышенные ветровые нагрузки по схеме II.

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.

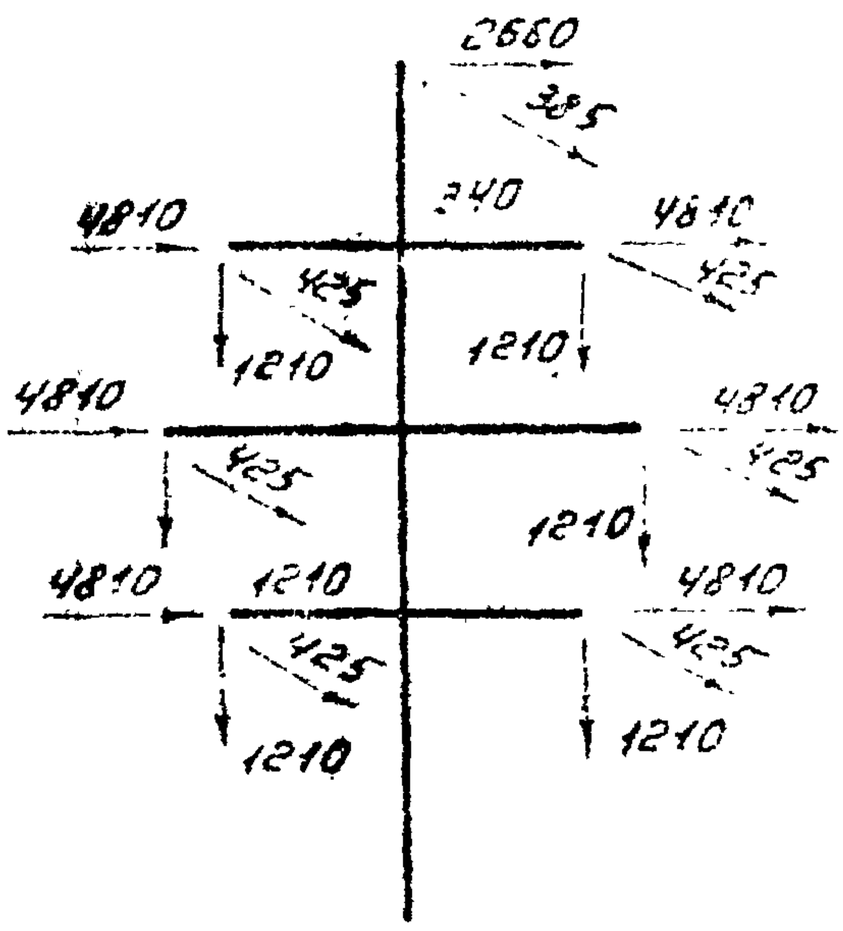
В остальных случаях (с проводом АСО-400 в I-II р. и с проводом АСО-300 в I-IV р.г.) опору можно применять при $q^н = 80$ кг/м² на углах поворота до 60° включительно.

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.

