

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные специальные
опоры ВЛ 220 и 330 кВ

№ 407-4-30

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА

/С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА

/М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ
ИНСТИТУТА

/Л. ЛЕВИН/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ
ИНСТИТУТА ПО ВЛ

/В. ХОТНИСКИЙ/

МОСКВА - 1970

№ 3081	ТМТЗ	Лист 2/87
--------	------	--------------

МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ С С С Р
Г Л А В Т Е Х С Т Р О Й П Р О Е К Т
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
« Э Н Е Р Г О С Е Т Ъ П Р О Е К Т »
С Е В Е Р О - З А П А Д Н О Е О Т Д Е Л Е Н И Е

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

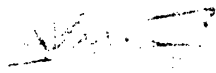
Унифицированные стальные специальные
опоры ВЛ 220 и 330 кВ

№ 407-4-30

Рабочие чертежи
ТОМ 3

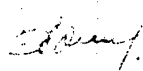
РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР



/ К. Крюков /

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА



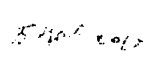
/ А. Флягин /

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ



/ К. Синелобов /

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА



/ Е. Новгородцев /

ЛЕНИНГРАД 1970

№ 3081 ТМ-3

Лист
3/8

Аннотация.

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

Все опоры рассчитаны на нагрузки \bar{V} района паветру $\langle \gamma = 80 \text{ г/м}^2 \rangle$, марки проводов по ГОСТ 839-59 и районы по глоследу принятые в расчетах каждой опоры, указаны на листах нагрузок.

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

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

Расчеты... с листы включены в объем тома настоящего проекта.

№ 3081.тм-т3	ЛМ-4 4/8
--------------	-------------

Состав проекта.

№ тома	Наименование тома.	Инвентарный номер
Том 1.	Пояснительная записка.	3081ТМ - Т1
Том 2.	Расчёты подставок опор для городских условий и загрязнённых районов	3081ТМ - Т2
Том 3	Расчёты опор для горных районов.	3081ТМ - Т3
Том 4.	Рабочие чертежи гонимых опор, подставок тросостоек для двух тросов, тросостоек для плавки гололеда и промежуточной опоры 330кВ с горизонтальным расположением проводов.	3081ТМ - Т4
Том 5.	Рабочие чертежи опор для городских условий	3081ТМ - Т5
Том 6.	Рабочие чертежи опор 330кВ для районов с загрязнённой атмосферой.	3081ТМ - Т6
Том 7.	Рабочие чертежи опор для горных районов.	3081ТМ - Т7
Том 8.	Нагрузки на э. - оборудование.	3081ТМ - Т8
Том 9.	Схемы транспозиции и ответвления.	3081ТМ - Т9
Том 10	Калькуляции стоимости.	3081ТМ - Т10
Том 11	Потенциальный паспорт, хранится в ПК 30 энергосеть просект	3081ТМ - Т11

Содержание тома 3

I Расчет промежуточных свободностоящих опор 220 кВ

1. Эскизы опор	9
2. Нагрузки на опоры	11
3. Давление ветра на конструкцию опор	15
4. Расчет поясов ствкола опор	17
5. Расчет раскосов ствкола 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 ствкола опоры	45
5. Расчет раскосов ствкола 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 бастра 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

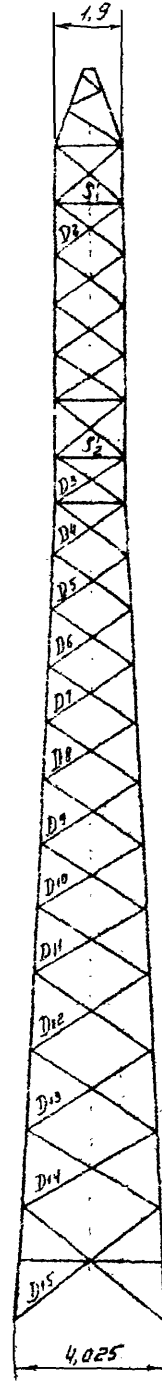
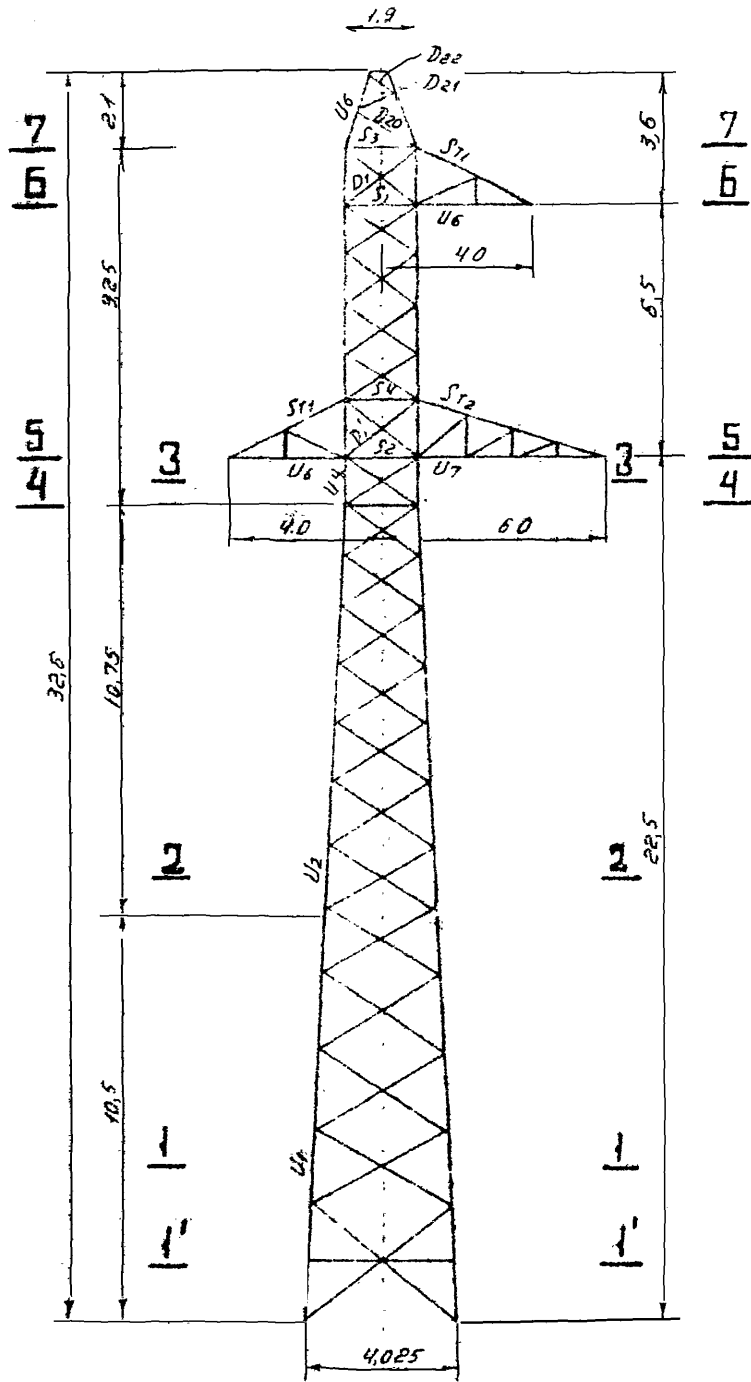
IV Расчет предельных углов поворота допускаемых на анкерно-угловых опорах в горных районах

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 споры выдавать листы по нижеследующему перечню:

Шифр споры	Страницы
ПС 220-5	9, 11, 12, 15, 17, 19, 20, 23-26, 28, 29, 30, 33, 34, 35 Расчетный лист № 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 № 3081 тм-т 7-16.
ПУС 220-1	37, 39, 41, 42, 45, 47, 49-52, 53, 54-55, 56, 58 Расчетный лист № 3081 тм-т 7-43
ПУС 220-2	38, 40, 43, 44, 46, 48, 49-52, 53, 54-55, 56, 57, 58 Расчетный лист № 3081 тм-т 7-44
ПС 220-7	59-75 Расчетный лист № 3081 тм-т 7-27

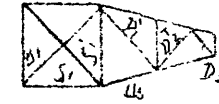
ПС 220-5



Сечение 7-7



Сечение 6-6



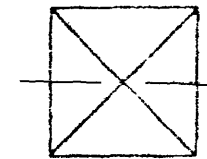
Сечение 5-5



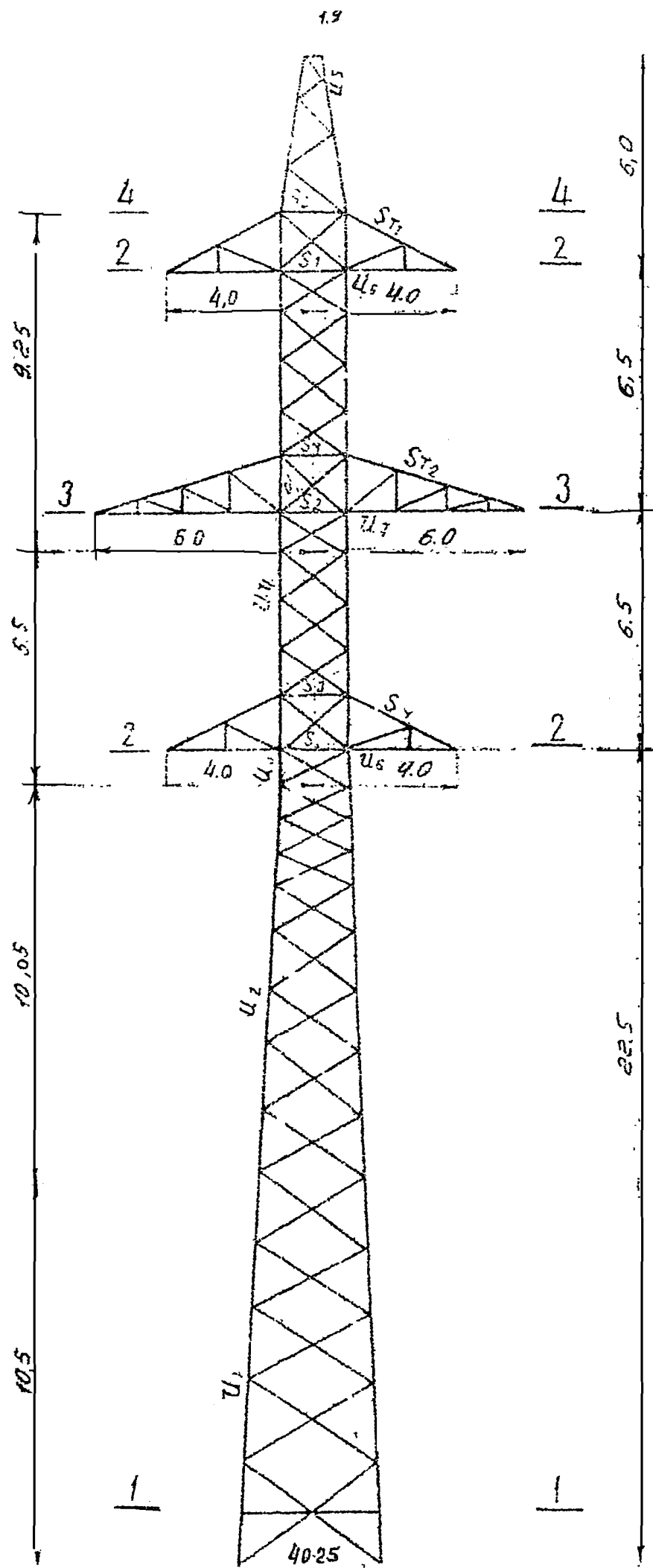
Сечение 4-4



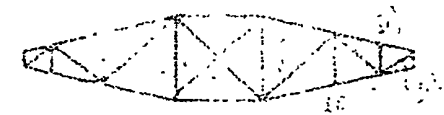
Сечение 1'-1'



ПС 220-5



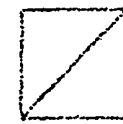
Сечение 2-2



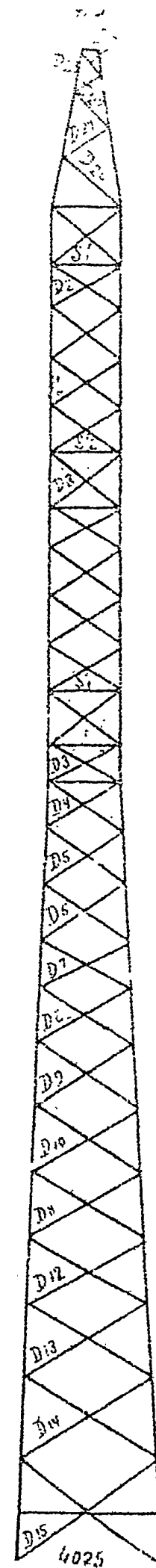
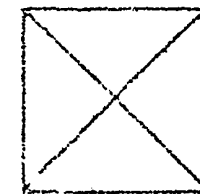
Сечение 3-3



Сечение 4-4



Сечение 1-1



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

Таблица №1

Класс	Расчетные схемы	Расчетные параметры примыкающих участков	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Объем	III район гололеда									IV район гололеда										
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70				
						нормат.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет		
I	Провода и трос не обрываются и свободны от гололеда Ветер направлен вдоль оси траверса	$z=5^{\circ}, c=0; q_n^{\text{н}}=80 \text{ м}^2/\text{м}^2; q_n^{\text{г}}=100 \text{ м}^2/\text{м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	725	1,2	870	890	1,2	1070	590	1,2	710	635	1,2	760	800	1,2	960	525	1,2	630		
				Вес пролета провода, троса	g_n	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460		
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	g_n+g_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460	—	460
II	Провода и трос не обрываются и свободны от гололеда Ветер направлен под 45° к оси траверса	$z=5^{\circ}, c=0; q_n^{\text{н}}=80 \text{ м}^2/\text{м}^2; q_n^{\text{г}}=100 \text{ м}^2/\text{м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	515	1,2	620	630	1,2	755	445	1,2	500	450	1,2	540	565	1,2	680	370	1,2	445		
				Вес пролета провода, троса	g_n	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460		
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	g_n+g_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460	—	460
III	Провода и трос не обрываются и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверса	$z=5^{\circ}, c=15 \text{ мм}; q_n^{\text{н}}=200 \text{ м}^2/\text{м}^2; q_n^{\text{г}}=300 \text{ м}^2/\text{м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	635	1,4	890	725	1,4	1020	750	1,4	1050	660	1,4	925	765	1,4	1070	835	1,4	1170		
				Вес пролета провода, троса	g_n	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460		
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	
				Суммарная вертикальная нагрузка	g_n+g_r	2030	—	3280	2580	—	4050	1300	—	2180	2300	—	3910	2920	—	4840	1600	—	2820	—	2820

Продолжение таблицы №1

Расчетные схемы	Расчетные или расчетные условия	Схемы нагрузки	Род нагрузки	Объем	III район гололеда									IV район гололеда									
					АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70			
					норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	
Обрывом один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$\alpha = 50^\circ, \epsilon = 0, \varphi = 0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	---	---	---	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	---	---	---	
			Вес пролета провода, троса	q_n q_r	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460	
			Вес гирлянд изоляторов	q_g	90	1,1	100	90	1,1	100	---	---	---	90	1,1	100	90	1,1	100	---	---	---	---
			Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n \cdot q_r$ q_r	870	---	960	1230	---	1350	465	---	510	770	---	850	1110	---	1220	420	1,1	460	
Обрывом один трос провода не обрывной. Тяжение троса равно полови- не максималь- ного тяжения	$\alpha = 50^\circ, \epsilon = 0, \varphi = 0$		Тяжение троса при обрыве	S_r	---	---	---	---	---	---	1440	1,04	1500	---	---	---	---	---	---	1440	1,04	1500	
			Вес пролета провода, троса	q_n q_r	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460	
			Вес гирлянд изоляторов	q_g	90	1,1	100	90	1,1	100	---	---	---	90	1,1	100	90	1,1	100	---	---	---	---
			Суммарная вертикальная нагрузка	$q_n \cdot q_r$ q_r	870	---	960	1230	---	1350	465	---	510	770	---	850	1110	---	1220	420	---	---	---

Примечания:

1. Высота центра тяжения троса - 31,7 м.
Нормативный скоростной напор $q_r^M = 15 \times 80 = 120 \text{ кг/м}^2$;
2. Для схем аварийного режима коэффициенты пере-
грузки умножены на коэффициент сочетания $K = 0,8$;
3. Максимальное напряжение в тросе в III-IV
районах гололеда $\sigma_{тmax} = 40 \text{ кг/мм}^2$;
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

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

Таблица № 2

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные параметры	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Объемы	III район гололеда									IV район гололеда										
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70				
						напрот.	п	расчет	напрот.	п	расчет	напрот.	п	расчет	напрот.	п	расчет	напрот.	п	расчет	напрот.	п	расчет		
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверса	$L=5^{\circ}6', C=0, g_n=98 \text{ мм}^2, g_r=100 \text{ мм}^2$		Давление ветра на пролет проводов, троса Вес пролета проводов, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	P_n	855	1,2	1040	1070	1,2	1280	640	1,2	770	760	1,2	910	960	1,2	1150	570	1,2	685		
					P_p	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_n	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—
					g_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	—	—	—
II	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под 45° к оси траверса	$L=5^{\circ}6', C=0, g_n=98 \text{ мм}^2, g_r=100 \text{ мм}^2$		Давление ветра на пролет проводов, троса Вес пролета проводов, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	P_n	510	1,2	730	760	1,2	910	455	1,2	545	540	1,2	650	680	1,2	815	405	1,2	485		
					P_p	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_n	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—
					g_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	—	—	—
III	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверса	$L=5^{\circ}6', C=45 \text{ мм}^2, g_n=98 \text{ мм}^2, g_r=100 \text{ мм}^2$		Давление ветра на пролет проводов, троса Вес пролета проводов, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	P_n	760	1,4	1065	870	1,4	1220	785	1,4	1100	990	1,4	1110	315	1,4	1280	875	1,4	1225		
					P_p	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_n	1160	2,0	2320	1350	2,0	2700	835	2,0	1670	1530	2,0	3060	1810	2,0	3620	1180	2,0	2360		
					g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—
						g_n	2030	—	3280	2580	—	4050	1300	—	2480	2300	—	3910	2920	—	4840	1600	—	2820	

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные коэффициенты условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Объем	III район гололеда									IV район гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
						норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет
					С _п	1485	1,31 1,28 =1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—
					g _п	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	1420	1,1	460
					g _г	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
					g _{н.г.}	870	—	950	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
					S _г	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500
					g _г	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	1420	1,1	460
					g _г	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
					g _{н.г.}	870	—	950	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	—	—	—

Примечания:

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

Давление ветра на конструкцию опоры П6220-5 по схемам I и II таблица № 3

Наименование секций	Эскиз и средняя отлетка секции	Коэффициент удлинения стержней по длине	Надпортовый напор q_0 (кг/м ²)	Площадь выноса q_1 (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент экранирования $\beta = \frac{z_1}{z}$	Коэффициент поправки по ветру $C_p = C_{1p} \cdot C_{2p}$	β при $\frac{z_1}{z} = 1$	Коэффициент поправки по ветру C_{1p}	Коэффициент поправки по ветру C_{2p}	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамичности (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамичности $B=1,35$ и коэфф. поправки $\eta=1,2$ (кг)		
											При ветре поперек P_{\perp}	При ветре под 45°		При ветре поперек P_{\perp}	При ветре под 45°	
												$P_{\perp} = 0,8 P$	$P_{\parallel} = 0,8 P$		$P_{\perp} = 0,8 P$	$P_{\parallel} = 0,8 P$
Верхняя траверса		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		1,43	115	1,01	3,75	0,27	0,38	0,73	0,56	130 ²⁾ (285)	185 ³⁾	130 ³⁾	210	300	210	
Нижняя траверса		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	
Простой по		1,61	129	0,48	2,1	0,23	0,32	0,79	0,57	155	125	125	250	200	200	
Верхняя секция		1,48	119	9,9	17,6	0,22	0,31	0,82	0,56	1170	935	935	1900	1510	1510	
Средняя секция		1,07	86	4,66	26,2	0,18	0,25	0,88	0,47	1060	850	850	1720	1380	1380	
Нижняя секция		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:

- Опора рассчитана на скоростной напор $q = 80 \text{ кг/м}^2$ на высоте до 15 м
- Ветровые нагрузки на траверсы P_{tr} , указанные в столбцах, определены при направлении ветра \perp кси траверсе. При ветре \perp кси ветровая нагрузка составляет $0,45 P_{tr}$
- При ветре под 45° к оси ВЛ $P_{\perp} = 0,65 P_{tr}$, а $P_{\parallel} = 0,45 P_{tr}$

