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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные нормальные опоры ВЛ 220 и 330 кВ

3.407-100

Рабочие чертежи
ТОМ 4

Расчеты промежуточных опор

ВЛ 330

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ ИНСТИТУТА /Л. Левин/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ ИНСТИТУТА ПО ВЛ /В. Овсеенко/

МОСКВА - 1973

gost.e-ecolog.ru

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные стальные нормальные опоры ВЛ 220 и 330 кВ

3.407-100

Рабочие чертежи
ТОМ 4

Расчеты промежуточных опор

ВЛ 330

главный инженер / К. Крюков /

и.о. нач технического отдела / В. Гальперин /

начальник отдела типового
проектирования / К. Синеловов /

главный инженер проекта / Б. Новгородцев /

Ленинград 1973 г.

Аннотация.

В настоящем томе приводятся расчеты свободностоящих промежуточных опор ВЛ 330 кВ: одноцепной П330-3, двухцепной П330-2, а также промежуточных опор на оттяжках — одностоечной П330-1 и V-образной „Набла" П330-5.

Опоры П330-3, П330-2 и П330-5 рассчитаны на нагрузки при подвеске проводов, марки 2×АСО-300 и 2×АСО-400 по Гост 839-59 в I-IV районах гололедности и в III ветровом районе.

Опора П330-1 рассчитана на нагрузки при подвеске проводов марки 2×АСО-300 и 2×АСО-400 по ГОСТ 839-59 в I-II районах гололедности и в III ветровом районе.

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 N 113 от 7 сентября 1967г при рассмотрении проекта унифицированных опор Секции и элементы опор рассчитаны на наиболее неблагоприятные условия их применения. Расчетные листы опор включены в том 8

Состав проекта

	Инвентарный номер
Том 1. Пояснительная записка	3080тм-т1
Том 2. Расчеты промежуточных опор ВЛ 220кВ.	3080тм-т2
Том 3. Расчеты анкерно-угловых опор ВЛ 220кВ.	3080тм-т3
Том 4. Расчеты промежуточных опор ВЛ 330кВ.	3080тм-т4
Том 5. Расчеты анкерно-угловых опор ВЛ 330кВ	3080тм-т5
Том 6. Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 220кВ.	3080тм-т6
Том 7. Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 220кВ.	3080тм-т7
Том 8. Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 330кВ	3080тм-т8
Том 9. Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 330кВ	3080тм-т9
Том 10. Нагрузки на фундаменты	3080тм-т10
Том 11. Нагрузки на фундаменты с наклонными стойками	3080тм-т11
Том 12. Патентный формуляр / хранится в ПК с30 Энергосетьпроект /	3080тм-т12

Содержание тома 4

I Расчёт свободностоящих опор П330-3, П330-2

		листы
1.	Эскизы опор	9÷10
2.	Нагрузки на опоры от проводов и тросов.	11÷14
3.	Давление ветра на конструкцию опор.	15÷16
4.	Расчёт поясов ствола опор.	17÷18
5.	Расчёт раскосов ствола опор.	19÷25
6.	Расчёт траверс.	26÷41
7.	Расчёт распорок и диафрагм.	42÷46
8.	Расчёт стыков поясов ствола	47÷50
9.	Расчёт тросостоек.	51÷54

II Расчет опоры на оттяжках П330-5 .

1.	Эскиз опоры	55
2.	Давление ветра на конструкцию опоры.	56
3.	Исходные данные для расчета опоры на ЭЦВМ	57-58
4.	Таблица результатов расчета опор на ЭЦВМ	59÷72
5.	Расчёт стоек опоры	60÷72

6.	Расчёт траверсы опоры	73 - 80
7.	Расчёт диафрагм	81
8.	Расчёт тросостойки	82-83
9.	Расчёт оттяжек	84
10.	Расчет фундамента под стойки на местное сжатие.	85 - 86

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

1) для опоры П330-5:

листы 55-86

Расчетный лист N3080тм-т8-38

2) для опоры П330-3:

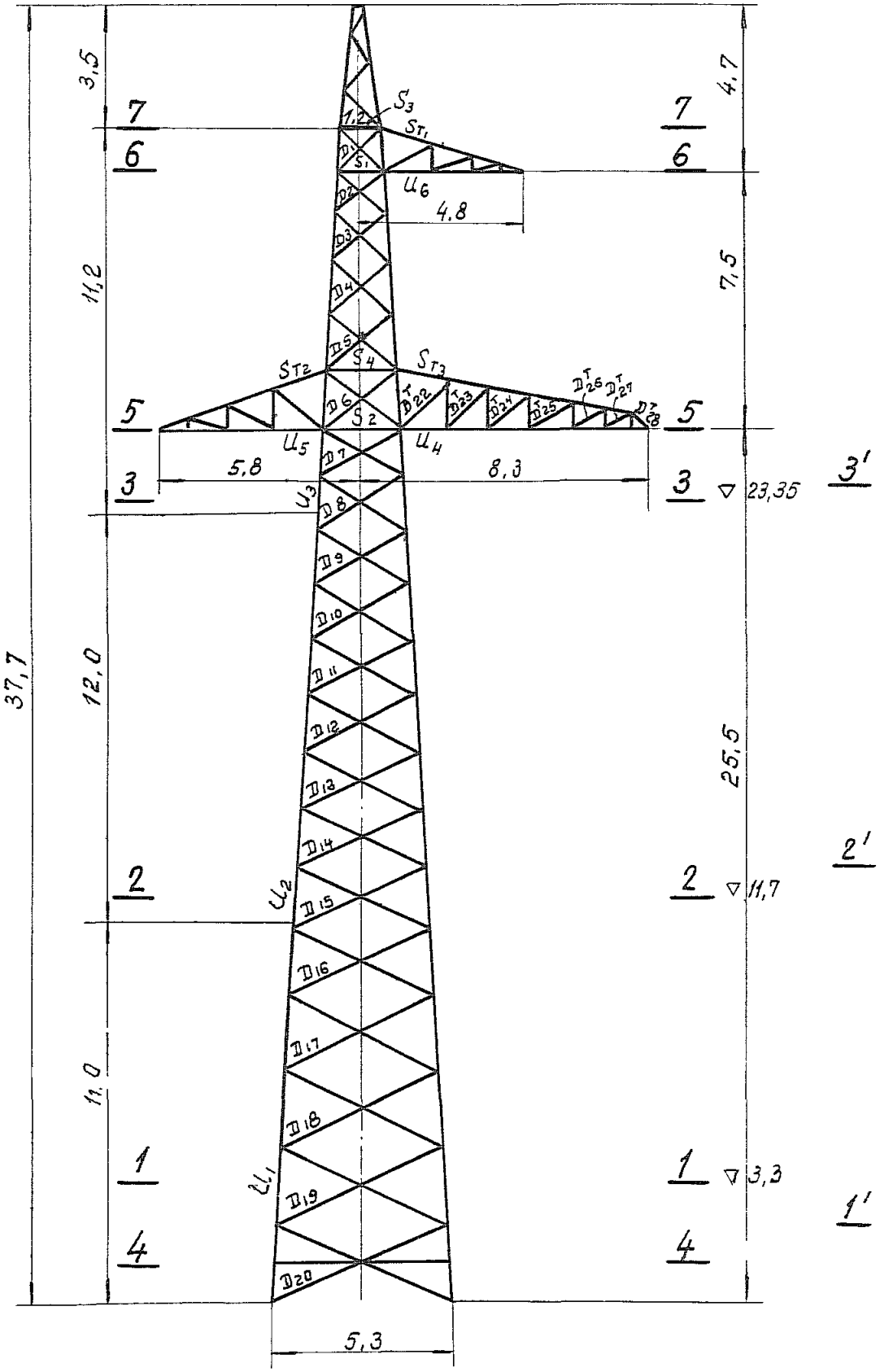
листы: 9, 11, 12, 15, 17, 19÷21, 26÷33, 42÷44, , 47, 48, 51, 52

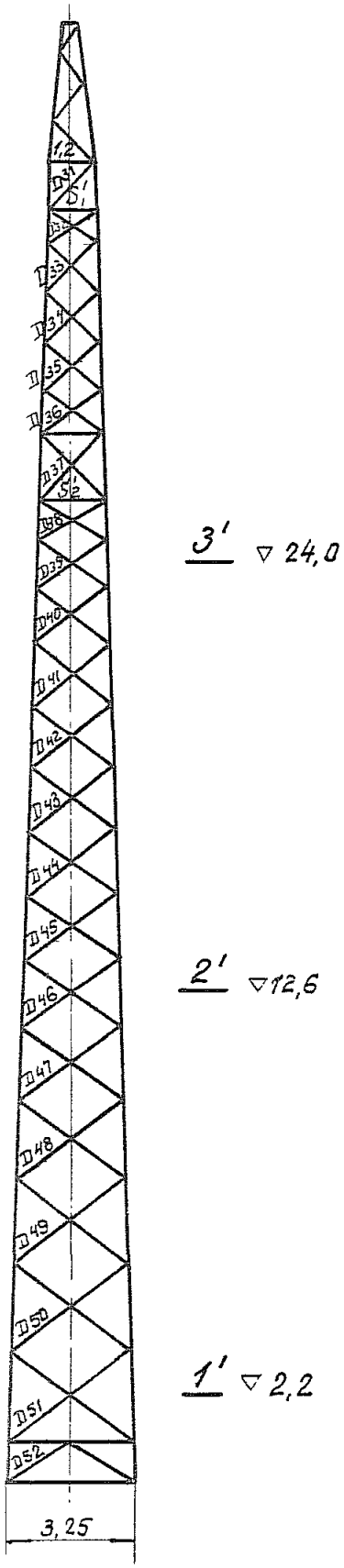
Расчетный лист N3080тм-т8-15

3) для опоры П330-2:

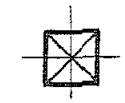
листы: 10, 13, 14, 16, 18, 22÷25, 34÷41, 45, 46, 49, 50, 53, 54.

Расчетный лист N3080тм-т8-16

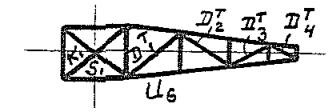




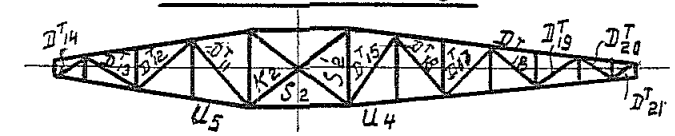
Сечение 7-7



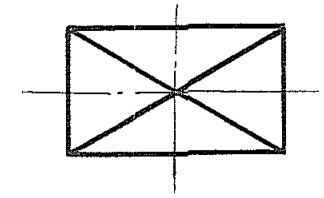
Сечение 6-6

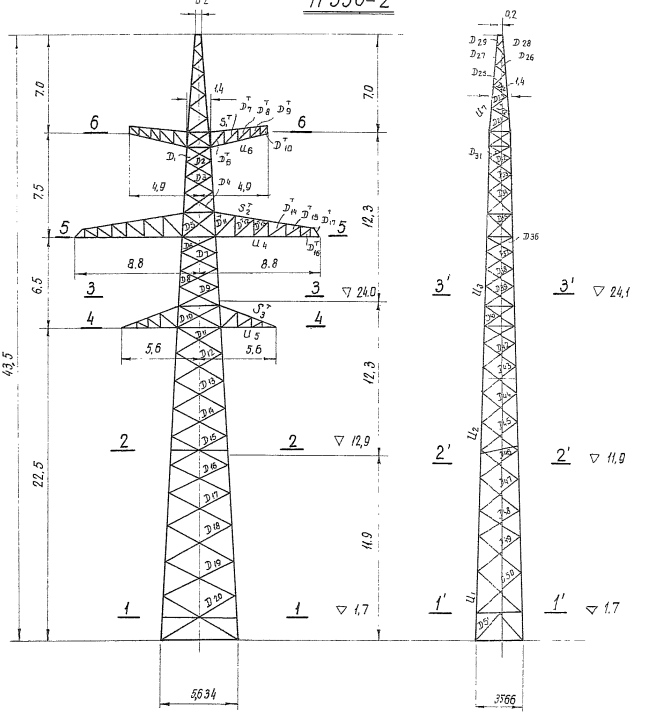


Сечение 5-5

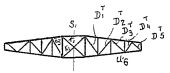


Сечение 4-4

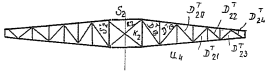




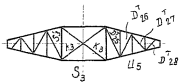
Сечение 6-6



Сечение 5-5



Сечение 4-4



Сечение 2-2

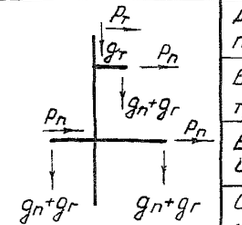
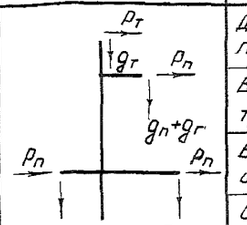
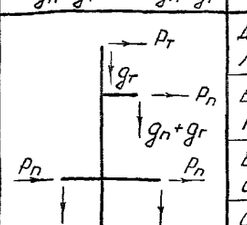


Сечение 1-1



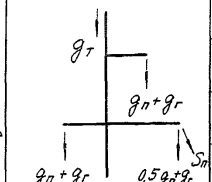
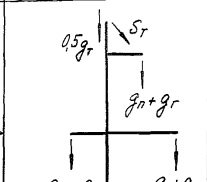
Таблица 1

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 330 кВ П330-3

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	I район гололеда									II район гололеда								
						2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70		
					$e_{ветр}$	450 м			450 м			450 м			450 м			450 м			450 м		
					$e_{вес.}$	565 м			565 м			565 м			550 м			565 м			565 м		
					$e_{габ.}$	450 м			450 м			—			440 м			450 м			—		
						нормат.	n	расчетн.	норм.	n	расчетн	нормат.	n	расчетн	нормат.	n	расчетн	норм	n	расчетн	норм	n	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$, $C=0$ $q_n^н=50\ кг/м^2$ $q_т^н=76\ кг/м^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n $P_т$	910	1,2	1090	1050	1,2	1265	320	1,2	385	910	1,2	1090	1050	1,2	1265	320	1,2	385
				Вес пролета провода троса.	g_n $g_т$	1260	1,1	1390	1690	1,1	1865	345	1,1	380	1225	1,1	1345	1690	1,1	1865	345	1,1	380
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ $g_т$	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	—	380
I^а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠ 45° к оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50\ кг/м^2$; $q_т^н=76\ кг/м^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n $P_т$	645	1,2	775	740	1,2	890	225	1,2	270	645	1,2	775	740	1,2	890	225	1,2	270
				Вес пролета провода троса.	g_n $g_т$	1260	1,1	1390	1690	1,1	1865	345	1,1	380	1225	1,1	1345	1690	1,1	1865	345	1,1	380
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n+g_г$ $g_т$	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	1,1	380
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$ $C=5\div10$ $q_n^н=12,5\ кг/м^2$ $q_г^н=19\ кг/м^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n $P_т$	450	1,4	630	505	1,4	710	215	1,4	300	585	1,4	820	640	1,4	900	320	1,4	450
				Вес пролета провода, троса.	g_n $g_т$	1260 450	1,1 2,0	1390 900	1690 510	1,1 2,0	1865 1020	345 130	1,1 2,0	380 260	1225 1040	1,1 2,0	1345 2080	1690 1190	1,1 2,0	1865 2380	345 335	1,1 2,0	380 670
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$ $g_т$	1835	—	2430	2325	—	3025	475	—	640	2390	—	3565	3005	—	4385	680	—	1050

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 330 кВ. П330-3.

