

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные специальные
опоры ВЛ 220 и 330 кВ

N 407-4-30

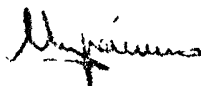
РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 3

РАСЧЕТЫ ОПОР ДЛЯ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА

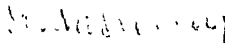
/С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА



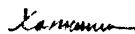
/М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ
ИНСТИТУТА



/Л. ЛЕВИН/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ
ИНСТИТУТА ПО ВЛ



/В. ХОТНИНСКИЙ/

МОСКВА - 1970

N 3081-ТМ 3	Лист
	2/87

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные специальные
опоры ВЛ220 и 330 кВ

N407-4-30

Рабочие чертежи
ТОМ 3

Расчеты опор для горных районов

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

/ К. Крюков /

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА

/ А. Флягин /

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

/ К. Синелобов /

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА

/ Б. Новгородцев /

ЛЕНИНГРАД 1970

N3081-ТМ-3

Лист
3/8

Аннотация.

В настоящем томе приводятся расчеты промежуточных и промежуточных угловых свободностоящих опор ПС 220-5, ПС 220-6, ПС 220-1 и ПС 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 $\bar{I}$ района павелу $\gamma = 80 \text{ г/м}^2$, марки проводов по ГОСТ 839-89 и районы по гололеду 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.

N 3081.тм-т3	Лист
	48

Состав проекта.

№ тома	Наименование тома.	Инвентарный номер
Том 1.	Пояснительная записка.	3081 тм - т1
Том 2.	Расчёты подставок опор для городских условий и загрязнённых районов.	3081 тм - т2
Том 3	Расчёты опор для горных районов.	3081 тм - т3
Том 4.	Рабочие чертежи гонимых опор, подставок тросостоек для двух тросов, тросостоек для плавки гололеда и про. промежуточной опоры 330кВ с горизонтальным расположением проводов.	3081 тм - т4
Том 5.	Рабочие чертежи опор для городских условий	3081 тм - т5
Том 6.	Рабочие чертежи опор 330кВ для районов с загрязнённой атмосферой.	3081 тм - т6
Том 7.	Рабочие чертежи опор для горных районов.	3081 тм - т7
Том 8.	Нагрузки на т. - провода.	3081 тм - т8
Том 9.	Схемы транспозиции и ответвлений.	3081 тм - т9
Том 10	Калькуляции стоимости.	3081 тм - т10
Том 11	Потенциальный проект, хранится в ПК 30 энергосети проекта	3081 тм - т11

Содержание тома 3

I Расчет промежуточных свободностоящих опор 220 кВ

1. Эскизы опор	9
2. Нагрузки на опоры	11
3. Давление ветра на конструкцию опор	15
4. Расчет поясов 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

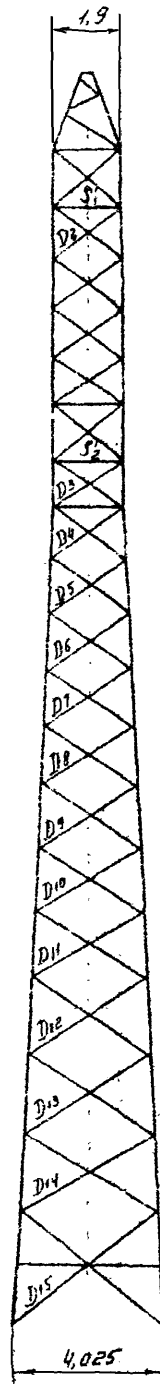
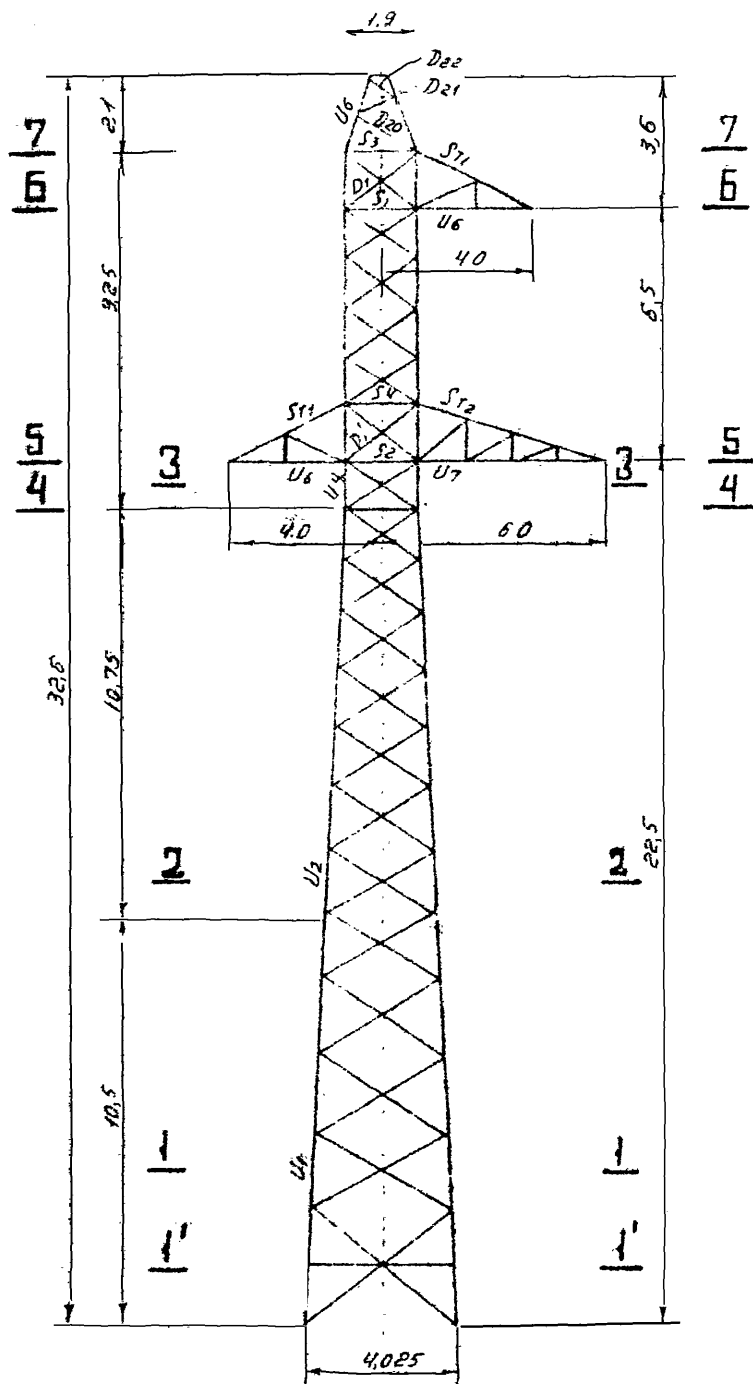
IV Расчет предельных углов поворота допускаемых на анкерно-угловых опорах в горных районах

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

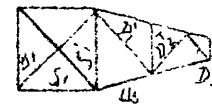
ПС 220-5



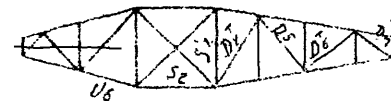
Бречное 77



Сечение б-б



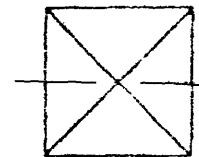
Сечение 5-5



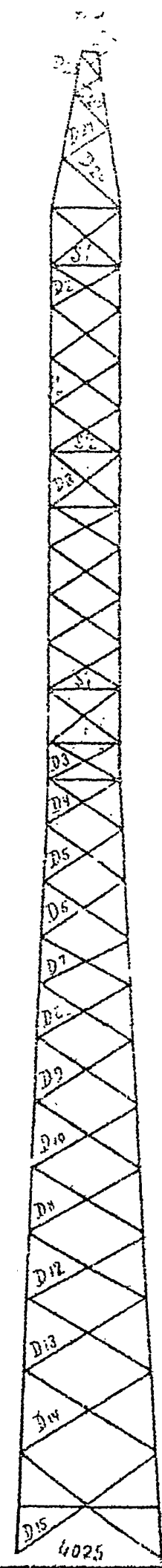
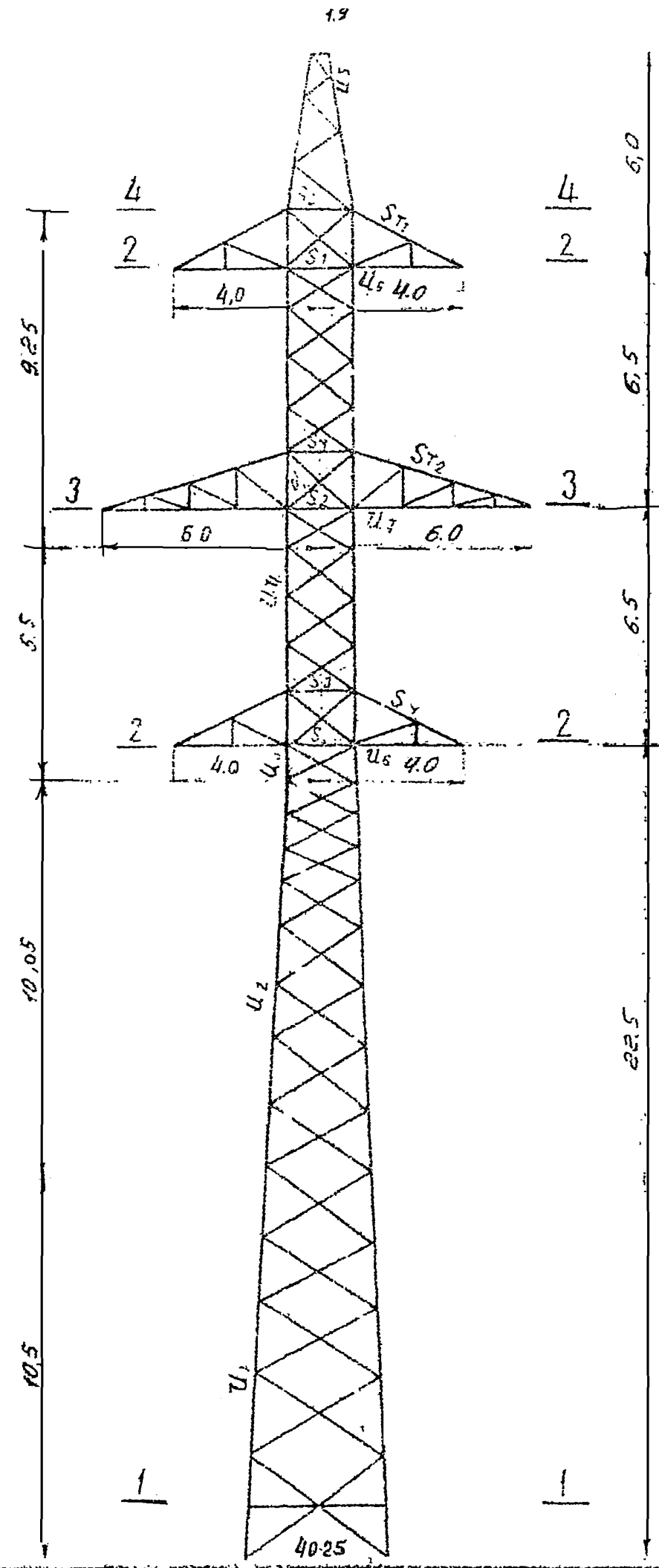
Сечение 4-4



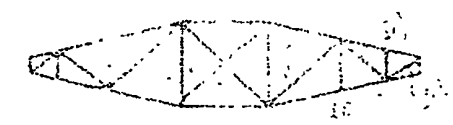
Сечение 1'-1'



ПС 220-5



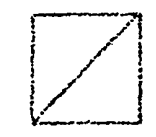
Сечение 2-2



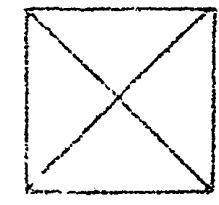
Сечение 3-3



Сечение 4-4



Сечение 1-1



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

Исходные данные	Расчетные схемы	Расчетные параметры наименование условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Объем	Таблица №1																	
						III район гололеда									IV район гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда Ветер направлен вдоль оси траверс	$l=5^{\circ}0', c=0; q_n^H=80 \text{ мН/м}^2; q_r^H=100 \text{ мН/м}^2$		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_t	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
II	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда Ветер направлен под 45° к оси траверс	$l=5^{\circ}0', c=0; q_n^H=80 \text{ мН/м}^2; q_r^H=100 \text{ мН/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	515	1,2	620	630	1,2	755	415	1,2	500	450	1,2	540	565	1,2	680	370	1,2	445
				Вес пролета провода, троса	G_t	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
III	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$l=5^{\circ}0', c=15 \text{ мм}; q_n^H=200 \text{ мН/м}^2; q_r^H=300 \text{ мН/м}^2$		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_t	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

Продолжение таблицы №1

Линия	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	III район гололеда									IV район гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
						Свеса	Вес	Сград.	Свеса	Вес	Сград.	Свеса	Вес	Сград.	Свеса	Вес	Сград.	Свеса	Вес	Сград.	Свеса	Вес	Сград.
						норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет
III	Обрывом одним провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$\lambda=50^\circ, \epsilon=0, \varphi=0^\circ$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—
				Вес пролёта 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_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	q_n, q_r q_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	1,1	460
IV	Обрывом одним трос провода не обрывной. Тяжение троса равно полови- не максималь- ного тяжения	$\lambda=50^\circ, \epsilon=0, \varphi=0^\circ$		Тяжение троса при обрыве	S_r	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500
				Вес пролёта 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_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	q_n, q_r q_r	870	—	960	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460

Примечания:

1. Высота центра тяжения троса - 31,7 м.
Нормативный скоростной напор $q_r^H = 15 \times 80 = 120 \text{ кг/м}^2$;
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 $\sigma_{\text{max}} = 40 \text{ кг/мм}^2$;
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 опоры	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Давление ветра на пролет провода, троса	III район гололеда									IV район гололеда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
						435 м			530 м			530 м			435 м			475 м			475 м		
						710 м			760 м			760 м			620 м			680 м			680 м		
						355 м			380 м			310 м			310 м			340 м			---		
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси троса	$L=52^{\circ}, C=0, g_n=96\text{ мм}^2, g_r=100\text{ мм}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	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
				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
II	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под 45° к оси троса	$L=52^{\circ}, C=0, g_n=96\text{ мм}^2, g_r=100\text{ мм}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	610	1,2	730	760	1,2	910	455	1,2	545	540	1,2	650	680	1,2	815	405	1,2	485
				Вес пролета провода, троса	g_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
III	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси троса	$L=45^{\circ}, C=0,5\text{ мм}^2, g_n=96\text{ мм}^2, g_r=100\text{ мм}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n	780	1,4	1065	870	1,4	1220	785	1,4	1100	790	1,4	1110	915	1,4	1280	875	1,4	1225
				Вес пролета провода, троса	g_n	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	1160	2,0	2320	1350	2,0	2700	835	2,0	1670	1530	2,0	3060	1810	2,0	3620	1180	2,0	2360
				Суммарная вертикальная нагрузка	g_n+g_r	2030	—	3280	2580	—	4050	1300	—	2180	2300	—	3910	2920	—	4840	1600	—	2820