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

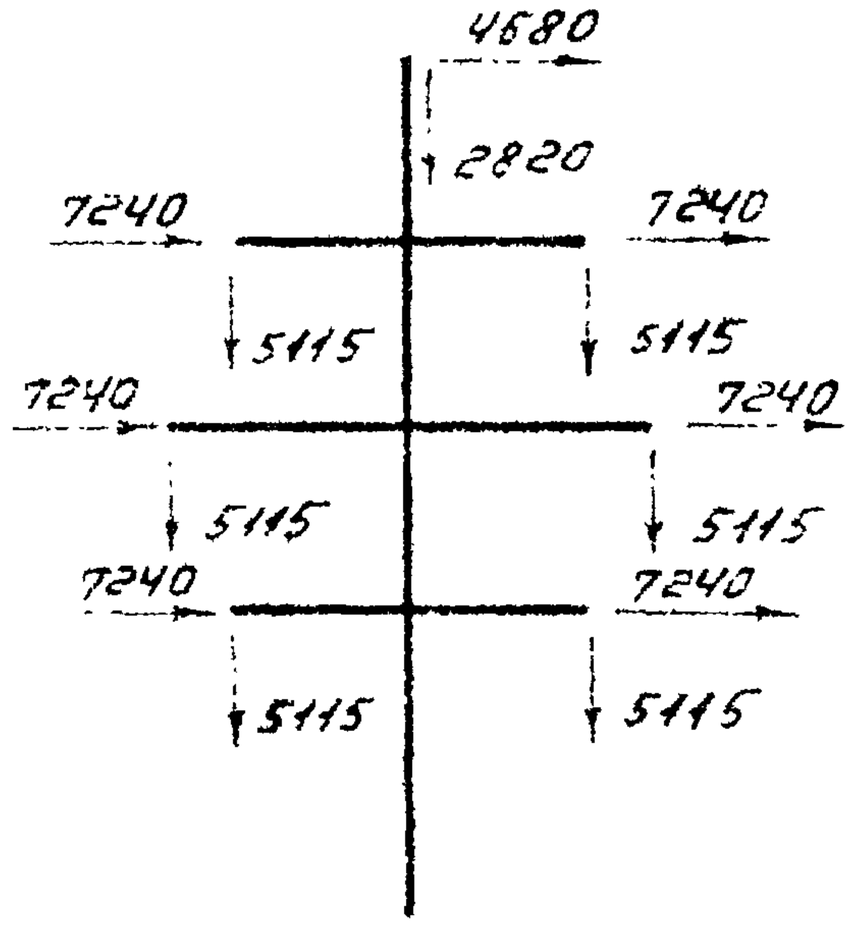
$q_г^н = 130 кг/м^2$

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

$\ell_{гол} = 380 м$;

$(\ell_{снеж.} = 250 м)$

Схема II



Провода и трос не обор. ваны и покрыты гололедом.

IV район гололедности, без разности тяжени.

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

$q_г^н = 32,5 кг/м$

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

$\ell_{гол.} = 340 м$

Определение усилий в поясах ствола опоры У220-2

Таблица № 20

Сечения отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда, $\alpha = 52°$; разность тяжения				Схема II, IV р-н гололеда, $\alpha = 52°$; без разн. тяж.		
	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки
	От нагрузок на провода и тросы $M_{\parallel}$	От нагрузок на провода и тросы $M_{\perp}$	От ветра на конструкцию опоры $M_{w\parallel}$	G (т)	От нагрузок на провода и трос $M_{\parallel}$	От ветра на конструкцию опоры M_w	G (т)
4-4 ▽ 25,2 м $b = 2,5$ м	2,66 × 15,4 = 41,0 4,81 × 2 × 7,3 = 70,3 4,81 × 2 × 0,8 = 7,7 21,9 $M_{\parallel} = 119,0$	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 $M_{\parallel} = 189,6$	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 $b = 2,5$ м	119,0 21,9 × 6,4 = 140,0 4,81 × 2 × 0,75 = 7,7 31,52 $M_{\parallel} = 266,7$	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 $M_{\parallel} = 416,5$	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 $b = 4,7$ м $\cos\delta = 0,989$	266,7 31,52 × 8,1 = 256,0 31,52 $M_{\parallel} = 522,7$	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 $M_{\parallel} = 806,5$	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 $b = 7,3$ м $\cos\delta = 0,989$	522,7 31,52 × 8,5 = 268,0 $M_{\parallel} = 790,7$	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 $M_{\parallel} = 1221,5$	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/м² (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/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, трогостойка и элементы траверс, подлежат проверке на повышенные ветровые нагрузки по схеме II.