Продолжение таблицы № 1

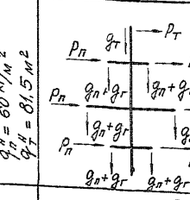
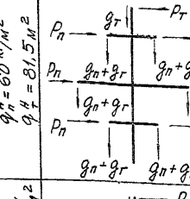
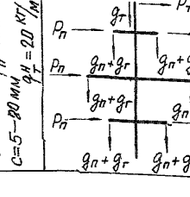
№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Ряд нагрузок	Обозначения	I район гололеда									V район гололеда								
						2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70		
					$l_{ветр.}$	450 м			450 м			450 м			450 м			450 м			450 м		
					$l_{вес.}$	565 м			565 м			565 м			550 м			565 м			565 м		
					$l_{габ.}$	450 м			450 м			—			440 м			450 м			—		
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$ $C=0$ $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1940	1,3×0,8=1,04	2020	2460	1,3×0,8=1,04	2560	—	—	—	2380	1,3×0,8=1,04	2480	3075	1,3×0,8=1,04	3200	—	—	—
				Вес пролета провода троса	$g_п$ $g_т$	1260	1,1	1390	1690	1,1	1865	345	1,1	380	1225	1,1	1345	1690	1,1	1865	345	1,1	380
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	5	—	2005	345	—	380
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$ $C=0$ $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8=1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8=1,04	1500
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	1260	1,1	1390	1690	1,1	1865	345	1,1	380	1225	1,1	1345	1690	1,1	865	345	1,1	380
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	1,1	380

Примечания:

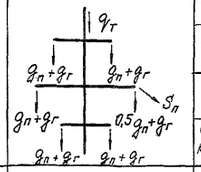
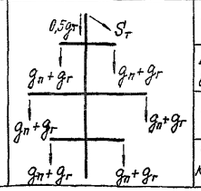
1. Высота центра тяжести троса $H_{тр}=27,5$ м.
   Нормативный скоростной напор $Q_т^н = 1,52 \times 50 = 76,0$ кг/м².
2. Высота центра тяжести провода $H_{пр}=14,8$ м, $Q_п^н = 50$ кг/м².
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
4. Максимальное допускаемое напряжение в тросе в I÷II районах гололеда $\sigma_{max} = 40$ кг/мм².
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Нагрузки на двухцепную промежуточную опору ВЛ 330 кв. Шифр П330-2.

Таблица № 2

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	I район гололеда									II район гололеда									III район гололеда						IV район гололеда					
						2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70		
					ℓ свет	395 м									395 м									395 м						395 м								
					ℓ вес	495 м									490 м			495 м			495 м			425 м			455 м			455 м			360 м			415 м			415 м		
					ℓ габ.	395 м									390 м			395 м			—			340 м			365 м			—			305 м			330 м			—		
						Нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	норм.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	норм.	n	расчет	норм	n	расч.	норм	n	расч	норм	n	расч.	норм	n	расч.	норм	n	расч.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$ $q_н^{\text{ск}}=60$ кг/м² $q_н^{\text{ст}}=81{,}5$ м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ $P_т$	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	1100	1,1	1210	1490	1,1	1640	305	1,1	335	1090	1,1	1200	1490	1,1	1640	305	1,1	335	945	1,1	1040	1365	1,1	1500	280	1,1	310	845	1,1	930	1245	1,1	1370	255	1,1	280
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1225	—	1350	1615	—	1780	305	—	335	1215	—	1340	1615	—	1780	305	—	335	1070	—	1180	1490	—	1640	280	1,1	310	970	—	1070	1370	—	1510	255	—	280
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$ $q_н^{\text{ск}}=60$ кг/м² $q_н^{\text{ст}}=81{,}5$ м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ $P_т$	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	1100	1,1	1210	1490	1,1	1640	305	1,1	335	1090	1,1	1200	1490	1,1	1640	305	1,1	335	945	1,1	1040	1365	1,1	1500	280	1,1	310	845	1,1	930	1245	1,1	1370	255	1,1	280
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1225	—	1350	1615	—	1780	305	—	335	1275	—	1340	1615	—	1780	305	—	335	1070	—	1180	1490	—	1640	280	—	310	970	—	1070	1370	—	1510	255	—	280
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t=-5°C$ $q_н^{\text{ск}}=15{,}0$ кг/м² $C=5-20$ мм $q_н^{\text{ст}}=20{,}47$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ $P_т$	480	1,4	670	530	1,4	745	200	1,4	280	620	1,4	870	670	1,4	940	295	1,4	415	765	1,4	1070	815	1,4	1140	390	1,4	550	900	1,4	1260	960	1,4	1340	485	1,4	680
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	1100 395	1,1 2,0	1210 790	1490 445	1,1 2,0	1640 890	305 115	1,1 2,0	335 230	1090 930	1,1 2,0	1200 1860	1490 1040	1,1 2,0	1640 2080	305 295	1,1 2,0	335 590	945 1385	1,1 2,0	1040 2770	1365 1625	1,1 2,0	1500 3250	280 500	1,1 2,0	310 1000	845 1870	1,1 2,0	930 3740	1245 2220	1,1 2,0	1370 4440	255 725	1,1 2,0	280 1450
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1620	—	2140	2060	—	2670	420	—	565	2145	—	3200	2655	—	3860	600	—	925	2455	—	3950	3115	—	4830	780	—	1310	2965	—	4945	3590	—	5950	980	—	1730

Продолжение таблицы N 2

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	I район гололеда									II район гололеда									III район гололеда									IV район гололеда								
						2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70			2×АСО-300			2×АСО-400			С-70		
					$e_{ветр.}$	395 м									395 м									395 м									395 м								
					$e_{вес.}$	495 м									490 м			495 м			495 м			425 м			455 м			455 м			380 м			415 м			415 м		
					$e_{габ.}$	395 м									390 м			395 м			—			340 м			365 м			—			305 м			330 м			—		
						нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчетн.	норм.	n	расчетн.	норм.	n	расчетн.	норм.	n	расч.	норм.	n	расч.	норм.	n	расчетн.	норм.	n	расч.	норм.	n	расч.	норм.	n	расч.	нормат.	n	расчетн.	норм.	n	расчетн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1890	1,3×0,8=1,04	1965	2440	1,3×0,8=1,04	2540	—	—	—	2365	1,3×0,8=1,04	2460	2980	1,3×0,8=1,04	3100	—	—	—	2365	1,3×0,8=1,04	2460	3190	1,3×0,8=1,04	3320	—	—	—	2365	1,3×0,8=1,04	2460	3190	1,3×0,8=1,04	3320	—	—	—
				Вес пролёта провода, троса	$g_п$ $g_т$	1100	1,1	1210	1490	1,1	1640	305	1,1	335	1090	1,1	1200	1490	1,1	1640	305	1,1	335	945	1,1	1040	1365	1,1	1500	280	1,1	310	845	1,1	930	1245	1,1	1370	255	1,1	280
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	1225	—	1350	1615	—	1780	305	—	335	1215	—	1340	1615	—	1780	305	—	335	1070	—	1180	1490	—	1640	280	—	310	970	—	1070	1370	—	1510	255	—	280
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8=1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8=1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8=1,04	1500	—	—	—	—	—	—	1440	1,3×0,8=1,04	1500
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	1100	1,1	1210	1490	1,1	1640	305	1,1	335	1090	1,1	1200	1490	1,1	1640	305	1,1	335	945	1,1	1040	1365	1,1	1500	280	1,1	310	845	1,1	930	1245	1,1	1370	255	1,1	280
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	1225	—	1350	1615	—	1780	305	—	335	1215	—	1340	1615	—	1780	305	—	335	1070	—	1180	1490	—	1640	280	—	310	970	—	1070	1370	—	1510	255	—	280

1. Высота центра тяжести троса — 33,3 м.

$$q_т^н = 1{,}63 \times 50 = 81{,}5 \text{ кг/м}^2$$

2. Высота центра тяжести провода — 17,9 м.

$$g_п^н = 60 \text{ кг/м}^2$$

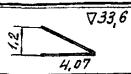
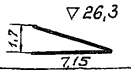
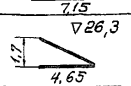
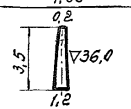
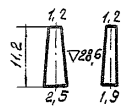
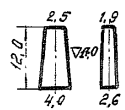
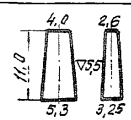
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $k = 0{,}8$.

4. Максимальное напряжение в тросе $\sigma_{т\,max} = 40$ кг/мм².

5. Нагрузки округлены до значения кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкцию опоры Г330-3 по схемам I и I^а

Таблица N 3

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффиц. увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы φ_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффиц. заполнения $\varphi = \frac{\varphi_i}{S}$;	Аэродинамический коэффициент плоской фермы $C_ф = C_i \varphi^2 = 1{,}4\varphi$	η	Аэродинамический коэффиц. пространственной фермы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффиц. динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$;	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P$	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэффиц. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэффиц. перегрузки $n = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S \beta n$;	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P$
Верхняя траверса		1,65	83	0,87	2,4	0,36	0,50	0,57	0,79	70 [2] (160)	105 [3]	70 [3]	115	170	115
Нижняя траверса		1,5	75	1,8	7,5	0,24	0,34	0,78	0,61	155 [2] (340)	220 [3]	155 [3]	250	355	250
Нижняя траверса		1,5	75	1,02	4,0	0,25	0,35	0,76	0,62	85 [2] (185)	120 [3]	85 [3]	140	195	140
Тросостойка		1,7	85	0,67	2,45	0,27	0,38	0,73	0,66	140	110	110	225	180	180
Верхняя секция		1,54	77	4,61 / 4,36	20,8 / 17,4	0,22 / 0,25	0,31 / 0,35	0,79 / 0,74	0,55 / 0,61	(880) / 820	705	660	1330	1150	1070
Средняя секция		1,14	57	5,78 / 5,00	39,0 / 27,0	0,15 / 0,18	0,21 / 0,25	0,91 / 0,86	0,40 / 0,47	(890) / 720	710	580	1170	1150	940
Нижняя секция		1,0	50	6,35 / 5,26	51,2 / 32,2	0,12 / 0,16	0,17 / 0,22	0,98 / 0,90	0,34 / 0,42	(870) / 680	695	545	1100	1130	885
									Итого:	2670	2665	2205	4330	4330	3580

Примечания:

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

Давление ветра на конструкцию опоры П330-2 по схемам I и I^а

Таблица № 4

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секций (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы $\Sigma\varphi_i$ (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\Sigma\varphi_i}{S}$	Аэродинамич. доп. коэфф. плоской фермы $C_\Phi = C_i\ \varphi = 1,4 \cdot \varphi$	η	Аэродинамический коэффр. пространственной фермы $C_{пр} = C_\Phi(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагр. без учета коэффициента динамики (кг)			Расчетная ветровая нагр. с учетом коэфф. динамики $\beta = 1,35$ и коэфф. перегр. $n = 1,2$ (кг)		
										при ветре II траверсе $P = q_0 \times C_{пр} \times S$	при ветре под ∠45° $P_\perp = 0,8P$ ⊥ трав.	при ветре под ∠45° $P_{\parallel} = 0,8P$ II траверсе	при ветре II трав. $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	при ветре под ∠45° $P_\perp = 0,8 \cdot P_p$ ⊥ трав.	при ветре под ∠45° $P_{\parallel} = 0,8 P_p$ II трав.
Верхняя траверса	4,2 / 1,0 / ▽ 36.00	1,71	86	0,95	2,10	0,45	0,63	0,47	0,926	75 × 2 [2] (170)	110 × 2 [3]	75 × 2 [3]	120 × 2	180 × 2	120 × 2
Средняя траверса	1,2 / ▽ 29.85 / 7,7	1,56	78	2,15	7,95	0,27	0,378	0,765	0,669	185 × 2 [2] (415)	270 × 2 [3]	185 × 2 [3]	300 × 2	440 × 2	300 × 2
Нижняя траверса	1,5 / ▽ 23,25 / 4,1	1,42	71	0,81	3,08	0,26	0,364	0,75	0,637	65 × 2 [2] (140)	90 × 2 [3]	65 × 2 [3]	105 × 2	145 × 2	105 × 2
Просто ка	0,2 / 7,0 / ▽ 40,00 / 1,4	1,8	90	1,33	5,6	0,24	0,336	0,78	0,599	300	240	240	485	390	390
Верхняя секция	1,4 / 18,3 / ▽ 30,35 / 2,83 / 2,13	1,59	80	5,84 / 5,39	26,1 / 21,8	0,224 / 0,247	0,314 / 0,346	0,78 / 0,78	0,56 / 0,615	1170 / 1070	935	935	1730	1520	1520
Средняя секция	2,83 / 2,13 / 12,3 / ▽ 18,05 / 4,26 / 2,87	1,29	65	7,62 / 6,76	43,5 / 30,7	0,175 / 0,22	0,245 / 0,308	0,875 / 0,84	0,46 / 0,567	1300 / 1130	1040	1040	1830	1690	1690
Нижняя секция	4,26 / 2,87 / 11,9 / ▽ 5,95 / 5,63 / 3,56	1,0	50	8,45 / 7,05	59,0 / 38,4	0,143 / 0,184	0,200 / 0,256	0,93 / 0,92	0,386 / 0,495	1140 / 950	910	910	1540	1475	1475
									Итого	4100	4065	3775	6635	6605	6125

Примечания:

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

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П330-3.