Давление ветра на конструкцию опоры ЛЭ 220-6 по схемам I и I^д

Таблица № 4

Категория опоры секции	Эскиз и средняя отметка секции	Коэффициент обдуваемости μ в зависимости от высоты опоры на высоте 10 м на высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Плотность воздуха ρ (кг/м ³)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент загроможденности $\psi = \frac{f_1}{S}$	Величина коэффициента порывов $K_p = 1 + \frac{z}{100}$	α (при $\frac{z}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффициент C_x (при $\frac{z}{h} = 1$)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамики $B=1,35$ и коэф. перегрузки $\eta=1,2$ (кг)				
										При ветре и траверсе $P = q_0 C_x \mu S$		При ветре под 45°		При ветре и траверсе $P = q_0 C_x \mu S$		При ветре под 45°	
										$P_{\perp} = 0,8 P$ ⊥ траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ и траверсе	$P_{\perp} = 0,8 P$ ⊥ траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ и траверсе	$P = q_0 C_x \mu S$	$P_{\perp} = 0,8 P$ ⊥ траверсе	$P_{\parallel} = 0,8 P$ и траверсе	
Ветряк		1,72	138	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	85 × 2 ² (120)	125 ³ × 2	85 ³ × 2	140 × 2	200 × 2	140 × 2		
Средняя секция		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 секция		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		
Трансформаторная секция		1,79	143	0,91	4,75	0,19	0,27	0,87	0,51	350	280	280	570	450	450		
Ветряк секция		1,63	131	3,9	17,6	0,22	0,31	0,82	0,56	1280	1020	1020	2100	1650	1650		
Ветряк секция		1,45	116	3,47	12,4	0,28	0,39	0,70	0,66	350	760	760	1590	1230	1230		
Средняя секция		1,07	86	4,97	26,2	0,19	0,27	0,87	0,51	1150	920	920	1300	1490	1490		
Нижняя секция		1,0	80	5,89	36,8	0,16	0,22	0,92	0,42	1240	990	990	2010	1600	1600		
Итого:										5560	4830	4560	9050	7800	7390		

Примечания:

- Опоры рассчитаны на скоростной напор $q = 80$ кг/м² на высоте 30 м
- Ветровые нагрузки на траверсы P_{\perp} , указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ оси траверсы.
- При ветре под 45° к оси ВЛ $P_{\perp} = 0,65 P_{\perp}$ и $P_{\parallel} = 0,45 P_{\parallel}$

Итого: 5560 4830 4560 9050 7800 7390
 При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 P_{тр}
 При ветре под 45° к оси ВЛ P_⊥ = 0,65 P_{тр} и P_∥ = 0,45 P_{тр}

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

Таблица № 5

Сечения, отметки, базы	Схема I', II' район гололеда			Схема I'', II'' район гололеда			Схема III, 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		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и тросы M _п	От ветры на конструкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода и тросы	От ветры на конструкцию		II траверсы M _{вн}	I траверсы M _{вн}	
3-3 ▽ 21,9 м B=1,9 м	0,71×10,6=7,53 1,07×7,1=7,6 1,07×2×0,6=1,29	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	0,51×1=0,51 1,35×3=4,05 0,173×10,6=1,83	0,5×10,6=5,3 0,155×7,1=1,1 0,155×2×0,6=0,19	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	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	0,51×1=0,51 1,35×3=4,05 0,173×10,6=1,83	1,17×10,6=12,4 1,07×7,1=7,6 1,07×2×0,6=1,28	2,82×1=2,82 4,84×3=14,52 0,173×10,6=1,83
	3,92 M _п =16,42 M _{вн} =1,35×6,3=8,1 ΣM _п =24,52	2,605 M _{вн} =12,01	6,39	2,765 M _п =11,57 M _п =1,35×6,7=8,1 ΣM _п =19,67	2,165 M _{вн} =9,83 2,365 M _{вн} =10,47	6,39	4,38 M _п =21,28 M _{вн} =4,84×6,0=29,0 ΣM _п =50,28 M _{вн} = $\frac{12,01}{4,8}$ =2,5	19,17	
	$U_1 = \frac{24,52 + 12,01}{2 \times 1,9} + \frac{6,39}{4} = 9,6 + 1,6 = 11,2 \tau$			$U_1 = \frac{19,67 + 9,83 + 10,47}{2 \times 1,9} + \frac{6,39}{4} = 10,5 + 1,6 = 12,1 \tau$			$U_1 = \frac{50,28 + 2,5}{2 \times 1,9} + \frac{19,17}{4} = 18,7 \tau$		
2-2 ▽ 11,65 м B=2,86 м Cos γ=0,998	3,92×10,25=40,2 3,92 M _п =64,82	2,605×10,25=26,8 1,72×5,13=8,84 4,33 M _{вн} =47,65	0,173×10,25=1,77 8,16	2,765×10,25=28,4 2,765 M _п =48,07	2,165×10,25=22,2 1,38×5,13=7,08 3,545 M _{вн} =39,11	2,365×10,25=24,2 1,38×5,13=7,08 3,745 M _{вн} =41,75	0,173×10,25=1,77 8,16	4,38×10,25=44,9 4,38 M _п =95,18 M _{вн} = $\frac{47,65}{4,8}$ =9,9	19,17 20,94
	$U_2 = \frac{64,82 + 47,65}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{8,16}{4 \times 0,998} = 19,7 + 2,05 = 21,75 \tau$			$U_2 = \frac{48,07 + 39,11 + 41,75}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{8,16}{4 \times 0,998} = 22,5 + 2,05 = 24,56 \tau$			$U_2 = \frac{95,18 + 9,9}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{20,94}{4 \times 0,998} = 23,65 \tau$		
1-1 ▽ 4,0 м B=3,625 м Cos γ=0,998	3,92×7,65=30,0 3,92 M _п =94,82	4,33×7,65=33,1 1,21×3,8=4,6 5,54 M _{вн} =85,35	0,173×7,65=1,32 9,48	2,765×7,65=21,2 2,765 M _п =69,27	3,545×7,65=27,2 0,97×3,8=3,69 4,52 M _{вн} =70,0	3,745×7,65=28,7 0,97×3,8=3,69 4,72 M _{вн} =74,34	0,173×7,65=1,32 9,48	4,38×7,65=33,6 4,38 M _п =128,78 M _{вн} = $\frac{85,35}{4,8}$ =17,8	20,94 22,36
	$U_1 = \frac{94,82 + 85,35}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{9,48}{4 \times 0,998} = 25,1 + 2,38 = 27,48 \tau$			$U_1 = \frac{69,27 + 70,0 + 74,34}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{9,48}{4 \times 0,998} = 29,4 + 2,38 = 31,78 \tau$			$U_1 = \frac{128,78 + 17,8}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{22,36}{4 \times 0,998} = 25,86 \tau$		

Примечания:

1. Усилия в поясах ствoла опоры определены по формуле:

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

2. Момент от неравномерных вертикальных нагрузок M_{н.у.} = G_в;

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

Таблица № 6

Сечения, отметки и базы	Система I, II район колодезя;			Схема I', II' район колодезя;			Схема II, II' район колодезя		
	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M _п и от ветра на конструк- цию опоры M _{вн} (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M _п	От ветра на конст- рукцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода и трос M _п	От Ветра на конструкцию опоры		Или траверсы M _{вн}	Л траверсы M _{в1}	
4-4 ▽ 28,4 м β = 1,9 м	0,770 × 13,1 = 10,1 1,28 × 2 × 7,1 = 18,2 1,28 × 2 × 0,62 = 1,59	0,57 × 10,8 = 6,15 0,14 × 2 × 7,85 = 2,2 0,23 × 2 × 1,37 = 0,63	0,51 × 1 = 0,51 1,35 × 4 = 5,4 0,19 × 13,1 = 2,49	0,545 × 13,1 = 7,15 0,31 × 2 × 7,1 = 4,4 0,91 × 2 × 0,62 = 1,13	0,45 × 10,8 = 4,85 0,14 × 2 × 7,85 = 2,2 0,23 × 2 × 1,37 = 0,63	0,45 × 10,2 = 4,85 0,2 × 2 × 7,85 = 3,14 0,32 × 2 × 1,37 = 0,88	0,51 × 1 = 0,51 1,35 × 4 = 5,4 0,19 × 13,1 = 2,49	1,225 × 13,1 = 16,1 1,28 × 2 × 7,1 = 18,3 1,28 × 2 × 0,62 = 1,59	2,82 × 1 = 2,82 4,84 × 4 = 19,36 0,13 × 13,1 = 1,71
	5,89 M _п = 29,89	2,1 × 4,3 = 9,05 3,41 M _{вн} = 18,03	8,39	4,185 M _п = 21,18	1,65 × 4,3 = 7,1 2,84 M _{вн} = 14,78	3,14 M _{в1} = 15,97	8,39	6,345 M _п = 35,99 M _{вн} = $\frac{18,03}{4,8} = 3,76$	24,67
	$U_4 = \frac{29,89 + 18,03}{2 \times 1,9} + \frac{8,39}{4} = 12,6 + 2,1 = 14,7 \tau$			$U_4 = \frac{21,18 + 14,78 + 15,97}{2 \times 1,9} + \frac{8,39}{4} = 13,65 + 2,1 = 15,75 \tau$			$U_4 = \frac{35,99 + 3,76}{2 \times 1,9} + \frac{24,67}{4} = 16,67 \tau$		
3-3 ▽ 21,9 м β = 1,9 м	29,89 5,89 × 6,5 = 38,3 1,28 × 2 × 0,62 = 1,59	18,03 3,41 × 6,5 = 22,2 0,115 × 2 × 1,37 = 0,46	8,39 1,35 × 2 = 2,7 0,19 × 6,5 = 1,24	21,18 4,185 × 6,5 = 27,2 0,91 × 2 × 0,62 = 1,13	14,78 2,84 × 6,5 = 18,5 0,115 × 2 × 1,37 = 0,32	15,97 3,14 × 6,5 = 2,04 0,17 × 2 × 1,37 = 0,46	8,39 1,35 × 2 = 2,7 0,19 × 6,5 = 1,24	35,99 6,345 × 6,5 = 41,3 1,28 × 2 × 0,62 = 1,59	24,67 4,84 × 2 = 9,68 0,19 × 6,5 = 1,24
	8,45 M _п = 69,78	1,54 × 3,25 = 5,0 5,18 M _{вн} = 45,69	12,33	6,005 M _п = 49,51	4,3 M _{вн} = 37,6	4,71 M _{в1} = 40,83	12,33	8,305 M _п = 78,88 M _{вн} = $\frac{45,69}{4,8} = 9,5$	35,59
	$U_3 = \frac{69,78 + 45,69}{2 \times 1,9} + \frac{12,33}{4} = 30,4 + 3,1 = 33,5 \tau$			$U_3 = \frac{49,51 + 37,6 + 40,83}{2 \times 1,9} + \frac{12,33}{4} = 33,6 + 3,1 = 36,7 \tau$			$U_3 = \frac{78,88 + 9,5}{2 \times 1,9} + \frac{35,59}{4} = 32,07 \tau$		
2-2 ▽ 11,65 м β = 2,86 м cos γ = 0,998	69,78 8,45 × 10,25 = 86,6 8,45	45,69 5,18 × 10,25 = 53,1 1,86 × 5,13 = 9,55	12,33 0,19 × 10,25 = 1,95	49,51 6,005 × 10,25 = 61,5	37,6 4,3 × 10,25 = 44,1 1,49 × 5,13 = 7,65	40,83 4,71 × 10,25 = 48,4 1,49 × 5,13 = 7,65	12,33 0,19 × 10,25 = 1,95	78,88 8,305 × 10,25 = 91,4	35,59 0,19 × 10,25 = 1,95
	156,38 M _п = 156,38	7,04 M _{вн} = 108,34	14,28	111,01 M _п = 111,01	5,79 M _{вн} = 89,35	6,2 M _{в1} = 36,88	14,28	8,305 M _п = 170,28 M _{вн} = $\frac{108,34}{4,8} = 22,6$	37,54
	$U_2 = \frac{156,38 + 108,34}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{14,28}{4 \times 0,998} = 46,3 + 3,6 = 49,9 \tau$			$U_2 = \frac{111,01 + 89,35 + 96,88}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{14,28}{4 \times 0,998} = 51,8 + 3,6 = 55,4 \tau$			$U_2 = \frac{170,28 + 22,6}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{37,54}{4 \times 0,998} = 43,1 \tau$		
1-1 ▽ 4,0 м β = 3,625 м cos γ = 0,998	156,38 8,45 × 7,65 = 85,0 8,45	108,34 7,04 × 7,65 = 70,6 2,01 × 5,0 = 10,1	14,28 0,19 × 7,65 = 1,91	111,01 6,005 × 7,65 = 45,9	89,35 5,79 × 7,65 = 43,3 0,99 × 3,8 = 3,76	96,88 6,2 × 7,65 = 47,6 2,99 × 3,8 = 3,76	14,28 0,19 × 7,65 = 1,45	170,28 8,305 × 10,05 = 89,6	37,54 0,19 × 10,05 = 1,91
	241,38 M _п = 241,38	9,05 M _{вн} = 189,04	16,19	156,91 M _п = 156,91	7,39 M _{вн} = 136,41	7,8 M _{в1} = 148,14	15,73	8,305 M _п = 259,88 M _{вн} = $\frac{189,04}{4,8} = 39,4$	39,45
	$U_1 = \frac{241,38 + 189,04}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{16,19}{4 \times 0,998} = 56,6 + 4,05 = 60,65 \tau$			$U_1 = \frac{156,91 + 136,41 + 148,14}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{15,73}{4 \times 0,998} = 61,0 + 3,95 = 64,95 \tau$			$U_1 = \frac{259,88 + 39,4}{2 \times 3,625 \times 0,998} + \frac{39,45}{4 \times 0,998} = 48,55 \tau$		

Примечания:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

Расчет усилий в раскосах ствола опоры
ПС 220-5 таблица №7.

секция	Грани опоры	S_n (кг)				2080			
		Обознач. раскосов	База "в" (м)	$\cos \beta$	$4B \cos \beta$	$\frac{b_0}{4B \cos \beta}$	$\ell = 6,0 \text{ м}$	$\frac{DT}{M_{кр}}$	$\frac{DT}{S_n}$
		$b_0 = 1,775 \text{ м}$		$M_{кр.} (\text{т.м})$		12,48			
средняя секция	граница оси трверс	D ₄	1,96	0,838	6,58	0,269	1,9	0,55	2,46
		D ₅	2,03	0,848	6,9	0,257	1,81	0,54	2,35
		D ₆	2,23	0,819	7,3	0,243	1,71	0,51	2,22
		D ₇	2,38	0,838	7,98	0,222	1,56	0,46	2,02
		D ₈	2,53	0,857	8,7	0,204	1,44	0,43	1,87
		D ₉	2,69	0,848	9,14	0,194	1,37	0,40	1,77
		D ₁₀	2,86	0,857	9,82	0,181	1,27	0,38	1,65

Расчет усилий в раскосах ствола опоры П 220-5
продолжение таблицы № 7

секция		S _н (кг)					2080		
		Общая рас-с-св	База "в" (м)	cos β	4 в cos β	b ₀ / 4 в cos β	L = 6,0 м		
γ _т / Мкр	γ _т / S _н						Σ		
		b ₀ = 1,775 м		Мкр (тм)		12,48			
нижняя секция	Грань Лоси траверс	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:

$$D = \frac{M_{кр}}{4v \cos \beta} + \frac{S_n b_0}{4v \cos \beta}$$

b₀ — база на отметке приложения силы

Расчет усилий в раскосах ствела опоры ЛС 220-Б
таблица № 8

СЕКЦИЯ	Грани опоры	S_n (кг)				2080			
		Обознач. раскосов	длина "в" (м)	$\cos\beta$	$4\beta\cos\beta$	$\frac{\sigma_c}{4\beta\cos\beta}$	σ_T Мкр	σ_T S_n	Σ
		$\ell_2 = 1,13 \text{ м}$		Мкр (ТМ)		12,48			
СРЕДНЯЯ СЕКЦИЯ	Грань троса траверсы	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

№ 3081 ТМ-Т 3

12С
2713

Расчет усилий в раскосах створа опоры П-220-6
продолжение таблицы № 8

секция	границы опоры	S _n (кг)					2080		
		Обозн. раскосов	База "b" (м)	cos β	4 b cos β	$\frac{b_0}{4b \cos \beta}$	ℓ = 6,0 м		
						от Мкр	от S _n	Σ	
		b ₀ = 1,13 м		Мкр (тм)		12,48			
нижняя граница	границы троса	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 :

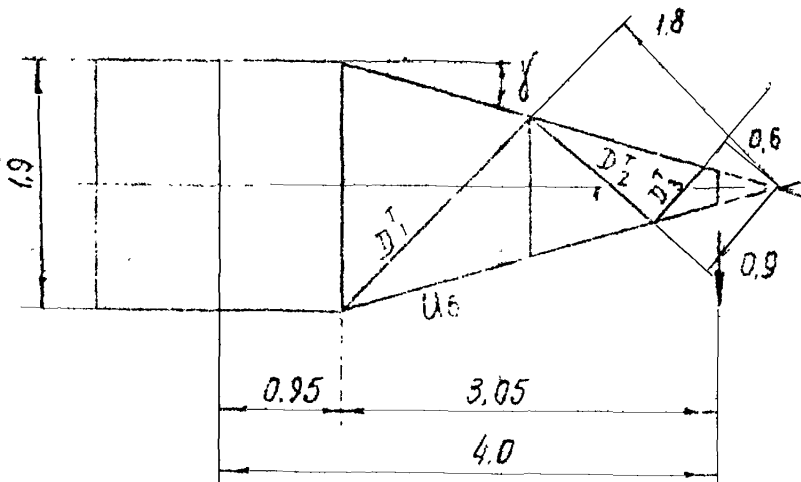
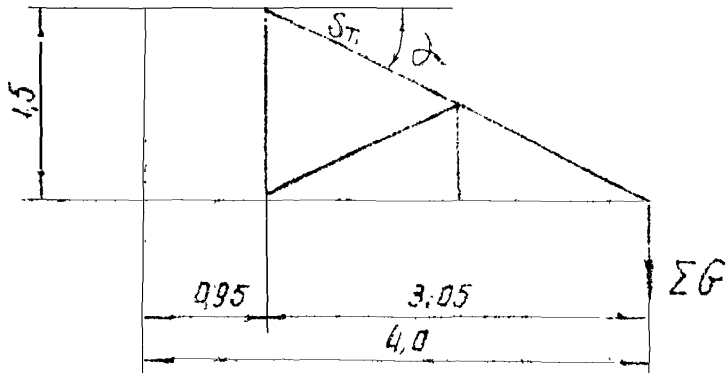
$$D = \frac{M_{кр.}}{4b \cos \beta} + \frac{S_n b_0}{4b \cos \beta}$$

b₀ - база на отметке приложения силы.