продолжение таблицы № 2

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные полюсительные условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	№	III район гололёда									IV район гололёда								
						АСО-300			АСО-400			С-70			АСО-300			АСО-400			С-70		
						В. ветр	В. вес	В. гол	В. ветр	В. вес	В. гол	В. ветр	В. вес	В. гол	В. ветр	В. вес	В. гол	В. ветр	В. вес	В. гол	В. ветр	В. вес	В. гол
						норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет	норм	п	расчет
III	Оборван один провод дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$\alpha = -50^\circ, \beta = 0, \gamma = 0$		Тяжелые провода при обрыве	S_n	1485	1,3	1545	1995	1,04	2080	—	—	—	1485	1,04	1545	1995	1,04	2080	—	—	—
				Вес пролёта провода троса	g_n	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	g_r	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—
				Суммарная верти- кальная нагрузка	$g_n + g_r$	870	—	950	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	420	—	460
IV	Оборван один трос. Провода не обрваны	$\alpha = -50^\circ, \beta = 0, \gamma = 0$		Тяжелые тросы при обрыве	S_r	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,04	1500
				Вес пролёта провода, троса	g_r	780	1,1	850	1140	1,1	1250	465	1,1	510	680	1,1	750	1020	1,1	1120	420	1,1	460
				Вес гирлянд изоляторов	g_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	—	950	1230	—	1350	465	—	510	770	—	850	1110	—	1220	—	—	—

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 сочетаний $K = 0,8$.
4. Максимальное напряжение в тросе в III-IV
районах гололёда $\sigma_{\text{трос}} = 40 \text{ кг/мм}^2$.
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкцию опоры ПС220-5 по схемам I и II таблица №3

Наименование сечений	Эскиз и средняя от-летка сечения	Коэффициент обтекания по длине C_x	Напор ветровой нагрузки q_0 (кг/м²)	Площадь эле-ментарной поверхности F_x (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\beta = \frac{F_x}{S}$	Напор ветровой нагрузки $C_p = C_x \cdot q_0$ (кг/м²)	$\frac{P}{h}$ при $h=1$	Аэродинамический коэффициент C_{pa} (м²)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф. динамики (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф. динамики $B=1.35$ и коэф. перегрузки $\gamma=1.2$ (кг)		
										По ветре и трассе $P = q_0 \cdot C_p \cdot S$	По ветре под 45° $P_1 = 0.8P$ к трассе	По ветре под 45° $P_2 = 0.8P$ к трассе	По ветре и трассе $P_{расч} = B \cdot \gamma \cdot P$	По ветре под 45° $P_{1расч} = B \cdot \gamma \cdot P_1$	По ветре под 45° $P_{2расч} = B \cdot \gamma \cdot P_2$
										при $P = q_0 \cdot C_p \cdot S$	при $P_1 = 0.8P$ к трассе	при $P_2 = 0.8P$ к трассе	при $P_{расч} = B \cdot \gamma \cdot P$	при $P_{1расч} = B \cdot \gamma \cdot P_1$	при $P_{2расч} = B \cdot \gamma \cdot P_2$
Верхнее		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
Нижнее		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
Нижнее		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
Промежу-точное по		1.61	129	0.48	2.1	0.23	0.32	0.79	0.57	155	125	125	250	200	200
Верхняя сечен-ия		1.48	119	9.9	17.6	0.22	0.31	0.82	0.56	1170	935	935	1900	1510	1510
Средняя сечен-ия		1.07	86	4.66	26.2	0.18	0.25	0.88	0.47	1060	850	850	1720	1380	1380
Нижняя сечен-ия		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 $q_0 = 80 \text{ кг/м}^2$ на высоте до 15 м
- Ветровые нагрузки на трассы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра $\perp$ оси трассы. При ветре $\perp$ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0.45 P_{тр}$
- При ветре под 45° к оси ВЛ $P_1 = 0.85 P_{тр}$, а $P_2 = 0.45 P_{тр}$

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

Таблица № 4

1180.1044 ш-4																
Назначение секции	Уклон и средняя отметка секции	Коэффициент увеличения скорости ветра на высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Плотность воздуха ρ (кг/м³)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент загромождения $\varphi = \frac{F_z}{S}$	Величина коэффициента динамичности $\mu_z = \frac{f_z}{f_0}$	η (при $\frac{B}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффициент C_x (при $C_{x0} = 1$)	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамичности (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффициента динамичности $B=1,35$ и коэф. перегрузки $\eta=1,2$ (кг)			
										При ветре и поперек $P=P_0$ стр. 5	При ветре под 45°		При ветре и поперек $P=P_0$ стр. 5	При ветре под 45°		
											$P_1=0,8P$ I traverse	$P_n=0,8P$ II traverse		$P_1=0,8P$ I traverse	$P_n=0,8P$ II traverse	
Ветровая раб. секция		1,72	138	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	85x2 ²⁾ (190)	125 ³⁾ x2	85 ³⁾ x2	140x2	200x2	140x2	
Ветровая раб. секция		1,57	126	1,01	3,75	0,27	0,38	0,73	0,66	140x2 ²⁾ (310)	200 ³⁾ x2	140 ³⁾ x2	230x2	320x2	230x2	
Ветровая раб. секция		1,43	115	0,55	2,25	0,24	0,34	0,78	0,61	70x2 ²⁾ (160)	105 ³⁾ x2	70 ³⁾ x2	115x2	170x2	115x2	
Ветровая раб. секция		1,79	143	0,91	4,75	0,19	0,27	0,87	0,51	350	280	280	570	450	450	
Ветровая раб. секция		1,63	131	3,9	17,6	0,22	0,31	0,82	0,56	1280	1020	1020	2100	1650	1650	
Ветровая раб. секция		1,45	116	3,47	12,4	0,28	0,39	0,70	0,66	350	760	760	1590	1230	1230	
Ветровая раб. секция		1,07	86	4,97	26,2	0,19	0,27	0,87	0,51	1150	920	920	1300	1490	1490	
Ветровая раб. 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:										1. Данные рассчитаны на базовый напор $q_0=1,23$ т/м², при ветре I стр. 54. Ветровая нагрузка						

Примечания:

- Опоры рассчитаны на скоростной напор $q = 80$ кг/м² на высоте 30 м.
- Ветровые нагрузки на traverse P_{tr} указаны в скобках, определены при направлении ветра к оси traverse.

- При ветре под 45° к оси ВЛ $P_1 = 0,65 P_{tr}$ и $P_n = 0,45 P_{tr}$

№ 3081 МТЗ 16

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

Таблица № 5

Сечения, отметки, базы	Схема I, I' район гололеда			Схема I', II район гололеда			Схема II, II' район гололеда		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и тросы M _п	От ветров на конструкцию опоры M _{вн}		От нагрузок на провода и тросы M _п	От ветров на конструкцию II траверсы M _{вн}		От нагрузок на провода и тросы M _п	От ветров на конструкцию I траверсы M _{вн}	
3-3 ▽ 21,9 м В=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 _{п.у} =1,35×6,3=8,1 Σ M _п =24,52	2,605 M _{вн} =12,01	6,39	2,765 M _п =11,57 M _{п.у} =1,35×6,7=8,1 Σ M _п =19,67	2,165 M _{вн} =9,83	2,365 M _{вн} =10,47	6,39	4,38 M _п =21,28 M _{п.у} =4,84×6,0=29,0 Σ M _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 В=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	6,39 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	6,39 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 0,173×10,25=1,77 20,94
	U ₂ = $\frac{64,82+47,65}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{8,16}{4 \times 0,998} = 19,7 + 2,05 = 21,75 \tau$			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 В=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	8,16 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	4,175×7,65=28,7 0,97×3,8=3,69 4,72 M _{вн} =74,34	8,16 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 0,173×7,65=1,32 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 створа опоры определены по формуле:

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

2. Момент от неравновешенных вертикальных нагрузок M_{п.у} = 6,0;

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

Таблица № 6

Сечения, отметки и базы	Схема I, II район колодезя;			Схема I ⁰ , II ⁰ район гололеда;			Схема II, III район гололеда;		
	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M _п	От ветра на конст- рукцию опоры M _{вп}		От нагрузок на провода и трос M _п	От ветра на конструкцию опоры M _{вп}		От нагрузок на провода и трос M _п	От ветра на конструкцию опоры M _{вп}	
4-4 ▽ 28,4 м B=1,9 м	0,770×13,1=10,1 1,28×2×7,1=18,2 1,28×2×0,62=1,59	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=12,9 0,31×2×0,62=1,13	0,45×10,8=4,85 0,14×2×7,85=2,2 0,23×2×1,37=0,63	0,45×10,8=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=2,49
	5,89 M _п =29,89	2,1×4,3=9,05 3,41 M _{вп} =18,03	8,39	4,185 M _п =21,18	1,55×4,3=7,1 2,84 M _{вп} =14,78	3,14 M _{вп} =15,97	8,39	6,345 M _п =35,99 M _{вп} = $\frac{18,03}{4,8}=3,76$	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 B=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 0,31×2×0,62=1,13	14,78 2,84×6,5=18,5 0,115×2×1,37=0,32	15,97 3,14×6,5=20,4 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 _{вп} =45,69	12,33	6,005 M _п =49,51	1,23×3,25=4,0 4,3 M _{вп} =37,6	4,71 M _{вп} =40,83	12,33	8,305 M _п =78,88 M _{вп} = $\frac{45,69}{4,8}=9,5$	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 B=2,86 м cos φ=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 6,005	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=84,4 8,305	35,59 0,19×10,25=1,95
	156,38 M _п =156,38	7,04 M _{вп} =108,34	14,28	111,01 M _п =111,01	5,79 M _{вп} =89,35	6,2 M _{вп} =36,88	14,28	170,28 M _п =170,28	37,54
	$U_2 = \frac{156,38 + 108,34}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{14,28}{4 \times 0,998} = 46,3 + 3,6 = 49,9 \tau$			$U_2 = \frac{111,01 + 89,35 + 36,88}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{14,28}{4 \times 0,998} = 51,8 + 3,6 = 55,4 \tau$			$U_2 = \frac{170,28 + 22,6}{2 \times 2,86 \times 0,998} + \frac{37,54}{4 \times 0,998} = 43,1 \tau$		
1-1 ▽ 4,0 м B=3,625 м cos φ=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 8,305	37,54 0,19×10,05=1,91
	241,38 M _п =241,38	9,05 M _{вп} =189,04	16,19	156,91 M _п =156,91	7,39 M _{вп} =136,41	7,8 M _{вп} =148,14	15,73	259,88 M _п =259,88	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:

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

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

секция	Грани опоры	S_n (кг)					2080		
		Обознач. раско- сов	База "В" (м)	$\cos \beta$	$4B \cos \beta$	$\frac{b_0}{4B \cos \beta}$	$\ell = 6,0 \text{ м}$		
							OT Мкр	OT S _n	Σ
		$b_0 = 1,775 \text{ м}$		Мкр. (т.м)			12,48		
средняя секция	граница 1 оси трассы	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	границы опоры:	S_n (кг)					2080		
		Общая рас-св	База "в" (м)	$\cos \beta$	$4b \cos \beta$	$\frac{b_0}{4b \cos \beta}$	$L=6,0$ м	σT $M_{кр}$	σT S_n
		$b_0 = 1,775$ м		$M_{кр} (тн)$			12,48		
нижняя секция	границы траверсы	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:

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

b_0 — база на отметке приложения силы

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

секция		границ опоры	S _n (кг)				2080		
			Обознач раскосов	δ α 30 β'' (м)	cos β	4δ cos β	δ ₀ 4δ cos β	ℓ = 6,0 м	
							σ T M _{кр}	σ T S _n	Σ
			ℓ ₀ = 1,13 м		M _{кр} (тм)		12,48		
средняя секция	грань Лоси траверс	D ₄	1,96	0,838	6,58	0,172	1,9	0,35	2,26
		D ₅	2,03	0,848	6,9	0,164	1,81	0,34	2,15
		D ₆	2,23	0,819	7,3	0,155	1,71	0,32	2,03
		D ₇	2,38	0,838	7,98	0,142	1,56	0,30	1,86
		D ₈	2,53	0,857	8,7	0,130	1,44	0,28	1,72
		D ₉	2,69	0,848	9,14	0,124	1,37	0,26	1,63
		D ₁₀	2,86	0,857	9,82	0,115	1,27	0,24	1,51

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

секция	границ опоры	S_n (кг)					2080		
		Обозн. раскосов	База "в" (м)	$\cos \beta$	$4 B \cos \beta$	$\frac{b_0}{4 B \cos \beta}$	$\ell = 6,0 \text{ м}$		
							от Мкр	от S_n	Σ
		$b_0 = 1,13 \text{ м}$		$M_{кр} (\text{тм})$		12,48			
нижняя граница	граница 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 :

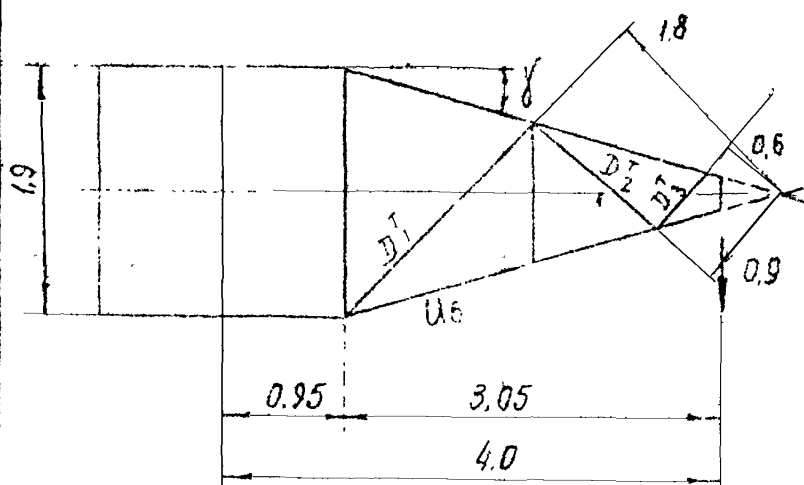
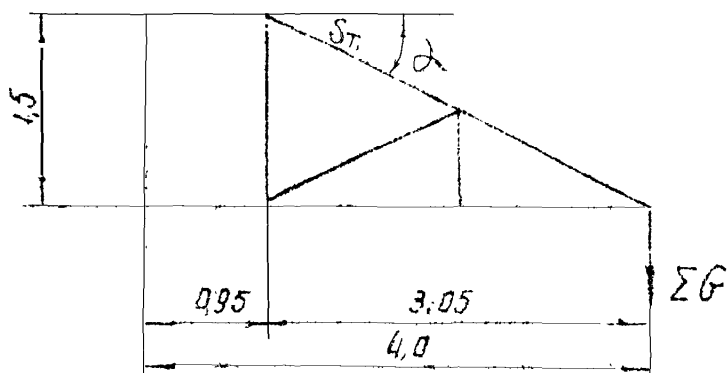
$$D = \frac{M_{кр.}}{4 B \cos \beta} + \frac{S_n b_0}{4 B \cos \beta}$$

b_0 — база на отметке приложения силы.