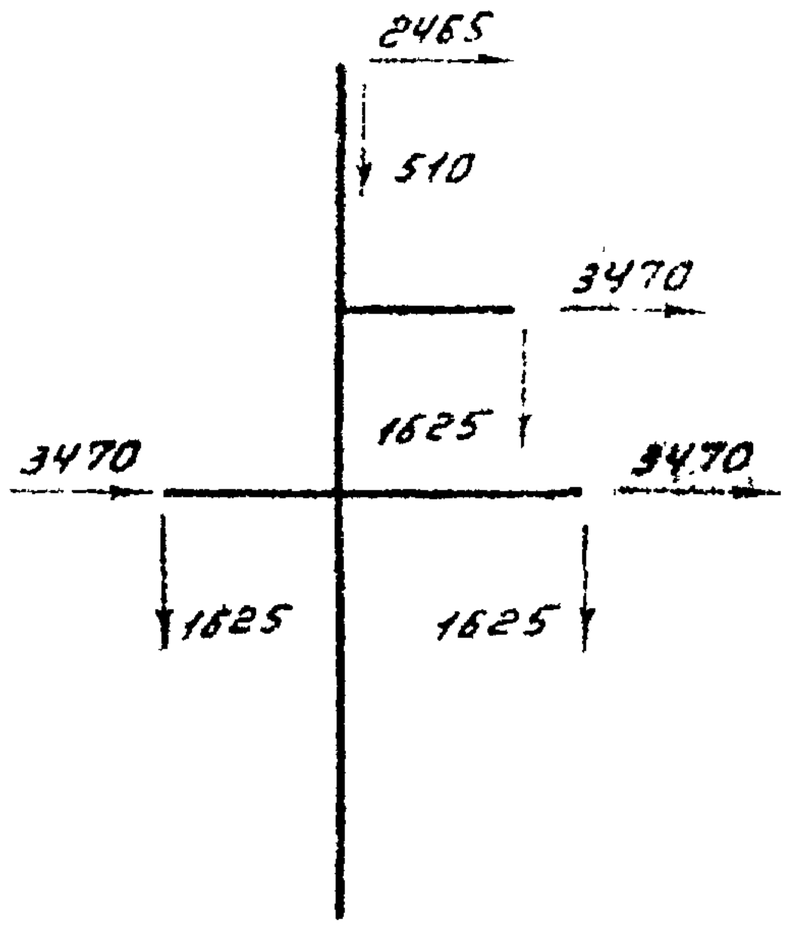
Как показывает расчет на листах 82, 83, 84, опору УС220-5 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^н = 80$ кг/м²; I-IV районы гололедности; провод АСО-300 и АСО-400) при углах поворота до 50° включительно

Схемы расчетных нагрузок

провод АСО-400; трос С-70

$\alpha = 60^\circ$

Схема I



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда

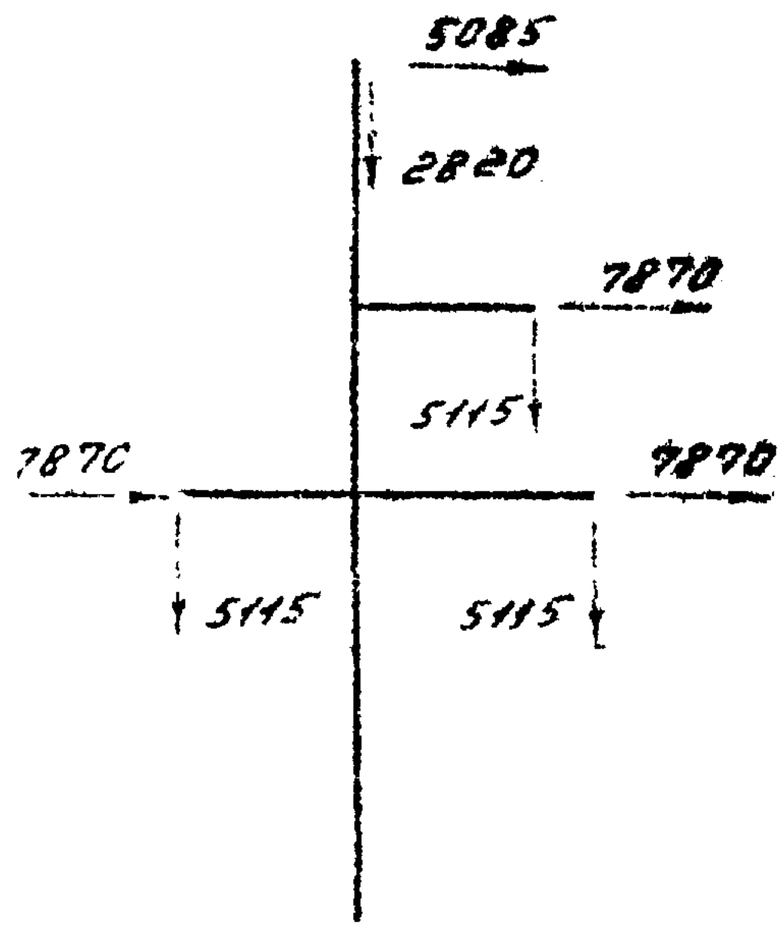
III район гололедности, без разности тяжения.