Таблица №5

Сечения отметки базы	Схема II; II район гололеда			Схема I^a; I р-н гололеда				Схема I; I район гололеда		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W\,II}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: // траверсе $M_{W_{II}}$	От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверсе $M_{W_\perp}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W\,II}$	
3-3 ▽ 23,35 м $b_{ш.}$ = 2,5 м 3'-3' ▽ 24,0 м $b_{уз}$ = 1,82 м $\cos\gamma_ш$ = 0,998 $\cos\gamma_{уз}$ = 0,999	0,45 × 14,35 = 6,5 0,9 × 9,65 = 8,7 0,9 × 2 × 2,15 = 3,9 3,15 M_{II} = 19,1 $M_{н.у.} = \frac{7,3 \cdot 4,39 = 32,1}{\Sigma M_{II} = 51,2}$	$M_{W_{II}} = \frac{12,4}{4,8} = 2,6$	3 × 4,39 = 13,2 1 × 1,05 = 1,1 1,7 16,0	0,27 · 14,35 = 3,9 0,89 · 9,65 = 8,6 0,89 · 2 · 2,15 = 3,8 2,94 M_{II} = 16,3 $M_{н.у.}$ = 14,6 ΣH_{II} = 30,9	0,18 × 12,6 = 2,3 0,115 × 10,25 = 1,2 0,250 × 3,0 = 0,7 0,14 × 3,0 = 0,4 1,07 × 5,4 = 5,8 1,755 $M_{W_{II}}$ = 10,4	0,18 × 11,95 = 2,1 0,17 × 9,6 = 1,6 0,355 × 2,35 = 0,8 0,195 × 2,35 = 0,4 1,15 × 5,1 = 5,9 2,06 $M_{W_\perp}$ = 10,8	3 × 2,0 = 6,0 1 × 0,38 = 0,4 1,7 8,1	0,385 × 14,35 = 5,5 1,265 × 9,65 = 12,2 1,265 × 2,15 = 5,4 4,18 M_{II} = 23,1 $M_{н.у.}$ = 2,0 · 7,3 = 14,6 ΣM_{II} = 37,7	0,225 × 12,6 = 2,8 0,115 × 10,25 = 1,2 0,25 × 3,0 = 0,7 0,14 × 3,0 = 0,4 1,33 × 5,4 = 7,3 2,06 $M_{W_{II}}$ = 12,4	3 · 2,0 = 6,0 1 · 0,38 = 0,4 1,7 8,1
	$U_3 = \frac{51,2 + 2,6}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,998} + \frac{16,0}{4 \cdot 0,998} = 10,8 + 4,0 = 14,8$ т.			$U_3 = \frac{30,9 + 10,4}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,998} + \frac{10,2}{2 \cdot 1,82 \cdot 0,999} + \frac{8,1}{4 \cdot 0,998} = 8,3 + 2,8 + 2,0 = 13,1$ т.				$U_3 = \frac{37,7 + 12,4}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,998} + \frac{8,1}{4 \cdot 0,998} = 10,1 + 2,0 = 12,1$ т.		
2-2 ▽ 11,7 м $b_ш$ = 3,92 м 2'-2' ▽ 12,6 м $b_{уз}$ = 2,5 м $\cos\gamma_ш$ = 0,998 $\cos\gamma_{уз}$ = 0,999	51,2 3,15 × 11,65 = 36,7 3,15 M_{II} = 87,9	$M_{W_{II}} = \frac{43,0}{4,8} = 9,0$	16,0 2,2 18,2	30,9 2,94 × 11,65 = 34,2 2,94 M_{II} = 65,1	10,4 1,755 × 11,65 = 20,4 0,94 × 5,8 = 5,5 2,7 $M_{W_{II}}$ = 36,3	10,8 2,06 × 11,4 = 23,5 1,15 × 5,7 = 6,55 3,21 $M_{W_\perp}$ = 40,85	8,1 2,2 10,3	37,7 4,18 × 11,65 = 48,8 M_{II} = 86,5	12,4 2,06 × 11,65 = 24,0 1,17 × 5,8 = 6,6 3,23 $M_{W_{II}}$ = 43,0	8,1 2,2 10,3
	$U_2 = \frac{87,9 + 9,0}{2 \cdot 3,92 \cdot 0,998} + \frac{18,2}{4 \cdot 0,998} = 12,5 + 4,6 = 17,1$ т			$U_2 = \frac{65,1 + 36,3}{2 \cdot 3,92 \cdot 0,998} + \frac{40,85}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,999} + \frac{10,3}{4 \cdot 0,998} = 13,0 + 8,2 + 2,6 = 23,8$ т.				$U_2 = \frac{86,5 + 43,0}{2 \cdot 3,92 \cdot 0,998} + \frac{10,3}{4 \cdot 0,998} = 16,6 + 2,6 = 19,2$ т.		
1-1 ▽ 3,3 м. $b_ш$ = 4,92 м 1-1' ▽ 2,2 м $b_{уз.}$ = 3,12 м $\cos\gamma_ш$ = 0,998 $\cos\gamma_{уз}$ = 0,999	87,9 3,15 × 8,4 = 26,5 M_{II} = 114,4	$M_{W_{II}} = \frac{73,4}{4,8} = 15,2$	1,2 2,2 20,4	65,1 2,94 × 8,4 = 24,7 M_{II} = 89,8	36,3 2,7 × 8,4 = 22,7 0,63 × 4,2 = 2,6 $M_{W_{II}}$ = 61,6	40,85 3,21 × 10,4 = 33,4 0,9 × 5,2 = 4,7 $M_{W_\perp}$ = 78,95	10,3 2,2 12,5	86,5 4,18 × 8,4 = 35,2 M_{II} = 121,7	43,0 3,23 × 8,4 = 27,2 0,77 × 4,2 = 3,2 $M_{W_{II}}$ = 73,4	10,3 2,2 12,5
	$U_1 = \frac{114,4 + 15,2}{2 \cdot 4,92 \cdot 0,998} + \frac{20,4}{4 \cdot 0,998} = 13,2 + 5,1 = 18,3$ т.			$U_1 = \frac{89,8 + 61,6}{2 \cdot 4,92 \cdot 0,998} + \frac{78,95}{2 \cdot 3,12 \cdot 0,999} + \frac{12,5}{4 \cdot 0,998} = 15,4 + 12,7 + 3,1 = 31,2$ т.				$U_1 = \frac{121,7 + 73,4}{2 \cdot 4,92 \cdot 0,998} + \frac{12,5}{4 \cdot 0,998} = 19,8 + 3,1 = 22,9$ т.		

Подсчет изгибающих моментов вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П330-2.

Таблица № 6

Сечения, отметки и базы	Схема I, I район гололеда			Схема I^а, I район гололеда				Схема II, IV район гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки $G_т$	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$	Вертикальные нагрузки G(т)
	от нагрузок на провода и трос M_{II}	от ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		от нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на констр. опоры: II траверсе $M_{W_{II}}$	⊥ траверсе $M_{W_⊥}$			
3-3 ▽ 24,0 $в_ш$ = 2,79м 3'-3' ▽ 24,1 $в_{уз}$ = 2,11м $Cos\gamma_ш$ = 0,998 $Cos\gamma_{уз}$ = 0,999	0,360 × 13,5 = 7,04 2 × 1,26 × 12,5 = 31,5 2 × 1,26 × 5,0 = 12,6 5,40 M_{II} = 51,14	0,465 × 16,0 = 7,75 1,73 × 6,25 = 10,8 2 × 0,12 × 12,0 = 2,88 2 × 0,300 × 5,85 = 3,51 3,055 $M_{W_{II}}$ = 24,94	0,335 × 1 = 0,335 1,78 × 4 = 7,12 0,212 × 19,5 = 4,14 11,595	0,25 × 13,5 = 4,89 2 × 0,895 × 12,5 = 22,4 2 × 0,895 × 5,0 = 8,95 3,85 M_{II} = 36,24	0,390 × 19,5 = 7,6 1,52 × 6,25 = 9,5 2 × 0,12 × 12,0 = 2,88 2 × 0,300 × 5,85 = 3,51 2,75 $M_{W_{II}}$ = 23,49	0,390 × 19,4 = 7,57 1,52 × 6,3 = 9,59 2 × 0,180 × 11,9 = 4,29 2 × 0,440 × 5,75 = 5,06 3,15 $M_{W_⊥}$ = 26,51	0,335 × 1 = 0,335 1,78 × 4 = 7,12 0,212 × 19,5 = 4,14 11,60	0,68 × 19,5 = 13,30 1,34 × 12,5 × 2 = 33,5 1,34 × 5,0 × 2 = 13,4 6,04 M_{II} = 60,2 $M_{W_{II}} = \frac{24,94}{4,8}$ = 5,2	1,73 × 1 = 1,73 5,95 × 4 = 23,80 0,212 × 19,5 = 4,14 29,67
	$U_3 = \frac{51,14 + 24,94}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{11,6}{4 \times 0,998} = 13,68 + 2,9 = 16,58$ т.			$U = \frac{6,24 + 23,49}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{26,51}{2 \times 0,999 \times 2,11} + \frac{11,6}{4 \times 0,998} = 10,72 + 6,28 + 2,9 = \underline{19,9}$ т.				$U_3 = \frac{60,2 + 5,2}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{29,67}{4 \times 0,998} = 11,72 + 7,43 = 19,15$ т.	
2-2 ▽ 12,9 $в_ш$ = 4,08м 2'-2' ▽ 11,9м $в_{уз}$ = 2,83м $Cos\gamma_ш$ = 0,998 $Cos\gamma_{уз}$ = 0,999	51,14 5,40 × 11,1 = 59,9 2 × 1,26 × 9,6 = 24,2 7,92 M_{II} = 135,24	24,94 3,055 × 11,1 = 33,8 1,83 × 5,55 = 10,2 2 × 0,105 × 10,35 = 2,18 5,1 $M_{W_{II}}$ = 71,12	11,60 2 × 1,78 = 3,56 0,212 × 11,1 = 2,36 17,52	36,24 3,85 × 11,1 = 42,5 2 × 0,895 × 9,6 = 17,2 5,11 M_{II} = 95,94	23,49 2 × 0,105 × 10,35 = 2,18 1,69 × 5,55 = 9,35 2,75 × 11,1 = 30,5 4,65 $M_{W_{II}}$ = 65,52	26,51 3,15 × 12,2 = 28,4 2 × 0,145 × 10,6 = 3,07 1,69 × 6,1 = 10,3 5,13 $M_{W_⊥}$ = 68,28	11,60 2 × 1,78 = 3,56 0,212 × 11,1 = 2,36 17,52	60,2 6,04 × 11,1 = 67,0 1,34 × 2 × 9,6 = 25,8 8,72 M_{II} = 153,0 $M_{W_{II}} = \frac{71,12}{4,8}$ = 1,48	29,67 5,95 × 2 = 11,90 0,212 × 11,1 = 2,36 43,93 т
	$U_2 = \frac{135,24 + 71,12}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{17,52}{4 \times 0,998} = 25,4 + 4,38 = 29,78$ т.			$U = \frac{95,94 + 65,52}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{68,28}{2 \times 0,999 \times 2,83} + \frac{17,52}{4 \times 0,998} = 19,8 + 12,1 + 4,36 = \underline{36,28}$				$U_2 = \frac{153,0 + 14,8}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{43,93}{4 \times 0,998} = 20,5 + 11,05 = 33,55$ т.	
1-1 ▽ 1,7 $в_ш$ = 5,54м $в_{уз}$ = 3,46м $Cos\gamma_ш$ = 0,998 $Cos\gamma_{уз}$ = 0,999	135,24 7,92 × 11,2 = 88,9 M_{II} = 224,14 7,92 т	71,12 5,1 × 11,2 = 57,1 1,54 × 5,6 = 8,62 6,64 $M_{W_{II}}$ = 136,84	17,52 0,212 × 11,2 = 2,38 19,9	95,94 5,6 × 11,2 = 63,0 5,68 M_{II} = 158,94	65,52 4,65 × 11,2 = 52,0 1,24 × 5,6 = 6,95 5,89 $M_{W_{II}}$ = 124,47	68,28 5,13 × 10,2 = 52,4 1,24 × 5,1 = 6,32 6,37 $M_{W_⊥}$ = 127,0	17,52 0,212 × 11,2 = 2,38 19,9	153,0 8,72 × 11,2 = 97,6 8,72 M_{II} = 250,6 $M_{W_{II}} = \frac{136,84}{4,8}$ = 28,5	43,93 0,212 × 11,2 = 2,38 46,21
	$U_1 = \frac{224,14 + 136,84}{2 \times 0,998 \times 5,54} + \frac{29,9}{4 \times 0,998} = 32,6 + 4,97 = 37,57$			$U = \frac{158,94 + 124,47}{2 \times 0,998 \times 5,54} + \frac{127,0}{2 \times 0,999 \times 3,46} + \frac{19,9}{4 \times 0,998} = 26,5 + 18,36 + 4,97 = \underline{49,83}$				$U_1 = \frac{250,6 + 28,5}{2 \times 5,54 \times 0,998} + \frac{46,21}{4 \times 0,998} = 25,2 + 11,6 = 36,8$	

Примечание:

1. Усилия в поясах ствола опоры подсчитаны по формуле:

$$U_п = \frac{\Sigma M_{II}}{2\, в_ш \cos\gamma} + \frac{\Sigma M_⊥}{2 в_{уз} \cos\gamma} + \frac{G}{4 \cos\gamma};$$

Расчет усилий в раскосах ствола опоры

Таблица № 7

Секция	Грани опоры	$S_п$ (кг)						3200		
		$в_ш$ (м)	$в_{уз}$ (м)	$\cos\beta$	Обознач. раскосов	$4в\cos\beta_1$	$\frac{в_о}{4в_{уз}\cos\beta}$	$G_1=4,8$ м; $e=8,3$ от $M_{кр}$	от $S_п$	Σ
		$в_о = 1,2$ м			$M_{кр}$ (тм)			15,4		
Верхняя секция	Широкая	—	1,31	0,777	$Д_2$	4,06	—	3,78	—	3,78
		—	1,39	0,743	$Д_3$	4,13	—	3,74	—	3,74
		—	1,48	0,743	$Д_4$	4,4	—	3,5	—	3,5
		—	1,57	0,777	$Д_5$	4,88	—	3,15	—	3,15
		—	1,67	0,777	$Д_6$	5,19	—	2,98	—	2,98
	Узкая бок.	1,39	1,3	0,848	$Д_{32}$	4,71	0,273	3,27	0,88	4,15
		1,51	1,35	0,766	$Д_{33}$	4,64	0,259	3,32	0,83	4,15
		1,66	1,43	0,731	$Д_{34}$	4,85	0,287	3,18	0,92	4,1
		1,82	1,51	0,743	$Д_{35}$	5,4	0,268	2,85	0,86	3,71
		1,98	1,59	0,819	$Д_{36}$	6,5	0,231	2,37	0,74	3,11
		2,16	1,68	0,695	$Д_{37}$	6,9	0,256	2,57	0,82	3,39
		$в_о = 1,72$ м			$M_{кр}$ (тм)			26,6		
	Широкая	—	1,76	0,866	$Д_7$	6,1	—	4,36	—	4,36
		—	1,85	0,848	$Д_8$	6,28	—	4,24	—	4,24
	Узкая	2,31	1,75	0,899	$Д_{38}$	8,3	0,273	3,2	0,88	4,08
		2,44	1,82	0,834	$Д_{39}$	8,14	0,284	3,23	0,91	4,18

Раскос $Д_1$; Схема II, II р.г.