Расчет траверс

апар ПС 220-5,
ПС 220-6 и
ПЧС 220-2

1. Траверса $l = 4,0 \text{ м}$;



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

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

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

а) Усилие в поясе

Схема II, III район гололеда

$$S_n = 2,08 \text{ т}, \quad g_n = 1,25 \text{ т}, \quad g_r = 0,1 \text{ т}, \quad g_\lambda = 0,15 \times 11 = 0,165;$$
$$G_{\text{тр}} \approx 0,3 \text{ т}$$

$$\Sigma G = 0,25 g_n - 0,5 g_r + 0,5 g_\lambda + 0,25 G_{\text{тр}} =$$
$$= 0,25 \times 1,25 + 0,5 \times 0,1 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,3 = 0,52 \text{ т};$$

$$C_6 = \frac{0,52 \times 3,05}{1,5 \times 0,969} + \frac{2,08 \times 3,05}{1,9 \times 0,969} = 1,09 + 3,44 = 4,53 \text{ т},$$

Схема II, IV район гололеда

$$g_n = 4,74 \text{ т}, \quad g_r = 0,1 \text{ т}; \quad G_{\text{тр}} \approx 0,3 \text{ т};$$

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

$$C_6 = \frac{2,5 \times 3,05}{1,5 \times 0,969} = \underline{\underline{5,25 \text{ т}}},$$

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район гололеда

$$g_n = 4,74 \text{ т}; \quad g_r = 0,1 \text{ т}; \quad G_{\text{тр}} \approx 0,3 \text{ т};$$

$$\Sigma G = 2,5 \text{ т}$$

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

в) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III, III район гололеда

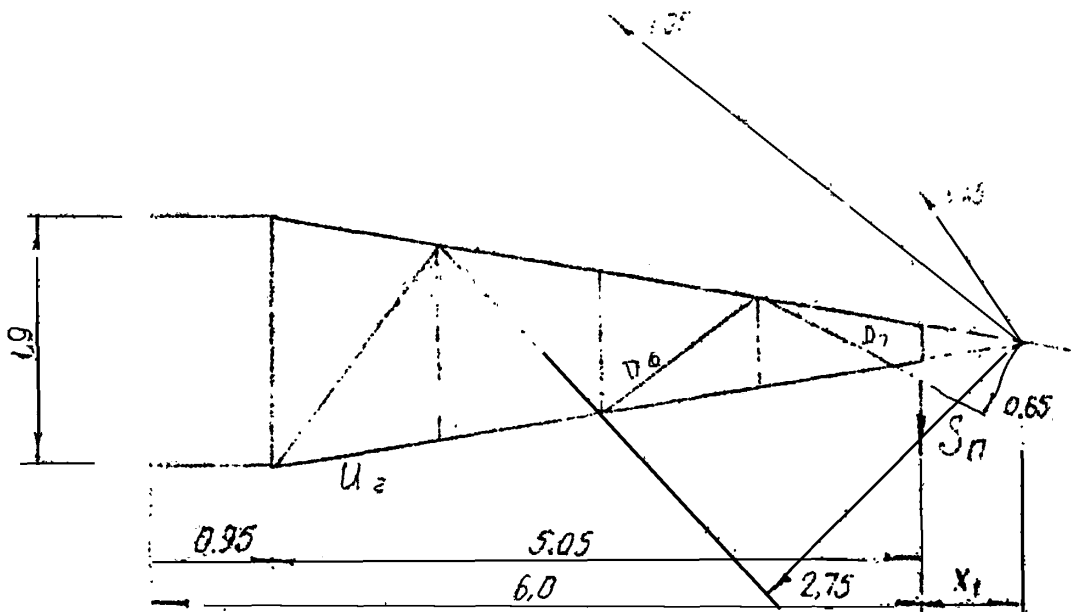
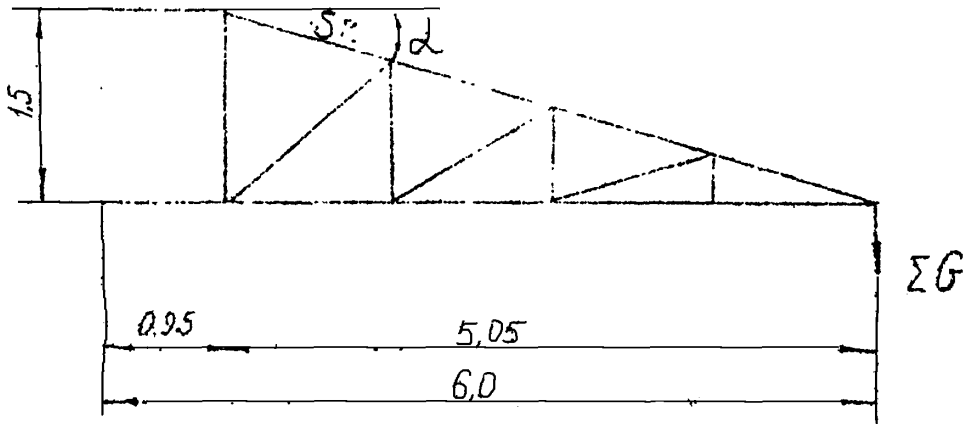
$$S_n = 2,08 \text{ т}; \quad X = 0,5 \text{ м}, \quad M_{03} = 2,08 \times 0,5 = 1,04 \text{ тм},$$

$$D_1^T = \frac{1,04}{1,8} = 0,58 \text{ т}$$

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

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

2. Траверса $l = 6,0\text{ м}$;



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,5}{5,05} = 0,297$$

$$\cos \alpha = 0,958$$

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

$$\cos \gamma = 0,987$$

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

а) Усилие в поясе

Схема III; III район голландца;

$$S_n = 2,08 \text{ т}; \quad g_n = 1,25 \text{ т}; \quad g_r = 0,1 \text{ т}; \quad g_A = 0,165 \text{ т}, \quad G_{тр} \approx 0,5$$

$$\begin{aligned} \Sigma G &= 0,25 \times g_n + 0,5 g_r + 0,5 g_A + 0,25 G_{тр} = \\ &= 0,25 \times 1,25 + 0,5 \times 0,1 + 0,25 \times 0,5 + 0,5 \times 0,165 = 0,57 \text{ т}; \end{aligned}$$

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

$$1,94 + 5,6 = 7,54 \text{ т}$$

Схема II; IV район голландца;

$$g_n = 4,74 \text{ т}, \quad g_r = 0,1 \text{ т}; \quad G_{тр} \approx 0,5 \text{ т};$$

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

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

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район голландца

$$g_n = 4,74 \text{ т}, \quad g_r = 0,1 \text{ т}, \quad G_{тр} \approx 0,5 \text{ т};$$

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

в) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; III район голландца

$$S_n = 2,08 \text{ т}; \quad X = 0,765 \text{ м}; \quad M_{032} = 2,08 \times 0,765 = 1,59 \text{ тм};$$

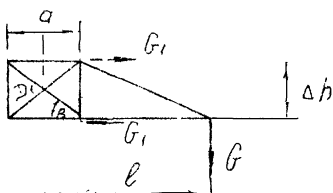
$$D_4^T = \frac{1,59}{4,55} = 0,39 \text{ т}, \quad D_7^T = \frac{1,59}{0,65} = 2,44 \text{ т}$$

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

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

Расчет раскрытия ствола
опоры ПК 220-6 и ПК 220-5

Схема II, IV район гололеда



1) $l = 4,0 \text{ м}$

$$G_1 = \frac{G l_c}{2 \Delta h} ; \quad l_c = l - \frac{a}{2} = 4,0 - 0,95 = 3,05 \text{ м}$$

$\Delta h = 1,5 \text{ м}$

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

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

$$D_1 = \frac{G_1}{2 \cos \beta} = \frac{5,1}{2 \times 0,835} = 3,05 \text{ Т}$$

2) $l = 6,0 \text{ м}$

$$G_1 = \frac{G l_c}{2 \Delta h} ; \quad l_c = l - \frac{a}{2} = 6,0 - 0,95 = 5,05 \text{ м}$$

$\Delta h = 1,5 \text{ м}$

$G = 255 \times 25,1 \text{ Т (см. лист 26...)}$

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

$$D_1 = \frac{G_1}{2 \cos \beta} = \frac{8,6}{2 \times 0,835} = 5,15 \text{ Т}$$

Расчет раскосов в секциях
с II поясами верхних секций
для опор ПС 220-5 и ПС 220-6

Схема III, III р-н гололеда;

$$S_n = 2,08$$

Раскос D_2

$$M_{кр} = 2,08 \times 4,0 = 8,32 \text{ тм.}$$

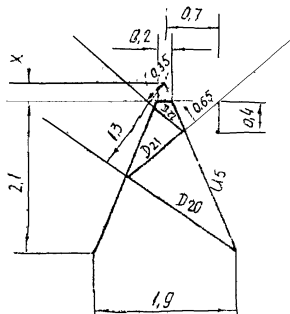
$$D_2 = \frac{\frac{2,08}{2}}{2 \times 0,835} + \frac{8,32}{4 \times 1,9 \times 0,835} = 0,62 + 1,31 = 1,93 \text{ т};$$

Раскос D_3

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

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

Расчет прочности
оперы ЛС 220-5



$$x = \frac{2.0 \times 0.2}{1.9 - 0.2} = 0.24 \text{ м};$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{0.95}{2.0} = 0.475 \quad \cos \gamma = 0.903$$

а) Усилие в поясе

Схема IV; III район гололеда, трос С-70

$$S_T = 1.5 \text{ т}, \quad g_T = 0.51 \text{ т}, \quad G_{\text{тр}} = 0.2 \text{ т};$$

$$M = 1.5 \times 2.1 + \frac{0.51}{2} \times 0.7 = 3.0 + 0.18 = 3.18 \text{ тм},$$

$$\Sigma G = \frac{0.51}{2} + 0.2 = 0.455 \text{ т},$$

$$U_5 = \frac{3.18}{2 \times 1.9 \times 0.903} + \frac{0.455}{4 \times 0.903} = 0.93 + 0.13 = 1.06 \text{ т}$$

б) Усилия в раскосах

Схема IV; III район гололеда,

$$S_T = 1,5 \text{ т}, \quad X = 0,24 \text{ м}; \quad b_0 = 0,2 \text{ м}$$

$$M_{U3} = 1,5 \times 0,24 = 0,36 \text{ тм}$$

$$M_{Kp} = 1,5 \times 0,7 = 1,05 \text{ тм},$$

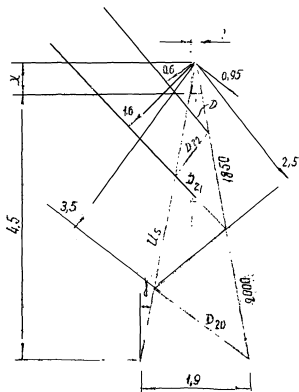
$$D = \frac{M_{U3}}{2R} + \frac{M_{Kp} X}{2b_0 \times R}$$

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

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

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

Расчет трапециoidalной
опоры ПС 220-б



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

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{0.95}{4.5} = 0.21 \quad \cos \gamma = 0.978$$

а) Усилие в поясе

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

$S_T = 1.5 \tau$; $g_T = 0.51 \tau$; $G_{тр.} \approx 0.3 \tau$;

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

N3081т-Т 3 100°
3/8

$$\Sigma G = \frac{0,51}{2} + 0,3 = 0,255 + 0,3 = 0,555 \text{ T},$$

$$U_5 = \frac{6,88}{2 \times 1,9 \times 0,978} + \frac{0,555}{4 \times 0,978} = 1,84 + 0,14 = 1,98 \text{ T},$$

б) Усилия в раскосах

Схема IV; III район голландо

$$S_T = 1,5 \text{ T}, \quad X = 0,53 \text{ м}, \quad B_0 = 0,2 \text{ м}$$

$$M_{U3} = 1,5 \times 0,53 \quad 0,8 \text{ м}$$

$$M_{KD} = 1,5 \times 0,5 = 0,75 \text{ ТМ}$$

$$D = \frac{M_{U3}}{2R} + \frac{M_{KD} \times X}{2B_0 \times R}$$

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

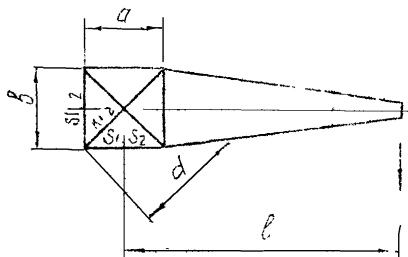
$$D_{21} = \frac{0,8}{2 \times 2,5} + \frac{0,75 \times 0,53}{2 \times 0,2 \times 2,5} = 0,16 + 0,4 = 0,56 \text{ T}$$

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

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

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

Расчет распорок и диафрагм на
отметках и траверсах



$$S = \frac{S_n}{2B} \left(l - \frac{a}{2} \right)$$

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

$$K = \frac{S_n}{4} \times \frac{d}{aB} \times (l - a)$$

Схема III, III район гололеда, (для распорок 220-5 и
лс 220-6)
 $S_n = 2,08 \text{ т}$,

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

$$a = b = 1,9 \text{ м}; \quad d = 2,68 \text{ м}$$

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

$$S'_1 = \frac{2,08}{2} = 1,04 \text{ т}$$

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

2 Средняя траверса $l = 6,0 \text{ м}$;

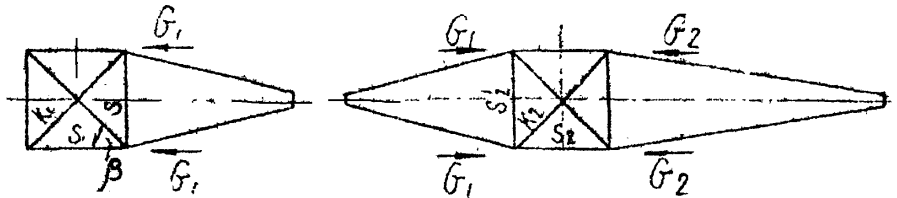
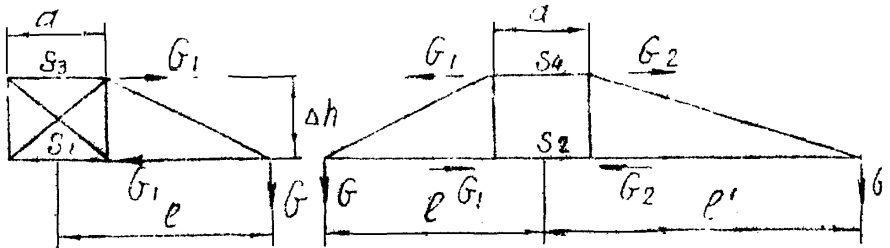
$$a = b = 1,9 \text{ м}; \quad d = 2,68 \text{ м};$$

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

$$S'_2 = \frac{2,08}{2} = 1,04 \text{ т};$$

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

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



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

$$S_1 = 0,7 G_1$$

$$S'_1 = 0,3 G_1 \operatorname{tg} \beta$$

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

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

$$G_2 = \frac{G l'_0}{2 \Delta h}$$

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

$$S'_2 = 0,3 \left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2} \right) \operatorname{tg} \beta$$

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

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

1. Траверса $l = 4,0 \text{ м}$

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

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

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

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

$$S'_1 = 0,3 \times 5,1 = 1,53 \text{ т}$$

$$S_3 = \frac{5,1}{2} = 2,55 \text{ т}$$

2. Траверса $l = 6,0 \text{ м};$

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

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

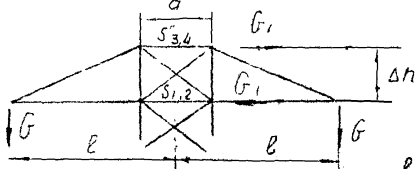
$$S_2 = 0,7 \left(5,1 + \frac{8,6 - 5,1}{2} \right) = 4,8 \text{ т};$$

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

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

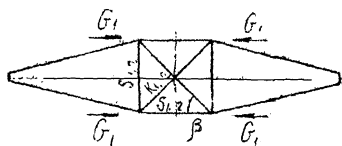
$$S_4 = 5,1 + \frac{8,6 - 5,1}{2} = 6,85 \text{ т};$$

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



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

$$l_0 = l - \frac{a}{2}$$



$$S = 0,7 G_1$$

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

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

$$S'' = G_1;$$

1. Траверса $l = 4,0 \text{ м}$;

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

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

$$S_1 = 0,7 \times 5,1 = 3,58 \tau; \quad S'_1 = 0,3 \times 5,1 = 1,53 \tau;$$

$$K_1 = \frac{0,3 \times 5,1}{0,707} = 2,16 \tau; \quad S''_1 = 5,1 \tau;$$

2. Траверса $l = 6,0 \text{ м}$

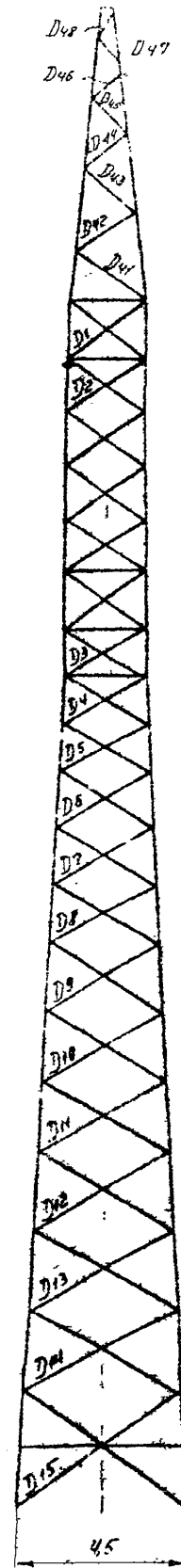
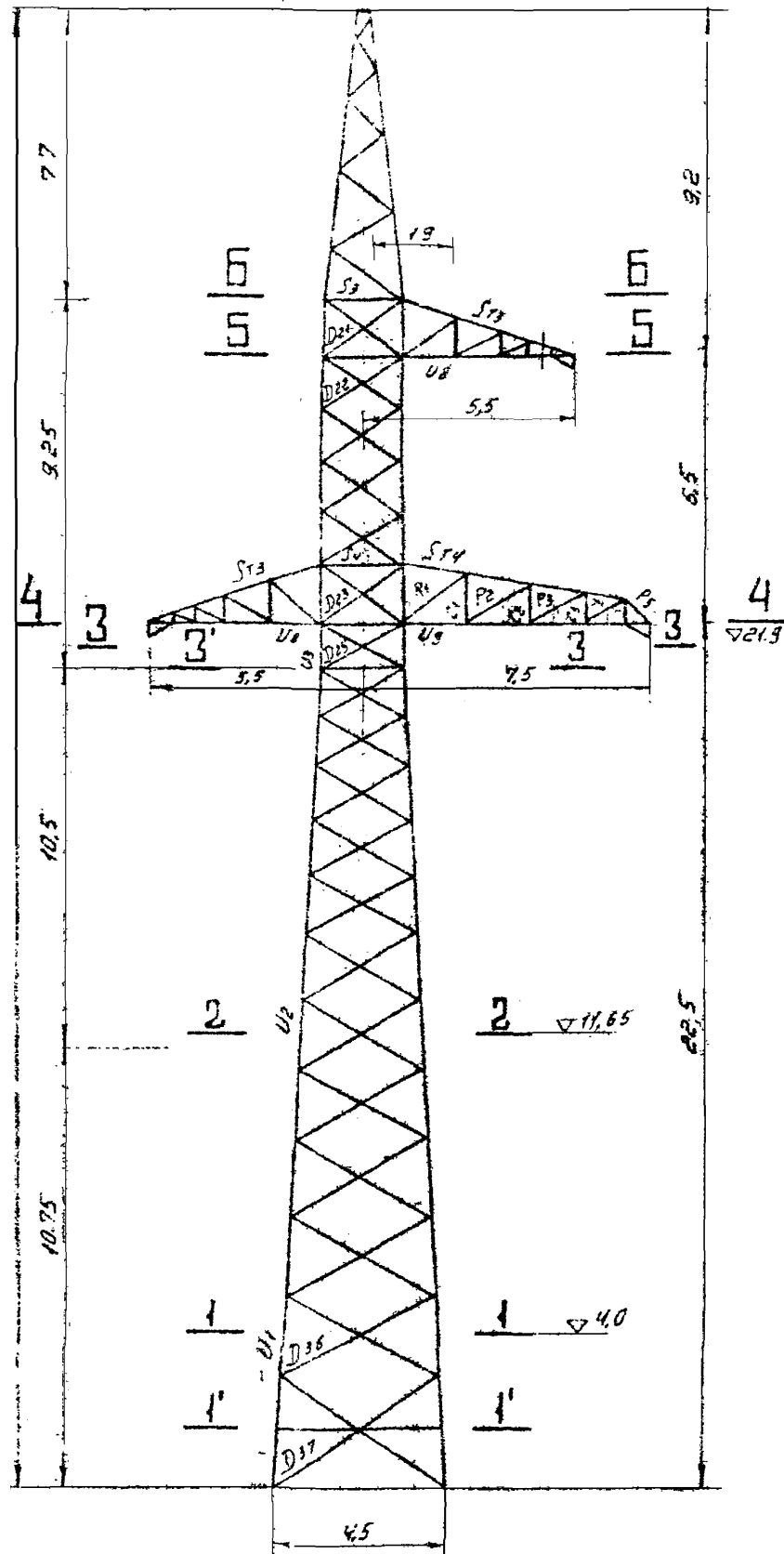
$$G = 2,55 \times 2 = 5,1 \tau \text{ (см. лист 26.)}$$