Расчет траверс

опор ЛС 220-5,
ЛС 220-6 и
ПНС 220-2

1. Траверса $l = 4,0 \text{ м}$;



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.5}{3.05} = 0.49 \quad \cos \gamma = 0.894$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{0.95 - 0.125}{3.05} = 0.254 \quad \cos \gamma = 0.969$$

$$X = \frac{0.25}{2 \operatorname{tg} \gamma} = \frac{0.25}{2 \times 0.254} = 0.5 \text{ м}$$

а) Усилие в поясе

Схема II, III район гололеда

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

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

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

Схема II, IV район гололеда

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

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

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

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район гололеда

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

$$\Sigma G = 2,5 \text{ т}$$

$$S_{т1} = \frac{2,5 \times 3,05}{1,5 \times 0,969 \times 0,894} = 5,89 \text{ т}$$

в) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III, III район гололеда

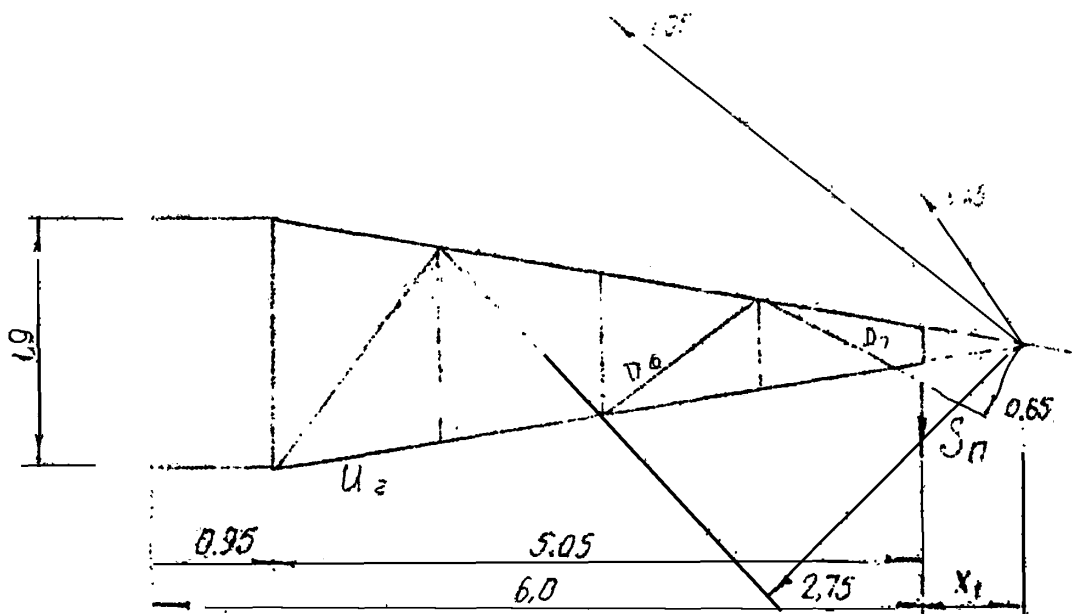
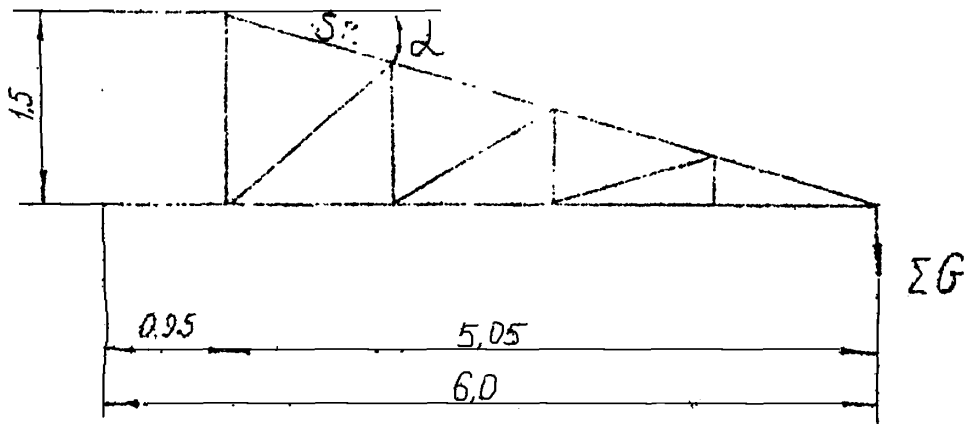
$$S_n = 2,08 \text{ т}; \quad \lambda = 0,5 \text{ м}, \quad M_{03} = 2,08 \times 0,5 = 1,04 \text{ тм},$$

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

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

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

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 галактида;

$$S_n = 2,08 \tau; g_n = 1,25 \tau; g_r = 0,1 \tau; g_A = 0,165 \tau, G_{TP} \approx 0,5$$

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

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

$$1,94 + 5,6 = 7,54 \tau$$

Схема II; IV район галактида;

$$g_n = 4,74 \tau, g_r = 0,1 \tau; G_{TP} \approx 0,5 \tau;$$

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

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

б) Усилие в тяге

Схема II; IV район галактида

$$g_n = 4,74 \tau, g_r = 0,1 \tau, G_{TP} \approx 0,5 \tau;$$

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

в) Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; III район галактида

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

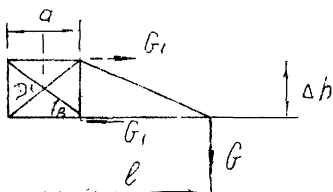
$$D_4^T = \frac{1,59}{4,25} = 0,39 \tau, \quad D_7^T = \frac{1,59}{0,65} = 2,44 \tau$$

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

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

Расчет раскоса створа
опоры ПС 220-6 и ПС 220-5

Схема II, IV район голланд



1) $l = 4,0 \text{ м}$

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

$$\Delta h = 1,5 \text{ м}$$

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

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

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

2) $l = 6,0 \text{ м}$

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

$$\Delta h = 1,5 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

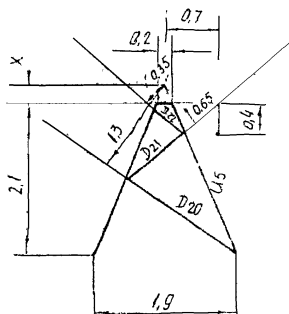
$$D_2 = \frac{\frac{2,08}{2}}{2 \times 0,835} + \frac{8,32}{4 \times 1,9 \times 0,835} = 0,62 + 1,31 = 1,93 \text{ т};$$

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,

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

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

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

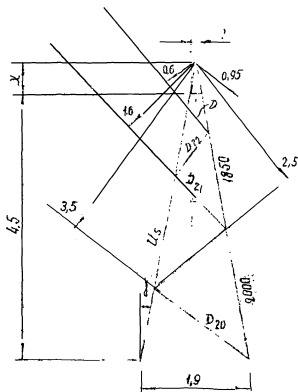
$$D = \frac{M_{uz}}{2R} + \frac{M_{кр} X}{2b_0 \times R}$$

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

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

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

Расчет трапециевидной
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”

$$S_T = 1.5 \text{ т}; \quad g_T = 0.51 \text{ т}; \quad G_{\text{тр}} \approx 0.3 \text{ т};$$

$$M = 1.5 \times 4.5 + \frac{0.51}{2} \times 0.5 = 6.75 + 0.13 = 6.88 \text{ тм};$$

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

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

б) Усилия в раскосах

Схема IV; III район гололеда

$$S_T = 1.5 \tau, \quad X = 0.53 \text{ м}, \quad B_0 = 0.2 \text{ м}$$

$$M_{U3} = 1.5 \times 0.53 \quad 0.8 \text{ м}$$

$$M_{KD} = 1.5 \times 0.5 = 0.75 \text{ тм}$$

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

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

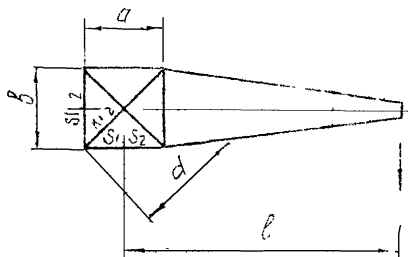
$$D_{21} = -\frac{0.8}{2 \times 2.5} + \frac{0.75 \times 0.53}{2 \times 0.2 \times 2.5} = 0.16 + 0.4 = 0.56 \tau$$

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

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

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

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 влспр пс 220-5 и
пс 220-6)
 $S_n = 2,08 \text{ т}$,

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

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

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

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

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

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

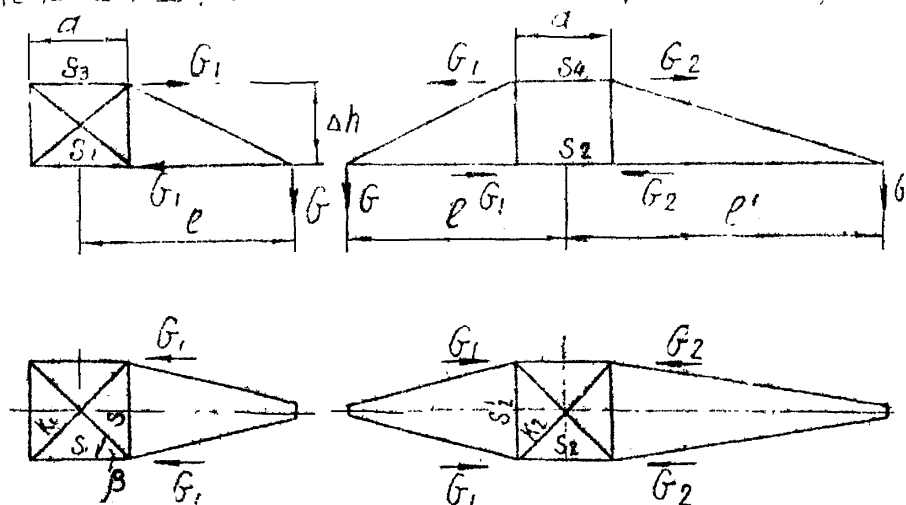
$$a = b = 1,9 \text{ м}; d = 2,68 \text{ м};$$

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

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

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

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)

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

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

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

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

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

$$2. \text{ Мраверса} \quad \varrho = 6,0 \text{ м};$$

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

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

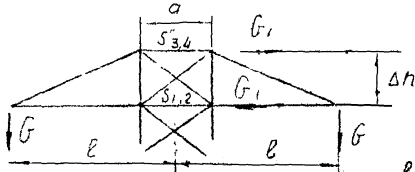
$$S_2 = 0,7 \left(5,1 + \frac{8,6 - 5,1}{2} \right) = 4,8 \text{ т};$$

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

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

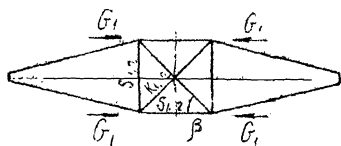
$$S_4 = 5,1 + \frac{8,6 - 5,1}{2} = 6,85 \text{ т};$$

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



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

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



$$S = 0,7 G_1$$

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

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

$$S'' = G_1;$$

1. Пролет $l = 4,0 \text{ м};$

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

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

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

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

2. Пролет $l = 6,0 \text{ м}$

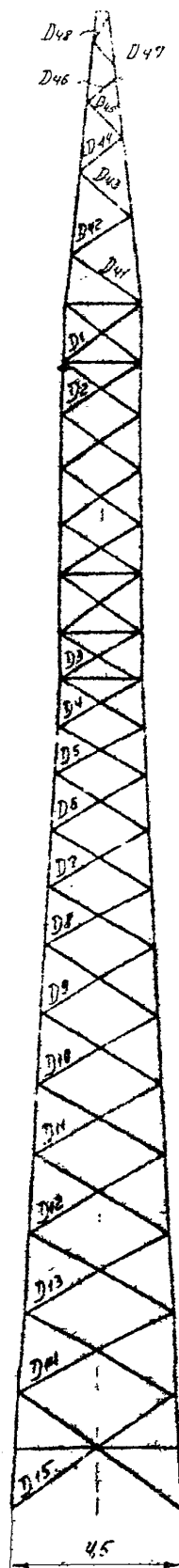
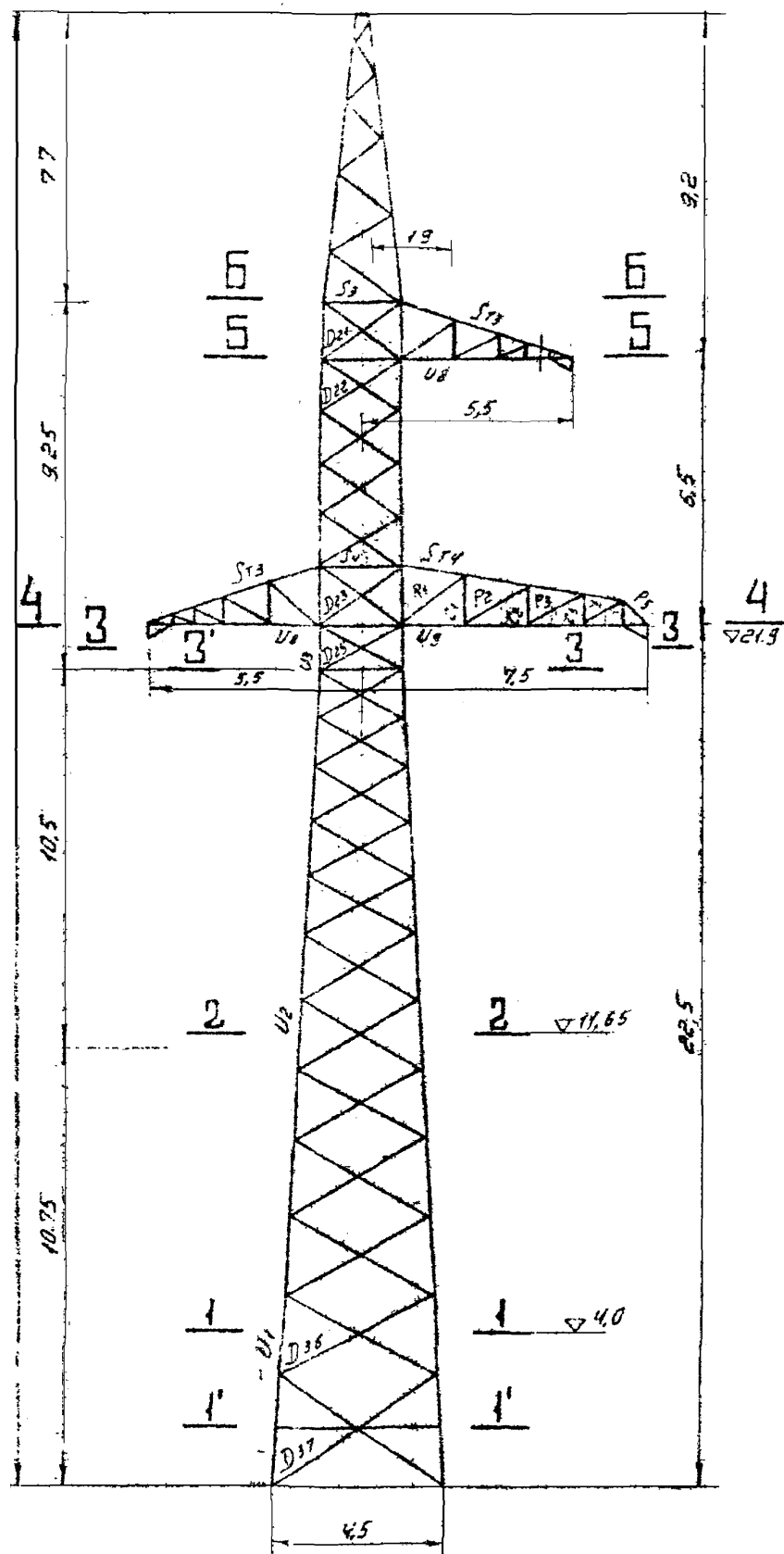
$$G = 2,55 \times 2 = 5,1 \tau, \text{ (см. лист 26.)}$$

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

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

$$K_2 = \frac{0,3 \times 8,6}{0,707} = 2,64 \tau; \quad S''_2 = 8,6 \tau$$

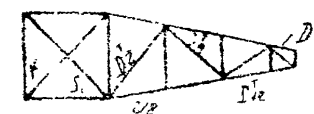
040 220-1



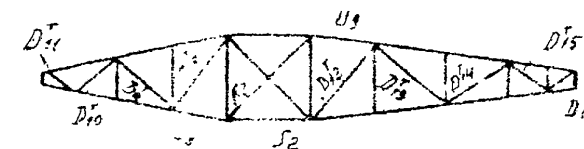
Сечение 6-6



Сечение 5-5

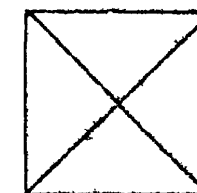


Сечение 4-4



Сечение 3'-3'

Бечение 1'-1'