$G_1 = 3,85$ т (см. лист 40)

$$Д_1 = \frac{G_1}{2\cos\beta} = \frac{3,85}{2 \times 0,707} = 2,72 т;$$

Расчет усилий в раскосах ствола опоры П330-3

продолжение таблицы №7

Секция	Грани опоры	$S_п$ (кг)						3200		
		$в_ш$ (м)	$в_{уз}$ (м)	$\cos\beta$	Обознач. раскосов	$4в\cos\beta$	$\frac{в_о}{4в_{уз}\cos\beta}$	$e_z = 8,3$ м		
								от $M_{кр}$	от $S_п$	Σ
		$в_о = 1,72$ м				$M_{кр}$ (тм)		26,6		
Средняя секция	Широкая	—	1,94	0,875	D_9	6,78	—	3,92	—	3,92
		—	2,03	0,866	D_{10}	7,05	—	3,77	—	3,77
		—	2,13	0,883	D_{11}	7,52	—	3,54	—	3,54
		—	2,23	0,883	D_{12}	7,87	—	3,38	—	3,38
		—	2,33	0,899	D_{13}	8,39	—	3,13	—	3,13
		—	2,44	0,899	D_{14}	8,75	—	3,04	—	3,04
		—	2,55	0,913	D_{15}	9,34	—	2,85	—	2,85
	Узкая	2,58	1,9	0,777	D_{40}	8,02	0,291	3,32	0,930	4,25
		2,76	1,99	0,788	D_{41}	8,72	0,274	3,05	0,877	3,93
		2,94	2,08	0,788	D_{42}	9,26	0,263	2,87	0,840	3,71
		3,14	2,18	0,788	D_{43}	9,92	0,250	2,68	0,800	3,48
		3,35	2,28	0,788	D_{44}	10,54	0,239	2,52	0,764	3,28
		3,55	2,38	0,799	D_{45}	11,35	0,226	2,34	0,724	3,06
		3,78	2,49	0,799	D_{46}	12,08	0,216	2,21	0,692	2,9

$$D = \frac{M_{кр}}{4 \times в \times \cos\beta} + \frac{S_п \times в_о}{4 \times в_{уз} \times \cos\beta}$$

$в_о$ – база на отметке приложения силы.

Расчет усилий в раскосах ствола опоры П330-3

продолжение таблицы N 7

Секция	Грани опоры		$S_п$ (кг)						3200		
		$в_ш$ (м)	$в_{уз}$ (м)	$\cos\beta$	Обознач. раскосов	$4в\cos\beta$	$\frac{в_о}{4в_{уз}\cos\beta}$	$e_2 = 8,3$ м		
								От $M_{кр}$	От $S_п$	Σ
			$в_о = 1,72$ м				$M_{кр}$ (тм)	26,6		
Нижняя секция	Широкая	—	2,66	0,905	Д16	9,70	—	2,74	—	2,74
		—	2,79	0,890	Д17	9,92	—	2,68	—	2,68
		—	2,92	0,905	Д18	10,56	—	2,52	—	2,52
		—	3,05	0,913	Д19	11,15	—	2,39	—	2,39
		—	3,1	0,920	Д20	11,40	—	2,35	—	2,33
	Узкая	4,01	2,61	0,800	Д47	12,80	0,206	2,08	0,66	2,74
		4,26	2,73	0,788	Д48	13,43	0,200	1,98	0,64	2,62
		4,51	2,86	0,800	Д49	14,40	0,188	1,85	0,60	2,45
		4,77	2,99	0,818	Д50	15,60	0,176	1,71	0,56	2,27
		5,03	3,12	0,800	Д51	16,10	0,173	1,65	0,55	2,20
		5,16	3,18	0,822	Д52	17,00	0,165	1,57	0,53	2,10

$$Д = \frac{M_{кр}}{4 \times в \times \cos\beta} + \frac{S_п \times в_о}{4 \times в_{уз} \times \cos\beta};$$

$в_о$ – база на отметке приложения силы

Расчет усилий в раскосах ствола опоры П330-2

Таблица № 8

Секция	Грани опоры	$S_п$ (кг)						3320		
		$B_ш$ (м)	$B_{уз}$ (м)	$\cos\beta$	Обознач. раскосов	$4B\cos\beta$	$\frac{B_o}{4B_{уз}\cos\beta}$	$e_1=4{,}9$м от $M_{кр}$	$e_2=8{,}8$ от $S_п$	Σ
		$B_o=1{,}40$ м			$M_{кр}$ (тм)			16,27		
Верхняя секция	Широкая	—	1,50	0,839	D_1	5,04	—	3,22	—	3,22
		—	1,55	0,809	D_2	5,01	—	3,24	—	3,24
		—	1,63	0,829	D_3	5,47	—	2,97	—	2,97
		—	1,72	0,809	D_4	5,56	—	2,92	—	2,92
		—	1,80	0,777	D_5	5,59	—	2,90	—	2,90
	Узкая	1,55	1,5	0,875	D_{31}	5,43	0,267	3,00	0,886	3,87
		1,65	1,55	0,799	D_{32}	5,28	0,282	3,08	0,935	4,02
		1,71	1,62	0,766	D_{33}	5,24	0,281	3,1	0,933	4,03
		1,88	1,7	0,755	D_{34}	5,68	0,273	2,86	0,907	3,77
		2,17	1,8	0,719	D_{35}	6,25	0,271	2,6	0,90	3,50
		$B_o=1{,}84$ м			$M_{кр}$ (тм)			29,22		
	Широкая	—	1,88	0,899	D_6	6,75	—	4,33	—	4,33
		—	1,95	0,891	D_7	6,95	—	4,20	—	4,20
		—	2,0	0,899	D_8	7,19	—	4,07	—	4,07
		—	2,11	0,906	D_9	7,62	—	3,84	—	3,84
	Узкая	2,33	1,88	0,883	D_{36}	8,24	0,277	3,55	0,92	4,47
		2,46	1,95	0,829	D_{37}	8,15	0,285	3,59	0,95	4,54
		2,61	2,02	0,839	D_{38}	8,76	0,272	3,34	0,89	4,23
		2,77	2,1	0,839	D_{39}	9,30	0,260	3,13	0,85	3,98

$$D = \frac{M_{кр}}{4\times B\times\cos\beta} + \frac{S_п\times B_o}{4\times B_{уз}\times\cos\beta},$$

B_o – база на отметке приложения силы

Расчет усилий в раскосах ствола опоры П330-2

продолжение таблицы № 8

Секция	Грани опоры	$S_п$ (кг)						3320		
		$в_ш$ (м)	$в_{уз}$ (м)	$\cos\beta$	Обозн. раскосов	$4в\cos\beta$	$в_o$ / $4 \cdot в_{уз} \cdot \cos\beta$	$e_2 = 8,8$		
								От $M_{кр}$	От $S_п$	Σ
$в_o = 1,84$ м		$M_{кр}$ (тм)						29,22		
средняя	широкая	—	2,20	0,883	D_{10}	7,78	—	3,76	—	3,76
		—	2,30	0,848	D_{11}	7,80	—	3,76	—	3,76
		—	2,40	0,848	D_{12}	8,15	—	3,58	—	3,58
		—	2,52	0,875	D_{13}	8,82	—	3,31	—	3,31
		—	2,64	0,883	D_{14}	9,30	—	3,14	—	3,14
		—	2,76	0,891	D_{15}	9,85	—	2,96	—	2,96
	узкая	2,93	2,19	0,809	D_{40}	9,51	0,259	3,07	0,86	3,93
		3,10	2,27	0,857	D_{41}	10,60	0,236	2,76	0,785	3,55
		3,28	2,36	0,788	D_{42}	10,38	0,248	2,80	0,82	3,62
		3,50	2,47	0,788	D_{43}	11,00	0,236	2,65	0,78	3,43
		3,72	2,59	0,788	D_{44}	11,70	0,225	2,50	0,7	3,2
		3,95	2,71	0,799	D_{45}	12,60	0,213	2,32	0,700	3,02
		4,20	2,82	0,829	D_{46}	13,90	0,197	2,10	0,66	2,76

Усилия в раскосах определены по формуле:

$$D = \frac{M_{кр}}{4 \times в \times \cos\beta} + \frac{S_п \times в_o}{4 \times в_{уз} \times \cos\beta}$$

$в_o$ – база на отметке, где приложена сила

продолжение таблицы N 8

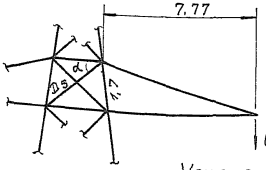
Секция	Грани опоры	$S_п$ (кг)						3320		
		$в_ш$ (м)	$в_{уз}$ (м)	$Cos\beta$	Обознач. раскосов	$4 \cdot в \cdot Cos\beta$	$\frac{в_о}{4 \cdot в_{уз} \cdot Cos\beta}$	$e_2 = 8,8$		
								От $M_{кр}$	От $S_п$	Σ
		$в_о = 1,84$			$M_{кр}$ (тм)			29,22		
Нижняя секция	Широкая	—	2,88	0,914	$Д_{16}$	10,57	—	2,77	—	2,77
		—	3,01	0,883	$Д_{17}$	10,65	—	2,74	—	2,74
		—	3,15	0,883	$Д_{18}$	11,10	—	2,63	—	2,63
		—	3,30	0,891	$Д_{19}$	11,78	—	2,48	—	2,48
		—	3,47	0,857	$Д_{20}$	11,90	—	2,48	—	2,48
	Узкая	4,44	2,95	0,766	$Д_{47}$	13,60	0,203	2,14	0,680	2,82
		4,74	3,10	0,777	$Д_{48}$	14,80	0,191	1,97	0,635	2,61
		5,01	3,25	0,788	$Д_{49}$	15,80	0,178	1,86	0,592	2,45
		5,30	3,39	0,799	$Д_{50}$	16,92	0,170	1,73	0,565	2,30
		5,43	3,46	0,731	$Д_{51}$	15,88	0,182	1,84	0,605	2,45

$$Д = \frac{M_{кр}}{4 \times в \times Cos\beta} + \frac{S_п \times в_о}{4 \times в_{уз} \times Cos\beta}$$

$в_о$ – база на отметке приложения силы

Расчет раскосов ствола опоры П330-2 при временной подвеске одной цепи.

II схема. IV р-он гололеда (средняя траверса).



$G = 5,95$ т

$\cos\alpha = 0,84$

$M = 5,95 \times 7,77 = 46,2$ тм.

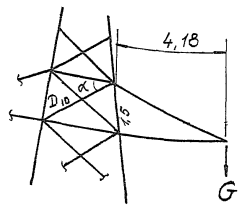
Усилие в распорке:

$$S = \frac{46,2}{1,7 \times 4} = \underline{6,85 \text{ т.}}$$

Усилие в раскосе D_5.

$$D_5 = \frac{6,85}{0,84} = \underline{8,16 \text{ т.}}$$

II схема. IV р-он гололеда (нижняя траверса)



$G = 5,95$ т.

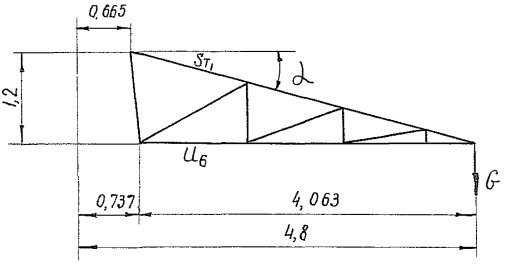
$\cos\alpha = 0,903$

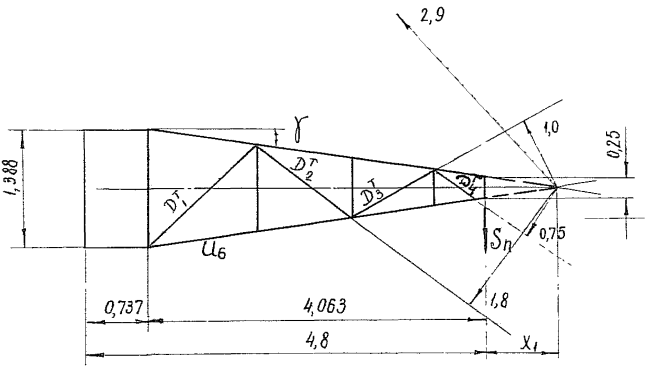
$M = 5,95 \times 4,18 = 24,8$ тм.

Усилие в раскосе.

$$D_{10} = \frac{24,8}{4 \times 1,5 \times 0,903} = \underline{4,56 \text{ т}}$$

Верхняя траверса $\ell = 4,8$ м





$$tg\,\alpha = \frac{1,2}{4,8 - 0,665} = 0,29 \qquad \cos\alpha = 0,960$$

$$tg\,\gamma = \frac{1,388 - 0,25}{2 \times 4,063} = 0,14 \qquad \cos\gamma = 0,990$$

$$X_1 = \frac{0,25}{2\,tg\,\gamma} = \frac{0,25}{0,14 \times 2} = 0,89\text{ м}$$

1. Усилие в поясе

Схема III; II район гололеда;

$S_n = 3,2\,т$; $g_n = 1,865\,т$; $g_г = 0,14\,т$; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165\,т$;

$G_{тр.} \cong 0,3\,т$;

$\Sigma G = 0,25 \times 1,865 + 0,5 \times 0,14 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,3 = 0,7\,т$;

$$U_6 = \frac{3,2 \times 4,063}{1,388 \times 0,99} + \frac{0,7 \times 4,063}{1,2 \times 0,99} = 9,45 + 2,4 = 11,85\,т$$

Схема II; II район гололеда;

$g_n = 4,245\,т$; $g_г = 0,14\,т$; $P_n = 0,9\,т$; $G_{тр.} \cong 0,3\,т$;

$\Sigma G = 0,5 \times 4,245 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,3 = 2,27\,т$

$$U_6 = \frac{2,27 \times 4,063}{1,2 \times 0,99} + \frac{0,9}{2 \times 0,99} = 7,8 + 0,46 = 8,26\,т;$$

2. Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; II район гололеда;

$S_n = 3,2\,т$; $X_1 = 0,89\,м$; $M_{из.} = 3,2 \times 0,89 = 2,85\,тм$;

$$D_1^т = \frac{2,85}{2,9} = 0,98\,т \qquad D_3^т = \frac{2,85}{1,0} = 2,85\,т$$

$$D_2^т = \frac{2,85}{1,8} = 1,58\,т \qquad D_4^т = \frac{2,85}{0,75} = 3,8\,т$$

3. Усилие в тяге.

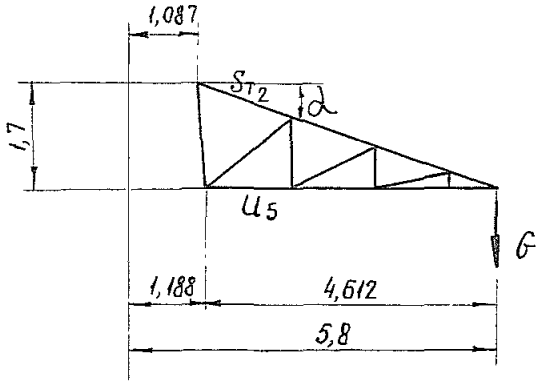
Схема II; II район гололеда.