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

$$S_2 = 0,7 \times 8,6 = 6,02 \tau, \quad S'_2 = 0,3 \times 8,6 = 2,56 \tau;$$

$$K_2 = \frac{0,3 \times 8,6}{0,707} = 2,54 \tau; \quad S''_2 = 8,6 \tau$$

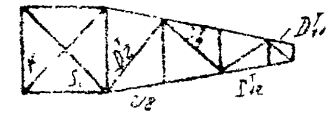
ПРС 220-1



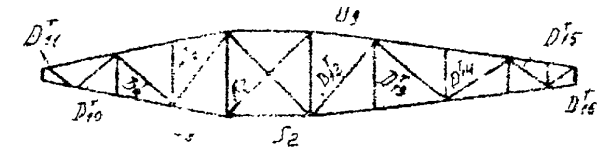
Сечение 6-6



Сечение 5-5



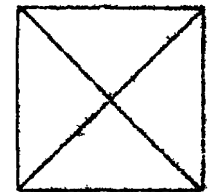
Сечение 4-4



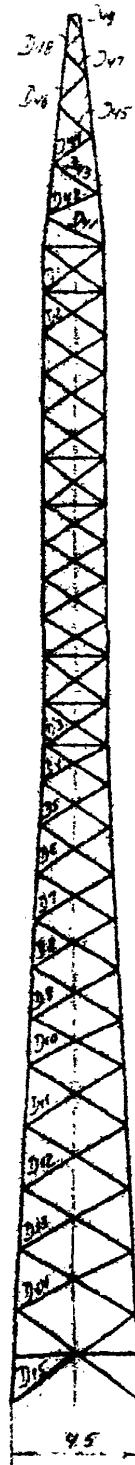
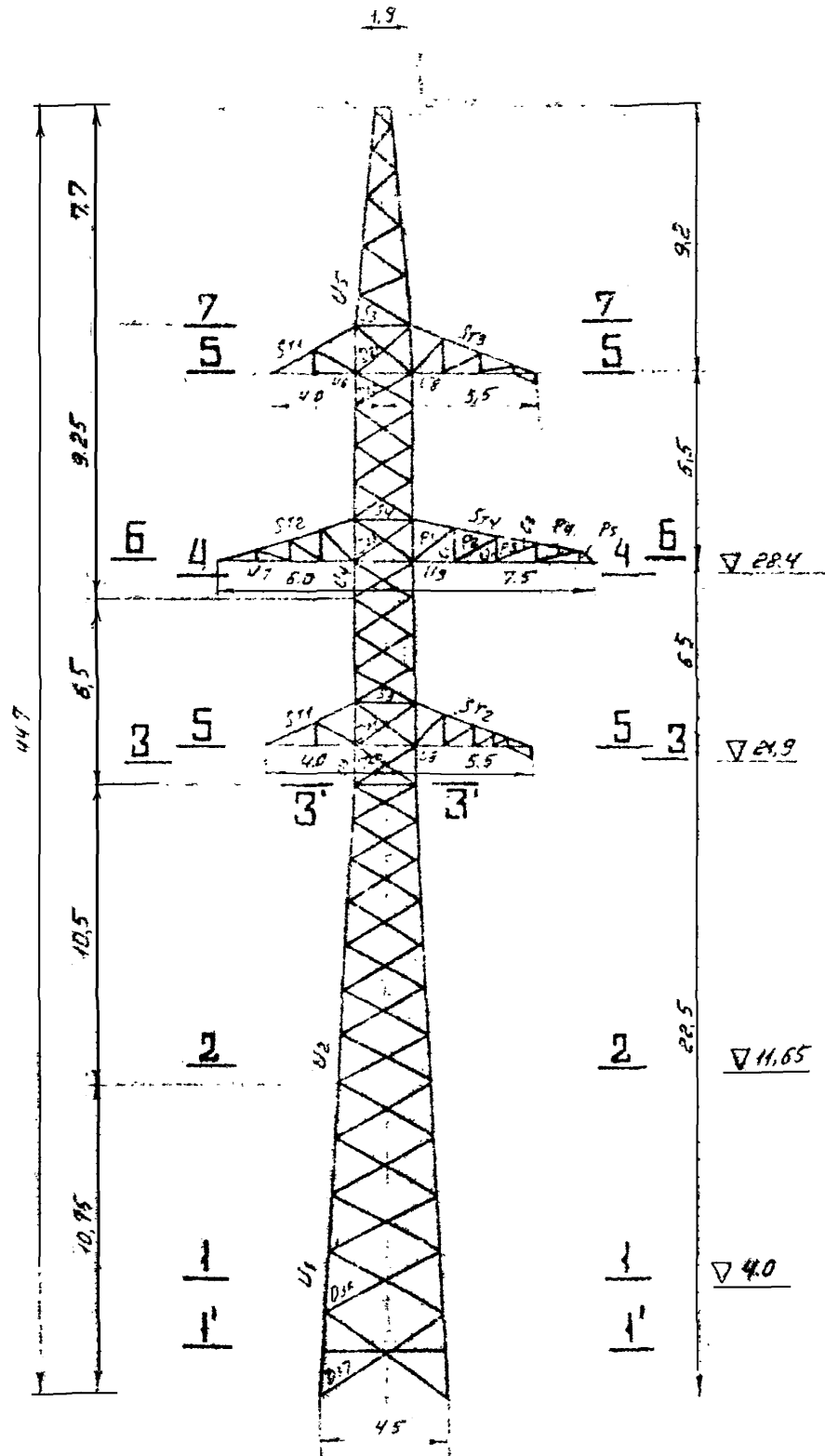
Сечение 3'-3'



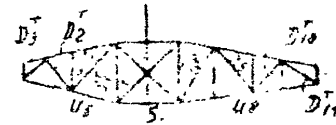
Сечение 1'-1'



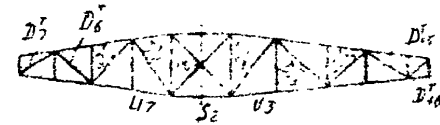
ЛУС 220-2



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 ПЭС 220-1

Таблица № 9

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	I район гололеда												II район гололеда																		
					АСО-300				АСО-400				С-70				АСО-300				АСО-400				С-70										
					495 м				470 м				470 м				435 м				400 м				400 м										
					710 м				760 м				760 м				620 м				570 м				570 м										
355 м				380 м				-				310 м				340 м				-															
Нормативные		Расчетные		Нормативные		Расчетные		Нормативные		Расчетные		Нормативные		Расчетные		Нормативные		Расчетные		Нормативные		Расчетные													
2°	10°	п	2°	10°	2°	8°	п	2°	8°	2°	8°	п	2°	8°	2°	10°	п	2°	10°	2°	8°	п	2°	8°	2°	8°	п	2°	8°						
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверсы.	t = -5°C, C = 1, q _н = 80 кг/м ² , q _л = 120 кг/м ²		Давление ветра на пролет проводов, троса	P _v	725	725	1,2	870	870	790	790	1,2	950	950	525	525	1,2	630	630	635	635	1,2	760	760	670	670	1,2	805	805	440	440	1,2	525	525
				Составляющая вдоль траверсы от тяжести проводов, троса	P ₂	85	430	1,3	110	560	120	475	1,3	160	620	60	250	1,3	80	320	65	340	1,3	85	440	95	380	1,3	125	435	50	195	1,3	65	255
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	P _н P _г	810	1155	-	980	1430	910	1265	-	1110	1570	585	775	-	710	950	700	975	-	345	1200	765	1050	-	330	1300	430	635	-	530	780
				Вес пролета проводов, троса	q _п q _г	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	-	-	-												
				Ia	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под 45° к оси траверсы.	t = -5°C, C = 0, q _н = 80 кг/м ² , q _л = 120 кг/м ²		Давление ветра на пролет проводов, троса	P _v	615	515	1,2	620	620	560	560	1,2	670	670	370	370	1,2	445	445	450	450	1,2	540	540	475	475	1,2	570	570	310
Составляющая вдоль траверсы от тяжести проводов, троса	P ₂	55	270					1,3	70	350	100	400	1,3	130	520	50	200	1,3	65	260	40	210	1,3	50	270	80	320	1,3	100	415	40	150	1,3	50	195
Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	P _н P _г	570	785					-	690	370	660	960	-	800	1190	420	570	-	510	705	490	660	-	530	810	555	795	-	670	985	350	460	-	420	565
Вес пролета проводов, троса	q _п q _г	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	-	-	-												
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверсы.	t = -5°C, C = 15 мм, q _н = 20 кг/м ² , q _л = 30 кг/м ²						Давление ветра на пролет проводов, троса	P _v	635	635	1,4	890	890	645	645	1,4	905	905	670	670	1,4	940	940	660	660	1,4	925	925	645	645	1,4	905	905	700
				Составляющая вдоль траверсы от тяжести проводов, троса	P ₂	130	650	1,4	180	310	175	625	1,4	245	975	100	405	1,4	140	570	130	650	1,4	180	310	175	635	1,4	245	975	100	405	1,4	140	570
				Суммарная горизонтальная нагрузка вдоль траверсы	P _н P _г	765	1285	-	1070	1800	820	1340	-	1150	1880	850	1075	-	1080	1510	790	1310	-	1105	1895	820	1340	-	1150	1880	800	1105	-	1120	1530
				Вес пролета проводов, троса	q _п q _г	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	-	-	-												

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

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III район гололеда																		IV район гололеда															
					АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-200			АСО-400			С-70			АСО-200			АСО-400			С-70									
					495 м			470 м			470 м			435 м			400 м			400 м			400 м			400 м			400 м									
					710 м			760 м			760 м			620 м			570 м			570 м			570 м			570 м			570 м									
355 м			330 м			330 м			310 м			340 м			340 м			340 м			340 м			340 м														
Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h						
2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°	2°	10°									
III	Оборван один провод, действующий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$\alpha = -5^{\circ}C; C:0; \varphi = 0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса.	Pn	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.	Pno	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 I тр-са от тяжения провода при обрыве.	Sn	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	qr	780	1.1	860	1.1	1250	1.1	465	1.1	510	1.1	680	1.1	750	1.1	855	1.1	940	1.1	350	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385
				Вес гирлянд изоляторов.	qr	90	1.1	100	1.1	100	1.1	100	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$\alpha = -5^{\circ}C; C:0; \varphi = 0$		Составляющая вдоль траверсы от тяжения целого провода, троса.	Pn	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.	Pto	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	80	1.04	25	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
				Составляющая I тр-са от тяжения троса при обрыве.	Sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				Вес пролета провода, троса.	qr	780	1.1	860	1.1	1250	1.1	465	1.1	510	1.1	680	1.1	750	1.1	855	1.1	940	1.1	350	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385	1.1	385
				Вес гирлянд изоляторов.	qr	90	1.1	100	1.1	100	1.1	100	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100	1.1	90	1.1	100

Примечания:

- Высота центра тяжести троса - 31,7 м
Нормативный скоростной напор $q_n^H = 120 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $K=0,8$; $1,3 \times 0,8 = 1,04$.
- Максимальное напряжения в тросе в III и IV районах гололеда $\sigma_{тmax} = 40 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III район гололеда												IV район гололеда																				
					АСО-300				АСО-400				С-70				АСО-363				АСО-400				С-70												
					Ветер		Вес		Ветер		Вес		Ветер		Вес		Ветер		Вес		Ветер		Вес		Ветер		Вес										
2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п	2°	10°	п											
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опоре	t = -50°C; σ = 0; q _н = 0		Составляющая вдоль троса от тяжения провода, троса	P _n	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 троса от тяжения провода при обрыве	P _{n0}	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 I тр-са от тяжения провода при обрыве	S _n	1480	1475	1,04	1540	1535	1990	1980	1,04	2080	2060	—	—	—	—	—	—	—	1480	1475	1,04	1540	1535	1990	1980	1,04	2080	2060	—	—	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	q _n	780	1,1	860	1,1	940	1,1	940	1,1	350	1,1	385	1,1	385	1,1	680	1,1	750	1,1	855	1,1	940	1,1	940	1,1	350	1,1	385	1,1	385	1,1	385	1,1
				Вес гирлянд изоляторов	q _г	90	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	—	—	—	—	—	—	90	1,1	100	1,1	90	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение по тросу равно половине его максимального тяжения	t = -50°C; σ = 0; q _н = 0		Составляющая вдоль троса от тяжения провода, троса	P _n	55	275	1,04	55	285	80	330	1,04	85	340	—	—	—	—	—	40	170	1,04	40	180	65	260	1,04	70	270	—	—	—	—			
				Составляющая вдоль троса от тяжения троса при обрыве	A _{n0}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				Составляющая I тр-са от тяжения троса при обрыве	S _n	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	q _n	780	1,1	860	1,1	940	1,1	940	1,1	350	1,1	385	1,1	385	1,1	680	1,1	750	1,1	855	1,1	940	1,1	940	1,1	350	1,1	385	1,1	385	1,1	385	1,1
				Вес гирлянд изоляторов	q _г	90	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	—	—	—	—	—	—	90	1,1	100	1,1	90	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1	100	1,1

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса - 31,7 м
Нормативный скоростной напор $q_n^* = 1,62 \times 80 = 130 \text{ кг/м}^2$
2. Высота центра тяжести провода - 17,9 м
Нормативный скоростной напор $q_n^* = 1,19 \times 80 = 96 \text{ кг/м}^2$
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. $\sigma_{т\text{max}} = 40 \text{ кг/мм}^2$
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Давление ветра на конструкцию опоры ЛУБ 220-1 по схемам I и I^а

Таблица № 10^а

Артикул. обозначения	Эквив. и сред. для отп. секции (л)	Сред. эквив. высоты по высоте	Нормативная высота опоры (л) (л _н)	Площадь эквив. проекции (л ²)	Площадь по контуру (л ²)	Коэффициент эквивалентности $\mu = \frac{S_{\text{экв}}}{S}$	Аэродинам. коэффициент поперечной плоскости $\mu_x = \mu \cdot \mu_{\text{пр}}$	μ (при $\frac{h}{b} = 1$)	Аэродинам. коэффициент поперечной плоскости $\mu_x = \mu \cdot \mu_{\text{пр}}$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффици. динам. (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффици. динамич. $V = 1,35$ и коэфф. порыва $\mu = 1,2$ (кг)					
										При ветре и трюверсе $P = q_0 \cdot \mu_x \cdot S$		При ветре под $\angle 45^\circ$		При ветре и трюверсе $P_L = 0,8P$		При ветре под $\angle 45^\circ$	
										При ветре и трюверсе $P_L = 0,8P$	При ветре под $\angle 45^\circ$ $P_H = 0,8P$	При ветре и трюверсе $P_L = 0,8P$	При ветре под $\angle 45^\circ$ $P_H = 0,8P$				
Ветровая трюверсе		1,55	124	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	130 ³⁾ (300)	200	130 ³⁾	210	320	210		
Наклонная плоская		1,43	114	1,61	5,2	0,31	0,43	0,65	0,71	190 ²⁾ (420)	270 ³⁾	190	310	440	310		
Наклонная плоская		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		
Ветровая секция		1,48	118	4,1	18,5	0,22	0,31	0,81	0,56	1220	970	970	1580	1570	1570		
Ветровая секция		1,07	86	5,3	28,0	0,19	0,27	0,87	0,51	1230	980	980	1990	1590	1590		
Наклонная 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 $q = 80 \text{ кг/м}^2$ на высоте 90 м.
2. Ветровые нагрузки на трюверсы $P_{\text{тр}}$, указанные в скобках,

определены при направлении ветра \perp оси трюверса. При ветре \perp оси вл. ветр. нагрузка составляет $0,45 P_{\text{тр}}$
 3. При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси вл. $P_L = 0,65 P_{\text{тр}}$, $P_H = 0,45 P_{\text{тр}}$

Проблема ветра на конструкцию опоры ПУС 220-2 по схеме Г и Г^о

Таблица №11

Тип сечения	Эскиз и средняя отметка сечения (м)	Площадь поверхности боковой поверхности опоры по высоте	Параллельный ветровой напор q_n (кг/м ²)	Площадь эквивалентной трубы $2F_0$ (м ²)	Площадь поперечного сечения S (м ²)	Коэффициент сопротивления ветру $\mu = \frac{2F_0}{S}$	Аэродинамический коэффициент при ветре $C_x = C_x \cdot \mu = C_x \cdot \frac{2F_0}{S}$	α (при $\frac{L}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффициент при ветре C_{x0}	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамичности (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамичности $\beta = 1,35$ и коэффициента лавы $\eta = 1,2$ (кг)				
										При ветре \perp траверсе		При ветре под $\angle 45^\circ$		При ветре \parallel траверсе		При ветре под $\angle 45^\circ$	
										$P_L = q_n C_x S$	$P_{II} = 0,8 P_L$	$P_L = 0,8 P_L$	$P_{II} = 0,8 P_L$	$P_L = q_n C_x S \cdot \beta \cdot \eta$	$P_{II} = 0,8 P_L$	$P_{II} = 0,8 P_L$	
Верхняя траверса		1,72	138	0,55	2,25	0,24	17,34	0,78	0,61	85 ²⁾ (130)	125 ³⁾	85 ³⁾	140	200	140		
		1,72	138	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	150 ²⁾ (330)	215 ³⁾	150 ³⁾	240	350	240		
Средняя траверса		1,57	126	1,05	3,75	0,28	0,39	0,70	0,66	140 ²⁾ (310)	200 ³⁾	140 ³⁾	230	325	230		
		1,57	126	1,61	5,2	0,31	0,43	0,65	0,71	210 ²⁾ (465)	300 ³⁾	210 ³⁾	340	425	340		
Нижняя траверса		1,43	115	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	70 ²⁾ (160)	105 ³⁾	70 ³⁾	115	170	115		
		1,43	115	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	125 ²⁾ (275)	180 ³⁾	125 ³⁾	200	290	200		
Горизонтальная		1,81	145	1,65	0,45	0,19	0,27	0,87	0,51	625	500	500	1010	810	810		
Верхняя сечение		1,63	131	4,1	18,5	0,22	0,31	0,81	0,56	1350	1080	1080	2180	1750	1750		
		1,45	116	3,68	13,0	0,28	0,39	0,70	0,66	995	790	790	1610	1280	1280		
Средняя сечение		1,07	86	6,46	28,0	0,23	0,32	0,80	0,58	1400	1110	1110	2270	1800	1800		
		1,0	80	7,1	42,0	0,17	0,24	0,9	0,47	1580	1260	1260	2560	2040	2040		

ПРИМЕЧАНИЯ:

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

Итого:

составляет $0,45 P_{Tr}$
 3 При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси ВЛ
 $P_L = 0,65 P_{Tr}$ и $P_{II} = 0,45 P_{Tr}$

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах створа опоры ЛУС 220-1

Таблица № 12

Сечение, отметка и высота	Схема I, район гололеда $\alpha = 3^\circ$			Схема I ² , район гололеда				Схема II, район гололеда				
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M _п и от ветров на конструкцию опоры M _к (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M _п и от ветров на конструкцию опоры M _к (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)		
	От нагрузок на провода и трос M _п	От ветров на конструкцию опоры M _к		От нагрузок на провода и трос M _п	От ветров на конструкцию опоры II траверса M _{к1}						От ветров на конструкцию опоры I траверса M _{к2}	
3-3 H=21,9 B=1,9 м	0,95 × 16,3 = 15,5 1,57 × 7,1 = 11,1 1,57 × 2 × 0,60 = 1,95 5,66 M _п = 28,55 M _к = $\frac{1,35 \times 7,5 = 10,12}{38,67}$	0,94 × 12,45 = 11,7 2,21 × 7,85 = 1,65 1,98 × 3,98 = 7,88 1,19 × 0,31 × 1,35 = 0,68 3,63 21,41	0,51 × 1 = 0,51 1,35 × 3 = 4,05 0,215 × 16,3 = 3,50 8,06	0,71 × 16,3 = 11,6 1,19 × 7,1 = 8,4 1,19 × 2 × 0,60 = 1,6 4,27 M _п = 21,5 M _к = $\frac{1,35 \times 7,5 = 10,12}{31,62}$	0,75 × 12,45 = 9,35 0,21 × 7,85 = 1,65 1,57 × 3,98 = 6,25 10,16 × 0,31 × 1,35 = 0,68 0,19 3,03 M _{к1} = 17,93	0,75 × 12,45 = 9,35 0,32 × 7,85 = 2,52 1,57 × 3,98 = 6,25 (0,28 + 0,44) × 1,35 = 0,99 3,37 M _{к2} = 19,11	0,51 × 1 = 0,51 1,35 × 3 = 4,05 0,215 × 16,3 = 3,50 8,06	1,55 × 16,3 = 25,3 1,88 × 7,1 = 13,4 1,88 × 2 × 0,60 = 2,34 7,19 M _п = 41,04 M _к = $\frac{21,95}{4,8} = 4,55$ M _к = 4,02 × 7,5 = 30,6 76,19	2,36 × 1 = 2,36 4,08 × 3 = 12,24 2,215 × 16,3 = 3,50 18,1	$U_3 = \frac{38,67 + 21,91}{2 \times 1,9} + \frac{8,06}{4} = 19,9 + 2,0 = 21,9$	$U_3 = \frac{31,62 + 17,93 + 19,11}{2 \times 1,9} + \frac{8,06}{4} = 18,1 + 2,0 = 20,1$	$U_3 = \frac{76,19}{2 \times 1,9} + \frac{18,1}{4} = 20,0 + 4,5 = 24,5$
2-2 H=11,65 B=3,05 м cos α = 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 = 73,6 149,79 M _к = $\frac{67,56}{4,8} = 14,1$ 76,389	18,1 0,215 × 10,25 = 2,21 20,31	$U_2 = \frac{96,87 + 67,56}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{10,27}{4 \times 0,998} = 27,0 + 2,55 = 29,55$	$U_2 = \frac{75,52 + 55,78 + 60,46}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{10,27}{4 \times 0,998} = 31,25 + 2,55 = 33,80$	$U_2 = \frac{163,89}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{20,31}{4 \times 0,998} = 26,8 + 5,1 = 31,9$
1-1 H=4,0 м B=4,0 м cos α = 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 4,22 × 7,65 = 35,14 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 = 55,0 218,89 M _к = $\frac{113,48}{4,8} = 23,6$ 242,49	20,31 0,215 × 7,65 = 1,65 21,96	$U_1 = \frac{140,07 + 113,48}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{11,92}{4 \times 0,998} = 31,8 + 2,96 = 34,76$	$U_1 = \frac{108,12 + 93,48 + 100,76}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{11,92}{4 \times 0,998} = 39,0 + 2,96 = 40,96$	$U_1 = \frac{242,49}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{21,96}{4 \times 0,998} = 30,4 + 5,5 = 35,9$

Примечание:

1. Усилия в поясах створа опоры определены по формуле:

$$U = \frac{\sum M_i}{2B \cos \alpha} + \frac{\sum G}{4 \cos \alpha}$$

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

Таблица 12

Сечения, отметки и высоты	Схема I; I район гололеда; $\alpha = 8^\circ$			Схема Iа; III район гололеда $\alpha = 8^\circ$				Схема II; V район гололеда; $\alpha = 8^\circ$	
	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки $G(\tau)$	Изгибающие моменты (ТМ)			Вертикальные нагрузки $G(\tau)$	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветры на конструкцию опоры M_{WII} (ТМ)	Вертикальные нагрузки $G(\tau)$
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветры на конструкцию опоры M_{WII}		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветры на конструкцию опоры M_{WII}	Л тросов M_{WI}			
4-4 $\nabla 28,4 \text{ м}$ $B = 1,3 \text{ м}$	$7,58 \times 16,3 = 124,3$ $1,58 \times 2 \times 7,1 = 22,5$ $1,58 \times 2 \times 0,60 = 2,0$ 7,20 $M_{II} = 38,8$	$1,01 \times 12,5 = 12,6$ $(0,14 + 0,24) \times 7,9 = 3,00$ $(0,23 + 0,34) \times 1,4 = 0,80$ $2,18 \times 4,0 = 8,7$ 4,14 $M_{WII} = 25,1$	$0,385 \times 1 = 0,385$ $1,04 \times 4 = 4,16$ $0,215 \times 16,3 = 35,0$ 8,05	$0,655 \times 16,3 = 10,7$ $1,21 \times 2 \times 7,1 = 17,2$ $1,21 \times 2 \times 0,60 = 1,5$ 5,50 $M_{II} = 29,4$	$0,81 \times 12,5 = 10,1$ $(0,14 + 0,24) \times 7,9 = 3,0$ $(0,23 + 0,34) \times 1,4 = 0,80$ $1,75 \times 4,0 = 7,0$ 3,51 $M_{WII} = 20,9$	$0,21 \times 12,5 = 10,1$ $(0,20 + 0,350) \times 7,9 = 4,35$ $(0,325 + 0,485) \times 1,4 = 1,13$ $1,75 \times 4,0 = 7,0$ 3,92 $M_{WI} = 22,58$	$0,395 \times 1 = 0,385$ $1,04 \times 4 = 4,16$ $0,215 \times 16,3 = 35,0$ 8,05	$1,45 \times 16,3 = 23,6$ $1,89 \times 2 \times 7,1 = 26,9$ $1,89 \times 2 \times 0,60 = 2,34$ 9,01 $M_{II} = 52,84$	$2,385 \times 1 = 2,385$ $4,08 \times 4 = 16,32$ $0,215 \times 16,3 = 35,0$ 22,21
	$U_4 = \frac{38,8 + 25,1}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 16,8 + 2,01 = 18,8 \tau$			$U_4 = \frac{29,4 + 20,9 + 22,58}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 19,2 + 2,01 = 21,21 \tau$				$U_4 = \frac{52,84 + 5,2}{2 \times 1,9} + \frac{22,21}{4} = 15,2 + 5,55 = 20,75 \tau$	
3-3 $\nabla 21,9$ $B = 1,9 \text{ м}$	$7,20 \times 6,5 = 46,8$ $1,58 \times 2 \times 0,60 = 2,0$ 10,36 $M_{II} = 87,6$	$4,14 \times 6,5 = 26,9$ $(0,15 + 0,20) \times 1,4 = 0,44$ $1,61 \times 2,6 = 4,18$ 6,065 $M_{WII} = 56,62$	$1,04 \times 2 = 2,08$ $0,215 \times 6,5 = 1,40$ 11,53	$3,50 \times 6,5 = 35,7$ $1,21 \times 2 \times 0,60 = 1,5$ 2,92 $M_{II} = 66,6$	$3,51 \times 6,5 = 22,8$ $(0,15 + 0,20) \times 1,4 = 0,44$ $1,28 \times 2,6 = 3,33$ 5,11 $M_{WII} = 47,47$	$3,92 \times 6,5 = 25,5$ $(0,17 + 0,290) \times 1,4 = 0,65$ $1,28 \times 2,6 = 3,33$ 5,66 $M_{WI} = 52,06$	$1,04 \times 2 = 2,08$ $0,215 \times 6,5 = 1,40$ 11,53	$9,01 \times 6,5 = 58,6$ $1,89 \times 2 \times 0,60 = 2,34$ 12,79 $M_{II} = 113,78$	$4,08 \times 2 = 8,16$ $0,215 \times 6,5 = 1,40$ 31,74
	$U_3 = \frac{87,6 + 56,62}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 38,0 + 2,88 = 40,88 \tau$			$U_3 = \frac{66,6 + 45,47 + 50,06}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 43,1 + 2,88 = 45,98 \tau$				$U_3 = \frac{113,78 + 11,8}{2 \times 1,9} + \frac{31,74}{4} = 33,0 + 7,92 = 40,92 \tau$	
2-2 $\nabla 11,65 \text{ м}$ $B = 3,05 \text{ м}$ $\cos \gamma = 0,998$	$10,36 \times 10,25 = 106,0$ 10,36 $M_{II} = 193,6$	$6,065 \times 10,25 = 62,2$ $0,27 \times 4,25 = 1,15$ 8,335 $M_{WII} = 128,47$	$0,215 \times 10,25 = 2,21$ 13,74	$7,92 \times 10,25 = 81,4$ 7,92 $M_{II} = 148,0$	$5,11 \times 10,25 = 52,5$ $1,8 \times 4,25 = 7,65$ 6,91 $M_{WII} = 107,62$	$5,66 \times 10,25 = 58,1$ $1,8 \times 4,25 = 7,65$ 7,46 $M_{WI} = 117,81$	$11,53$ 13,74	$12,79 \times 10,25 = 131,0$ 12,79 $M_{II} = 244,78$	$0,215 \times 10,25 = 2,21$ 33,95
	$U_2 = \frac{193,6 + 128,47}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 52,9 + 3,45 = 56,35 \tau$			$U_2 = \frac{148,0 + 107,62 + 117,81}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 61,2 + 3,45 = 64,65 \tau$				$U_2 = \frac{244,78 + 26,8}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{33,95}{4 \times 0,998} = 47,7 + 8,52 = 56,22 \tau$	
1-1 $\nabla 4,0 \text{ м}$ $B = 4,0 \text{ м}$ $\cos \gamma = 0,998$	$10,36 \times 7,65 = 79,2$ 10,36 $M_{II} = 272,8$	$8,335 \times 7,65 = 63,8$ $2,56 \times 1,3 = 3,3$ 10,895 $M_{WII} = 195,57$	$0,215 \times 7,65 = 1,64$ 15,38	$7,92 \times 7,65 = 60,7$ 7,92 $M_{II} = 208,7$	$6,91 \times 7,65 = 52,9$ $0,40 \times 1,3 = 0,52$ 8,95 $M_{WII} = 163,17$	$7,46 \times 7,65 = 57,0$ $2,04 \times 1,3 = 2,65$ 9,5 $M_{WI} = 177,46$	$13,74$ 15,38	$12,79 \times 7,65 = 97,7$ 12,79 $M_{II} = 342,48$	$0,215 \times 7,65 = 1,64$ 35,59
	$U_1 = \frac{272,8 + 195,57}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,38}{4 \times 0,998} = 58,6 + 3,85 = 62,45 \tau$			$U_1 = \frac{208,7 + 163,17 + 177,46}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,38}{4 \times 0,998} = 67,15 + 3,85 = 71,0 \tau$				$U_1 = \frac{342,48 + 40,6}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{35,59}{4 \times 0,998} = 47,7 + 8,92 = 56,62 \tau$	

Примечание:
1. Усилия в поясах ствoла опоры определены по формуле:
$$U = \frac{\sum M}{2 \cos \gamma} + \frac{\sum G}{4 \cos \gamma}$$

Расчет усилий в раскосах ствала стержня П40 220-1

Таблица 13

Обозначение элементов	Высота	длина l (м)	$\cos \beta$	Нагрузки $R(\gamma)$ и (тм)			$R \cos \beta$	$M_{гор}$ тгб	48 $\cos \beta$	Усилия в раскосах (т)		
				Передняя в боков. шар. Q	Угловая $M_{уг}$	Крутящий момент $M_{кр}$				$A' = \frac{Q \cdot M_{гор} \cdot \cos \beta}{2 \cos \beta}$	$A'' = \frac{M_{кр}}{4 \cos \beta}$	$R = A' + A''$
D1	IV	1,9	0,788	1,5	—	0,75	1,576	—	6,0	0,48	0,13	0,61
D2	III	1,9	0,839	2,08	—	11,4	1,678	—	6,37	0,62	1,79	2,41
D3	III	1,9	0,839	2,08	—	15,6	1,678	—	6,37	0,62	2,45	3,07
D4	III	2,0	0,848	2,08	10,8	15,6	1,696	0,33	6,78	0,42	2,30	2,72
D5	II	2,2	0,839	2,08	13,5	15,6	1,678	0,37	7,37	0,40	2,12	2,52
D6	III	2,4	0,829	2,08	16,4	15,6	1,658	0,42	7,95	0,38	1,96	2,34
D7	III	2,55	0,848	2,08	19,5	15,6	1,696	0,47	8,65	0,34	1,80	2,14
D8	III	2,75	0,857	2,08	22,6	15,6	1,714	0,5	9,42	0,32	1,68	1,98
D9	III	2,95	0,848	2,08	26,0	15,6	1,696	0,54	10,0	0,30	1,58	1,86
D10	IV	3,15	0,866	2,08	29,5	15,6	1,732	0,57	10,9	0,27	1,43	1,70
D11	II	3,35	0,857	2,08	33,0	15,6	1,714	0,60	11,5	0,26	1,36	1,52
D12	III	3,60	0,857	2,08	37,2	15,6	1,714	0,63	12,3	0,24	1,26	1,50
D13	III	3,80	0,875	2,08	41,2	15,6	1,750	0,66	13,3	0,22	1,17	1,39
D14	III	4,1	0,891	2,08	44,7	15,6	1,782	0,67	14,6	0,21	1,07	1,28
D15	II	4,35	0,819	2,08	49,3	15,6	1,638	0,69	14,2	0,21	1,09	1,3
D22	I	1,9	0,839	3,49	17,65	—	1,678	—	—	1,04	—	1,04
D24	I	1,9	0,839	8,18	48,80	—	1,678	—	—	2,44	—	2,44
D36	I	4,1	0,891	11,70	216,60	—	1,782	3,24	—	1,31	—	1,31
D37	I	4,37	0,819	11,90	245,30	—	1,638	3,42	—	1,55	—	1,55

$\tan \delta = 0,061$

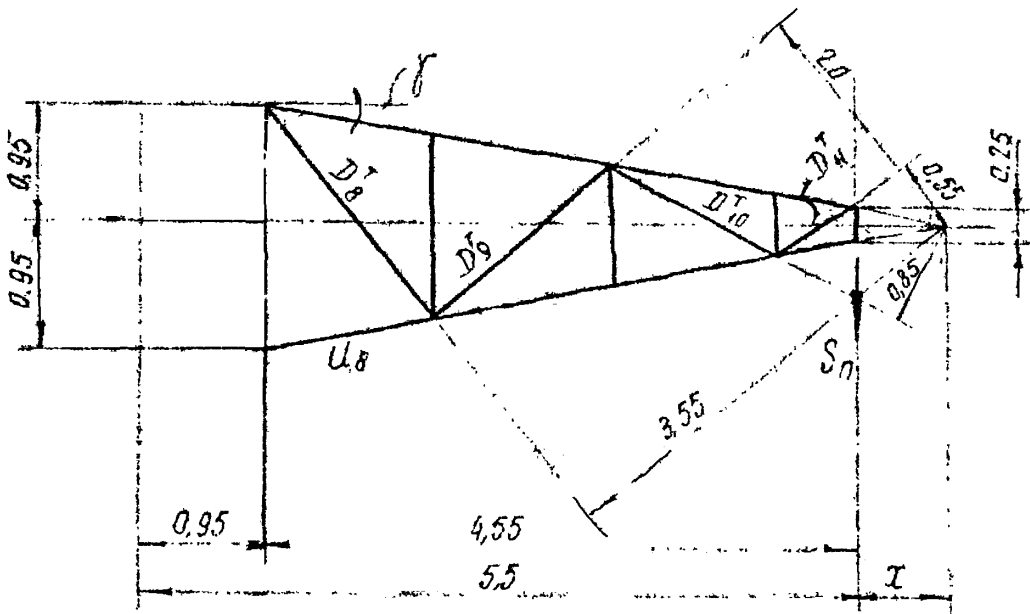
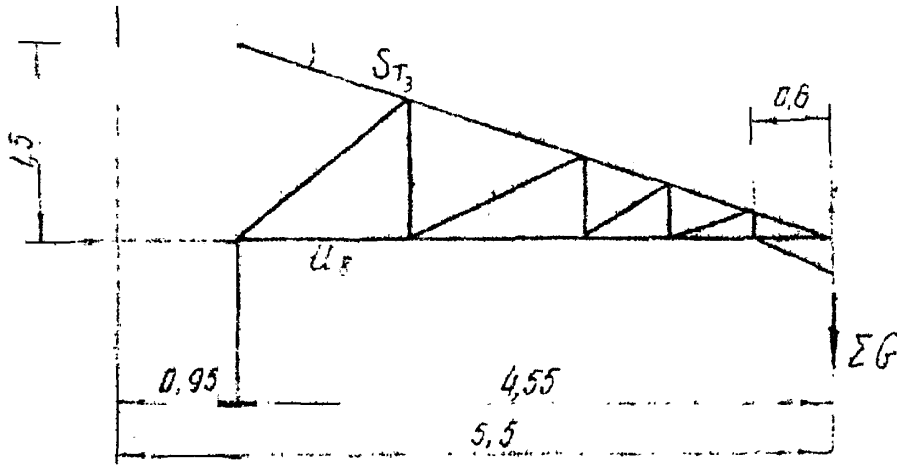
Расчет усилий в раскосах створа опоры 1740 220-2

Таблица № 14

Порядк. элемент	Своярд	Босо, β° (м)	cos β	Нагрузки Р (т) и (тм)			Σ cos β	Max P _г	48 cos β	Усилия в раскосах (т)		
				Перевоз. судн Q	Углуб. полетов Пвз	Крутяч. момент Пкр				$D' = \frac{Q}{2} \cdot \frac{P_{г}}{P} \cdot \lg \delta$	$D'' = \frac{M_{кр}}{48 \cos \beta}$	$D = D' + D''$
D ₁	IV	1,9	0,798	1,5	—	0,75	1,576	—	5,0	0,42	0,13	0,61
D ₂	II	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	—	—	1,678	—	6,37	0,62	2,45	3,07
D ₄	III	2,0	0,848	2,08	17,3	—	1,696	0,528	5,78	0,30	2,30	2,60
D ₅	III	2,2	0,839	2,08	20,0	—	1,678	0,555	7,37	0,29	2,12	2,41
D ₆	III	2,4	0,829	2,08	22,9	—	1,658	0,582	7,95	0,28	1,96	2,24
D ₇	III	2,55	0,848	2,08	26,0	—	1,696	0,622	8,65	0,25	1,80	2,05
D ₈	III	2,75	0,857	2,08	29,1	—	1,714	0,645	9,42	0,23	1,66	1,89
D ₉	III	2,95	0,848	2,08	32,5	—	1,696	0,673	10,0	0,22	1,56	1,78
D ₁₀	III	3,15	0,865	2,08	36,0	—	1,732	0,698	10,9	0,20	1,43	1,63
D ₁₁	III	3,35	0,857	2,08	39,5	—	1,714	0,72	11,5	0,19	1,36	1,55
D ₁₂	III	3,6	0,857	2,08	43,7	—	1,714	0,742	12,3	0,18	1,27	1,45
D ₁₃	III	3,8	0,875	2,08	47,7	—	1,750	0,763	13,3	0,16	1,17	1,33
D ₁₄	III	4,1	0,891	2,08	51,7	—	1,782	0,788	14,6	0,15	1,07	1,22
D ₁₅	III	4,35	0,819	2,08	57,0	—	1,638	0,80	14,2	0,15	1,10	1,25
D ₂₂	I	1,9	0,839	5,39	17,12	—	1,678	—	—	1,61	—	1,61
D ₂₄	I	1,9	0,839	11,2	63,2	—	1,678	—	—	3,33	—	3,33
D ₂₅	I	1,9	0,839	16,25	142,6	—	1,678	—	—	4,82	—	4,82
D ₂₆	I	2,0	0,848	16,25	163,8	—	1,696	5,0	—	1,84	—	1,84
D ₂₇	I	2,2	0,839	16,25	185,0	—	1,578	5,13	—	1,79	—	1,79
D ₂₈	I	2,4	0,829	16,25	207,8	—	1,658	5,28	—	1,70	—	1,70
D ₂₉	I	2,55	0,848	16,25	232,2	—	1,696	5,55	—	1,52	—	1,52
D ₃₀	I	2,75	0,857	16,05	258,5	—	1,714	5,72	—	1,88	—	1,88
D ₃₁	I	2,95	0,848	16,05	286,5	—	1,696	5,94	—	1,77	—	1,77
D ₃₂	I	3,15	0,865	18,05	316,7	—	1,732	6,15	—	1,63	—	1,63
D ₃₃	I	3,35	0,857	18,05	348,0	—	1,714	6,35	—	1,55	—	1,55
D ₃₄	I	3,6	0,857	18,05	409,6	—	1,714	6,93	—	1,22	—	1,22
D ₃₅	I	3,8	0,875	18,05	446,0	—	1,750	7,15	—	1,07	—	1,07
D ₃₆	I	4,1	0,891	20,35	484,8	—	1,782	7,19	—	1,68	—	1,68
D ₃₇	I	4,35	0,819	20,35	534,7	—	1,638	7,5	—	1,63	—	1,63

Расчет траверс

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



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

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,5}{4,55} = 0,33$$

$$\cos \alpha = 0,949$$

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

а) Усилия в поясе. Схема III, III р.г $\alpha = 2^\circ$ Провод АСО-40
 $S_n = 2,08$; $q_n = 1,25 \text{ т}$, $q_r = 0,1 \text{ т}$ $G_{тр} = 0,25 \times 1,1 = 0,28 \text{ т}$
 $q_n = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$

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

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

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

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

$$q_n = 3,98 \text{ т} \quad q_r = 0,1 \text{ т} \quad P_n = 1,89 \text{ т}$$

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

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

б) Усилия в тяге. Схема II; IV р.г

$$q_n = 5,98 \text{ т}; \quad q_r = 0,1 \text{ т}, \quad G_{тр} = 0,28 \text{ т}; \quad \Sigma G = 2,49 \text{ т},$$

$$S_{T_3} = \frac{2,49 \times 4,55}{1,5 \times 0,984 \times 0,949} = 6,85 \text{ т}$$

в) Усилия в раскосах нижней грани

$$\text{Схема III}; \alpha = 2^\circ; \quad S_n = 2,08 \text{ т} \quad \alpha = 0,69 \text{ т}$$

$$M = 2,08 \times 0,69 = 1,43 \text{ тм}$$

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

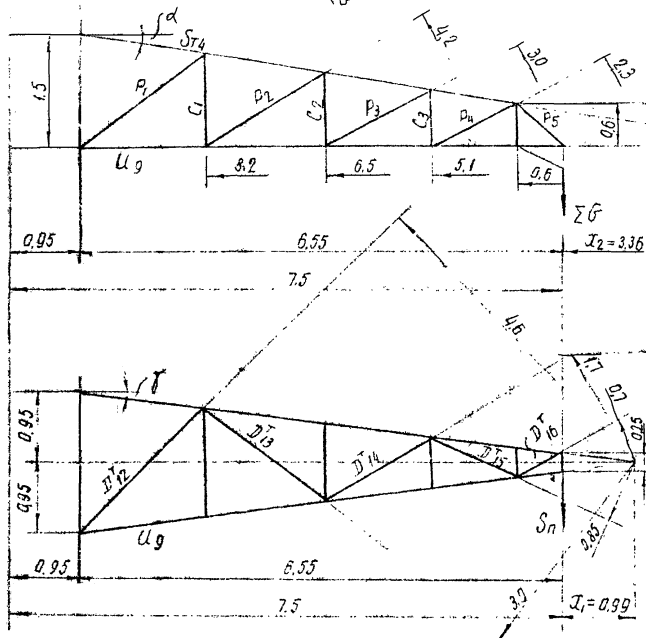
$$D_9^T = \frac{1,43}{2,0} = 0,72 \text{ т}$$

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

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

2. траверса $l = 7,5 \text{ м}$.