N3081TM-T3 SECRET 37/87

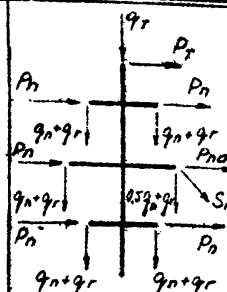
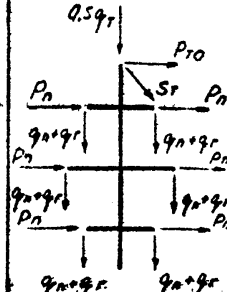
Нагрузки на одноцепную тросовую угловую опору ВЛ 220 кВ для горных районов ПЭС 220-1

Таблица № 9

№ схемы	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III район. Гололеды												IV район. Гололеды																		
					АСО-300				АСО-400				С-70				АСО-300				АСО-400				С-70										
					495м				470м				470м				435м				400м				400м										
					710м				760м				760м				620м				570м				570м										
					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°	10°	п	2°	8°	2°	8°	п	2°	8°	п	2°	8°					
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда ветер на- правлен вдоль оси траверсы	t=-5°C; C=1; γ _н =80кг/м ² γ _г =120кг/м ²		Давление ветра на пролет проводов, троса	P _r	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 тяме- ния 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 горизон- тальная 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	490	635	—	590	780
				Вес пролета проводов, троса	G _н G _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	G _г	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				II	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда ветер на- правлен под 45° к оси траверсы	t=-5°C; C=1; γ _н =80кг/м ² γ _г =120кг/м ²		Давление ветра на пролет проводов, троса	P _r	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 тяме- ния 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 горизон- тальная нагрузка вдоль траверсы	P _н P _г	570	785					—	690	970	660	960	—	800	1190	420	570	—	510	705	490	660	—	590	810	555	795	—	670	985	350	460	—	420	565
Вес пролета проводов, троса	G _н G _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	G _г	90	1,1					100	90	1,1	100	—	—	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
III	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом ветер на- правлен вдоль оси траверсы	t=-5°C; C=1; γ _н =20кг/м ² γ _г =30кг/м ²						Давление ветра на пролет проводов, троса	P _r	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 тяме- ния проводов, троса	P ₂	130	650	1,4	180	910	175	625	1,4	245	975	100	405	1,4	140	570	130	650	1,4	180	910	175	635	1,4	245	975	100	405	1,4	140	570
				Суммарная горизон- тальная 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	1350
				Вес пролета проводов, троса	G _н G _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	G _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			
					495 м						470 м						470 м				435 м						400 м						400 м			
					710 м						760 м						760 м				620 м						570 м						370 м			
					355 м						330 м						310 м				310 м						340 м									
Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		Нормативные		h		Расчетные		
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°	2°	10°	2°	10°			
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t_{\text{л}} = -5^{\circ}\text{C}; \text{C} < 0; q = 0$																																		

№ 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					
					495 м						380 м						320 м						435 м						340 м						340 м					
					710 м						570 м						570 м						620 м						570 м						340 м					
					355 м						380 м						310 м						340 м						340 м											
Нормативные		Расчетные		п	Нормативные		Расчетные		п	Нормативные		Расчетные		п	Нормативные		Расчетные		п	Нормативные		Расчетные		п	Нормативные		Расчетные		п	Нормативные		Расчетные								
2°	10°	2°	10°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°		2°	8°	2°	8°	2°	8°					
III	Оборван один провод, даю- щий наиболь- ший изгибаю- щий или кру- тящий момент на опору	t=-50°C; σ=0; q _н =0,		Составляющая в долях граверсы от тяжения целого провода, троса	P _н	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 в долях граверсы от тяжения провода при обрыве	A _{но}	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 _н	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 _н	780	1,1	860	855	1,1	940	350	1,1	385	680	1,1	750	855	1,1	940	350	1,1	385	680	1,1	750	855	1,1	940	350	1,1	385	—	—	—					
				Вес гирлянд, изоляторов	q _г	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—						
				IV	Оборван один трос. Провода не оборваны Тяжение по тросу равно половине его максимального тяжения	t=-50°C; σ=0; q _н =0		Составляющая в долях граверсы от тяжения целого провода, троса	P _н	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 в долях граверсы от тяжения троса при обрыве	A _{но}	—	—					—	—	—	—	—	—	—	—	25	100	1,04	25	105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	100	1,04	25	105					
Составляющая I тр-са от тяжения троса при обрыве	S _т	—	—					—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1,04	1500	1485	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	1430	1,04	1500	1485					
Вес пролета про- вода, троса	q _н	780	1,1					860	855	1,1	940	350	1,1	385	680	1,1	750	855	1,1	940	350	1,1	385	680	1,1	750	855	1,1	940	350	1,1	385	—	—	—					
Вес гирлянд изоляторов	q _г	90	1,1					100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	90	1,1	100	90	1,1	100	—	—	—	—	—						

Примечания:

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

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

Таблица № 10^а

Направление ветры	Зелен и сред-няя отметка секции (м)	Средняя высота ветровой нагрузки по ветру	Площадь опорной поверхности	Площадь ветровой нагрузки	Площадь по контуру $S (m^2)$	Коэффициент сопротивления ветру $\mu = \frac{S_{ф}}{S}$	Коэффициент нагрузки по контуру μ_n	η (при $\frac{h}{b} \leq 1$)	Коэффициент нагрузки μ_n	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффиц. динам. (кг)			Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффиц. динамики $B = 1,35$ и коэффиц. порыва $\mu = 1,2$ (кг)		
										При ветре $\perp$ трюверсе $P_L = q_0 C_{пр} S$	При ветре под $\angle 45^\circ$		При ветре $\perp$ трюверсе $P_L = q_0 C_{пр} S$	При ветре под $\angle 45^\circ$	
											$P_L = 0,8P$	$P_H = 0,8P$		$P_L = 0,8P$	$P_H = 0,8P$
Ветер по трюверсе		1,55	124	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	130 ² (300)	200	130 ²	210	320	210
Ветер по фасаду		1,43	114	1,61	5,2	0,31	0,43	0,65	0,71	190 ² (420)	270 ²	190	310	440	310
Ветер по фасаду		1,43	114	1,05	3,37	0,31	0,43	0,65	0,71	120 (270)	180 ²	120	190	290	190
Ветер по фасаду		1,67	134	1,65	8,45	0,19	0,27	0,87	0,51	580	460	460	940	750	750
Ветер по фасаду		1,48	118	4,1	12,5	0,22	0,31	0,81	0,56	1220	970	970	1580	1570	1570
Ветер по фасаду		1,07	86	5,3	28,0	0,19	0,27	0,87	0,51	1230	980	980	1990	1590	1590
Ветер по фасаду		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:

Примечания:

- Опора рассчитана на скоростной напор $q = 80 \text{ кг/м}^2$ на высоте 90 м.
- Ветровые нагрузки на трюверсы $P_{тр}$, указанные в скобках,

определены при направлении ветра $\perp$ оси трюверса. При ветре $\perp$ оси в.л. ветр. нагрузки составляют 0,45 $P_{тр}$.
3. При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси в.л. $P_L = 0,65$ $P_{тр}$, и $P_H = 0,45$ $P_{тр}$.

N3081 ГМ-ТЗ

Таблица № 11

составляет $0,45 P_{тр}$
3 при ветре под $\angle 45^\circ$ к осм ВЛ
 $P_L = 0,85 P_{тр}$ а $P_H = 0,45 P_{тр}$

N3081 TM-T3 *Rev 44*

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

Таблица № 12

Сечение, отметка и, м	Схема I, район гололеда + тг			Схема I ^а , 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 проводах и трос M _п	Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от ветров на конструкцию опоры M _в (тм)
	от нагрузок на проводах и трос M _п	от ветров на конструкцию опоры M _в		от нагрузок на проводах и трос M _п	от ветров на конструкцию опоры M _в				
3-3 H=21,9 B=1,9 м	0,95×16,3=15,5 1,57×7,1=11,1 1,57×210,60=1,95 5,66 M _п =28,55 M _п = $\frac{1,35 \times 7,5 \times 10,12}{38,67}$	0,94×12,45=11,7 2,21×7,85=1,65 1,98×3,98=7,88 10,19×0,31×1,35=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 _п = $\frac{1,35 \times 7,5 \times 10,12}{31,62}$	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 _в =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 _в =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 _п = $\frac{21,95}{4,8}=4,55$ M _п = $\frac{4,08 \times 7,5 \times 30,6}{76,19}$
	$\frac{38,67 \times 21,91}{2 \times 1,9} + \frac{8,06}{4} = 19,9 + 2,0 = 17,9 \tau$			$U_3 = \frac{31,62 + 17,93 + 19,11}{2 \times 1,9} + \frac{8,06}{4} = 18,1 + 2,0 = 20,1 \tau$				$U_3 = \frac{76,19}{2 \times 1,9} + \frac{18,1}{4} = 20,0 + 4,5 = 24,5 \tau$	
2-2 H=11,65 B=3,05 м cos γ = 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 _п = $\frac{67,56}{4,8}=14,1$ 163,89
	$U_2 = \frac{96,87 + 67,56}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{10,27}{4 \times 0,998} = 27,0 + 2,55 = 29,55 \tau$			$U_2 = \frac{75,52 + 55,78 + 60,46}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{10,27}{4 \times 0,998} = 31,25 + 2,55 = 33,80 \tau$				$U_2 = \frac{163,89}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{20,31}{4 \times 0,998} = 26,8 + 5,1 = 31,9$	
1-1 H=4,0 м B=4,0 м cos γ = 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=32,14 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 _п = $\frac{113,48}{4,8}=23,6$ 242,49
	$U_1 = \frac{140,07 + 113,48}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{11,92}{4 \times 0,998} = 31,8 + 2,96 = 34,76 \tau$			$U_1 = \frac{108,12 + 93,48 + 100,76}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{11,92}{4 \times 0,998} = 38,0 + 2,96 = 40,96 \tau$				$U_1 = \frac{242,49}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{21,96}{4 \times 0,998} = 30,4 + 5,5 = 35,9$	

Примечание:

1. Усилия в поясах ствола

опоры определены по

формуле:

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

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры ПЭС 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 (т)	Изгибающие моменты (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{wH} (ТМ)		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{wH}	От ветра на конструкцию опоры M_{WH}		От нагрузок на провода и трос M_{wH}	От ветра на конструкцию опоры M_{WH}		От нагрузок на провода и трос M_{wH}	От ветра на конструкцию опоры M_{WH}	
4-4 $\nabla 28,4 \text{ м}$ $B = 1,3 \text{ м}$	$1,88 \times 16,3 = 14,3$ $1,58 \times 2 \times 7,1 = 22,5$ $1,58 \times 2 \times 0,60 = 2,0$ $7,20 \quad M_H = 38,8$	$1,01 \times 12,5 = 12,6$ $(0,14 + 0,24) \times 7,9 = 3,00$ $(0,23 + 0,34) \times 1,4 = 0,80$ $2,18 \times 4,0 = 8,7$ $4,14 \quad M_{WH} = 25,1$	$0,385 \times 1 = 0,385$ $1,04 \times 4 = 4,16$ $0,215 \times 16,3 = 3,50$ $8,05$	$0,655 \times 16,3 = 10,7$ $1,21 \times 2 \times 7,1 = 17,2$ $1,21 \times 2 \times 0,60 = 1,5$ $5,50 \quad M_H = 29,4$	$0,81 \times 12,5 = 10,1$ $(0,14 + 0,24) \times 7,9 = 3,0$ $(0,23 + 0,34) \times 1,4 = 0,80$ $1,75 \times 4,0 = 7,0$ $3,51 \quad M_{WH} = 20,9$	$0,21 \times 12,5 = 10,1$ $(0,20 + 0,350) \times 7,9 = 4,35$ $(0,325 + 0,485) \times 1,4 = 1,13$ $1,75 \times 4,0 = 7,0$ $3,92 \quad M_{WH} = 22,58$	$0,395 \times 1 = 0,385$ $1,04 \times 4 = 4,16$ $0,215 \times 16,3 = 3,50$ $8,05$	$1,45 \times 16,3 = 23,6$ $1,89 \times 2 \times 7,1 = 26,9$ $1,89 \times 2 \times 0,60 = 2,34$ $9,01 \quad M_H = 52,84$ $M_{WH} = \frac{25,1}{4,8} = 5,2$	$2,385 \times 1 = 2,385$ $4,08 \times 4 = 16,32$ $0,215 \times 16,3 = 3,50$ $22,21$
	$U_4 = \frac{38,8 + 25,1}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 16,8 + 2,01 = 18,8 \text{ т}$			$U_4 = \frac{29,4 + 20,9 + 22,58}{2 \times 1,9} + \frac{8,05}{4} = 19,2 + 2,01 = 21,21 \text{ т}$			$U_4 = \frac{52,84 + 5,2}{2 \times 1,9} + \frac{22,21}{4} = 15,2 + 5,55 = 20,75 \text{ т}$		
3-3 $\nabla 21,9$ $B = 1,9 \text{ м}$	$38,8$ $7,20 \times 6,5 = 46,8$ $1,58 \times 2 \times 0,60 = 2,0$ $10,36 \quad M_H = 87,6$	$25,1$ $4,14 \times 6,5 = 26,9$ $(0,15 + 0,20) \times 1,4 = 0,44$ $1,61 \times 2,6 = 4,18$ $6,065 \quad M_{WH} = 56,62$	$8,05$ $1,04 \times 2 = 2,08$ $0,215 \times 6,5 = 1,40$ $11,53$	$29,4$ $3,50 \times 6,5 = 35,7$ $1,21 \times 2 \times 0,60 = 1,5$ $2,92 \quad M_H = 66,6$	$20,9$ $3,51 \times 6,5 = 22,8$ $(0,15 + 0,20) \times 1,4 = 0,44$ $1,28 \times 2,6 = 3,33$ $5,11 \quad M_{WH} = 47,47$	$22,58$ $3,92 \times 6,5 = 25,5$ $(0,17 + 0,290) \times 1,4 = 0,65$ $1,28 \times 2,6 = 3,33$ $5,66 \quad M_{WH} = 52,06$	$8,05$ $1,04 \times 2 = 2,08$ $0,215 \times 6,5 = 1,40$ $11,53$	$52,84$ $9,01 \times 6,5 = 58,6$ $1,89 \times 2 \times 0,60 = 2,34$ $12,79 \quad M_H = 113,78$ $M_{WH} = \frac{56,62}{4,8} = 11,8$	$22,21$ $4,08 \times 2 = 8,16$ $0,215 \times 6,5 = 1,40$ $31,74$
	$U_3 = \frac{87,6 + 56,62}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 38,0 + 2,88 = 40,88 \text{ т}$			$U_3 = \frac{66,6 + 45,47 + 52,06}{2 \times 1,9} + \frac{11,53}{4} = 43,1 + 2,88 = 45,98 \text{ т}$			$U_3 = \frac{113,78 + 11,8}{2 \times 1,9} + \frac{31,74}{4} = 33,0 + 7,92 = 40,92 \text{ т}$		
2-2 $\nabla 11,65 \text{ м}$ $B = 3,05 \text{ м}$ $\cos \gamma = 0,998$	$87,6$ $10,36 \times 10,25 = 106,0$ $10,36 \quad M_H = 193,6$	$56,62$ $6,065 \times 10,25 = 62,2$ $0,27 \times 4,25 = 3,65$ $8,335 \quad M_{WH} = 128,47$	$11,53$ $0,215 \times 10,25 = 2,21$ $13,74$	$29,4$ $7,92 \times 10,25 = 81,4$ $7,92 \quad M_H = 148,0$	$47,47$ $5,11 \times 10,25 = 52,5$ $1,8 \times 4,25 = 7,65$ $6,91 \quad M_{WH} = 107,62$	$52,06$ $5,66 \times 10,25 = 58,1$ $1,8 \times 4,25 = 7,65$ $7,46 \quad M_{WH} = 117,81$	$11,53$ $0,215 \times 10,25 = 2,21$ $13,74$	$113,78$ $12,79 \times 10,25 = 131,0$ $12,79 \quad M_H = 244,78$ $M_{WH} = \frac{128,47}{4,8} = 26,8$	$31,74$ $0,215 \times 10,25 = 2,21$ $33,95$
	$U_2 = \frac{193,6 + 128,47}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 52,9 + 3,45 = 56,35 \text{ т}$			$U_2 = \frac{148,0 + 107,62 + 117,81}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{13,74}{4 \times 0,998} = 61,2 + 3,45 = 64,65 \text{ т}$			$U_2 = \frac{244,78 + 26,8}{2 \times 3,05 \times 0,998} + \frac{33,95}{4 \times 0,998} = 44,7 + 8,52 = 53,22 \text{ т}$		
1-1 $\nabla 4,0 \text{ м}$ $B = 4,0 \text{ м}$ $\cos \gamma = 0,998$	$193,6$ $10,36 \times 7,65 = 79,2$ $10,36 \quad M_H = 272,8$	$128,47$ $8,335 \times 7,65 = 63,8$ $2,56 \times 1,3 = 3,3$ $10,895 \quad M_{WH} = 195,57$	$13,74$ $0,215 \times 7,65 = 1,64$ $15,38$	$148,0$ $7,92 \times 7,65 = 60,7$ $7,92 \quad M_H = 208,7$	$107,62$ $6,91 \times 7,65 = 52,9$ $0,40 \times 1,3 = 2,65$ $8,95 \quad M_{WH} = 163,17$	$117,81$ $7,46 \times 7,65 = 57,0$ $2,04 \times 1,3 = 2,65$ $9,5 \quad M_{WH} = 177,46$	$13,74$ $0,215 \times 7,65 = 1,64$ $15,38$	$244,78$ $12,79 \times 7,65 = 97,7$ $12,79 \quad M_H = 342,48$ $M_{WH} = \frac{195,57}{4,8} = 40,6$	$33,95$ $0,215 \times 7,65 = 1,64$ $35,59$
	$U_1 = \frac{272,8 + 195,57}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,38}{4 \times 0,998} = 58,6 + 3,85 = 62,45 \text{ т}$			$U_1 = \frac{208,7 + 163,17 + 177,46}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{15,38}{4 \times 0,998} = 67,15 + 3,85 = 71,0 \text{ т}$			$U_1 = \frac{342,48 + 40,6}{2 \times 4,0 \times 0,998} + \frac{35,59}{4 \times 0,998} = 47,7 + 8,92 = 56,62 \text{ т}$		