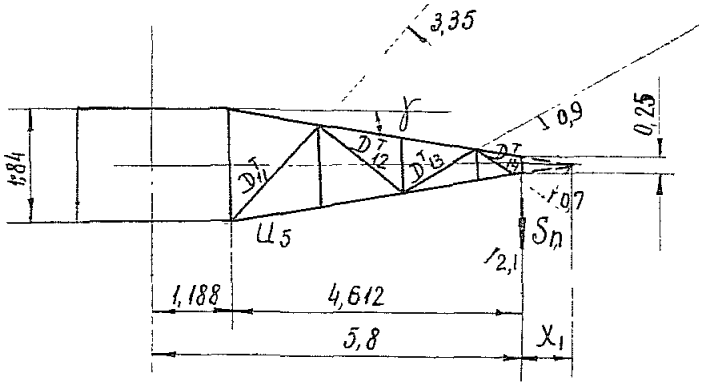
$g_п = 4,245$ т; $g_г = 0,14$ т; $G_{тр.} \simeq 0,3$ т;

$\Sigma G = 0,5 \times 4,245 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,3 = 2,27$ т

$$S_{т_1} = \frac{2,27 \times 4,063}{1,2 \times 0,99 \times 0,96} = 8,1 \text{ т};$$

Нижняя траверса $\ell = 5{,}8$ м;





$$tg\,\alpha = \frac{1,7}{5,8 - 1,087} = 0,36 \qquad \cos\alpha = 0,941$$

$$tg\,\gamma = \frac{1,84 - 0,25}{2 \times 4,612} = 0,173 \qquad \cos\gamma = 0,985$$

$$X_1 = \frac{0,25}{2\,tg\,\gamma} = 0,73\text{м};$$

1. Усилие в поясе.

Схема III; II район гололеда.

$S_п = 3,2\ т$; $g_п = 1,865\ т$; $g_г = 0,14\ т$; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165\ т$

$G_{тр.} \cong 0,4\ т$;

$\Sigma G = 0,25 \times 1,865 + 0,5 \times 0,14 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,4 = 0,71\ т$;

$$U_5 = \frac{3,2 \times 4,612}{1,84 \times 0,985} + \frac{0,71 \times 4,612}{1,7 \times 0,985} = 8,15 + 1,96 = 10,11\ т;$$

*)

2. Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; II район гололеда

$S_п = 3,2\ т$; $X = 0,73\ м$; $M_{из.} = 3,2 \times 0,73 = 2,34\ тм$,

$D^т_{11} = \frac{2,34}{3,35} = 0,7\ т$; $D^т_{13} = \frac{2,34}{0,9} = 2,5\ т$;

$D^т_{12} = \frac{2,34}{2,1} = 1,11\ т$; $D^т_{14} = \frac{2,34}{0,7} = 3,35\ т$;

3. Усилие в тяге.

Схема II; II район гололеда.

$g_п = 4,245\ т$; $g_г = 0,14\ т$; $G_{тр.} \cong 0,4\ т$;

$\Sigma G = 0,5 \times 4,245 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,4 = 2,3\ т$

$$S_{т2} = \frac{2,3 \times 4,612}{1,7 \times 0,985 \times 0,941} = 6,75\ т$$

*) Усилие в поясе

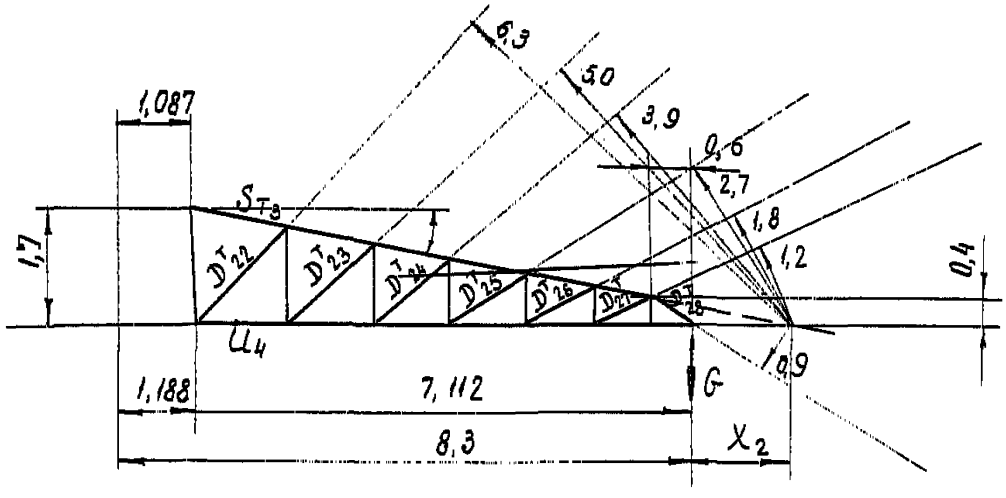
Схема II; II район гололеда

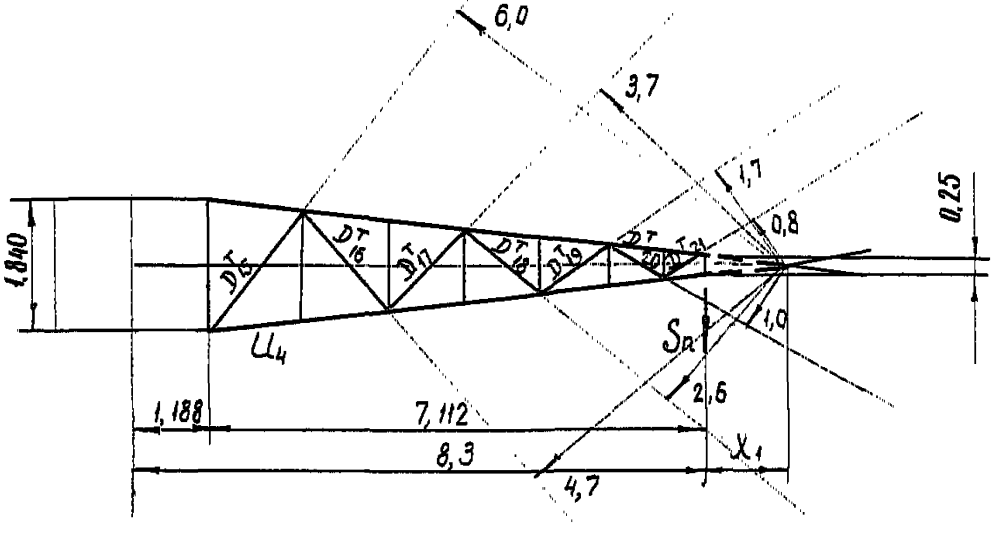
$g_п = 4,245\ т$; $g_г = 0,14\ т$; $P_п = 0,9\ т$; $G_{тр} \cong 0,4\ т$

$\Sigma G = 0,5 \times 4,245 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,3 = 2,3\ т$;

$$U_5 = \frac{2,3 \times 4,612}{1,84 \times 0,985} + \frac{0,9}{2 \times 0,985} = 6,32\ т;$$

Нижняя траверса $\ell = 8,3$ м





$$tg\,\gamma = \frac{1,840 - 0,25}{2 \times 7,112} = 0,111 \qquad tg\,\gamma = 0,993$$

$$tg\,\alpha = \frac{1,7 - 0,4}{8,3 - (1,087 + 0,6)} = 0,196 \qquad tg\,\alpha = 0,982$$

$$X_1 = \frac{7,112 \times 0,25}{1,840 - 0,25} = 1,13\text{ м}$$

$$X_2 = \frac{0,4 \times 6,613}{1,3} - 0,6 = 1,44\text{ м}$$

1. Усилие в поясе

Схема III; II район гололеда

$S_n = 3,2$ т; $g_n = 1,865$ т; $g_г = 0,14$ т; $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$ т;

$G_{тр.} \cong 0,5$ т;

$\Sigma G = 0,25 \times 1,865 + 0,5 \times 0,14 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,5 = 0,74$ т;

$$U_ч = \frac{3,2 \times 7,112}{1,84 \times 0,993} + \frac{0,74 \times 7,112}{1,7 \times 0,993} = 12,5 + 3,12 = 15,62 \text{ т};$$

2. Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; II район гололеда

$S_n = 3,2$ т; $X_1 = 1,13$ м; $M_{из} = 3,2 \times 1,13 = 3,62$ тм,

$D^T_{15} = \frac{3,62}{6,0} = 0,6$ т $\qquad D^T_{19} = \frac{3,62}{1,7} = 2,13$ т

$D^T_{16} = \frac{3,62}{4,7} = 0,77$ т $\qquad D^T_{20} = \frac{3,62}{1,0} = 3,62$ т

$D^T_{17} = \frac{3,62}{3,7} = 0,98$ т $\qquad D^T_{21} = \frac{3,62}{0,8} = 4,5$ т;

$D^T_{18} = \frac{3,62}{2,6} = 1,39$ т

3. Усилие в тяге.

Схема II; II район гололеда

$g_n = 4,245$ т; $g_г = 0,14$ т; $G_{тр.} \cong 0,5$ т;

$\Sigma G = 0,5 \times 4,245 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,5 = 2,32$ т

$$S_{т3} = \frac{2,32 \times 7,112}{1,7 \times 0,993 \times 0,982} = 9,95 \text{ т};$$

4. Усилия в раскосах боковых граней

Схема II; II район гололеда;

$g_п = 4,245$ т; $g_г = 0,14$ т; $G_{тр.} \cong 0,5$ т;

$X_2 = 1,44$ м.

$\Sigma G = 0,5 \times 4,245 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,5 = 2,32$ т

$M_{из.} = 2,32 \times 1,44 = 3,34$ тм;

$D^{т}_{22} = \frac{3,34}{6,3} = 0,53$ т $\qquad D^{т}_{26} = \frac{3,34}{1,8} = 1,86$ т

$D^{т}_{23} = \frac{3,34}{5,0} = 0,67$ т $\qquad D^{т}_{27} = \frac{3,34}{1,2} = 2,8$ т

$D^{т}_{24} = \frac{3,34}{3,9} = 0,85$ т $\qquad D^{т}_{28} = \frac{3,34}{0,9} = 3,71$ т

$D^{т}_{25} = \frac{3,34}{2,7} = 1,24$ т

*) Усилие в поясе

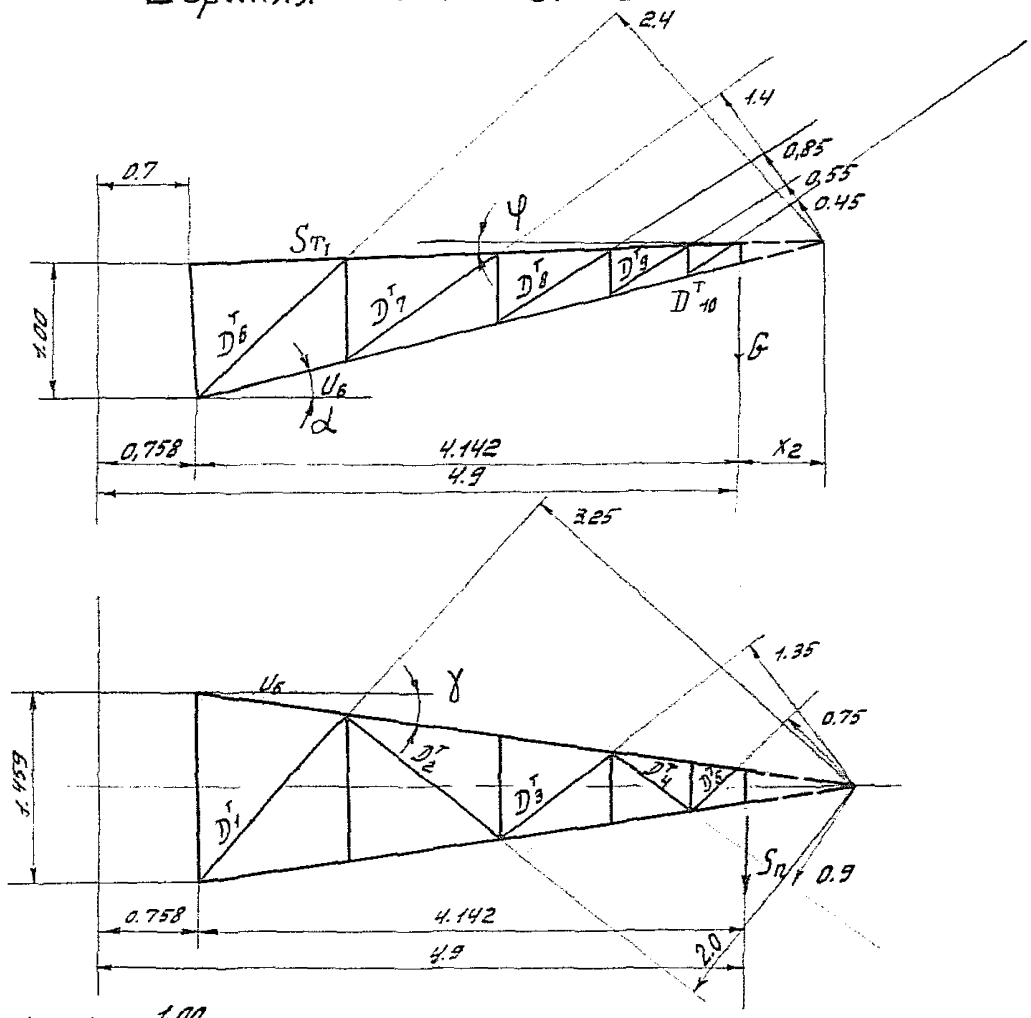
Схема II; II район гололеда

$g_п = 4,245$ т; $g_г = 0,14$ т; $P_п = 0,9$ т; $G_{тр.} \cong 0,5$ т;

$\Sigma G = 0,5 \times 4,245 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,5 = 2,32$ т;

$U_4 = \frac{2,32 \times 7,112}{1,84 \times 0,993} + \frac{0,9}{2 \times 0,993} = 9,05 + 0,45 = 9,5$ т,

Верхняя траверса $\ell = 4.9$ м



$$tg\,\alpha = \frac{1.00}{4.142} = 0,242 \qquad \alpha = 13°36' \qquad Cos\,\alpha = 0,972$$

$$tg\,\gamma = \frac{1.459 - 0.25}{2 \times 4.142} = 0,1455 \qquad \gamma = 8°18' \qquad Cos\,\gamma = 0,9895$$

$$tg\,\varphi = \frac{0.2}{4.200} = 0,0476 \qquad \varphi = 2°43' \qquad Cos\,\varphi = 0,999$$

$$\frac{X_1}{4,142 + X_1} = \frac{0,125}{0,729}\ ; \qquad X_1 = \frac{0,518}{0,604} = 0,857\ м$$

$$\frac{X_2}{4,142 + X_2} = \frac{0,15}{1,15}\ ; \qquad X_2 = \frac{0,621}{1,0} = 0,621\ м$$