для опор ПУС 220-1, ПУС 220-2



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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,9}{5,95} = 0,151 \quad \cos \alpha = 0,989$$

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

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

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

$$S_n = 2,08 \text{ т} \quad q_n = 1,25 \text{ т} \quad q_r = 0,1 \text{ т} \quad G_{тр} = 0,25 \times 1,1 \approx 0,28$$

$$q_1 = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$$

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

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

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

$$q_n = 3,98 \text{ т} \quad q_r = 0,1 \text{ т} \quad P_n = 1,89 \text{ т}$$

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

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

б) Усилие в тяге Схема II; IV р.г.

$$q_n = 3,98 \text{ т} \quad q_r = 0,1 \text{ т} \quad G_{тр} = 0,28 \text{ т}, \quad \Sigma G = 2,49 \text{ т}$$

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

в) Усилия в элементах боковой грани

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

$$M = 2,11 \times 3,36 = 7,1 \text{ тм}$$

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

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

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

г) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; $\alpha = 0^\circ$; $S_n = 2,08 \text{ т}$ $X = 0,99 \text{ м}$

$$M = 2,08 \times 0,99 = 2,06 \text{ тм}$$

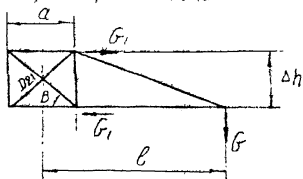
$$D_{12}^T = \frac{2,06}{4,6} = 0,45 \text{ т}; \quad D_{13}^T = \frac{2,06}{3,0} = 0,69 \text{ т}$$

$$D_{14}^T = \frac{2,06}{1,7} = 1,21 \text{ т}; \quad D_{15}^T = \frac{2,06}{0,85} = 2,42 \text{ т}$$

$$D_{16}^T = \frac{2,06}{0,7} = 2,95 \text{ т}$$

Расчет раскосов ствóла опоры ПУС 220-1
ПУС 220-2 при подвесе одной цепи

Схема II; IV район галюледа



1) Траверса $l = 5,5 \text{ м}$

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

$$\Delta h = 1,5 \text{ м} \quad G = 4,08 \text{ т}$$

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

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

2) Траверса $l = 7,5 \text{ м}$

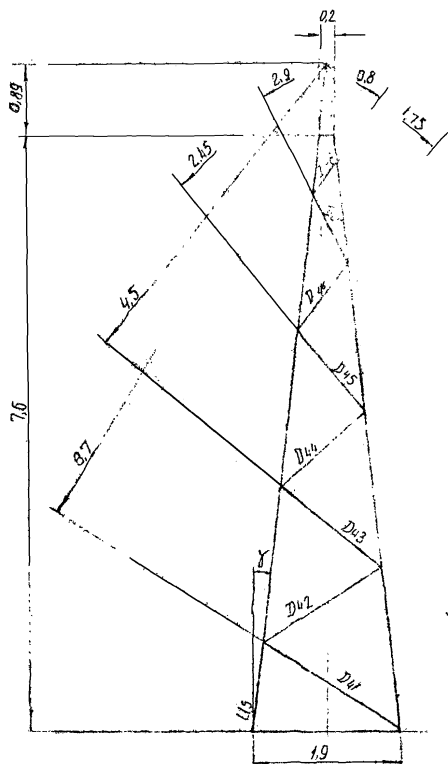
$$l_0 = 7,5 - 0,95 = 6,55 \text{ м}$$

$$\Delta h = 1,5 \text{ м} \quad G = 4,08 \text{ т}$$

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

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

Расчет трапезоидки опор ЛУС 220-1,
ЛУС 220-2



$$x = \frac{7.6 \times 0.2}{1.9 - 0.2} = 0.89$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{0.89}{7.7} = 0.11$$

$$\cos \gamma = 0.994$$

а) Усилие в поясе

Схема IV; III р-н голландца; трас С-70; $\alpha = 2^\circ$

$$S_T = 1.5T; q_T = 0.51T; G_{тр} \approx 0.4T$$

$$M = 1.5 \cdot 7.6 + \frac{0.51}{2} \times 0.5 = 11.4 + 0.12 = 11.52 \text{ тм}$$

$$\Sigma G = \frac{0.51}{2} + 0.4 = 0.63T$$

N3081TM-T3 Лист
59/82

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

б) Усилия в раскосах

Схема IV; III район гололеда

$$S_T = 1,5 \tau, \quad \alpha = 0,89 \text{ м} \quad \delta_0 = 0,2 \text{ м}$$

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

$$D = \frac{M_{uz}}{2R} + \frac{M_{кр} \times \alpha}{2\delta_0 \times R};$$

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

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

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

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

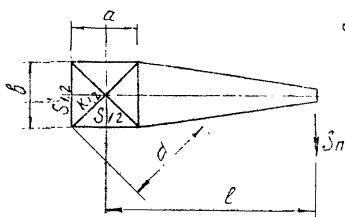
$$D_{45} = \frac{1,34}{2 \times 2,45} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 2,45} = 0,28 + 0,68 = 0,96 \tau$$

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

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

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

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



$$S = \frac{S_{\Pi}}{2b} \left(l - \frac{a}{2} \right)$$

$$S' = \frac{S_{\Pi}}{2}$$

$$K = \frac{S_{\Pi}}{4} \times \frac{d}{ab} (l - a)$$

Схема III; III район галерея,

$$S_{\Pi} = 2,08 \text{ т}$$

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

$$a = b = 1,9 \text{ м}, \quad d = 2,68 \text{ м},$$

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

$$S'_1 = \frac{2,08}{2} = 1,04 \text{ т}$$

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

2. Средняя траверса $l = 7,5 \text{ м}$

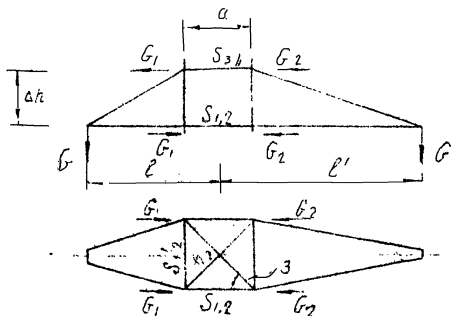
$$a = b = 1,9 \text{ м}, \quad d = 2,68 \text{ м}$$

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

$$S'_2 = \frac{2,08}{2} = 1,04 \text{ т}$$

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

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



$$G_1 = \frac{G \cdot \ell_0}{2 \Delta h}, \quad G_2 = \frac{G \cdot \ell'_0}{2 \Delta h};$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Средняя траверса ($l = 6,0\text{ м}$ $l' = 7,5\text{ м}$)

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

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

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

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

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

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

Опора ПУС 220-1

1. Нижняя траверса ($l = 5,5\text{ м}$ $l' = 7,5\text{ м}$)

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

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

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

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

$$K_2 = \frac{2,27}{0,707} = 3,2$$

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

2. Верхняя траверса $l = 5,5\text{ м}$

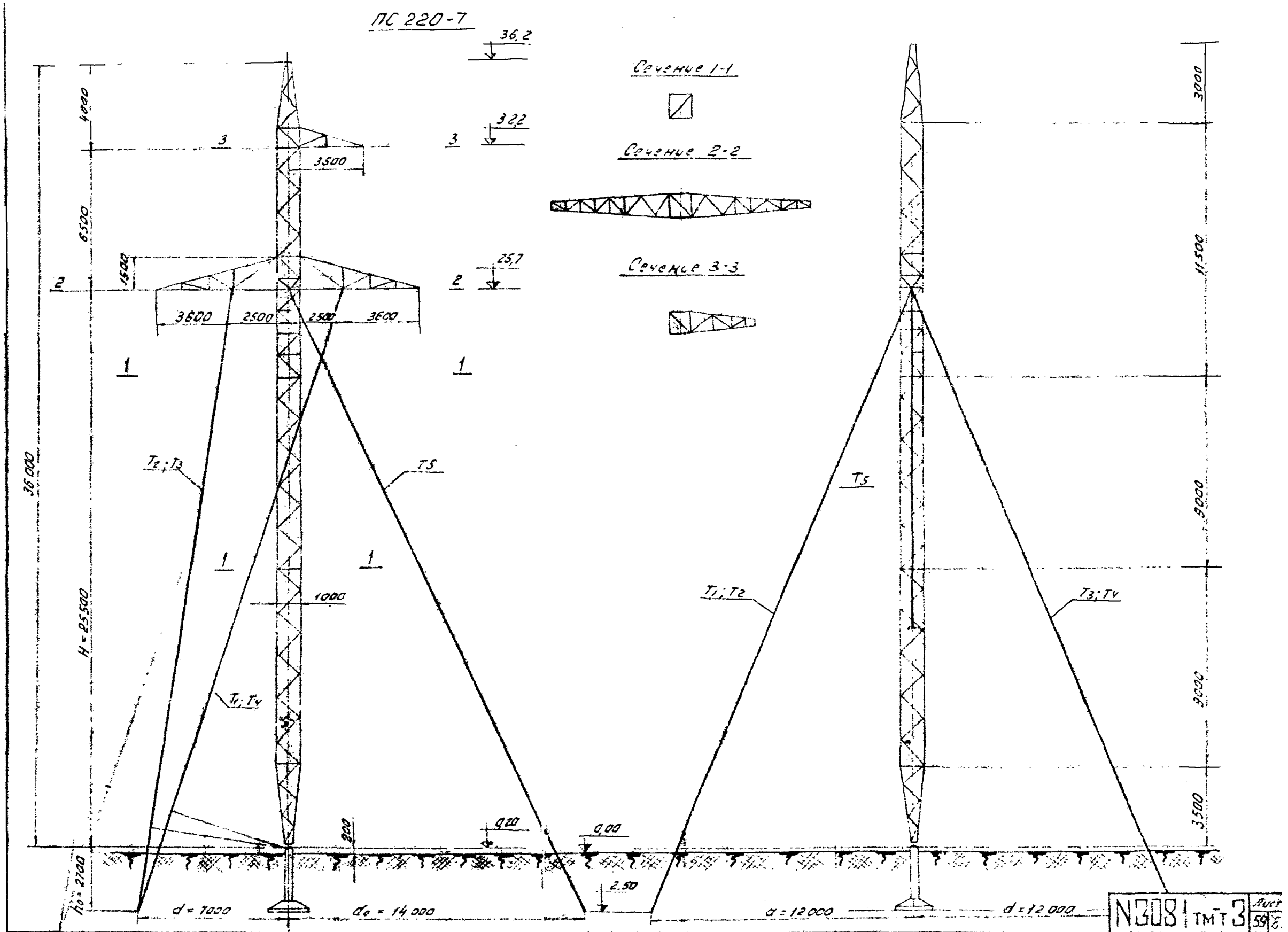
$$S_3 = \frac{4,08 \cdot 4,55}{2 \cdot 1,5} \cdot 0,5 = 3,1\text{ т}$$

Расчет выполнил: Цейтлин

Расчет проверил: Покарева

№3081тм-тЗ $\frac{\text{ПУС}}{52}$

ПС 220-7



Нагрузки на одноцепную промежуточную опору на стлужском для гарных роунов. Луцк PC 220-7

Таблица № 15

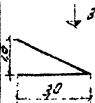


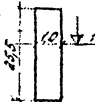

№ ств.	Расчетные схемы	Схемы нагрузок	Зад. нагрузок	III р-н гололеда									IV р-н гололеда										
				АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70				
				норм.	п. расчет	норм.	п. расчет	норм.	п. расчет	норм.	п. расчет	норм.	п. расчет	норм.	п. расчет	норм.	п. расчет	норм.	п. расчет				
I	Провода и тросы не обрваны, свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси троса.		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	550	1,2	960	890	1,2	1020	600	1,2	720	720	1,2	860	830	1,2	1070	585	1,2	700	
			Вес пролета провода, троса.	G_n	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_r	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-	-	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-	-	-
			Суммарная вертикальная нагрузка.	$G_n + G_r$	965	-	1060	1350	-	1490	520	-	570	870	-	960	1230	-	1350	465	-	510	
II	Провода и тросы не обрваны, тросы не слетели. Ветер направлен вдоль оси троса.		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	705	1,4	990	725	1,4	1020	780	1,4	1090	750	1,4	1050	855	1,4	1200	375	1,4	1360	
			Вес пролета провода, троса.	G_n	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_r	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-	-	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-	-	-
			Суммарная вертикальная нагрузка.	$G_n + G_r$	2250	-	3630	2850	-	4490	1450	-	2420	2520	-	4260	3250	-	5390	1795	-	3170	

№ ств.	Расчетные схемы	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III р-н голоследа									IV р-н голоследа									
				АСО 300			АСО 400			С-70			АСО 300			АСО 400			С-70			
				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		Тяжесть провода при обрыве	S _n	1485	131 98 104	1545	2000	131 98 104	2080	—	—	—	1485	131 98 104	1545	2000	131 98 104	2080	—	—	—
			Вес пролёта провода, троса	g _n g _r	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 ступеней изоляторов	g _r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
			Суммарная верти- кальная нагрузка	g _n +g _r g _r	965	—	1060	1350	—	1490	520	—	570	870	—	990	1230	—	1350	465	—	510
IV	Оборван трос, провод не оборван. Тяжесть троса равно половине максимальной.		Тяжесть троса при обрыве	S _r	—	—	—	—	—	1440	131 98 104	1500	—	—	—	—	—	—	—	1440	131 98 104	1500
			Вес пролёта провода троса	g _n g _r	875	1,1	960	1260	1,1	1390	520	1,1	570	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510
			Вес ступеней изоляторов	g _r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
			Суммарная верти- кальная нагрузка	g _n +g _r g _r	965	—	1060	1350	—	1490	520	—	570	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510

Примечания:

- Высота центра тяжести троса - 285 м
Нормативный скоростной напор $q_{т}^н = 1,5 \times 80 = 120 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки,
умножены на коэффициент сочетания $C_{св}$
- Максимальное напряжение в тросе принято
 $\sigma_{трос} = 40 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкции опоры

Наименование элементов опоры	Эскиз и средняя отметка секции	Коэф. увеличения скорости ветра K_1 по высоте	Нормативная скорость ветра V_0 (м/с)	Плотность воздуха ρ (кг/м ³)	Площадь по ветру S (м ²)	Коэф. запяления C_x	Аэродинамический коэф. лопастей C_{x1}	Формы C_{x2}	при $\frac{b}{h} = 1$	Аэродинам. коэф. лопастей C_{x3}	Сред. C_{x4} (м ²)	Нормативная ветровая нагрузка $R_{н.в.}$	Расчетная ветровая нагрузка $R_{р.в.}$
Верхняя трубка		1,62	130	0,43	1,5	0,287	0,4	0,7	0,68	60 (133)		104	
Нижняя трубка		1,5	120	0,47	5,6	0,482	0,68	0,38	0,91	205,2 (453,2 910)		357,2	
Верхняя часть опоры		1,59	127	0,5	19,5	0,238	0,33	0,77	0,585	780		1360	
Нижняя часть опоры		1,2	96	0,58	29,5	0,23	0,32	0,8	0,575	1110		2450	
Оттяжки		1,2	96							110		192	
Итого											2770	4820	

Примечания:

- Опора рассчитана на скоростной напор 80 кг/м^2 на высоте 30 м .
- Ветровые нагрузки на трубки $R_{т.в.}$, указанные в скобках, определяются при направлении ветра \perp оси трубки. При ветре \perp оси $В_в$ ветровая нагрузка составляет $0,45 R_{т.в.}$

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

Таблица №17

Геометрические характеристики опоры			Нагрузки на опору		Провод АСО-400, трос С-70, IV р-н голледа						
Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Схема I(1) Ветер слева	Схема I(2) Ветер справа	Схема II Голлед, 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
α	см	1500	P_0	кг	4820	-4820	1420	0	0	0	0
d	—	700	P_1	кг/м	2,02	-2,02	2,26	0	0	0	0
d_0	—	1400	P_2	—	1,33	-1,33	2,55	0	0	0	0
l	—	250	T_0	кг	0	0	0	0	2080	0	0
H_0	—	2820	T_1^1	—	0	0	0	0	0	2080	0
H	—	2550	T_1^2	—	0	0	0	2080	0	0	0
h_0	—	270	T_2^1	—	0	0	0	0	0	0	2040
h_1	—	165	T_2^2	—	0	0	0	0	0	0	0
E	кг/см ²	$1,5 \cdot 10^6$	T_3^1	—	0	0	0	0	0	0	0
F_1	см ²	1,63	T_3^2	—	0	0	0	0	0	0	0
F_2	—	1,58	T_4^1	—	0	0	0	0	0	0	0
F_3	—	3,36	M_0	кгсм	$-172,8 \cdot 10^4$	$172,8 \cdot 10^4$	$-43,5 \cdot 10^4$	0	0	0	0
E_0	кгсм ²	$181 \cdot 10^9$	M_1	—	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$189 \cdot 10^4$	$236 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$88,4 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$
T_{05}	кг	6000	M_2	—	$101,5 \cdot 10^4$	$-101,5 \cdot 10^4$	$25,4 \cdot 10^4$	0	0	0	0
$E_{вер}$	м	530	M_3	—	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$189 \cdot 10^4$	$23,6 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$	$47,2 \cdot 10^4$
$L_{пр}$	см	610	G	кг	2360	2360	23140	7680	7680	7680	$47,2 \cdot 10^4$
$L_{об}$	—	610	W	кг/см	1,34	-1,34	0,335	0	0	0	8100
L_0	—	350									0
h_2	—	650									
h_3	—	400									

Примечание: Обозначение геометрических размеров и нагрузок принято по "Программе расчёта одиночной опоры с двумя расцепляемыми и одной одиночной оттяжкой" (инв. № 3002 ГМ-16)

№3081 ГМ-Т3 6387

Таблица результатов расчёта опоры ПС 220-7
на ЭЦВМ Таблица №18

Обозначен размерности	Схема I (f) Ветер слева	Схема I (f) Ветер справа	Схема II Гололед, Ветер слева	Схема III (f) Обрыв вдоль него провода	Схема III (g) Обрыв провода нижнего про- вода	Схема IV (g) Обрыв левого нижнего про- вода	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
R_y (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
f (мм)	0,08	0,09	0,1	0,02	0,06	-0,03	0
B (мм)	0	0	0	0,3	0,7	-0,6	0
M_x (кг·см)	-2752830	3019 130	-2473380	-413530	1293450	644550	252070
R_y (кг)	0	0	0	530	0	0	840
N_n (кг)	-43578	-28750	-54210	-25880	-29720	-28680	-24270
N_o (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_B (кг)	17610	1150	15530	9200	10030	9440	8890
Q_{Bx} (кг)	-4050	390	3450	2620	3096	1690	2170
Q_{By} (кг)	7490	490	6610	3915	4278	4020	3780
N_a (кг)	0	18100	0	5930	6860	7000	5150
Q_{ax} (кг)	0	-8390	0	-2950	-3410	-3480	-2560

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

R_x, R_y - горизонтальные реакции в опорном шарнире

N_n - вертикальная реакция в опорном шарнире

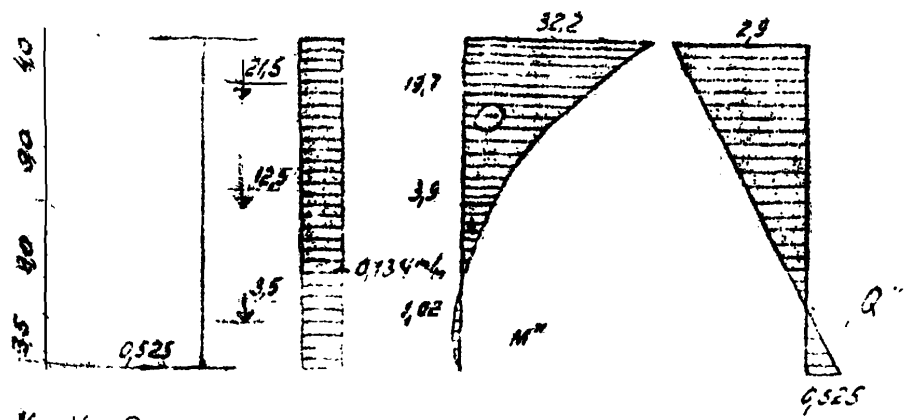
N_o - нагрузка в стойке на уровне нижних тросов.

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

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

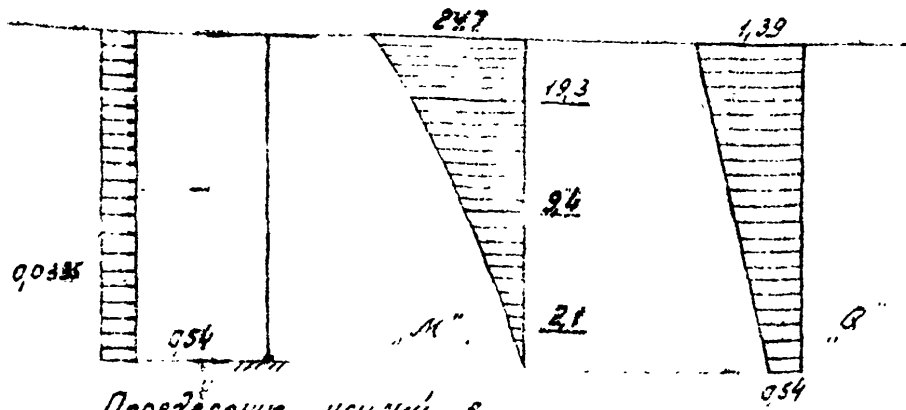
Расчет ствйки ниже уровня нижних трюверс

Схема I, IV р-н гололеда, ветер справа



$$M = M_{\text{ст}} - G_{\text{ст}} = 21750 - 2500 = 26250 \text{ кг}$$

Схема II, IV р-н гололеда ветер слева



Определение усилий в поясах

↓ 25,5 Схема II

$$M = M_{\text{п}} - G_{\text{ст}} = 54,21 - 3,0 = 51,3 \text{ т}$$

$$Z = \frac{M}{4} + \frac{N}{26} = \frac{51,3}{4} + \frac{24,7}{2 \cdot 0,96} = 12,8 + 12,8 = 25,6 \text{ т}$$

↓ 21,5 Схема I

$$M = 19,7 \text{ т} \quad N = 28,75 - 2,5 = 26,25 \text{ т}$$

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

Схема II

$$M = 19,3 \text{ т} \quad N = 54,21 - 2,5 = 51,71 \text{ т}$$

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

↓ 12,5 м

Схема I $M = 9,47 м$ $N = 54,21 - 2,0 = 52,21$

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

↓ 3,5 м. Схема II.