Примечание:

1. Усилия в поясах ствола опоры определены по формуле:

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

Таблица 13

[illegible]
$$t_g \gamma = 0.061$$

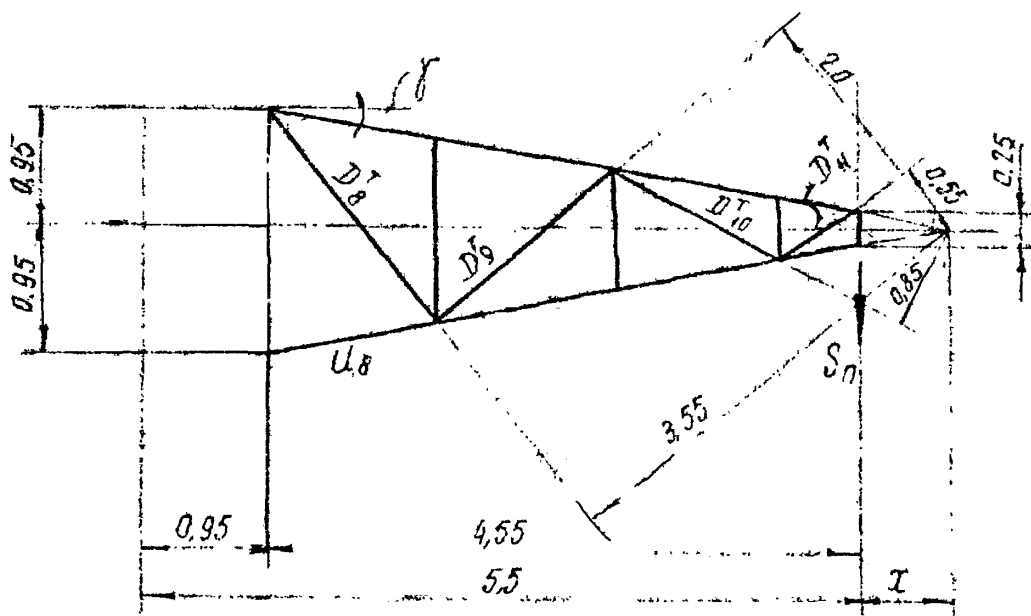
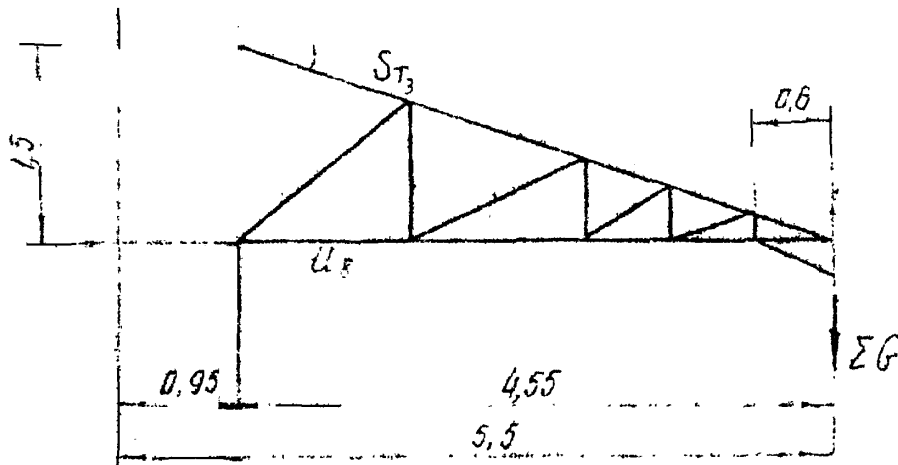
Расчет усилий в раскосах створа опоры ПУС 220-2

Модуль N 14

Попереч. элемент	Секция	Базис, δ° (м)	$\cos \beta$	Нагрузки Р (т) и (тм)			$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \gamma$	Усилия в раскосах (т)		
				Перевоз. сила Q	Углов момент Мвз	Крутящ момент Мкр				$D' = \frac{Q \cdot \frac{M_{вз}}{R} \cdot \lg \delta}{2 \cos \beta}$	$D'' = \frac{M_{кр}}{4 R \cos \beta}$	$D = D' + D''$
D ₁	IV	1,9	0,798	1,5	—	0,75	1,576	—	5,0	0,48	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	—	15,6	1,678	—	6,37	0,62	2,45	3,07
D ₄	III	2,0	0,848	2,08	17,3	15,6	1,696	0,528	5,78	0,30	2,30	2,60
D ₅	III	2,2	0,839	2,08	20,0	15,6	1,678	0,555	7,37	0,29	2,12	2,41
D ₆	III	2,4	0,829	2,08	22,9	15,6	1,658	0,582	7,95	0,28	1,96	2,24
D ₇	III	2,55	0,848	2,08	26,0	15,6	1,696	0,622	8,65	0,25	1,80	2,05
D ₈	III	2,75	0,857	2,08	29,1	15,6	1,714	0,645	9,42	0,23	1,66	1,89
D ₉	III	2,95	0,848	2,08	32,5	15,6	1,696	0,673	10,0	0,22	1,56	1,78
D ₁₀	III	3,15	0,865	2,08	36,0	15,6	1,732	0,698	10,9	0,20	1,43	1,63
D ₁₁	III	3,35	0,857	2,08	39,5	15,6	1,714	0,72	11,5	0,19	1,36	1,55
D ₁₂	III	3,6	0,857	2,08	43,7	15,6	1,714	0,742	12,3	0,18	1,27	1,45
D ₁₃	III	3,8	0,875	2,08	47,7	15,6	1,750	0,763	13,3	0,16	1,17	1,33
D ₁₄	III	4,1	0,891	2,08	51,7	15,6	1,782	0,788	14,6	0,15	1,07	1,22
D ₁₅	III	4,35	0,849	2,08	57,0	15,6	1,638	0,80	14,2	0,15	1,10	1,25
D ₂₂	I	1,9	0,839	5,39	17,12	—	1,678	—	—	1,61	—	1,61
D ₂₄	I	1,9	0,839	11,2	63,2	—	1,678	—	—	3,33	—	3,33
D ₂₅	I	1,9	0,839	16,25	142,6	—	1,678	—	—	4,82	—	4,82
D ₂₆	I	2,0	0,848	16,25	163,8	—	1,696	5,0	—	1,84	—	1,84
D ₂₇	I	2,2	0,839	16,25	185,0	—	1,578	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	0,849	20,35	534,7	—	1,638	7,5	—	1,63	—	1,63

Расчет траверс

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



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1.9 - 0.25}{2 \times 4.55} = 0.181$$

$$\cos \gamma = 0.984$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.5}{4.55} = 0.33$$

$$\cos \alpha = 0.949$$

$$x = \frac{0.25}{2 \times \operatorname{tg} \gamma} = \frac{0.25}{2 \times 0.181} = 0.69 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

$$q_n = 3,98 \tau \quad q_r = 0,1 \tau \quad P_n = 1,89 \tau$$

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

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

б) Усилия в тяге. Схема II; IV р.г

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

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

в) Усилия в раскосах нижней грани

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

$$M = 2,08 \times 0,69 = 1,43 \tau \cdot \text{м}$$

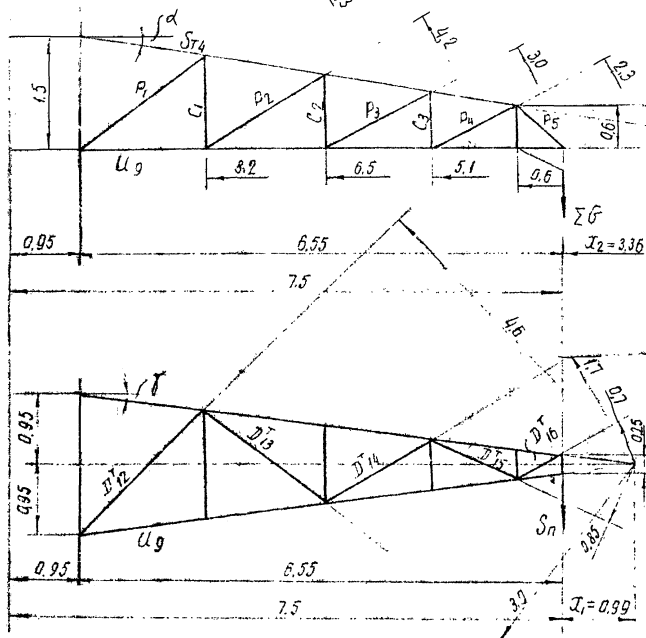
$$D_8^T = \frac{1,43}{3,55} = 0,4 \tau$$

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

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

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

2. траверса $l = 7,5 \text{ м}$, для опор ПГС 220-1, ПГС 220-2



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1.9 - 0.25}{2 \times 6.55} = 0.126 \quad \cos \gamma = 0.992$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0.0}{5.95} = 0.151 \quad \cos \alpha = 0.989$$

$$x_1 = \frac{0.25}{2 \times \operatorname{tg} \gamma} = \frac{0.25}{2 \times 0.126} = 0.99 \text{ м}$$

$$x_2 = \frac{5.95 \times 0.6}{0.9} - 0.6 - 3.96 - 0.6 = 3.36 \text{ м}$$

а) Усилия в поясе. Схема III; Пр.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 Пр.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) Усилия в тяге Схема II; Пр.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; Пр.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; $\alpha = 0^\circ$; $S_n = 2,08 \text{ т}$ $X = 0,99 \text{ м}$

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

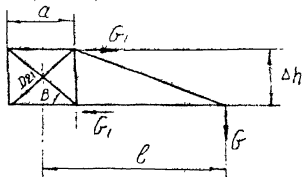
$$D_{12}^T = \frac{2,06}{4,6} = 0,45 \text{ т}; \quad D_{13}^T = \frac{2,06}{3,0} = 0,69 \text{ т}$$

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

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

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

Схема II; IV район галюледа



1) Траверса $l = 5,5 \text{ м}$

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

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

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

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

2) Траверса $l = 7,5 \text{ м}$

$$l_0 = 7,5 - 0,95 = 6,55 \text{ м}$$

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

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

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

ЛУС 220-2


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

N3081	TM-T 3	Aven
		54 81

$$\mathcal{L}_5 = \frac{11,52}{2 \times 1,9 \times 0,994} + \frac{0,63}{4 \times 0,994} = 3,04 + 0,16 = 3,2 \tau$$

б) Усилия в раскосах

Схема IV; III район гололеда

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

$$M_{03} = 1,5 \times 0,89 = 1,34 \text{ тм}; \quad M_{кр} = 1,5 \times 0,5 = 0,75 \text{ тм}$$

$$D = \frac{M_{03}}{2R} + \frac{M_{кр} \times \alpha}{2\delta_0 \times R};$$

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

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

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

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

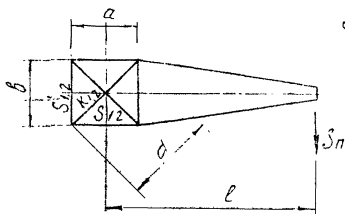
$$D_{45} = \frac{1,34}{2 \times 2,45} + \frac{0,75 \times 0,89}{2 \times 0,2 \times 2,45} = 0,28 + 0,68 = 0,96 \tau$$

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

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

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

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



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

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

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

Схема III; III район галереи,
 $S_n = 2,08 \text{ т}$

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 $l = 7,5 \text{ м}$

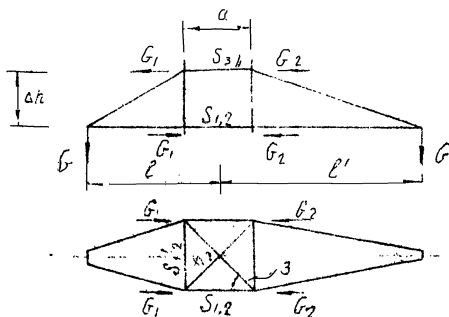
$$a = b = 1,9 \text{ м}, \quad d = 2,68 \text{ м}$$

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

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

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

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



$$G_1 = \frac{G \cdot \rho_0}{2 \Delta h}, \quad G_2 = \frac{G \cdot \rho'_0}{2 \Delta h};$$

$$S_{1,2} = 0.7 \left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2} \right)$$

$$S'_{1,2} = 0.3 \left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2} \right) \operatorname{tg} \beta$$

$$K = \frac{0.3 \left(G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2} \right)}{\cos \beta};$$