$t = -5^\circ C$; $C = 0$; $q_n^н = 80$ кг/м²

$q_г^н = 180$ кг/м²

$\ell_{ветр} = 530$ м; $\ell_{вес} = 760$ м; $\ell_{габ.} = 380$ м;

Схема II



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом

IV район гололедности, без разности тяжения.

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

$q_г^н = 30$ кг/м

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

Определение усилий в поясах ствола опоры УС 220-5

Таблица № 21

Сечения отметки и базы	Схема I; III р-н гололеда; α = 60° без разн. тяж.			Схема II; IV р-н гололеда; α = 60°; без разн. тяжения		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальн нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальн нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_w		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры M_w	
7-7 ▽ 14,75 м в = 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_{Iy} = 1,625 × 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	5,0,85 × 15,35 = 78,1 7,87 × 7,25 = 57,0 7,87 × 2 × 0,75 = 11,8 28,7 M_{II} = 146,9 M_{IIy} = 5,115 × 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 в = 3,3 м cos γ = 0,999	75,26 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 $U_2 = \frac{418,0 + 11,9}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{25,51}{4 \times 0,999} = 65,0 + 6,62 = 71,6$ т	M_w = 11,9	23,51 0,35 × 8,55 = 3,0 26,51
1-1 ▽ 1,5 м в = 3,85 м cos γ = 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 УС220-6

Определение предельного угла поворота на опоре УС220-6 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 3080тм-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 II.

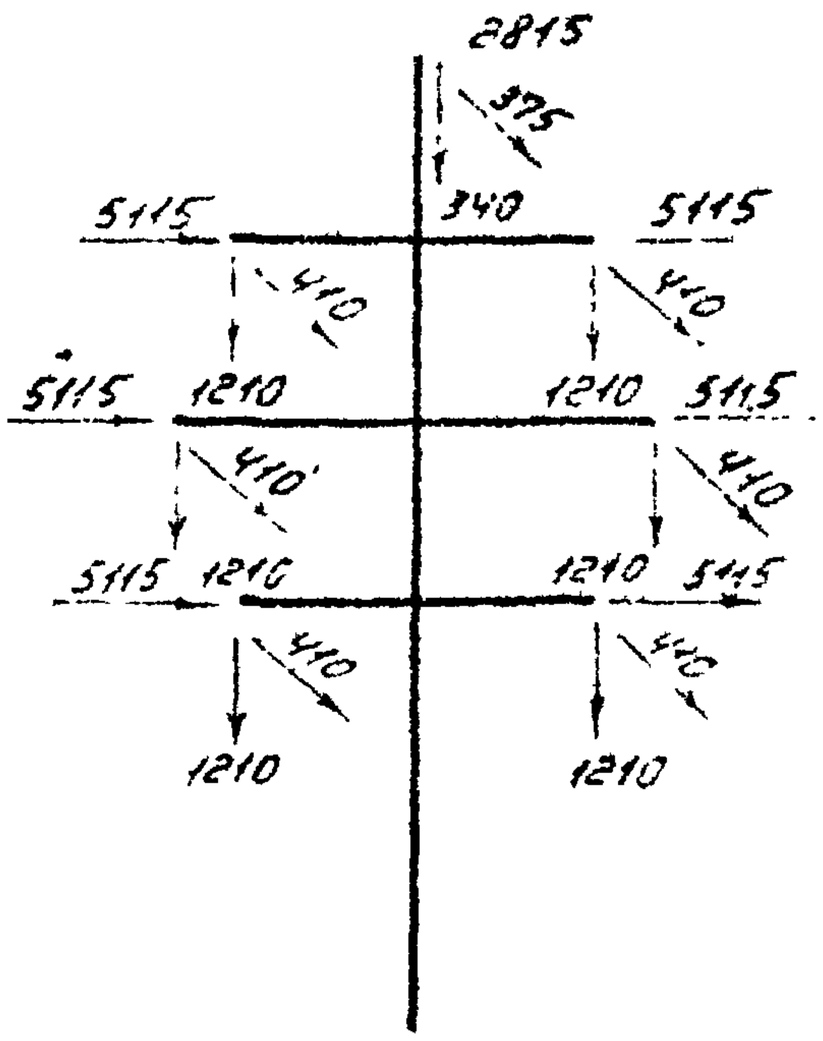
Как показывает расчет на листах 85, 86, 87 опору УС220-6 можно применять в вышеуказанных условиях ($q_н^н = 80$ кг/м², III-IV районы гололедности, провод АСО-400) при углах поворота до 58° включительно.