Расчет пояса

Схема III, III р.к.у. Провод „2×АСО-400"

$S_n = 3.32\,м$

$g_n = 1.5\,м$ $g_г = 0,140\,м$ $g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$ $G_{гр} = 0.3\,м$

$\Sigma G = 0.25 \times 1.5 + 0.5 \times 0.140 + 0.5 \times 0,165 + 0,25 \times 0.3 = 0,6\,т$

$$U_б = \frac{3.32 \times 4,142}{1,459 \times 0,992 \times 0,972} + \frac{0,6 \times 4,142}{1,00 \times 0,992 \times 0,972} = 9,80 + 2.59 = 12.39\,т$$

Схема II; IV район гололед; провод „2×АСО-400"

$g_n = 5,81т$; $g_г = 0,14\,г$; $G_{гр} = 0.3\,т$; $P_n = 1,44т$

$\Sigma G = 0,5 \times 5,81 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,3 = 3,045т$;

$$U_б = \frac{3,045 \times 4,142}{1.0 \times 0,999 \times 0,972} + \frac{1.44}{2 \times 0,999 \times 0,972} = 13,0т + 0.74 = 13,74\,т$$

Расчет распосов боковой грани

Схема II, IV р.к.у. Провод „2АСО-400"

$g_n = 5.81\,т$ $g_г = 0.140\,м$

$\Sigma G = 5,81 \times 0.5 + 0.5 \times 0.140 = 2,97т$ $M = 3.318 \times 0,621 = 1,84\,тм$

$D_6^т = \frac{1,84}{2.4} = 0,77\,т$ $D_8^т = \frac{1,84}{0.85} = 2,17\,т$

$D_7^т = \frac{1,84}{1,4} = 1,32\,т$ $D_{26}^т = \frac{1,84}{0.55} = 3,35т$

$D_{10}^т = \frac{1,84}{0.45} = 4,1т$

Расчет распосов нижней грани

Схема III III р.к.у. Провод „2×АСО-400"

$S_n = 3.32$ м $\quad x = 0.857$ м $\quad M = 3.32 \times 0.857 = 2.84$ тм

$D_1^T = \frac{2.84}{3.25} = 0.87$ т $\quad D_4^T = \frac{2.84}{0.9} = 3.15$ т

$D_2^T = \frac{2.84}{2.0} = 1.42$ т $\quad D_5^T = \frac{2.84}{0.75} = 3.78$ т

$D_3^T = \frac{2.84}{1.35} = 2.1$ т

Расчет тяги

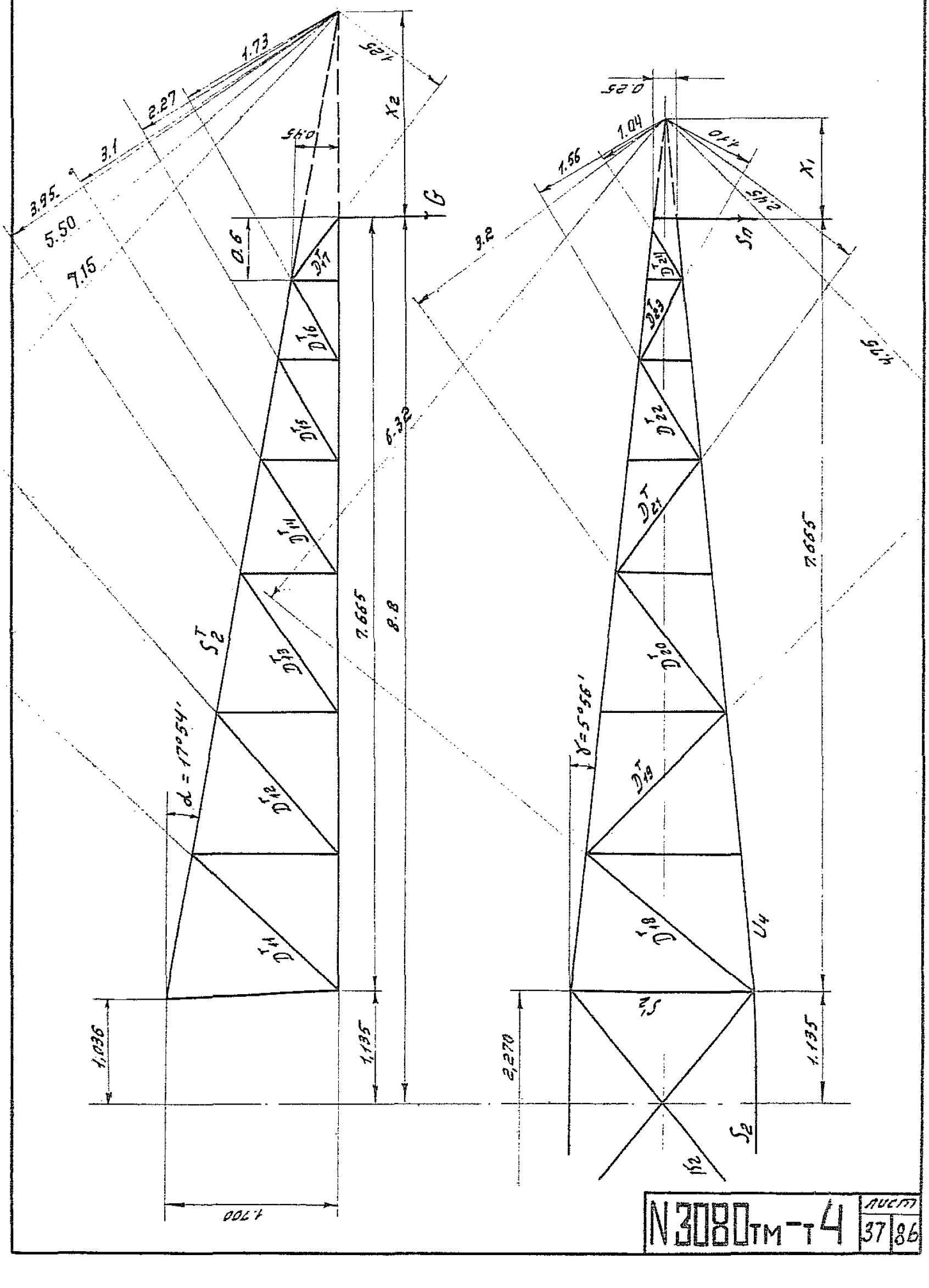
Схема II; IV р-н гололеда провод 2×АСО-400

$g_n = 5.81$ т/м $\quad g_r = 0.140$ т/м $\quad G_{гр} \cong 0.3$ т

$\Sigma G = 0.5 \times 5.81 + 0.5 \times 0.140 + 0.25 \times 0.3 = 3.248 + 0.07 + 0.08 = 3.045$ т

$S_T = \frac{3.045 \times 4.2}{1 \times 0.999 \times 0.989} = 13.2$ т

Средняя трверсо $\ell = 8{,}8$ м.



$$tg\,\alpha = \frac{1.7 - 0.45}{8.8 - (1.036 + 0.6)} = \frac{1.25}{7.164} = 0,175 \qquad Cos\,\alpha = 0,985$$

$$tg\,\gamma = \frac{0.796}{7,665} = 0,1037 \qquad Cos\,\gamma = 0,995$$

$$7,665 + X_1 = \frac{0.921}{0,104} = 8,87 \qquad X_1 = 8.87 - 7,67 = 1,20\ м$$

$$X_2 = \frac{0,45 \times 7.164}{1,7 - 0,45} - 0,6 = 2.00\ м$$

Расчет пояса

Схема III, III р.к.у. , провод „2*АСО-400" $S_п = 3.32$т

$g_п = 1.5$т, $g_п = 0,140$т, $g_п = 0,15 \times 1,1 = 0.165$т, $G_{тр} \cong 0,4$т

Суммарная вертикальная нагрузка на скатный пояс

$$G = 0,25 \times 1,5 + 0,5 \times 0,140 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,4 =$$

$$= 0,375 + 0,07 + 0,083 + 0,1 = 0,628\ т$$

$$U_4 = \frac{3,32 \times 7,665}{1,841 \times 0,995} + \frac{0,628 \times 7,665}{1,700 \times 0,995} = 13,85 + 2,84 = 16,69\ т$$

Расчет раскосов нижней грани

Схема III, III р.к.у. провод „2×АСО-400"

$S_п = 3.32$т $\quad x = 1.20$ м $\quad M = 3,32 \times 1,2 = 3,99$ тм

$D^т_{18} = \frac{3.99}{6.32} = 0,63$т $\quad D^т_{22} = \frac{3.99}{1.56} = 2.56$т

$D^т_{19} = \frac{3.99}{4.75} = 0,84$т $\quad D^т_{28} = \frac{3.99}{1.10} = 3.62$т

$D^т_{20} = \frac{3.99}{3,2} = 1,24$т $\quad D^т_{24} = \frac{3.99}{1,04} = 3.8$ т

$D^т_{21} = \frac{3.99}{2,45} = 1,63$т

Расчет тяги

Схема II, IV р.к.у. провод „2×АСО-400"

$g_п = 5{,}81$ т $\quad g_г = 0{,}140$ т $\quad G_{тр} \cong 0{,}4$ т

$$\Sigma G = 0{,}5 \times 5{,}81 + 0{,}5 \times 0{,}140 + 0{,}25 \times 0{,}4 =$$
$$= 2{,}9 + 0{,}07 + 0{,}1 = 3{,}07 \text{ т}$$

$$S_{т2} = \frac{3{,}07 \times 7{,}665}{1{,}7 \times 0{,}995 \times 0{,}985} = 14{,}2 \text{ т}$$

Расчет раскосов боковых граней

Схема II, IV р.к.у. провод „2×АСО-400"

$g_п = 5{,}81$ т $\quad g_г = 0{,}140$ т $\quad M = 2{,}97 \times 2{,}0 = 5{,}94$ т

$\Sigma G = 5{,}81 \times 0{,}5 + 0{,}5 \times 0{,}140 = 2{,}9 + 0{,}07 = 2{,}97$ т

$D^т_{11} = \frac{5{,}94}{7{,}15} = 0{,}82$ т $\qquad D^т_{15} = \frac{5{,}94}{2{,}27} = 2{,}56$ т

$D^т_{12} = \frac{5{,}94}{5{,}50} = 1{,}06$ т $\qquad D^т_{16} = \frac{5{,}94}{1{,}73} = 3{,}37$ т

$D^т_{13} = \frac{5{,}94}{3{,}95} = 1{,}48$ т $\qquad D^т_{17} = \frac{5{,}94}{1{,}23} = 4{,}66$ т

$D^т_{14} = \frac{5{,}94}{3{,}1} = 1{,}88$ т

Усилие в поясе

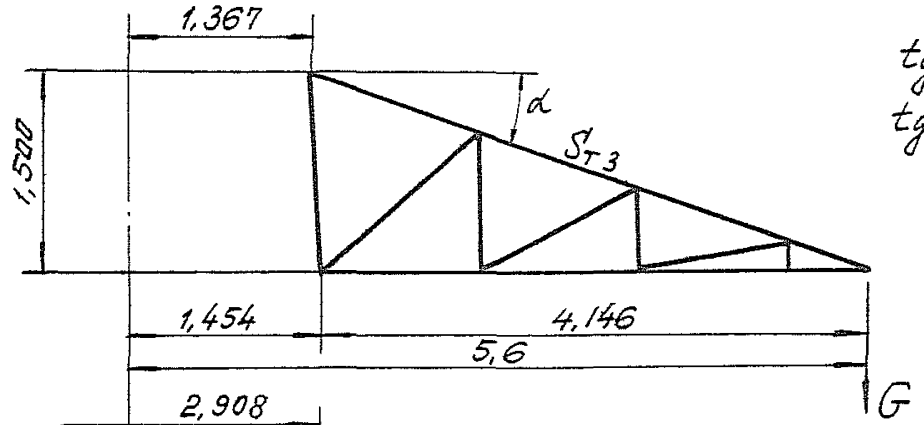
Схема II; IV район гололеда; провод 2×АСО-400

$g_п = 5{,}81$ т; $g_г = 0{,}14$ т; $G_{тр} \cong 0{,}4$ т; $P_п = 1{,}34$ т;

$\Sigma G = 0{,}5 \times 5{,}81 + 0{,}5 \times 0{,}14 + 0{,}25 \times 0{,}4 = 3{,}07$ т

$$U_4 = \frac{3{,}07 \times 7{,}665}{1{,}7 \times 0{,}995} + \frac{1{,}34}{2 \times 0{,}995} = 13{,}9 + 0{,}67 = 14{,}57 \text{ т};$$

Нижняя траверса $\ell = 5{,}6$ м.

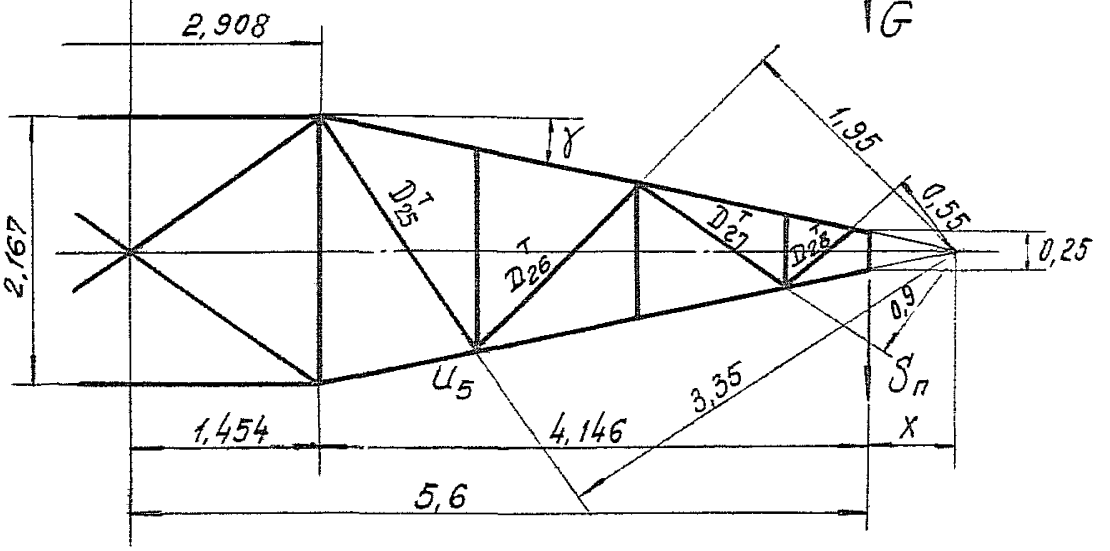


$$tg\,\alpha = \frac{1,5}{4,233} = 0,355$$

$$tg\,\gamma = \frac{0,958}{4,146} = 0,232$$

$$\cos\alpha = 0,943$$

$$\cos\gamma = 0,974$$



$$X = \frac{4,146 \times 0,125}{1,083 - 0,125} = \frac{0,518}{0,958} = 0,54\ м.$$

Расчетный режим: Схема III, III р.к.у.
провод „2 × АСО – 400"

$S_п = 3,32$ т.