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

1. Верхняя и нижняя траверсы ($\rho = 4.0 \text{ м}$; $\rho' = 5.5 \text{ м}$)

$$G = 4.08 \text{ т}; \quad G_1 = \frac{4.08 \times 3.05}{2 \times 1.5} = 4.15 \text{ т}$$

$$G_2 = \frac{4.08 \times 4.55}{2 \times 1.5} = 6.2 \text{ т}$$

$$S_1 = 0.7 \left(4.15 + \frac{6.2 - 4.15}{2} \right) = 3.74 \text{ т}$$

$$S'_1 = 0.3 \left(4.15 + \frac{6.2 - 4.15}{2} \right) \times 1 = 1.6 \text{ т}$$

$$K_1 = \frac{0.3 \left(4.15 + \frac{6.2 - 4.15}{2} \right)}{0.707} = 2.26 \text{ т}$$

$$S_3 = 4.08 + \frac{6.2 - 4.15}{2} = 5.34 \text{ т}$$

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

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

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

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

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

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

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

Опора ПУС 220-1

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

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

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

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

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

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

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

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

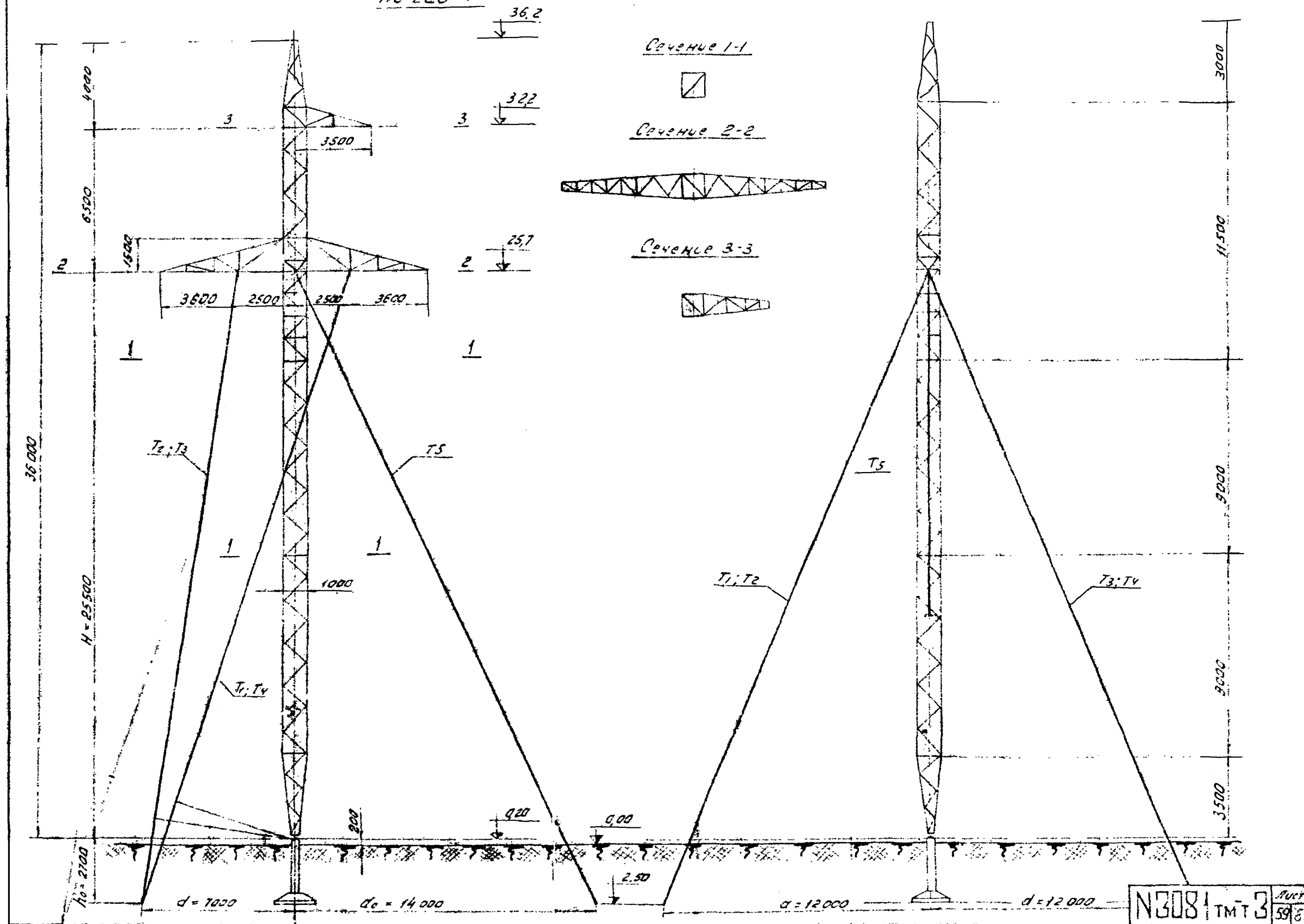
$$S_3 = \frac{4,08 \times 4,55}{2 \times 1,5} \cdot 0,5 = 3,1\text{ т}$$

Расчет выполнил: Цейтлин

Расчет проверил: Покарева

№3081тм-тЗ Лис
58

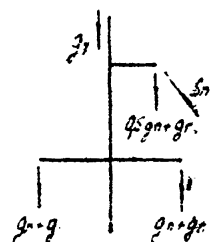
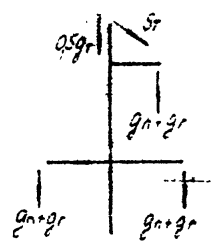
ПС 220-7



Нагрузки на одноцепную промежуточную опору на стальных для гарных роунов. Липар ЛС 220-7

Таблица № 15

И.И.С.И.	Расчетные схемы	Схемы нагрузки	Схемы нагрузки	III р-н гололеда	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	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	
I	Провода и тросы не обрваны, свободны от гололеда. Ветер направ- лен вдоль оси трассы.		Давление ветра на пролет провода, троса	p_r	550	1,2	960	890	1,2	1020	600	1,2	720	720	1,2	860	830	1,2	1070	585	1,2	700	
				q_r	Вес пролета провода, троса.	675	1,1	960	1260	1,1	1390	520	1,1	570	780	1,1	860	1140	1,1	1250	465	1,1	510
					Вес гирлянд изоляторов.	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-	-	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-	-
					$q_r + q_r'$	Суммарная верти- кальная нагрузка.	965	-	1060	1350	-	1490	520	-	570	870	-	960	1230	-	1350	465	-
II	Провода и тросы не обрваны, тросы с ледяной нагрузкой. Ветер направ- лен вдоль оси трассы.		Давление ветра на пролет провода, троса	p_r	705	1,4	990	725	1,4	1020	780	1,4	1090	750	1,4	1050	855	1,4	1200	375	1,4	1360	
				q_r	Вес пролета провода, троса.	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.	1285	2,0	2570	1500	2,0	3030	830	2,0	1860	1650	2,0	3220	2020	2,0	4040	1330	2,0	2660
					q_r	Вес гирлянд изоляторов.	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-	-	90	1,1	100	90	1,1	100	-	-
$q_r + q_r'$	Суммарная верти- кальная нагрузка.	2250	-	3630	2850	-	4490	1450	-	2420	2520	-	4280	3250	-	5390	1795	-	3170				

№ схем	Расчётные схемы	Расчётные условия температуры	Схемы нагрузок	Род нагрузок	III р-н города									IV р-н города									
					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.	
					норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	норм.	п	расч.	
II	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опоре	$t = 5^\circ, C = 0, g_n = 0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1485	$\frac{131}{98}$ $\frac{104}{104}$	1545	2000	$\frac{131}{98}$ $\frac{104}{104}$	2080	—	—	—	1485	$\frac{131}{98}$ $\frac{104}{104}$	1545	2000	$\frac{131}{98}$ $\frac{104}{104}$	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 стержней 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	—	1080	1350	—	1490	520	—	570	870	—	990	1230	—	1350	465	—	570
III	Оборван трос, провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального.	$t = 5^\circ, C = 0, g_n = 0$		Тяжение троса при обрыве	S_r	—	—	—	—	—	—	1440	$\frac{131}{98}$ $\frac{104}{104}$	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 стержней 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	—	1080	1350	—	1490	520	—	570	870	—	990	1230	—	1350	465	—	570

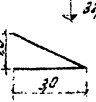
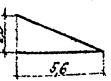
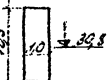
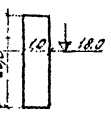
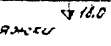
ПРИМЕЧАНИЯ:

Примечания:

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

Таблица 16

Давление ветра на конструкцию опоры

Наименование элементов опоры	Эскиз и средняя отметка секции	Коэф. давления μ скорости ветра по высоте	Нормативная скорость ветра V_0 (м/с)	Плотность воздуха ρ (кг/м ³)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэф. заполнения ψ для $\psi \leq \frac{1}{2}$	Аэродинамический коэф. плоской формы C_{x0} при $\beta = 0^\circ$	при $\frac{\beta}{\alpha} = 1$	Аэродинам. коэф. плоск. формы C_{x0} при $\beta = 90^\circ$	Нормативная ветровая нагрузка $R_{вн}$ (кг/м ²)	Расчетная ветровая нагрузка $R_{вс}$ (кг/м ²)
Верхняя труба		1,62	130	0,43	1,5	0,287	0,4	0,7	0,68	60 (133)	104
Нижняя труба		1,5	120	0,7	5,6	0,482	0,68	0,38	0,91	205,2 (453,2 910)	357,8
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	0,8	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 до 15 м.
- Ветровые нагрузки на трубах $R_{вн}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра $\perp$ оси трубы. При ветре $\perp$ оси влд ветровая нагрузка составляет $0,45 R_{вн}$.

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 гололеда						
Обозначение	Размерность	Числовые значения	Обозначение	Размерность	Схема I(1) Ветер слева	Схема I(2) Ветер справа	Схема II Гололед, ветер слева	Схема II(1) Обрыв верхнего провода	Схема II(2) Обрыв правого нижнего провода	Схема III(3) Обрыв левого нижнего провода	Схема IV Обрыв троса
α	см	1800	ρ	кг	4820	-4820	1420	0	0	0	0
d	—	700	ρ_H	кг/м	2,02	- 2,02	2,26	0	0	0	0
d_0	—	1400	ρ_T	—	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_0^1	—	0	0	0	0	0	2080	0
H	—	2550	T_0^2	—	0	0	0	2080	0	0	0
h_0	—	270	T_0^3	—	0	0	0	0	0	0	2040
h_1	—	165	T_0^4	—	0	0	0	0	0	0	0
E	кг/см ²	$1,5 \cdot 10^6$	T_0^5	—	0	0	0	0	0	0	0
F_1	см ²	1,63	T_0^6	—	0	0	0	0	0	0	0
F_2	—	1,68	T_0^7	—	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	$18 \cdot 10^9$	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_{0np}	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_{np}	см	610	G	кг	8360	8360	23140	7680	7680	7680	8100
L_{0B}	—	610	W	кг/см	1,34	- 1,34	0,335	0	0	0	0
L_B	—	350									
h_2	—	650									
h_3	—	400									

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

№3081 ТМ-Т3 6387

Таблица результатов расчёта опоры ПС 220-7
на ЭВМ

Таблица №18

Обозначение размерности	Схема I (f) ветер слева	Схема I (f) ветер справа	Схема II Гололед, ветер слева	Схема III (f) Обрыв вдольного провода	Схема III (f) Обрыв правого нижнего про- вода	Схема III (f) 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	7620	5750
$R_x (кг)$	-630	525	540	160	510	-250	100
$R_y (кг)$	19090	4270	14950	2080	5910	4880	450
$\Delta x (см)$	38	-20	31,2	-0,9	-2,3	-2,5	0
$\Delta y (см)$	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
$M_x (кг \cdot см)$	-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	430
$Q_{ay} (кг)$	-7490	-490	-6610	-1300	-2190	1540	-900
$N_B (кг)$	17610	1150	15530	9200	10030	9440	8890
$Q_{Bx} (кг)$	-4050	390	3450	2620	3086	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

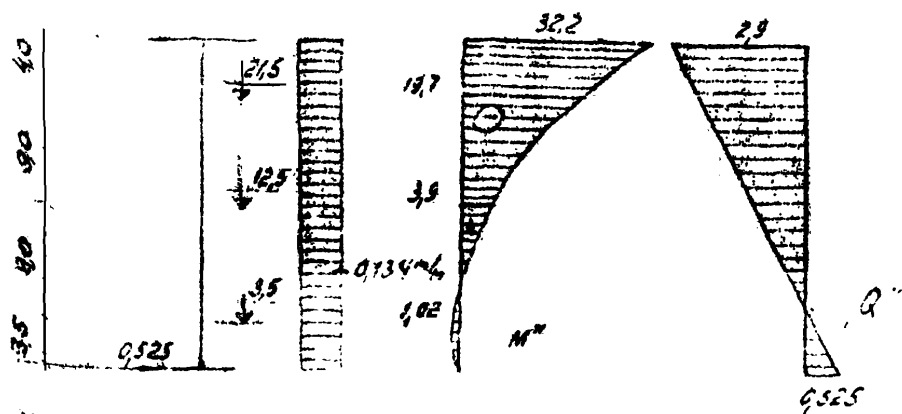
N_n - вертикальная реакция в опорном шарнире

N_o - нагрузка в стойке на уровне нижних тросов.

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

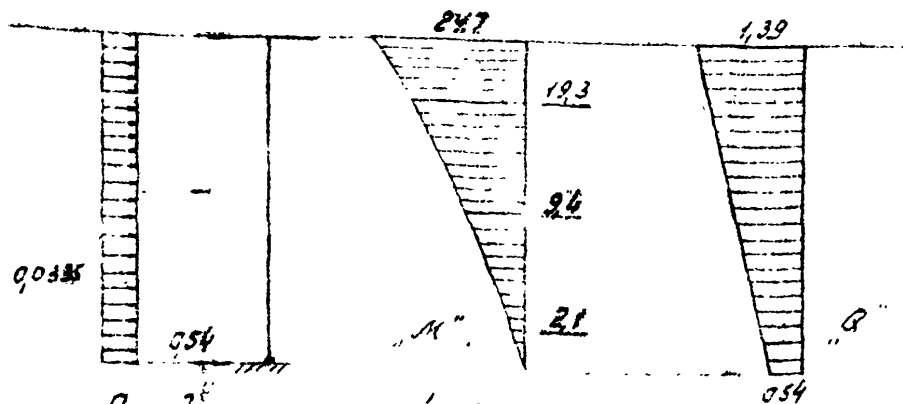
N_a, Q_{ax}, Q_{ay}, N_B - нагрузки на анкерные плиты.

Расчет ствшки ниже уровня нижних трюверс
 Схема I, IV р-н гололеда, ветер справа



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

Схема II, IV р-н гололеда ветер слева



Определение усилий в поясах

↓ 25,5 Схема II

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

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

↓ 21,5 Схема I

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

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

Схема II

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

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

↓ 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 троев.

↓ 27,2

Схема II, ИР-н гололеда

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

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

$$G = 3,17 + 5,33 + 1,5 = 8,6 т$$

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

Расчет раскосов

Схема III $S_n = 2080 кс$

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

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

Подбор сечения оттяжек

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

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

Разрывное усилие - 19900 кг

$$R_p = 19900 \times 0,8 \times 0,9 = 14660 < 11630 \text{ кг (перенапряжение 15\%)}$$

В оттяжке 5 расчетным является усилие

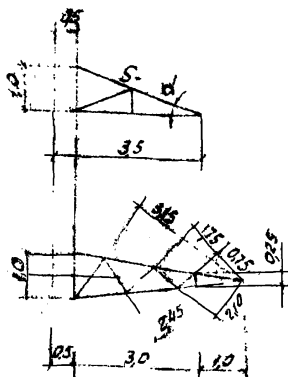
в нормальном режиме I (2) - 20210 кг.