В остальных случаях (с проводом АСО-400 в I-II р. 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.

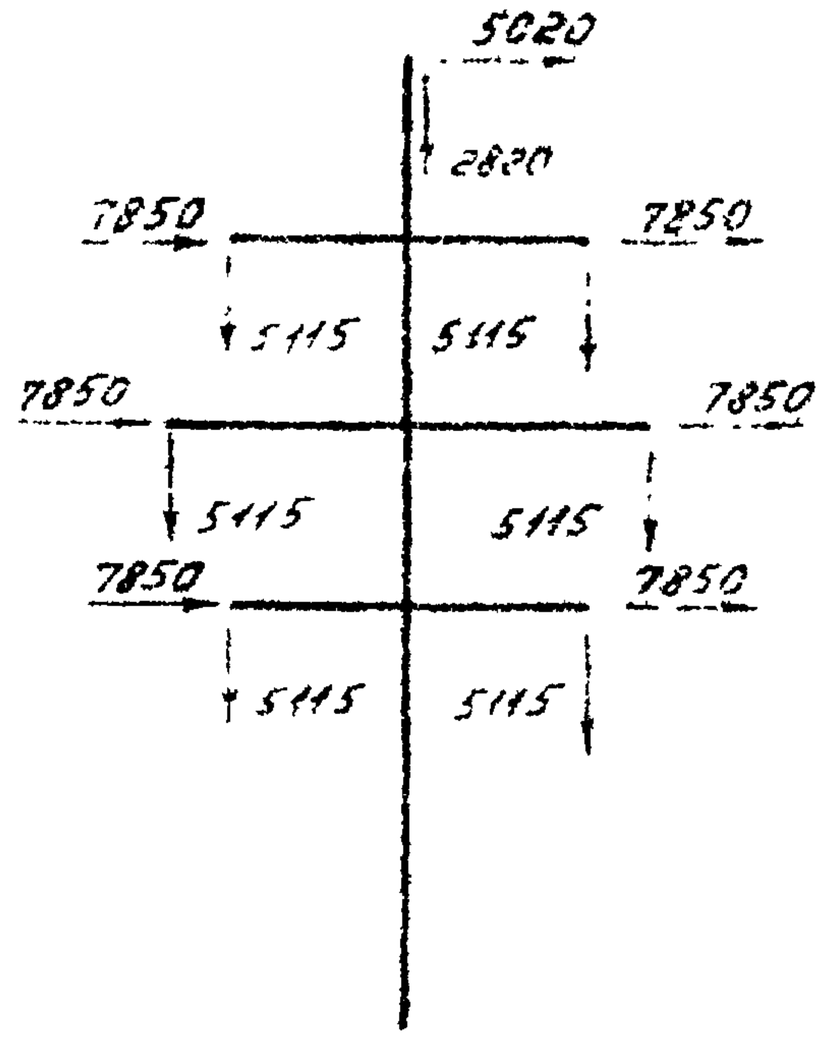
$t = -5^{\circ}C$, $C = 0$; $q_{л}^{н} = 96\ кг/м^{2}$

$q_{т}^{н} = 130\ кг/м^{2}$

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

$\ell_{год.} = 380\ м$, ($\ell_{гололед} = 230\ м$)

Схема II



Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом.

IV район гололедности, без разности тяжений

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

$q_{т}^{н} = 325$

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

$\ell_{год.} = 340\ м$,

Определение усилий в поясах ствола опоры ПС 220-6

Таблица № 24

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

N3081 ТМ-Т3 Лист 87