$g_п = 1,50$ т $\quad g_г = 0,140$ т $\quad g_л = 0,15 \times 1,1 = 0,165$ т $\quad G_{тр} \cong 0,3$ т

$$\Sigma G = 0,25 \times 1,50 + 0,5 \times 0,140 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,3 =$$
$$= 0,38 + 0,07 + 0,083 + 0,075 = 0,61\ т.$$

$$U_5 = \frac{3,32 \times 4,146}{2,167 \times 0,974} + \frac{0,61 \times 4,146}{1,5 \times 0,974} = 6,52 + 1,73 = 8,25\ т.$$

Расчет раскосов нижней грани

Схема III, III р.к.у. Провод „2×АСО-400"

$S_n = 3,32\ т$ $\quad x = 0,54\ м$

$M_{из} = 3,32 \times 0,54 = 1,79\ тм;$

$D_{25}^{т} = \frac{1,79}{3,35} = 0,53\ т$ $\quad D_{27}^{т} = \frac{1,79}{0,9} = 1,99\ т$

$D_{26}^{т} = \frac{1,79}{1,95} = 0,92\ т$ $\quad D_{28}^{т} = \frac{1,79}{0,55} = 3,2\ т$

Расчёт тяги

Схема II; IV р.к.у. Провод „2×АСО-400"

$g_п = 5,81\ т$ $\quad g_г = 0,140\ т$ $\quad G_{тр} \cong 0,3\ т$

$\Sigma G = 0,5 \times 5,81 + 0,5 \times 0,140 + 0,25 \times 0,3 =$

$= 2,90 + 0,070 + 0,075 = 3,05\ т$

$S_{\substack{т \\ 3}} = \frac{3,05 \times 4,146}{1,5 \times 0,943 \times 0,974} = 9,18\ т.$

Усилие в поясе

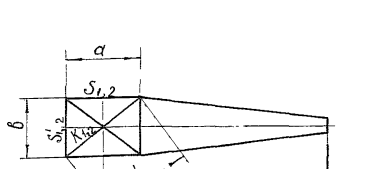
Схема II; IV район гололеда; провод 2×АСО-400

$g_п = 5,81\ т;\ g_г = 0,14\ т;\ P_п = 1,34\ т;\ G_{тр} \cong 0,3\ т;$

$\Sigma G = 0,5 \times 5,81 + 0,5 \times 0,14 + 0,25 \times 0,3 = 2,9 + 0,07 + 0,075 = 3,05\ т$

$U_5 = \frac{3,05 \times 4,146}{1,5 \times 0,974} + \frac{1,34}{2 \times 0,974} = 8,67 + 0,69 = 9,36\ т.$

Расчет распорок и диафрагм на отметках траверс опоры П330-3



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

$$S' = \frac{S_n}{2}; \qquad K = \frac{S_n}{4} \times \frac{d}{ab} \times (\ell - a);$$

Схема III; II район гололеда;

$S_n = 3{,}2$ т;

1. Верхняя траверса $\ell = 4{,}8$ м

$a = 1{,}47$ м $\quad b = 1{,}39$ м; $\quad d = 2{,}02$ м

$$S_1 = \frac{3{,}2}{2 \cdot 1{,}39}\left(4{,}8 - \frac{1{,}47}{2}\right) = 4{,}68\text{ т}$$

$$S'_1 = \frac{3{,}2}{2} = 1{,}6\text{ т}$$

$$K_1 = \frac{3{,}2}{4} \times \frac{2{,}02}{1{,}47 \times 1{,}39} \times (4{,}8 - 1{,}47) = 2{,}63\text{ т};$$

2. Нижняя траверса $\ell = 8{,}3$ м;

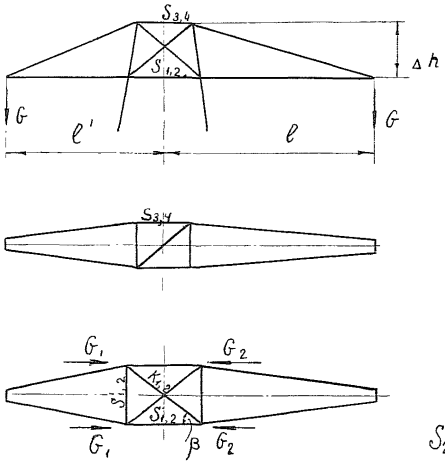
$a = 2{,}38$ м; $\quad b = 1{,}84$ м; $\quad d = 3{,}01$ м;

$$S_2 = \frac{3{,}2}{2 \times 1{,}84}\left(8{,}3 - \frac{2{,}38}{2}\right) = 5{,}71\text{ т},$$

$$S'_2 = \frac{3{,}2}{2} = 1{,}6\text{ т}$$

$$K_2 = \frac{3{,}2}{4} \times \frac{3{,}01}{2{,}38 \times 1{,}84} \times (8{,}3 - 2{,}38) = 3{,}26\text{ т}$$

Схема II; II р-н гололеда



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

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

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

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

при $G_2 > G_1$

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

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

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

1. Верхняя траверса $\ell = 4{,}8$ м;

$\Delta h = 1{,}2$ $G = 2{,}27$ т; $\ell_0 = 4{,}8 - 0{,}74 = 4{,}06$ м

$G_1 = \frac{2{,}27 \times 4{,}06}{2 \times 1{,}2} = 3{,}85$ т; $S_3 = \frac{G_1}{2} = \frac{3{,}85}{2} =$

$= 1{,}98$ т;

$S_1 = 0{,}7 \times 3{,}85 = 2{,}7$ т;

$S_1' = 0{,}3 \times 3{,}85 \times 0{,}945 = 1{,}09$ т;

$K_1 = \frac{0{,}3 \times 3{,}85}{0{,}726} = 1{,}59$ т;

2. Нижние траверсы $\ell = 5,8$ м; $\ell = 8,3$ м;

$\Delta h = 1,7$ м; $a = 2,38$ м $\ell = 1,84$ м; $d = 3,01$ м;

$\ell_0' = 5,8 - 1,19 = 4,61$ м;

$\ell_0 = 8,3 - 1,19 = 7,11$ м;

$G = 2,32$ т;

$$G_1 = \frac{2,32 \times 4,61}{2 \times 1,7} = 3,15 \text{т}; \qquad G_2 = \frac{2,32 \times 7,11}{2 \times 1,7} = 4,85 \text{т};$$

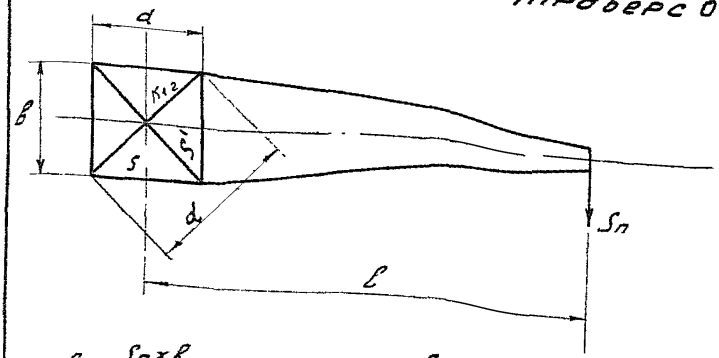
$$S_2 = 0,7 \left(3,15 + \frac{4,85 - 3,15}{2} \right) = 2,8 \text{т};$$

$$S_2' = 0,3 \left(3,15 + \frac{4,85 - 3,15}{2} \right) \times 0,77 = 0,93 \text{т};$$

$$K_2 = \frac{0,3 \left(3,15 + \frac{4,85 - 3,15}{2} \right)}{0,79} = 1,52 \text{т};$$

$$S_4 = G_1 + \frac{G_2 - G_1}{2} = 3,15 + \frac{4,85 - 3,15}{2} = 4,0 \text{т};$$

Расчет распорок и диафрагм на отметках траверс опоры П330-2



$$S = \frac{S_n \times в}{2в} \qquad S' = \frac{S_n}{2} \times \left(\frac{\ell}{a} + 1\right)$$

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

Верхняя траверса ($\ell = 4{,}9$ м)

$a = 1{,}52$ м ; $в = 1{,}46$ м ; $d = 2{,}1$ м ; $\ell = 4{,}9$ м

$$S_1 = \frac{3{,}32 \times 4{,}9}{2 \times 1{,}46} = 5{,}58\ т \qquad S_1' = \frac{3{,}32}{2} \times \left(\frac{4{,}9}{1{,}52} + 1\right) = 7{,}0\ т$$

$$K_1 = \frac{3{,}32}{4} \times \frac{2{,}1}{1{,}52 \times 1{,}46} \times (4{,}9 - 1{,}4) = 2{,}76\ т$$

Средняя траверса ($\ell = 8{,}8$ м)

$d = 2{,}271$ м ; $в = 1{,}841$ м $d = 2{,}923$ м $\ell = 8{,}8$ м

$$S_2 = \frac{3{,}32 \times 8{,}8}{2 \times 1{,}841} = 7{,}93\ т.$$

$$S_2' = \frac{3{,}32}{2} \times \left(\frac{8{,}8}{2{,}271} + 1\right) = 8{,}08\ т$$

$$K_2 = \frac{3{,}32}{4} \times \frac{2{,}32 \times (8{,}8 - 2{,}271)}{2{,}271 \times 1{,}841} = 3{,}79\ т$$

Нижняя траверса ($\ell = 5{,}6$ м)

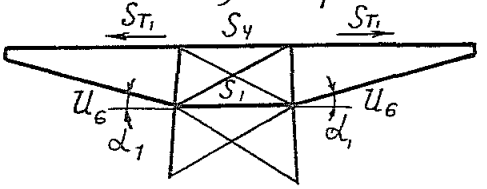
$a = 2{,}909$ м; $b = 2{,}167$ м; $d = 3{,}627$ м $\ell = 5{,}6$ м

$$S_3 = \frac{3{,}32 \times 5{,}6}{2 \times 2{,}167} = 4{,}28\ т$$

$$S_3' = \frac{3{,}32}{2}\left(\frac{5{,}6}{2{,}909} + 1\right) = 4{,}85\ т$$

$$K_3 = \frac{3{,}32}{4} \times \frac{3{,}627 \times (5{,}6 - 2{,}909)}{2{,}909 \times 2{,}167} = 1{,}28\ т$$

Схема II; IV район гололеда. Траверса $\ell = 4{,}9$ м.

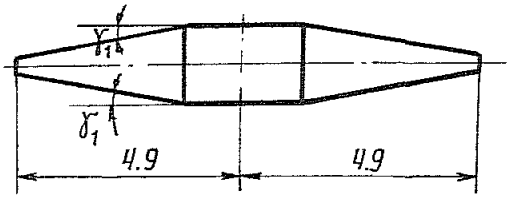


$\cos\alpha_1 = 0{,}972$

$\cos\gamma_1 = 0{,}989$

$S_{T_1} = 13{,}2$ т.

$U_6 = 13{,}74$ т.



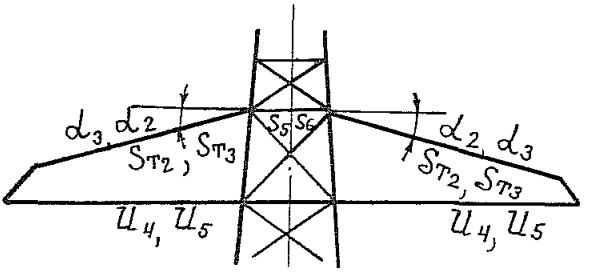
Траверса $\ell = 8{,}8$ м

$\cos\alpha_2 = 0{,}985$

$\cos\gamma_2 = 0{,}995$

$S_{T_2} = 14{,}2$ т

$U_4 = 14{,}57$ т



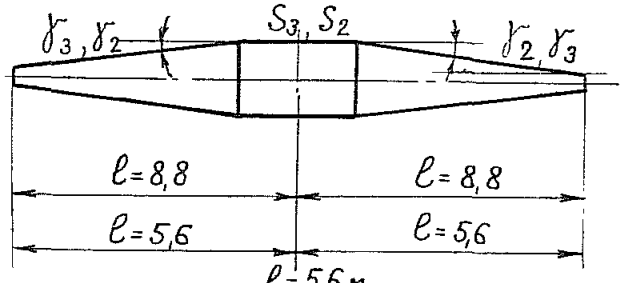
Траверса $\ell = 5{,}6$ м.

$\cos\alpha_3 = 0{,}943$

$\cos\gamma_3 = 0{,}974$

$S_{T_3} = 9{,}18$ т

$U_5 = 9{,}36$ т



$\ell = 4{,}9$ м

$S_4 = 13{,}2 \times 0{,}989 = 13{,}0$ т.

$S_1 = 13{,}74 \times 0{,}972 \times 0{,}989 = 13{,}4$ т

$\ell = 8{,}8$ м

$S_5 = 14{,}2 \times 0{,}985 \times 0{,}995 = 13{,}9$ т.