Принимаем 2 каната $\phi 17,0$

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

Расчет траверсы

а) Верхняя траверса



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

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

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

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

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

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.

$$S_n = 2080 \text{ т.} \quad g_n = 1250 \text{ кг} \quad g_r = 100 \text{ кг.} \quad g_A = 165 \text{ кг}$$

$$G_{TP} = 100 \text{ кг}$$

$$\Sigma G = 0,25 g_n + 0,5 g_r + 0,5 g_A + 0,25 G_{TP} =$$

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

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

$$U_n = \frac{2,08 \times 30}{10 \times 0,992} + \frac{0,47 \times 30}{10 \times 0,992} = 6,3 + 1,4 = 7,7 \text{ м}$$

Усилия в раскосах нижней грани. Схема III

$$M = 2,08 \times 10 = 20,8 \text{ тм}$$

$$D_9' = \frac{2,08}{3,15} = 0,66 \text{ т}$$

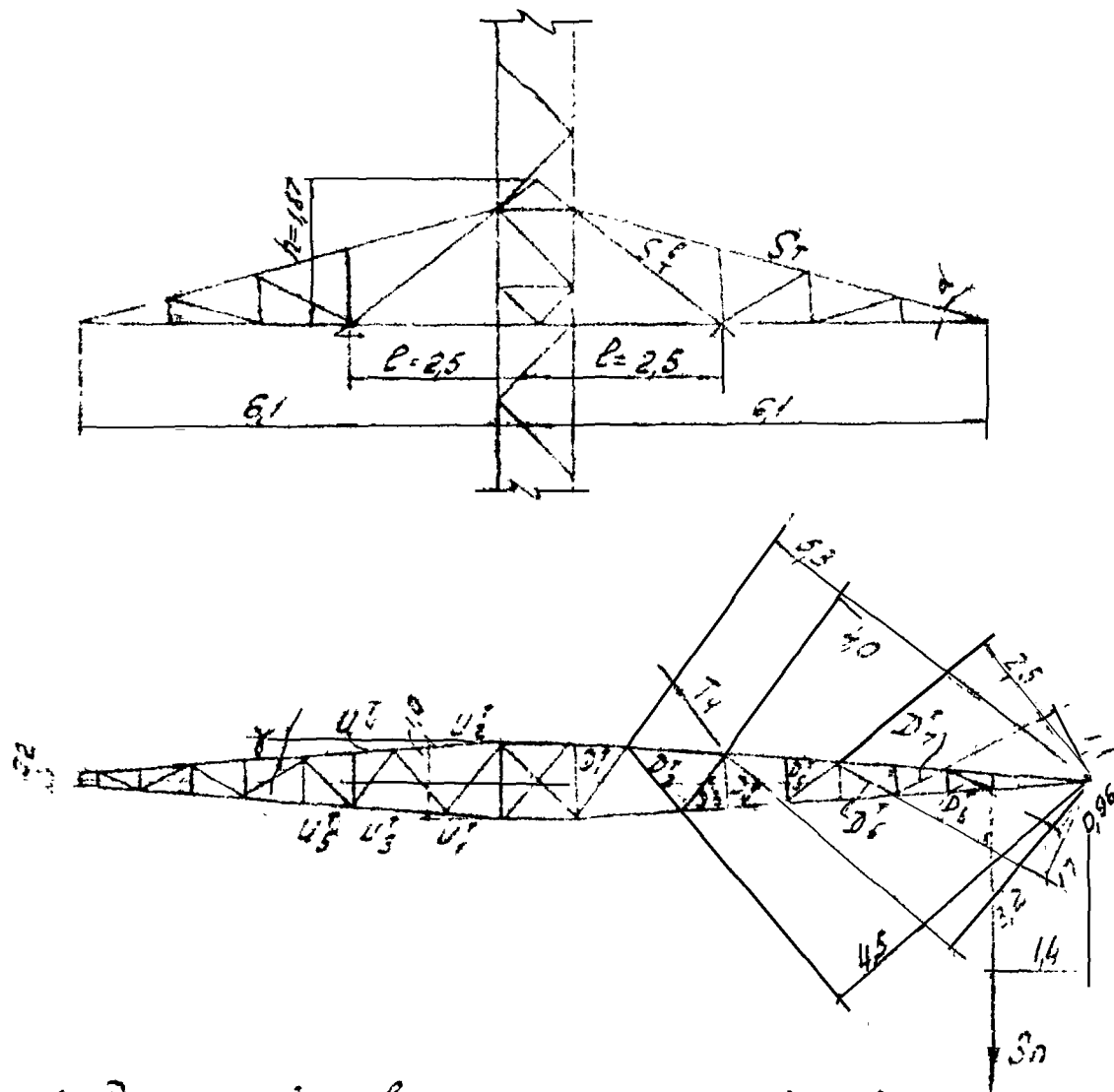
$$D_{10}' = \frac{2,08}{2,45} = 0,85 \text{ т}$$

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

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

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

Нижняя траверса



1. Для силовых внутренних тая расчётной является схема I (v) нормального режима

$$T_2 = T_3 = 11.63 \text{ т.}$$

$$S_T = \frac{1}{2} (T_2 + T_3) \frac{H_0}{L_2} \frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{h} = \frac{1}{2} \times 2 \times 11.63 \times \frac{28.2}{31.0} \times \frac{\sqrt{1.87^2 + 2.5^2}}{1.87} = 11.63 \times 0.91 \times 1.67 = 17.1 \text{ т}$$

2. Для наружных тая расчётной ред. схема II

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

$$G = (q_n + q_r) + 0.5 G_{tr} = 5.39 + 0.2 = 5.6 \text{ т}$$

$$\sin \alpha = \frac{1.5}{\sqrt{1.5^2 + 5.6^2}} = \frac{1.5}{5.8} = 0.26$$

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

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

3. Расчет поясов

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

$$T_4 = 9560 \text{ кг.}$$

$$U_0 = \left[\frac{G}{25 g_d} + \frac{T_1 + T_4}{2} + \frac{H_0}{2} + \frac{c}{4} + \frac{1}{2} (T_1 + T_4) \frac{d+2}{L_1} \right] \frac{1}{\cos \gamma}$$

$$G = \frac{g_0}{2} + g_r + 0,5 g_{rp} = 625 + 100 + 200 = 925 \text{ кг.}$$

$$g_d = 0,27 \quad \cos \gamma = 0,998$$

$$U_0 = \left[\frac{0,925}{2 \times 0,27} + \frac{9,56}{2} + \frac{28,2}{3,26} + \frac{2,5}{1,87} + \frac{1}{2} \times 9,56 \times \frac{10 + 2,5}{3,26} \right] \times \frac{1}{0,998} =$$

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

$$U_i = U_0 + G \frac{L_i}{L_1}; \quad Q = S \frac{L_n - L}{2L} = 2080 \times \frac{3,5}{2 \times 2,5} = 1,5 \text{ м}$$

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

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

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

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

Для поясов консольной части расчетной является сх. II.

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

$$= 1,72 + 7,86 = 9,6 \text{ м.}$$

4. расчёт раскосов нижней грани.

Для раскосов средней части траверсы расчётной
является схема III

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

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

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

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

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

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

Для раскосов консольной части расчётной
является схема III.

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

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

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

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

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

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

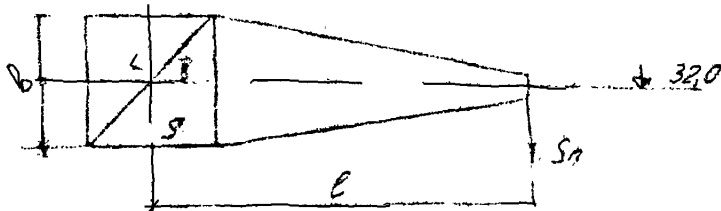
Проверка напряжений в панели пояса U^2
(случай, не вошедший в расчетный лист)
Усилие - 19,3 т.

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

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

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

Расчёт распорок и дуофронт.



$$S = \frac{Sn l}{b} + \frac{G}{2kgd}$$

Схема III, IV р-н голландца

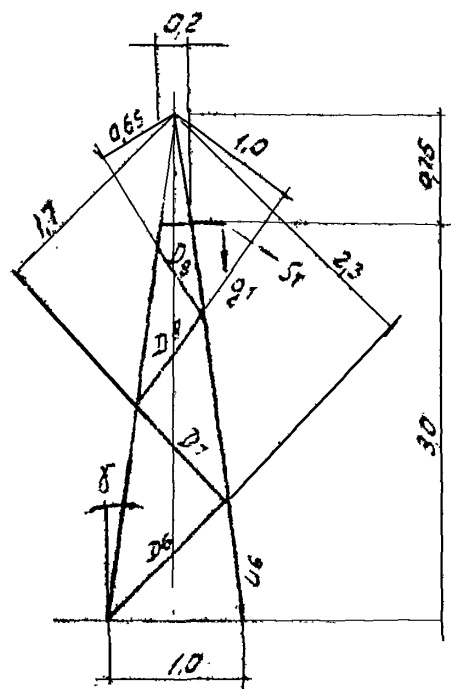
$$Sn = 2080 \text{ кг.} \quad 0,5 G = 470 \text{ кг}$$

$$S = \frac{208 \times 3,5}{0,96} + \frac{0,47 \times 2}{2 \times 0,334} = 7,6 + 1,4 = 9,0 \text{ м}$$

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

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

Расчет массовости



$$\operatorname{tg} \delta = \frac{0.4}{3.0} = 0.133$$

$$\cos \gamma = 0.991$$

Схема IV, IV р-н гонимого

$$S_T = 1500 \text{ кг.} \quad q_T = 510 \text{ кг.} \quad G_{\text{пр/сг}} = 200 \text{ кг.}$$

Усилит в порсе.

$$M_{\text{взг.}} = 1.5 \times 3.0 + 0.51 \times 0.5 \times 0.5 = 4.5 + 0.13 = 4.63 \text{ тм}$$

$$U_6 = \frac{4.63}{2 \times 1.0 \times 0.991} + \frac{0.51 \times 0.2}{4 \times 0.991} = 2.34 + 0.18 = 2.52 \text{ т.}$$

Усилит в раскосах.

$$M_{\text{кр}} = 1.5 \times 0.5 = 0.75 \text{ тм.}$$

$$T = \frac{M_{\text{кр}}}{2.6} = \frac{0.75}{2 \times 0.2} = 1.88 \text{ т}$$

$$\frac{S_T}{2} + T = \frac{1.5}{2} + 1.88 = 0.75 + 1.88 = 2.63 \text{ т}$$

$$M_{\text{взг.}} = 2.63 \times 0.75 = 1.97 \text{ тм.}$$

$$D_6 = \frac{1.97}{2.3} = 0.86 \text{ т}$$

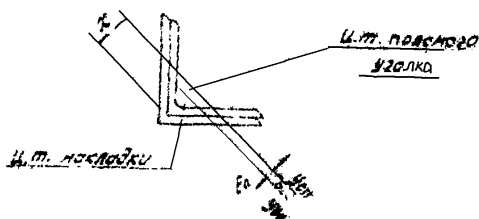
$$D_6 = \frac{1.97}{1.0} = 1.97 \text{ т}$$

$$D_7 = \frac{1.97}{1.7} = 1.16 \text{ т}$$

$$D_9 = \frac{1.97}{0.65} = 3.03 \text{ т}$$

Расчет стыков секций

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



полос - L 90*7

накладка - L 100*7

$$C = \frac{N}{\sigma_{\text{ср}} \cdot F}$$

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

$$J = \frac{200}{2,77} = 72$$

$$\rho = 0,798$$

$$m_1 = 0 \text{ т}$$

$$\eta = 1,0$$

$$m = \epsilon \frac{Fx'}{Jy_0}$$

$$x = \frac{2,47}{0,707} = 3,5 \text{ см.}$$

$$J_{y_0} = 38,9 \text{ см}^2$$

$$\epsilon = 0,5 \epsilon$$

$$\epsilon_0 = \frac{(2,47 + 0,7) - 2,71}{0,707} = \frac{0,46}{0,707} = 0,65 \text{ см.}$$

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

$$m = m_1 = 0,325 \times \frac{12,3 \cdot 9,5}{38,9} = 0,96$$

$$\eta \rho = 0,679$$

$$C = \frac{14,700}{0,95 \cdot 0,679 \cdot 12,3} = 1830 \text{ кг/см}^2 < [2100]$$

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: Зайков /Зайков/.

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 АСГ-300 и АСГ-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-тз лист 8/43 ÷ 25/43 и расчетный лист №3080 тм-тз-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 траверса, 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 АСГ-400) при углах поворота до 52° включительно.

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

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

$$\alpha = 52^\circ$$

Схема I

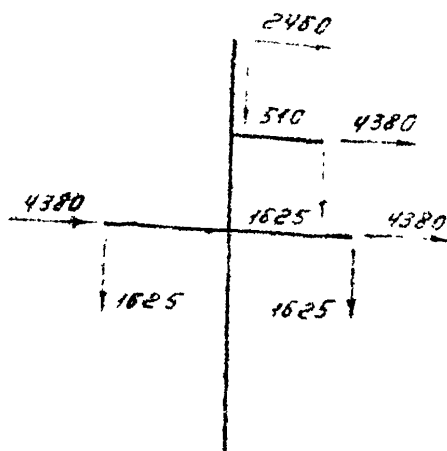
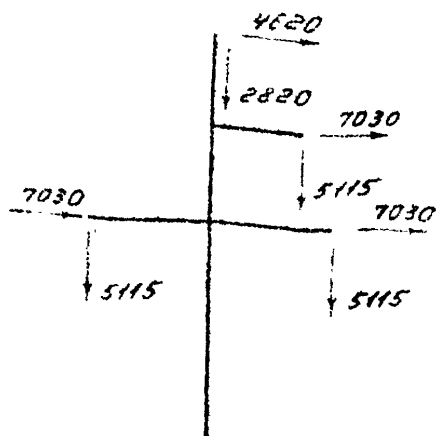


Схема II



Провода и трос не
оборваны и свободны
от гололеда.

III район гололедности,
без разности тяжения

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

$$\varphi_r^H = 120 \text{ } ^\circ/\text{м}^2$$

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

$$L_{\text{год}} = 380 \text{ м};$$

Провода и трос не
оборваны и покрыты
гололедом.

II район гололедности,
без разности тяжения.

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

$$\varphi_r^H = 30 \text{ } ^\circ/\text{м}$$

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

$$L_{\text{год}} = 340 \text{ м};$$

Определение усилий в поясах ствола опоры 4220-1

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

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

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 ЯСО-300 и ЯСО-400 и троса с-70 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе при $q^H = 50 \text{ кг/м}^2$ (сп. расчет. лист 34/43-43/43 и расчетный лист №3080-тп-к7-5).

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 ЯСО-400) при углах поворота до 52° включительно.

В остальных случаях (с проводом ЯСО-400 в I-II р. и с проводом ЯСО-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 провода АСО-400; трос С-70

$$\alpha = 52^\circ$$

Схема I

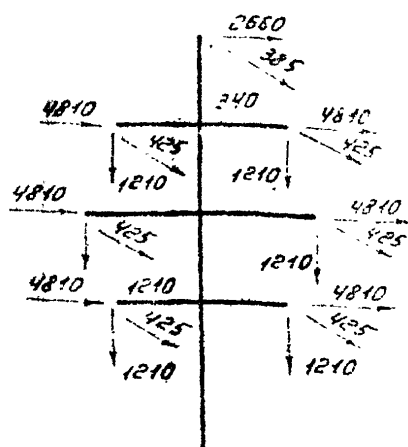
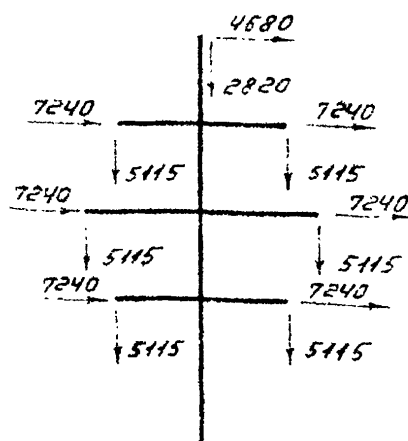


Схема II



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

III район гололедности,
с разностью тяжё-
ний.

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

$$q_T^H = 130 \text{ кг/м}^2$$

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

$$L_{\text{гид.}} = 380 \text{ м};$$

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

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

IV район гололедности,
без разности тяжёми.