$M = 2,1 м$ $N = 54,21$

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

Определение усилий в раскосах. Схема I

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

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

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

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

Расчет стойки выше уровня нижних троек.

↓ 27,2

Схема II, Игр-н гололеда

$$M_{II} = 1,36 \times 8,9 + 1,2 \times 4,9 + 5,33 \times 3,5 + 3,17 \times 0,5 + \frac{0,21 \times 8,9^2}{2} =$$

$$12,1 + 5,9 + 18,9 + 1,58 + 1,07 = 42,55 м$$

$$G = 3,17 + 5,33 + 1,5 = 8,6 т$$

$$U = \frac{42,55}{2 \times 0,96} + \frac{8,6}{4} = 21,1 + 2,1 = 23,2 т$$

Расчет раскосов.

Схема III $S_n = 2080 кг$

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

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

Подбор сечения стяжек

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

Принимаем канат $\phi 17,0$ (ГОСТ 3064-66)

Разрывается усилие - 19900 кг.

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

В стяжке 5 расчетным является усилие

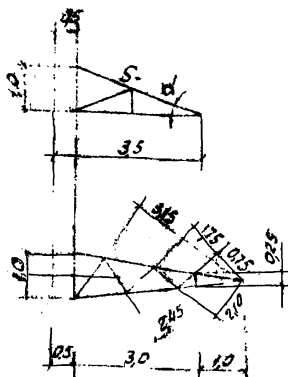
в нормальном режиме I (2) - 20210 кг.

Принимаем 2 каната $\phi 17,0$

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

Расчет траверс

а) Верхняя траверса



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{10}{30} = 0,334 \quad \alpha = 16^\circ 28'$$

$$\sin \alpha = 0,316$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{10 - 0,25}{2 \times 30} = 0,125 \quad \gamma = 7^\circ 10'$$

$$\cos \gamma = 0,992$$

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

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

$$G = 539 \text{ т}$$

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

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

$$S_{II} = 2080 \text{ т. } g_{II} = 1250 \text{ кг. } g_{III} = 100 \text{ кг. } g_{IV} = 165 \text{ кг}$$

$$G_{III} = 100 \text{ кг}$$

$$\Sigma G = 0,25 g_{II} + 0,5 g_{III} + 0,5 g_{IV} + 0,25 G_{III} =$$

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

$$= 312 + 50 + 83 + 25 = 470 \text{ кг.}$$

$$U_{II} = \frac{2,08 \times 30}{1,0 \times 0,992} + \frac{0,47 \times 30}{1,0 \times 0,992} = 6,3 + 1,4 = 7,7 \text{ м}$$

Усилия в раскосах нижней грани. Схема III

$$M = 2,08 \times 1,0 = 2,08 \text{ тм}$$

$$D'_9 = \frac{2,08}{3,15} = 0,66 \text{ т}$$

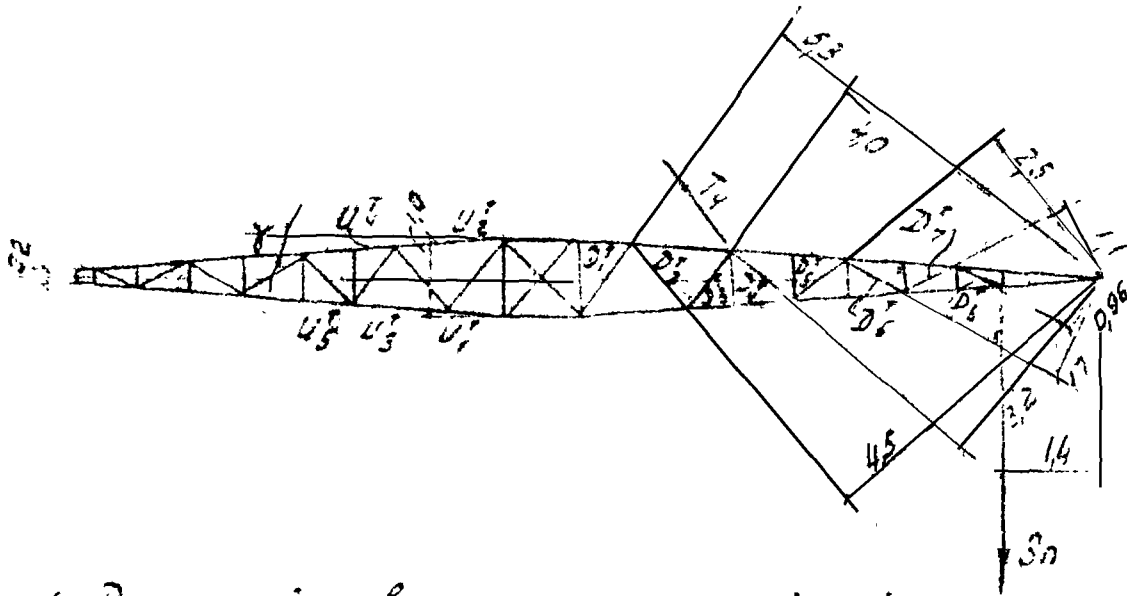
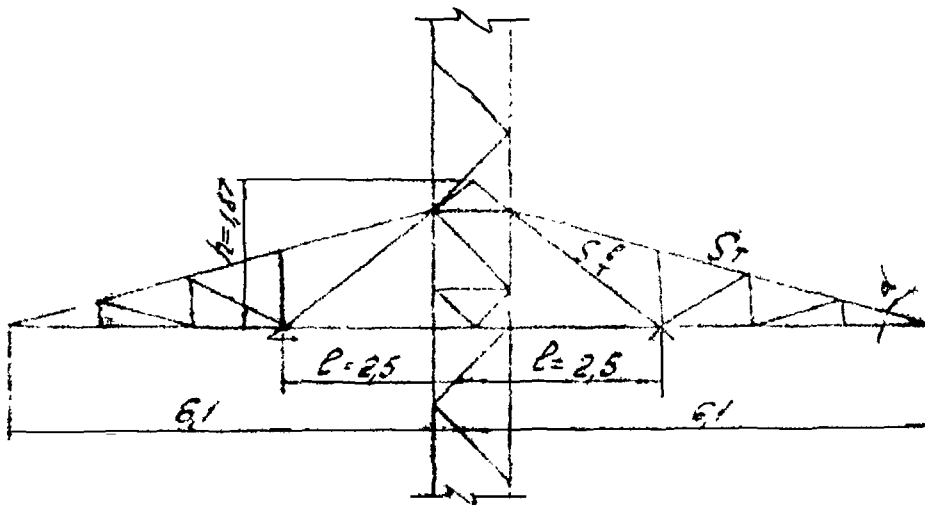
$$D'_{10} = \frac{2,08}{2,45} = 0,85 \text{ т}$$

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

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

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

Нижняя траверса



1. Для силовых внутренних твг расчетной является схема I (v) нормального режима

$$T_2 = T_3 = 11,63 \text{ т.}$$

$$S_T = \frac{1}{2} (T_2 + T_3) \frac{H_0}{L_2} \frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{h} = \frac{1}{2} \times 2 \times 11,63 \times \frac{28,2}{31,0} \times \frac{\sqrt{1,87^2 + 2,5^2}}{1,87} = 11,83 \times 0,91 \times 1,67 = 17,1 \text{ т}$$

2. Для наружных твг расчетной вел. схема I

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

$$G = (q_n + q_r) + 0,5 G_{tr} = 5,39 + 0,2 = 5,6 \text{ т}$$

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

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

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

3. Расчет поясов

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

$$T_4 = 9560 \text{ кг}$$

$$U_0^0 = \left[\frac{G}{25g_d} + \frac{T_1 + T_4}{2} + \frac{H_0 + c}{2} + \frac{1}{2}(T_1 + T_4) \frac{d+e}{L_1} \right] \frac{1}{\cos \gamma}$$

$$G = \frac{g_0}{2} + g_1 + 0,5 g_{1p} = 625 \times 100 + 200 = 925 \text{ кг}$$

$$t_{gd} = 0,27 \quad \cos \gamma = 0,998$$

$$U_0^0 = \left[\frac{0,925}{2 \times 0,27} + \frac{9,56}{2} + \frac{28,2}{326} \times \frac{2,5}{1,87} + \frac{1}{2} \times 9,56 \times \frac{7,0 + 2,5}{326} \right] \times \frac{1}{0,998} =$$

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

$$U_i = U_0 + G \frac{L_i}{2L}; \quad G = S \frac{L_n - L}{2L} = 2080 \times \frac{3,5}{2 \times 2,5} = 1,5 \text{ м}$$

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

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

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

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

Для поясов консольной части расчетной является сх. II.

$$U_5^0 = \frac{G}{25g_d \cos \gamma} + S_n \frac{L_n - L}{2L \cos \gamma} = \frac{0,925}{2 \times 0,27 \times 0,998} + 2,08 \frac{3,6}{0,96 \times 0,998} =$$

$$= 1,72 + 7,86 = 9,6 \text{ м}$$

4. расчёт раскосов нижней грани.

Для раскосов средней части траверсы расчётной
является схема III

$$M = Q \cdot [(\rho_1 + \alpha) \cdot l] = Q \cdot (6,1 + 1,53 \cdot 2,5) = Q \cdot 5,13$$

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

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

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

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

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

Для раскосов консольной части расчётной
является схема III.

$$M = S \cdot l_4 = 2,08 \times 1,4 = 2,9 \text{ тм.}$$

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

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

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

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

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

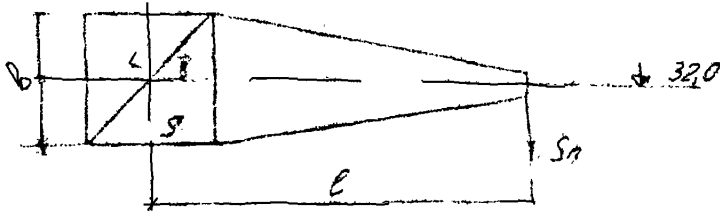
Проверка напряжения в панели пояса U^2
(случай, не вошедший в расчетный лист)
Усилие - 19,3 т.

$$L \ 90 \times 7 \quad F = 12,3 \text{ см}^2; \quad l = 200 \text{ см} \quad r_x = 2,77 \text{ см}$$

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

$$\sigma = \frac{19300}{12,3 \times 0,798 \times 1,0} = \frac{19300}{9,8} = 1970 \text{ кг/см}^2 \leq [2100]$$

Расчёт распорок в дуофрагм.



$$S = \frac{Sn \cdot l}{b} + \frac{G}{2 \cdot \tan \alpha}$$

Схема III, IV р-н колодеза

$$Sn = 2080 \text{ кг.} \quad 0,5 G = 470 \text{ кг}$$

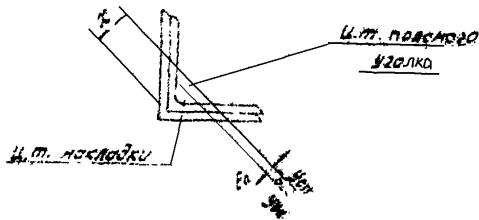
$$S = \frac{208 \times 3,5}{0,96} + \frac{0,47 \times 2}{2 \times 0,354} = 7,6 + 1,4 = 9,0 \text{ м}$$

$$K = \frac{Sn \cdot l}{\sqrt{2} \cdot b}$$

$$K = \frac{208 \times 3,5}{1,41 \times 0,92} = 5,6 \text{ м}$$

Расчет стыков секций

а) Стык нижней и средней секций (4,35)



полос - L 90*7

накладка - L 100*7

$$\sigma = \frac{N}{F} \quad N = 14,7 \text{ т} \quad F = 12,3 \text{ см}^2 \quad R_1 = 0,95$$

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

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

$$x = \frac{2,47}{0,707} = 3,5 \text{ см.} \quad J_{y0} = 38,9 \text{ см}^2 \quad e = 0,5 \text{ см.}$$

$$e_0 = \frac{(2,47 + 0,7) - 2,77}{0,707} = \frac{0,45}{0,707} = 0,65 \text{ см.}$$

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

$$m = m_1 = 0,325 \times \frac{12,3 \cdot 9,5}{38,9} = 0,36 \quad \varphi_0 = 0,679$$

$$\sigma = \frac{14,7 \cdot 0}{0,95 \cdot 0,679 \cdot 12,3} = 18,50 \text{ т/см}^2 < [2100]$$

б. Стыки 1^{ой} и 2^{ой} средних секций, а также стык 2^{ой} средней секции с верхней выполняются с двухсторонними накладками и проварки не требуют.

Расчет выполнил: Эльф / Элькин /

Расчет опоры У220-1

Определение предельного угла поворота на опоре У220-1

в горных районах при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$.

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 $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$ (см. расчет №3080 тм-т3 лист 8/43 ÷ 25/43 и расчетный лист №3080 тм-т7-4).

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

Как показывает расчет на листах 76, 77, 78, опору У220-1 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^H = 80 \text{ кг/м}^2$, 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 $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$ на углах поворота до 60° включительно.

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

$$\alpha = 52^\circ$$

Схема I

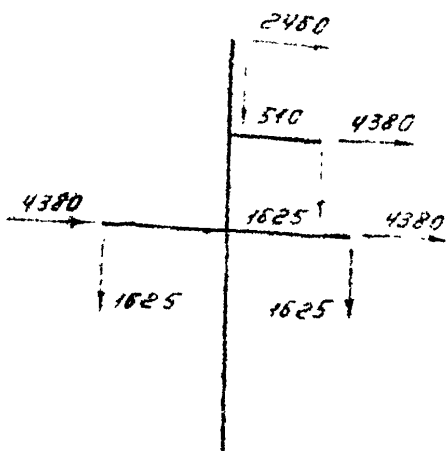
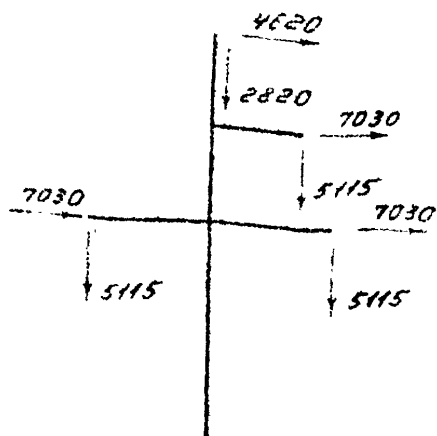


Схема II



Провода и трос не
 обарваны и свободны
 от гололеда.

III район гололедности,
 без разности тяжения

$$t = +5^\circ\text{C}; \quad \epsilon = 0; \quad \varphi_n^H = 80 \text{ кг/м}^2$$

$$\varphi_T^H = 120 \text{ кг/м}^2$$

$$L_{\text{встр.}} = 530 \text{ м}; \quad L_{\text{вес}} = 760 \text{ м};$$

$$L_{\text{нод}} = 380 \text{ м};$$

Провод и трос не
 обарваны и покрыты
 гололедом.

II район гололедности,
 без разности тяжения.

$$t = -5^\circ\text{C}; \quad \epsilon = 20 \text{ мм}; \quad \varphi_n^H = 20 \text{ кг/м}$$

$$\varphi_T^H = 30 \text{ кг/м}$$

$$L_{\text{встр.}} = 475 \text{ м}; \quad L_{\text{вес}} = 680 \text{ м}$$

$$L_{\text{нод}} = 340 \text{ м};$$

Определение усилий в поясах ствoла опоры 4220-1

Таблица № 19

Сечения отметки и базы	Схема I; II р-н гололеда; α=52°; без разн. таяж.			Схема II; II район гололеда; α=52°; без разн. таяж.		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)
От нагрузок на провода и тросы М _н	От ветра на конструкцию опоры М _в	От нагрузок на провода и тросы М _н		От ветра на конструкцию опоры М _в		
3-3 ▽ 18,75 м β=2,5 м	$2,46 \times 15,35 = 37,8$ $4,38 \times 7,25 = 31,8$ $4,38 \times 2 \times 0,75 = 6,58$ <hr/> 13,14 М _н = 76,18 М _в = 1,625 × 4,9 = 7,97 Σ М = 84,15	$0,87 \times 12,15 = 10,7$ $0,224 \times 8,1 = 1,84$ $2,14 \times 4,1 = 8,7$ $2,29 \times 2 \times 1,7 = 0,98$ <hr/> 3,81 М _в = 22,22	$0,51 \times 1 = 1,02$ $1,625 \times 3 = 4,875$ $0,35 \times 15,3 = 5,35$ <hr/> 11,245	$4,62 \times 15,35 = 70,6$ $7,03 \times 7,25 = 51,0$ $7,03 \times 2 \times 0,75 = 10,7$ <hr/> 25,71 М _н = 132,3 М _в = 5,45 × 4,9 = 25,1 Σ М = 157,4	$2,82 \times 1 = 2,82$ $5,115 \times 3 = 15,35$ $0,35 \times 15,9 = 5,35$ <hr/> 23,52	
	$U_2 = \frac{76,18 + 22,22}{2 \times 2,5} + \frac{11,245}{4} = 19,7 + 2,8 = 22,5 \text{ т}$			$U_2 = \frac{157,4 + 4,65}{2 \times 2,5} + \frac{23,52}{4} = 32,5 + 5,87 = 38,37 \text{ т}$		
2-2 ▽ 10,7 м β=4,7 м	$13,14 \times 8,1 = 105,5$ $24,15$ <hr/> 13,14 М _н = 100,65	$22,22$ $3,81 \times 8,1 = 30,9$ $2,22 \times 2,8 = 6,2$ <hr/> 6,03 М _в = 59,32	$11,245$ $0,35 \times 8,1 = 2,83$ <hr/> 14,075	$157,4$ $25,71 \times 8,1 = 208,0$ <hr/> 25,71 М _н = 365,4	$23,52$ $0,35 \times 8,1 = 2,83$ <hr/> 26,35	М _в = 12,42
	$U_1 = \frac{100,65 + 59,32}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{14,075}{4 \times 0,989} = 26,9 + 3,55 = 30,45 \text{ т}$			$U_1 = \frac{365,4 + 12,42}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{26,35}{4 \times 0,989} = 40,5 + 6,65 = 47,15 \text{ т}$		
1-1 ▽ 2,2 м β=7,3 м cos δ = 0,989	$13,14 \times 8,5 = 112,0$ $190,65$ <hr/> М _н = 302,65	$59,32$ $6,03 \times 8,5 = 51,4$ $2,85 \times 2,3 = 6,55$ <hr/> М _в = 117,27	$14,075$ $0,35 \times 8,5 = 2,97$ <hr/> 17,045	$365,4$ $25,71 \times 8,5 = 221,8$ <hr/> М _н = 587,2	$26,35$ $0,35 \times 8,5 = 2,97$ <hr/> 29,32	М _в = 24,4
	$U_7 = \frac{302,65 + 117,27}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{17,045}{4 \times 0,989} = 29,0 + 4,26 = 33,26 \text{ т}$			$U_7 = \frac{587,2 + 24,4}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{29,32}{4 \times 0,989} = 42,0 + 7,4 = 49,4 \text{ т}$		

$U_7 = 48,5 \text{ т}$ $G_7 = \frac{49,4}{23,6} = 2090 \text{ кг/см}^2$

Расчет опоры 4220-2

Определение предельного угла поворота на опоре 4220-2 в горных районах при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$.

Опора 4220-2 рассчитана на подвеску проводов АСО-300 и АСО-400 и троса с-70 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$ (см. расчет лист 34/43-43/43 и расчетный лист № 3080 тм-т.7-5)

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

Как показывает расчет на листах 79, 87, 88, опору 4220-2 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^H = 80 \text{ кг/м}^2$, 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 $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$ на углах поворота до 60° включительно.

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

$$\alpha = 52^\circ$$

Схема I

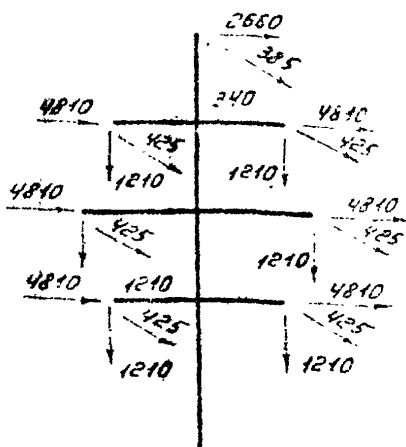
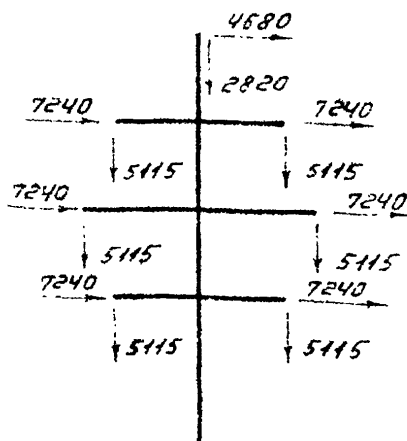


Схема II



Провода и трос не
 оборваны и свобод-
 ны от гололеда.