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

$$q_T^H = 32,5 \text{ кг/м}$$

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

$$L_{\text{гид.}} = 340 \text{ м}$$

Определение усилий в поясах створа опоры 4220-Е

Таблица № 20

Сечения отметка, и базы	Схема I; III-н гололеда, $\lambda = 52^\circ$; разность тяжения				Вертикаль- ные нагрузки G (т)	Схема II; IV-н гололеда, $\lambda = 52^\circ$; без разн.тяж.		
	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные 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 $M_L = 12,82$	$M_W = 29,2$	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	
$U_3 = \frac{119,0 + 12,82 + 29,2}{2 \times 2,5} + \frac{11,18}{4} = 32,2 + 2,79 = 34,99 \text{ т}$					$U_3 = \frac{189,6 + 6,13}{2 \times 2,5} + \frac{29,3}{4} = 39,1 + 7,4 = 46,5 \text{ т}$			
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 $M_L = 26,86$	$M_W = 68,4$	15,16	$33,64 \times 6,4 = 215,0$ $7,24 \times 2 \times 0,75 = 10,9$ 48,12 $M_H = 416,5$	$1,1 \times 6,4 = 7,05$ $0,05 \times 2 \times 1,2 = 0,12$ $0,43 \times 2,5 = 1,09$ 1,63 $M_W = 14,39$	$5,12 \times 2 = 10,24$ $0,4 \times 6,4 = 2,56$ 42,1	
$U_2 = \frac{266,7 + 26,86 + 68,4}{2 \times 2,5} + \frac{15,16}{4} = 72,2 + 4,04 = 76,24 \text{ т}$					$U_2 = \frac{416,5 + 14,39}{2 \times 2,5} + \frac{42,1}{4} = 86,2 + 10,5 = 96,7 \text{ т}$			
2-2 $\nabla 10,7$ м $\beta = 4,9$ м $\cos \delta = 0,989$	$31,52 \times 8,1 = 255,0$ 31,52 $M_H = 522,7$	$2,94 \times 8,1 = 23,8$ 2,94 $M_L = 50,66$	$M_W = 137,5$	19,4	$48,12 \times 8,1 = 390,0$ 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	
$U_1 = \frac{522,7 + 50,66 + 137,5}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{19,4}{4 \times 0,989} = 76,5 + 4,9 = 81,4 \text{ т}$					$U_1 = \frac{806,5 + 28,99}{2 \times 4,7 \times 0,989} + \frac{45,35}{4 \times 0,989} = 90,0 + 11,4 = 101,4 \text{ т}$			
1-1 $\nabla 2-2$ м $\beta = 7,3$ м $\cos \delta = 0,989$	$31,52 \times 8,5 = 268,0$ $M_H = 790,7$	$2,94 \times 8,5 = 25,0$ $M_L = 75,66$	$M_W = 230,0$	22,8	$48,12 \times 8,5 = 415,0$ $M_H = 1221,5$	$2,12 \times 8,5 = 18,0$ $0,64 \times 2,3 = 1,47$ 48,45	$45,35$ $0,4 \times 8,5 = 3,4$ 48,75	
$U_7 = \frac{790,7 + 75,66 + 230,0}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{22,8}{4 \times 0,989} = 76,0 + 5,76 = 81,76 \text{ т}$					$U_7 = \frac{1221,5 + 48,45}{2 \times 7,3 \times 0,989} + \frac{48,75}{4 \times 0,989} = 87,8 + 12,3 = 100,1 \text{ т}$			

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

ИЗ 3081-МТЗ

Расчет опоры УС220-5

Определение предельного угла поворота на опоре

УС220-5 в горных районах при $q^H = 80 \text{ кг/м}^2$

Опора УС220-5 рассчитана на подвеску проводов АС0-300 и АС0-400 и троса С-30 в I-IV районах гололедности и в III ветровом 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 отражается 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 ветровые нагрузки по схеме II.

Как показывает расчет на листах 82, 83, 84, опору УС220-5 можно применять в вышеуказанных условиях ($q^H = 80 \text{ кг/м}^2$; I-IV районы гололедности; провод АС0-300 и АС0-400) при углах поворота до 50° включительно

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

$$\alpha = 60^\circ$$

Схема I

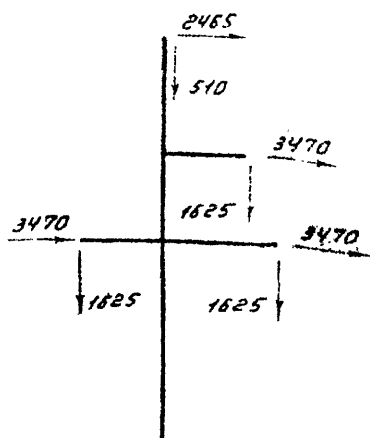
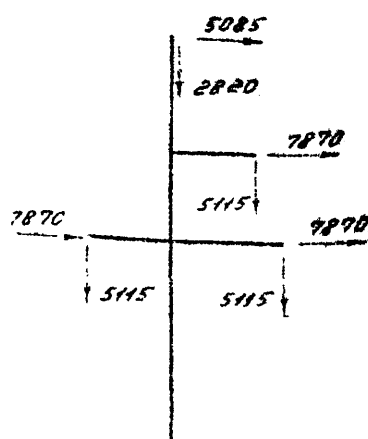


Схема II



Провода и трос не
оборваны и свободны
от гололеда

III район гололедности, без
разности тяжения.

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

$$q_T^H = 120 \text{ кг/м}^2$$

$$P_{\text{ветр}} = 530 \text{ Н}; P_{\text{вес}} = 760 \text{ Н};$$

$$P_{\text{гоб.}} = 380 \text{ Н};$$

Провода и трос не обор-
ваны и покрыты гололедом
IV район гололедности, без
разности тяжения.

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

$$q_T^H = 30 \text{ кг/м}^2$$

$$P_{\text{ветр}} = 475 \text{ Н}; P_{\text{вес}} = 680 \text{ Н};$$

$$P_{\text{гоб.}} = 340 \text{ Н};$$

Определение усилий в поясах створа опоры УС 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		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальн нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальн нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос. M_{II}	От ветра на кон- струкцию опоры M_{IV}		От нагрузок на про- вода и трос M_{II}	От ветра на констр- кцию опоры M_{IV}	
7-7 $\nabla 14,75$ м $B = 2,5$ м	$2,465 \times 15,35 = 37,9$ $3,47 \times 7,25 = 25,2$ $3,47 \times 2 \times 0,75 = 5,2$		$0,51 \times 1 = 0,51$ $1,625 \times 3 = 4,875$ $0,35 \times 15,3 = 5,35$	$5,085 \times 15,35 = 78,1$ $7,87 \times 7,25 = 57,0$ $7,87 \times 2 \times 0,75 = 11,8$		$2,82 \times 1 = 2,82$ $5,115 \times 3 = 15,34$ $0,35 \times 15,3 = 5,35$
	$M_{II} = 68,3$ $M_{IV} = 1,625 \times 4,9 = 7,96$	$M_{IV} = 20,2$	10,74	$M_{II} = 146,9$ $M_{IV} = 5,115 \times 4,9 = 25,1$	$M_{IV} = 4,2$	23,51
	$U_3 = \frac{75,25 + 20,2}{2 \times 2,5} + \frac{10,74}{4} = 19,3 + 2,7 = 20,0$			$U_3 = \frac{172,0 + 4,2}{2 \times 2,5} + \frac{23,51}{4} = 35,2 + 5,87 = 41,07$		
3-3 $\nabla 6,2$ м $B = 3,3$ м	$12,88 \times 8,55 = 110,0$		$0,35 \times 8,55 = 3,0$	$28,7 \times 8,55 = 246,0$		$0,35 \times 8,55 = 3,0$
	$M_{II} = 186,26$	$M_{IV} = 57,2$	13,74	$M_{II} = 418,0$	$M_{IV} = 11,9$	26,51
$\cos \delta = 0,999$	$U_2 = \frac{186,26 + 57,2}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{13,74}{4 \times 0,999} = 35,8 + 3,44 = 40,24$			$U_2 = \frac{418,0 + 11,9}{2 \times 3,3 \times 0,999} + \frac{26,51}{4 \times 0,999} = 65,0 + 6,62 = 71,6$		
1-1 $\nabla 1,5$ м $B = 3,85$ м	$12,88 \times 4,7 = 60,5$		$0,35 \times 4,7 = 1,64$	$28,7 \times 4,7 = 135,0$		$0,35 \times 4,7 = 1,64$
	$M_{II} = 246,76$	$M_{IV} = 84,2$	15,38	$M_{II} = 553,0$	$M_{IV} = 17,5$	28,15
$\cos \delta = 0,999$	$U_1 = \frac{246,76 + 84,2}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{15,38}{4 \times 0,999} = 43,0 + 3,84 = 46,84$			$U_1 = \frac{553,0 + 17,5}{2 \times 3,85 \times 0,999} + \frac{28,15}{4 \times 0,999} = 74,2 + 7,04 = 81,24$		

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

Расчет опоры УС 220-Б

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

Опора УС 220-Б 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-Б можно применять в вышеуказанных условиях ($q'' = 80 \text{ кг/м}^2$, III-IV районы гололедности, провод АСО-400) при углах поворота до 58° включительно.

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

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

$$\alpha = 58^\circ$$

Схема I

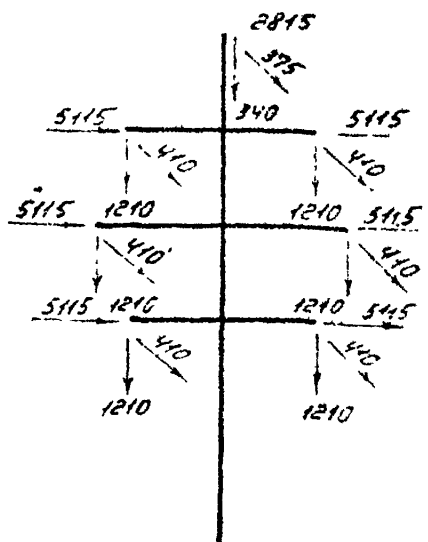
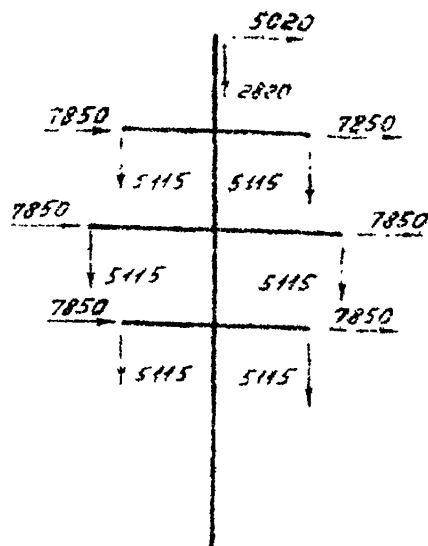


Схема II



Провода и трос не
 оборваны и свободны от
 гололеда

III район гололедности, с
 разностью тяжёлых.

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

$$q_T^H = 130 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{ветр}} = 530 \text{ Н}, P_{\text{вес}} = 760 \text{ Н};$$

$$P_{\text{роб.}} = 380 \text{ Н}, (P_{\text{стат.}} = 250 \text{ Н})$$

Провода и трос не
 оборваны и покрыты го-
 лоледом.

IV район гололедности,
 без разности тяжёлых

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

$$q_T^H = 32,5 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{ветр}} = 475 \text{ Н}, P_{\text{вес}} = 680 \text{ Н},$$

$$P_{\text{роб.}} = 340 \text{ Н},$$

Определение усилий в раскосах сталеб. опоры ПК 220-6

Таблица № 22

Сечение, отметка, длина	Схема I: III р-н гололеда, $\alpha = 58^\circ$, без разн. т.р.з.к.				Схема II: IV р-н гололеда, $\alpha = 58^\circ$, без разн. т.р.з.к.			
	Изгибающие моменты (тм)			Вертикаль- ные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикаль- ные нагрузки G (т)
	От нагрузок на пробег и трос H _{II}	От нагрузок на пробег и трос H _L	От ветра на конструкцию H _W		От нагрузок на пробег и трос H _{II}	От ветра на кон- струкцию опоры H _W		
4-4 $\nabla 21,2 \text{ м}$ $\delta = 2,5 \text{ м}$	$2,815 \times 15,4 = 43,4$ $5,115 \times 2 \times 7,3 = 74,7$ $5,115 \times 2 \times 0,8 = 8,2$	$0,375 \times 15,4 = 5,78$ $0,41 \times 2 \times 7,3 = 6,0$ $0,41 \times 2 \times 0,8 = 0,66$		$0,34 \times 1 = 0,34$ $1,21 \times 4 = 4,84$ $0,4 \times 15 = 6,0$	$5,02 \times 15,4 = 77,4$ $7,85 \times 2 \times 7,3 = 115,0$ $7,85 \times 2 \times 0,8 = 12,6$		$2,82 \times 1 = 2,82$ $5,115 \times 4 = 20,48$ $0,4 \times 15,0 = 6,0$	
	23,28 H _{II} = 126,3	2,02 H _L = 12,44	M _W = 28,2	11,18	36,42 H _{II} = 205,0	M _W = 5,77	29,28	
	$U_1 = \frac{126,3 + 12,44 + 28,2}{2 \times 2,5} + \frac{11,18}{4} = 33,3 + 2,79 = 36,1 \text{ т}$				$U_1 = \frac{205,0 + 5,77}{2 \times 2,5} + \frac{29,28}{4} = 42,2 + 7,29 = 49,49 \text{ т}$			
3-3 $\nabla 14,8 \text{ м}$ $\delta = 2,5 \text{ м}$	$23,28 \times 6,4 = 149,0$ $5,115 \times 2 \times 0,7 = 7,15$	$2,02 \times 6,4 = 12,9$ $0,41 \times 2 \times 0,7 = 0,58$		$1,21 \times 2 = 2,42$ $0,4 \times 6,1 = 2,55$	$36,42 \times 6,4 = 234,0$ $7,85 \times 2 \times 0,7 = 11,0$		$29,28 \times 2 = 58,56$ $5,115 \times 2 = 10,23$ $0,4 \times 6,4 = 2,56$	
	33,51 H _{II} = 290,41	2,84 H _L = 25,92	M _W = 66,0	16,16	52,12 H _{II} = 450,0	M _W = 13,9	42,07	
	$U_2 = \frac{290,41 + 25,92 + 66,0}{2 \times 2,5} + \frac{16,16}{4} = 76,5 + 4,04 = 80,54 \text{ т}$				$U_2 = \frac{450,0 + 13,9}{2 \times 2,5} + \frac{42,07}{4} = 92,5 + 10,5 = 103,0 \text{ т}$			
6-6 $\nabla 6,2 \text{ м}$ $\delta = 3,3$ $\cos \delta = 0,999$	$33,51 \times 8,6 = 288,0$	$2,84 \times 8,6 = 24,4$		$0,4 \times 8,6 = 3,45$	$52,12 \times 8,6 = 449,0$		$0,4 \times 8,6 = 3,45$	
	33,51 H _{II} = 578,41	2,84 H _L = 50,32	M _W = 135,0	19,61	52,12 H _{II} = 899,0	M _W = 25,4	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 $\nabla 1,5 \text{ м}$ $\delta = 3,85 \text{ м}$ $\cos \delta = 0,999$	$33,51 \times 4,7 = 157,5$	$2,84 \times 4,7 = 13,4$		$0,4 \times 4,7 = 1,9$	$52,12 \times 4,7 = 246,0$		$0,4 \times 4,7 = 1,9$	
	33,51 H _{II} = 735,91	2,84 H _L = 63,72	M _W = 180,0	21,51	52,12 H _{II} = 1145,0	M _W = 34,7	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 выполнен: *М. Мокарева*

№308 ТМ-ТЗ