III район гололедности,
 с разностью тяжё-
 ний.

$$t = -5^\circ\text{C}; c = 0; q_n^H = 96 \text{ кг/м}^2$$

$$q_T^H = 130 \text{ кг/м}^2$$

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

$$L_{\text{гав}} = 380 \text{ м};$$

$$(L_{\text{стерж.}} = 250 \text{ м})$$

Провода и трос не обор-
 ваны и покрыты го-
 лоледом.

IV район гололедности,
 без разности тяжёми.

$$t = -5^\circ\text{C}; c = 20 \text{ мм}; q_n^H = 24 \text{ кг/л.}$$

$$q_T^H = 32,5 \text{ кг/л.}$$

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

$$L_{\text{гав}} = 340 \text{ м}$$

Определение усилий в поясах створа опоры 4220-Е

Таблица № 20

Сечения отметки и высоты	Схема I; III р-н гололеда, $\lambda = 52^\circ$; разность тяжения				Схема II; IV р-н гололеда, $\lambda = 52^\circ$; без разн. тяж.			
	Изгибающие моменты (тм)			Вертикаль- ные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	
	От нагрузок на провода и тросы M_H	От нагрузок на провода и тросы M_L	От ветра на кон- струкцию опоры M_W		От нагрузок на провода и трос M_H	От ветра на кон- струкцию опоры M_W		
4-4 $\nabla 25,2 м$ $\beta = 2,5 м$	$2,66 \times 15,4 = 41,0$ $4,81 \times 2 \times 7,3 = 70,3$ $4,81 \times 2 \times 0,8 = 7,7$ 21,9 $M_H = 119,0$	$0,385 \times 15,4 = 5,94$ $0,425 \times 2 \times 7,3 = 6,2$ $0,425 \times 2 \times 0,8 = 0,68$ 2,09 $M_L = 12,82$	$M_W = 29,2$	$0,34 \times 1 = 0,34$ $1,21 \times 4 = 4,84$ $0,4 \times 15,0 = 6,0$ 11,18	$4,68 \times 15,4 = 72,0$ $7,24 \times 2 \times 7,3 = 106,0$ $7,24 \times 2 \times 0,8 = 11,6$ 33,64 $M_H = 189,6$	$0,2 \times 11,9 = 2,38$ $0,056 \times 2 \times 7,8 = 0,88$ $0,064 \times 2 \times 1,5 = 0,19$ $0,66 \times 4,1 = 2,68$ 1,1 $M_W = 6,13$	$2,82 \times 1 = 2,82$ $5,12 \times 4 = 20,48$ $0,4 \times 15,0 = 6,0$ 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 $\nabla 18,8 м$ $\beta = 2,5 м$	$21,9 \times 6,4 = 140,0$ $4,81 \times 2 \times 0,75 = 7,7$ 31,52 $M_H = 266,7$	$2,09 \times 6,4 = 13,4$ $0,425 \times 2 \times 0,75 = 0,64$ 2,94 $M_L = 26,86$	$M_W = 68,4$	$1,21 \times 2 = 2,42$ $0,4 \times 6,4 = 2,56$ 15,16	$33,64 \times 6,4 = 216,0$ $7,24 \times 2 \times 0,75 = 10,9$ 48,12 $M_H = 416,5$	$1,1 \times 6,4 = 7,05$ $0,05 \times 2 \times 12 = 0,12$ $0,43 \times 2,5 = 1,09$ 1,63 $M_W = 14,39$	$5,12 \times 2 = 10,24$ $0,4 \times 6,4 = 2,56$ 42,1	
$U_2 = \frac{266,7 + 26,86 + 68,4}{2 \times 2,5} + \frac{15,16}{4} = 72,2 + 4,04 = 76,24 т$				$U_2 = \frac{416,5 + 14,39}{2 \times 2,5} + \frac{42,1}{4} = 86,2 + 10,5 = 96,7 т$				
2-2 $\nabla 10,7 м$ $\beta = 4,7 м$ $\cos \delta = 0,989$	$31,52 \times 8,1 = 255,0$ $4,81 \times 2 \times 0,8 = 7,7$ 31,52 $M_H = 522,7$	$2,94 \times 8,1 = 23,8$ $0,425 \times 2 \times 0,8 = 0,68$ 2,94 $M_L = 50,66$	$M_W = 137,5$	$0,4 \times 8,1 = 3,24$ 19,4	$48,12 \times 8,1 = 390,0$ $7,24 \times 2 \times 0,8 = 11,6$ 48,12 $M_H = 806,5$	$1,63 \times 8,1 = 13,2$ $0,49 \times 2,8 = 1,4$ 2,12 $M_W = 28,99$	$42,1$ $0,4 \times 8,1 = 3,25$ 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 $\nabla 2-2 м$ $\beta = 7,3 м$ $\cos \delta = 0,989$	$31,52 \times 8,5 = 268,0$ $4,81 \times 2 \times 0,8 = 7,7$ 31,52 $M_H = 790,7$	$2,94 \times 8,5 = 25,0$ $0,425 \times 2 \times 0,8 = 0,68$ 2,94 $M_L = 75,66$	$M_W = 230,0$	$0,4 \times 8,5 = 3,4$ 22,8	$48,12 \times 8,5 = 415,0$ $7,24 \times 2 \times 0,8 = 11,6$ 48,12 $M_H = 1221,5$	$2,12 \times 8,5 = 18,0$ $0,64 \times 2,3 = 1,47$ 48,46	$45,35$ $0,4 \times 8,5 = 3,4$ 48,75	
$U_7 = \frac{790,7 + 75,66 + 230,0}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{22,8}{4 \times 0,989} = 76,0 + 5,76 = 81,76 т$				$U_7 = \frac{1221,5 + 48,46}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{48,75}{4 \times 0,989} = 87,8 + 12,3 = 100,1 т$				

$U_7 = 100,7 т$; $G_7 = \frac{100,1}{48,6} = 2070 кг/см^2$

Расчет опоры УС 220-5

Определение предельного угла поворота на опоре
УС 220-5 в горных районах при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$

Опора УС 220-5 рассчитана на подвеску проводов АСО-300
и АСО-400 и троса С-30 в I-IV районах гололедности и в III-
ветковом районе при $q = 50 \text{ кг/м}^2$ (см. расчеты 3080 тм-т3 лист
9/43 ÷ 42/43; 3081 тм-т2 лист 83/91, 85/91; 87/91; 90/91; 91/91 и
расчетный лист № 3081 тм-т5-5).

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

Поэтому элементы опоры, рассчитанные по схеме
II, т.е. пояс ствола опоры, тросостойка и элементы
траверс, подлежат проверке на повышенные ветро-
вые нагрузки по схеме II.

Как показывает расчет на листах 82, 83, 84, опору
УС 220-5 можно применять в вышеуказанных условиях
($q^H = 80 \text{ кг/м}^2$; I-IV районы гололедности; провод АСО-300
и АСО-400) при углах поворота до 50° включительно

№ 3081 тм-т3 лист
82/8

Схемы расчетных нагрузок
 проводов ЯСО-400; трос С-70

$$\alpha = 60^\circ$$

Схема I

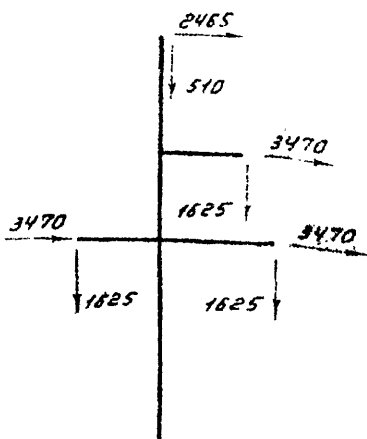
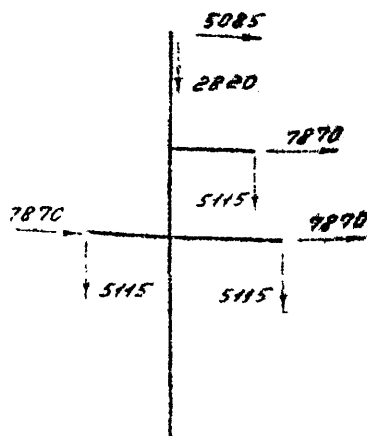


Схема II



Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда

III район гололедности, без разности тяжения.

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

$$q_T^H = 120 \text{ кг/м}^2$$

$$l_{\text{ветр}} = 530 \text{ м}; l_{\text{вес}} = 760 \text{ м};$$

$$l_{\text{гоб.}} = 380 \text{ м};$$

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

$$t = -5^\circ\text{C}; c = 20 \text{ мм}; q_n^H = 20 \text{ кг/м}^2$$

$$q_T^H = 30 \text{ кг/м}^2$$

$$l_{\text{ветр}} = 475 \text{ м}; l_{\text{вес}} = 680 \text{ м};$$

$$l_{\text{гоб.}} = 340 \text{ м};$$

Определение усилий в поясах створа опоры УО 220-5 Таблица № 21

Сечения отметки и база	Схема I; III р-н гололеда; $\alpha = 60^\circ$ без разм. таж			Схема II; IV р-н гололеда; $\alpha = 60^\circ$; без разм. таж сн. таж		
	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальн нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальн нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос. М _н	От ветра на кон- струкцию опоры М _в		От нагрузок на про- вода и трос. М _н	От ветра на констр- кцию опоры М _в	
7-7 ▽ 14,75 м b = 2,5 м	$2,465 \times 15,35 = 37,9$ $3,47 \times 7,25 = 25,2$ $3,47 \times 2 \times 0,75 = 5,2$		$0,51 \times 1 = 0,51$ $1,625 \times 3 = 4,875$ $0,35 \times 15,3 = 5,35$	$5,085 \times 15,35 = 78,1$ $7,87 \times 7,25 = 57,0$ $7,87 \times 2 \times 0,75 = 11,8$		$2,82 \times 1 = 2,82$ $5,115 \times 3 = 15,34$ $0,35 \times 15,3 = 5,35$
	12,88 М _н = 68,3 M _в = 1,625 × 4,9 = 7,96	M _в = 20,2	10,74	28,7 М _н = 146,9 M _в = 5,115 × 4,9 = 25,1	M _в = 4,2	23,51
	$U_3 = \frac{75,25 + 20,2}{2 \times 2,5} + \frac{10,74}{4} = 19,3 + 2,7 = 20,0 \tau$			$U_3 = \frac{172,0 + 4,2}{2 \times 2,5} + \frac{23,51}{4} = 35,2 + 5,87 = 41,07 \tau$		
3-3 ▽ 6,2 м b = 3,3 м	$12,88 \times 8,55 = 110,0$		$0,35 \times 8,55 = 3,0$	$28,7 \times 8,55 = 246,0$		$0,35 \times 8,55 = 3,0$
	12,88 М _н = 186,26	M _в = 57,2	13,74	28,7 М _н = 418,0	M _в = 11,9	26,51
cos δ = 0,999	$U_2 = \frac{186,26 + 57,2}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{13,74}{4 \times 0,999} = 35,8 + 3,44 = 40,24 \tau$			$U_2 = \frac{418,0 + 11,9}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{26,51}{4 \times 0,999} = 65,0 + 6,62 = 71,6 \tau$		
1-1 ▽ 1,5 м b = 3,85 м	$12,88 \times 4,7 = 60,5$		$0,35 \times 4,7 = 1,64$	$28,7 \times 4,7 = 135,0$		$0,35 \times 4,7 = 1,64$
	M _н = 246,76	M _в = 84,2	15,38	553,0	M _в = 17,5	28,15
cos δ = 0,999	$U_1 = \frac{246,76 + 84,2}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{15,38}{4 \times 0,999} = 43,0 + 3,84 = 46,84 \tau$			$U_1 = \frac{553,0 + 17,5}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{28,15}{4 \times 0,999} = 74,2 + 7,04 = 81,24 \tau$		

$$G_1 = \frac{81,24}{39,2} = 2070 \text{ кг/см}^2$$

Расчет опоры УС 220-6

Определение предельного угла поворота на опоре УС 220-6 в горных районах при $q^H = 30 \text{ кг/м}^2$

Опора УС 220-6 рассчитана на подвеску проводов АСО-300 и АСО-400 и троса С-70 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q = 50 \text{ кг/м}^2$ (см. расчеты 3080 тм-т3 лист 35/43 - 38/43, 3081 тм-т2 лист 82/91, 84/91, 86/91; 88/91, 89/91 и расчетный лист 3081 тм-т5-б).

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

Как показывает расчет на листах 85, 86, 87 опору УС 220-6 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^H = 80 \text{ кг/м}^2$, III-IV районы гололедности, провод АСО-400) при углах поворота до 58° включительно.

В остальных случаях (с проводом АСО-400 в I-IV р.г. и с проводом АСО-300 в I-IV р.г.) опору можно применять при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$ на углах поворота до 60° включительно.

Схемы расчетных нагрузок
 тросов ЯСО-400; тросе Е-70

$$\alpha = 58^\circ$$

Схема I

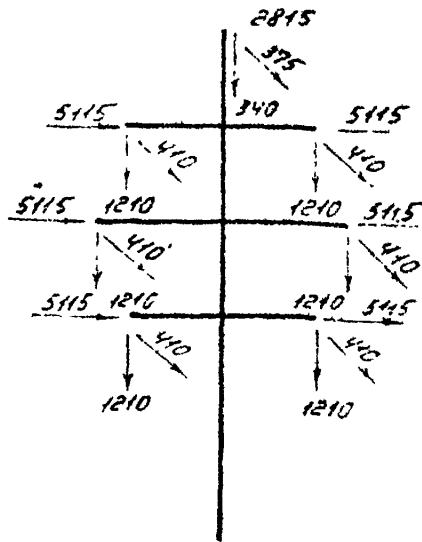
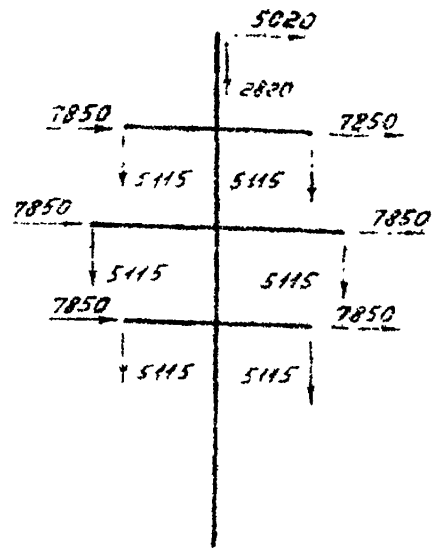


Схема II



Тросы и трос не
 обдуваны и свободны от
 гололеда

III район гололедности, с
 разностью тяжелей.

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

$$q_T^H = 130 \text{ кг/м}^2$$

$$L_{\text{ветр}} = 530 \text{ м}, L_{\text{вес}} = 760 \text{ м};$$

$$L_{\text{трос}} = 380 \text{ м}, (L_{\text{стерж}} = 250 \text{ м})$$

Тросы и трос не
 обдуваны и покрыты го-
 лоледом.

IV район гололедности,
 без разности тяжелей

$$t = -5^\circ\text{C}; c = 20 \text{ мм}, q_n^H = 24 \text{ кг/м}^2$$

$$q_T^H = 32,5$$

$$L_{\text{ветр}} = 475 \text{ м}, L_{\text{вес}} = 680 \text{ м},$$

$$L_{\text{трос}} = 340 \text{ м},$$

Определение усилий в поясах ступенчатой опоры ПС 220-6

Таблица № 22

Сечение, отметка, высота	Схема I: III р-н гололеда, $\alpha = 58^\circ$, без разн. трения				Схема II: IV р-н гололеда, $\alpha = 58^\circ$, без разн. трения			
	Изгибающие моменты (тм)			Вертикаль- ные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикаль- ные нагрузки G (т)	
	От нагрузок на провода и трос II	От нагрузок на провода и трос II	От ветра на конструкцию IIW		От нагрузок на провода и трос II	От ветра на кон- струкцию опоры IIW		
4-4 $\nabla 21,2 \text{ м}$ $\delta = 2,5 \text{ м}$	$2,815 \times 15,4 = 43,4$ $5,115 \times 2 \times 7,3 = 74,7$ $5,115 \times 2 \times 0,8 = 8,2$	$0,375 \times 15,4 = 5,78$ $0,41 \times 2 \times 7,3 = 6,0$ $0,41 \times 2 \times 0,8 = 0,66$	$M_w = 28,2$	$0,34 \times 1 = 0,34$ $1,21 \times 4 = 4,84$ $0,4 \times 15 = 6,0$	$5,02 \times 15,4 = 77,4$ $7,85 \times 2 \times 7,3 = 115,0$ $7,85 \times 2 \times 0,8 = 12,6$	$M_w = 5,77$	$2,82 \times 1 = 2,82$ $5,115 \times 4 = 20,48$ $0,4 \times 15,0 = 6,0$	
	23,28 $M_{II} = 126,3$	2,02 $M_{II} = 12,44$		11,18	36,42 $M_{II} = 205,0$		29,28	
	$U_3 = \frac{126,3 + 12,44 + 28,2}{2 \times 2,5} + \frac{11,18}{4} = 33,3 + 2,79 = 36,1 \text{ т}$			$U_3 = \frac{205,0 + 5,77}{2 \times 2,5} + \frac{29,28}{4} = 42,2 + 7,29 = 49,49 \text{ т}$				
3-3 $\nabla 14,8 \text{ м}$ $\delta = 2,5 \text{ м}$	$23,28 \times 6,4 = 149,0$ $5,115 \times 2 \times 0,7 = 7,15$	$2,02 \times 6,4 = 12,9$ $0,41 \times 2 \times 0,7 = 0,58$	$M_w = 66,0$	$1,21 \times 2 = 2,42$ $0,4 \times 0,1 = 0,4$	$36,42 \times 6,4 = 234,0$ $7,85 \times 2 \times 0,7 = 11,0$	$M_w = 13,9$	$29,28$ $5,115 \times 2 = 10,23$ $0,4 \times 6,4 = 2,56$	
	33,51 $M_{II} = 290,41$	2,84 $M_{II} = 25,92$		16,16	52,12 $M_{II} = 450,0$		42,07	
	$U_2 = \frac{290,41 + 25,92 + 66,0}{2 \times 2,5} + \frac{16,16}{4} = 76,5 + 4,04 = 80,54 \text{ т}$			$U_2 = \frac{450,0 + 13,9}{2 \times 2,5} + \frac{42,07}{4} = 92,5 + 10,5 = 103,0 \text{ т}$				
6-6 $\nabla 6,2 \text{ м}$ $\delta = 3,3$ $\cos \delta = 0,999$	$290,41 \times 8,6 = 2498,0$	$2,84 \times 8,6 = 24,4$	$M_w = 135,0$	$0,4 \times 8,6 = 3,45$	$52,12 \times 8,6 = 449,0$	$M_w = 25,4$	$42,07$ $0,4 \times 8,6 = 3,45$	
	33,51 $M_{II} = 578,41$	2,84 $M_{II} = 50,32$		19,61	52,12 $M_{II} = 899,0$		45,52	
	$U_1 = \frac{578,41 + 50,32 + 135,0}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{19,61}{4 \times 0,999} = 115,6 + 4,9 = 120,5 \text{ т}$			$U_1 = \frac{899,0 + 25,4}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{45,52}{4 \times 0,999} = 140,0 + 11,4 = 151,4 \text{ т}$				
1-1 $\nabla 1,5 \text{ м}$ $\delta = 3,85 \text{ м}$ $\cos \delta = 0,999$	$578,41 \times 4,7 = 157,5$	$2,84 \times 4,7 = 13,4$	$M_w = 180,0$	$0,4 \times 4,7 = 1,9$	$52,12 \times 4,7 = 246,0$	$M_w = 34,7$	$45,52$ $0,4 \times 4,7 = 1,9$	
	33,51 $M_{II} = 735,91$	2,84 $M_{II} = 63,72$		21,51	52,12 $M_{II} = 1145,0$		47,42	
	$U_7 = \frac{735,91 + 63,72 + 180,0}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{21,51}{4 \times 0,999} = 127,0 + 5,36 = 132,36 \text{ т}$			$U_7 = \frac{1145,0 + 34,7}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{47,42}{4 \times 0,999} = 152,8 + 11,8 = 164,6 \text{ т}$				

$$G_7 = \frac{164,6}{78,4} = 2100 \text{ кг/см}^2$$

Расчет выполнил: *Иванов* / Токарева /

N308 | ТМ-ТЗ | лист 1/1