$S_2 = 14{,}57 \times 0{,}995 = 14{,}4$ т

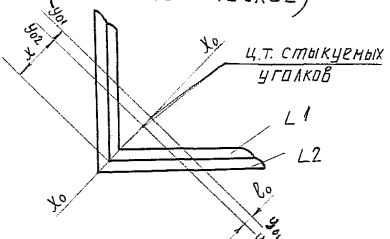
$\ell = 5{,}6$ м

$S_6 = 9{,}18 \times 0{,}943 \times 0{,}974 = 8{,}4$ т

$S_3 = 9{,}36 \times 0{,}974 = 9{,}1$ т

Расчет стыков (опора П330-3)

1. Стык верхней секции со средней (телескопические)



поясной ∠ 1 – ∠ 80×6 $Z_0 = 2,19$ $\sigma = \frac{N}{n_1 F \varphi_{BH}}$;

поясной ∠ 2 – ∠ 100×7 $Z_0 = 2,71$

$N = 14,8$ т; ∠ 80×6 $F = 9,38$ м^2, $n_1 = 1,0$

$\lambda = \frac{120}{1,58} = 76$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1,0$, $m = \ell \frac{F x}{J y_0}$

$x = \frac{2,19}{0,707} = 3,1$ см; $J_{y0} = 23,5$ см^4

$\ell = 0,5\, \ell_0$ $\ell_0 = \frac{(2,19 + 0,7) - 2,71}{0,707} = 0,25$ см;

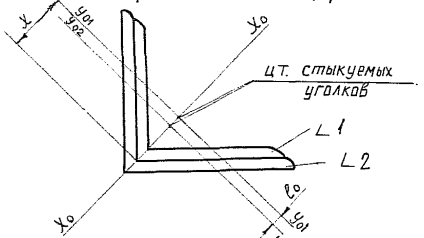
$\ell = 0,5 \times 0,25 = 0,125$ см

$m = 0,125 \frac{9,38 \times 3,1}{23,5} = 0,155$ $m_1 = 1,0 \times 0,155 = 0,155$

$\varphi_{BH} = 0,756$

$$\sigma = \frac{14800}{1,0 \times 9,38 \times 0,756} = 2090 \text{ кг/см}^2 < 2100$$

2. Стык средней секции с нижней



поясной ∠1 — ∠100×7 $Z_0 = 2{,}71$ см

поясной ∠2 — ∠125×8 $Z_0 = 3{,}36$ см $\sigma = \dfrac{N}{n_1 F \varphi_{вн.}}$;

$N = 23.8$ т; ∠100×7; $F = 13{,}8$ см^2; $n_1 = 1{,}0$;

$\lambda = \dfrac{180 \times 1{,}14}{3.08} = 66$

$m_1 = \eta m$; где $\eta = 1{,}0$; $m = \ell \dfrac{Fx}{J_{y0}}$;

$x = \dfrac{2{,}71}{0{,}707} = 3{,}83$ см; $J_{y0} = 54{,}2$ см^4;

$\ell = 0{,}5\,\ell_0$; $\ell_0 = \dfrac{(2{,}71 + 0{,}8) - 3{,}36}{0{,}707} = 0{,}212$ см;

$\ell = 0{,}5 \times 0{,}212 = 0{,}106$ см;

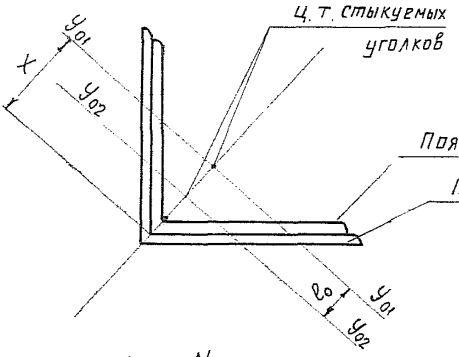
$m = 0{,}106 \dfrac{13{,}8 \times 3{,}83}{54{,}2} = 0{,}103$ $\quad m_1 = 1{,}0 \times 0{,}103 = 0{,}103$

$\varphi_{вн} = 0{,}83$ [1]

$$\sigma = \frac{23800}{1{,}0 \times 13{,}8 \times 0{,}83} = 2080 \text{ кг/см}^2 < 2100$$

Расчет стыков опоры П 330 – 2
(телескопические)

Стык верхней и средней секций



∠ 100×7 – поясной ∠ 1

∠ 140×9 – поясной ∠ 2

$$\sigma = \frac{N}{h_1 \varphi_{в.н.} F}; \qquad N = 19.9\ т. \qquad F = 13.8\ см^2$$

$$h_1 = 1.0 \qquad \lambda = 66$$

$$m_1 = \eta m; \quad где \quad \eta = 1.0; \qquad m = e \frac{F \cdot x}{J_{y_0}}$$

$$J_{y_0} = 54.2\ см^4 \qquad e_0 = \frac{2.71 + 0.9 - 3.78}{0.707} = \frac{3.61 - 3.78}{0.707} = -0.24 см$$

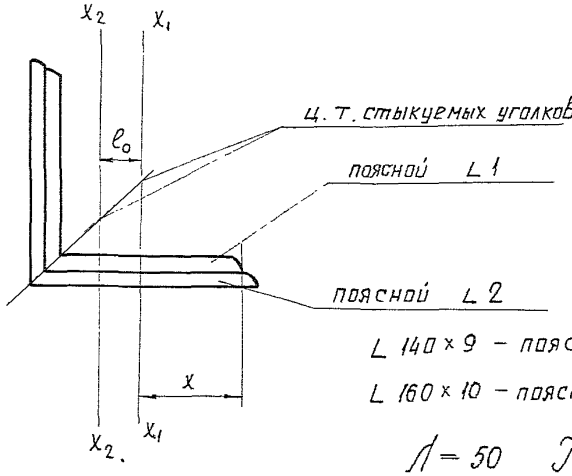
$$e = 0.5\, e_0 = 0.5 \times 0.24 = 0.12\ см. \qquad x = \frac{2.71}{0.707} = 3.84 см$$

$$m = 0.12 \times \frac{13.8 \times 3.84}{54.2} = 0.117$$

$$m_1 = 0.117 \qquad \lambda = 66 \qquad \varphi_{в.н} = 0.789$$

$$\sigma = \frac{19900}{1.0 \times 0.789 \times 13.8} = 1830 \frac{кг}{см^2} \quad < 2100$$

Расчет стыка средней и нижней секции.



∠ 140 × 9 – поясной ∠ 1

∠ 160 × 10 – поясной ∠ 2

$J = 50 \quad J_x = 466\ см^4$

$F = 24{,}7\ см^2$

$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{в\,н} F} \qquad N = 36{,}28\ т. \qquad n = 1{,}0$$

$$m_1 = \eta\, m; \quad \text{где} \quad \eta = 1{,}0; \quad m = e\,\frac{F\,x}{J_x}$$

$e_0 = 1{,}0 + 3{,}78 - 4{,}3 = 4{,}78 - 4{,}3 = 0{,}48\ см$

$e = 0{,}5 \times e_0 = 0{,}5 \times 0{,}48 = 0{,}24\ см.$

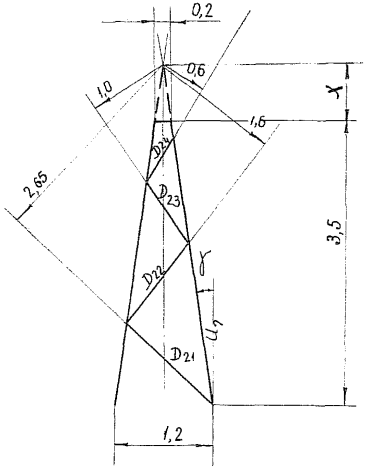
$x = 14 - 3{,}78 = 10{,}22\ см.$

$$m = 0{,}24 \times \frac{24{,}7 \times 10{,}22}{466} = 0{,}13$$

$\varphi_{в\,н} = 0{,}876$

$$\sigma = \frac{36280}{1{,}0 \times 0{,}876 \times 24{,}7} = 1680\ \frac{кг}{см^2} < 2100$$

Расчет трассостойки $H = 3,5$ м;



$$X = \frac{0,2 \times 3,5}{1,2 - 0,2} = 0,7 м \qquad tg\gamma = \frac{1,2 - 0,2}{2 \times 3,5} = 0,143$$

$$\cos\gamma = 0,989$$

1. Усилие в поясе

Схема IV; I район гололеда

$S_т = 1,5 т$; $g_т = 0,38 т$; $G_{тр} = 0,25 т$

$M = 1,5 \times 3,5 = 5,25 тм$;

$G = 0,5 \times 0,38 + 0,25 = 0,44 т$ $\qquad M_{н.у.} = 0,19 \times 0,5 = 0,114 тм$

$$U_7 = \frac{5,25 + 0,12}{2 \times 1,2 \times 0,989} + \frac{0,44}{4 \times 0,989} = 2,26 + 0,11 = 2,37 т;$$

2. Усилия в раскосах

Схема IV; II район гололеда

$X = 0,7$ м; $S_T = 1,5$ т; $M_{из} = 1,5 \times 0,7 = 1,05$ тм;

$M_{кр.} = 1,5 \times 0,5 = 0,75$ тм

$$D = \frac{M_{из}}{2R} + \frac{M_{кр} \times X}{2B\ R}; \qquad B = 0,2 \text{ м};$$

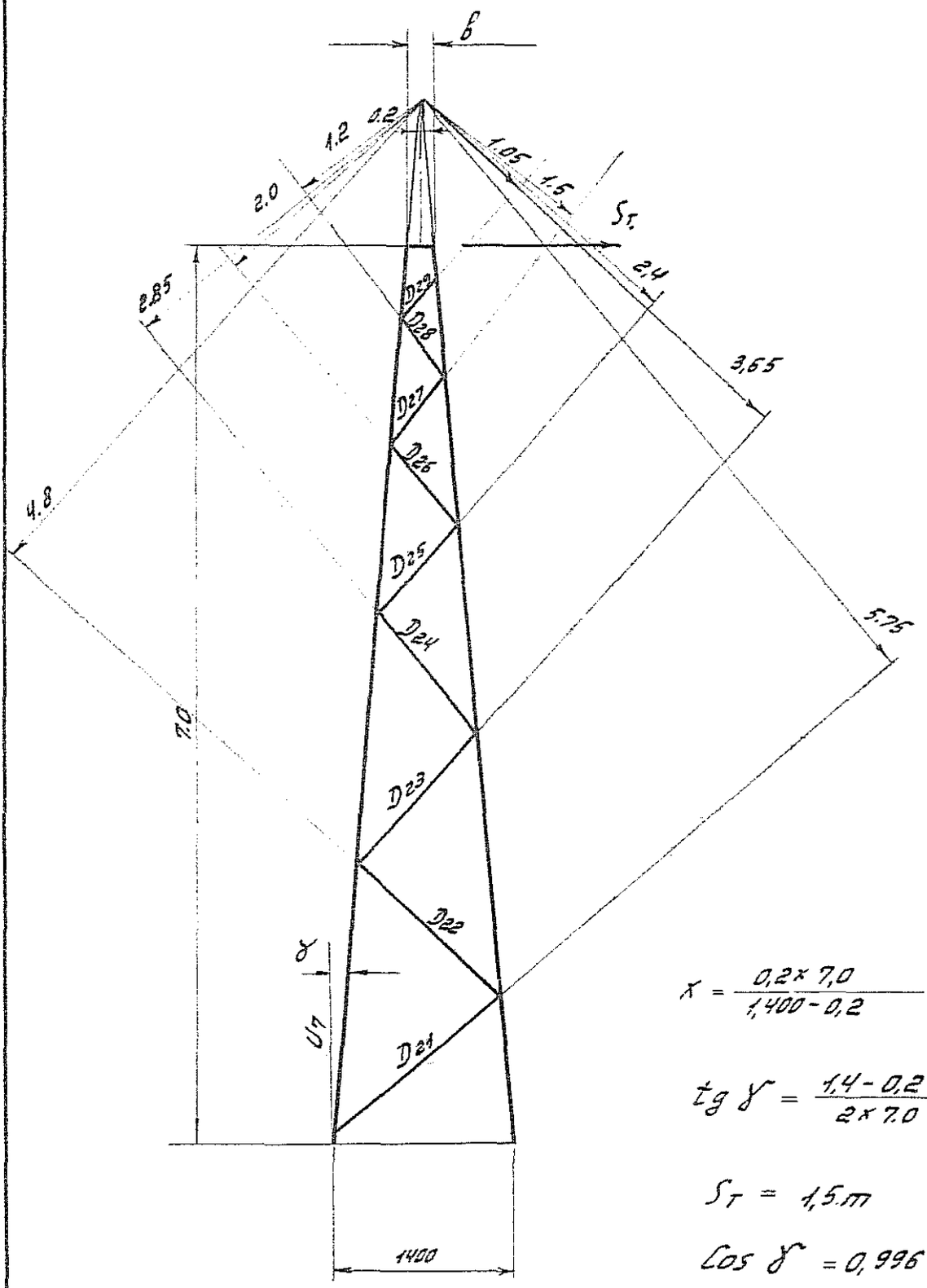
$$D_{21} = \frac{1,05}{2 \times 2,65} + \frac{0,75 \times 0,7}{2 \times 0,2 \times 2,65} = 0,2 + 0,5 = 0,7 \text{т}$$

$$D_{22} = \frac{1,05}{2 \times 1,6} + \frac{0,75 \times 0,7}{2 \times 0,2 \times 1,6} = 0,33 + 0,82 = 1,15 \text{т}$$

$$D_{23} = \frac{1,05}{2 \times 1,0} + \frac{0,75 \times 0,7}{2 \times 0,2 \times 1,0} = 0,52 + 1,31 = 1,83 \text{т}$$

$$D_{24} = \frac{1,05}{2 \times 0,6} + \frac{0,75 \times 0,7}{2 \times 0,2 \times 0,6} = 0,85 + 2,19 = 3,0 \text{ т}$$

Расчет тросостойки H = 7,0 м.



$$x = \frac{0,2 \times 7,0}{1,400 - 0,2} = 1,165 м$$

$$tg\,\gamma = \frac{1,4 - 0,2}{2 \times 7,0} = 0,086$$

$$S_т = 1,5 м$$

$$Cos\,\gamma = 0,996$$

Расчет пояса

Схема IV ; I Р. К. У. $\sigma_т = 40$ кг/мм², трос „С-70"

$S_т = 1{,}5$ т; $g_т = 0{,}335$ т.

$$\Sigma M = 1{,}5 \times 7 + \frac{0{,}335}{2} \times 0{,}5 = 10{,}5 + 0{,}07 = 10{,}57 \text{ тм}$$

$$\Sigma G = \frac{0{,}335}{2} + 0{,}4 = 0{,}57 \text{ т}$$

$$U_т = \frac{10{,}57}{2 \times 1{,}4 \times 0{,}996} + \frac{0{,}57}{4 \times 0{,}996} = 3{,}8 + 1{,}43 = 5{,}23 \text{ т}$$

Расчет раскосов

Схема IV, IV. Р. К. У. трос „С-70"

$S_т = 1{,}5$ т $\quad X = 1{,}165$ м

$M_{изг.} = 1{,}5 \times 1{,}165 = 1{,}75$ тм

$M_{кр} = 1{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}75$ тм

$$D = \frac{M_{из}}{2R} + \frac{M_{кр} X}{2 \cdot BR}$$

$$D_{29} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 1{,}05} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}05} = 0{,}83 + 2{,}08 = 2{,}91 \text{ т}$$

$$D_{28} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 1{,}2} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}2} = 0{,}73 + 1{,}83 = 2{,}56 \text{ т}$$

$$D_{27} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 1{,}5} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \times 0{,}2 \times 1{,}5} = 0{,}58 + 1{,}46 = 2{,}04 \text{ т}$$

$$D_{26} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 2{,}0} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \times 0{,}2 \times 2{,}0} = 0{,}44 + 1{,}09 = 1{,}53 \text{ т}$$

$$D_{25} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 2{,}4} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \times 0{,}2 \times 2{,}4} = 0{,}37 + 0{,}91 = 1{,}28 \text{ т}$$

$$D_{24} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 2{,}85} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \times 0{,}2 \times 2{,}85} = 0{,}308 + 0{,}77 = 1{,}08 \text{ т}$$

$$D_{23} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 3{,}65} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \times 0{,}2 \times 3{,}65} = 0{,}24 + 0{,}6 = 0{,}84 \text{ т}$$

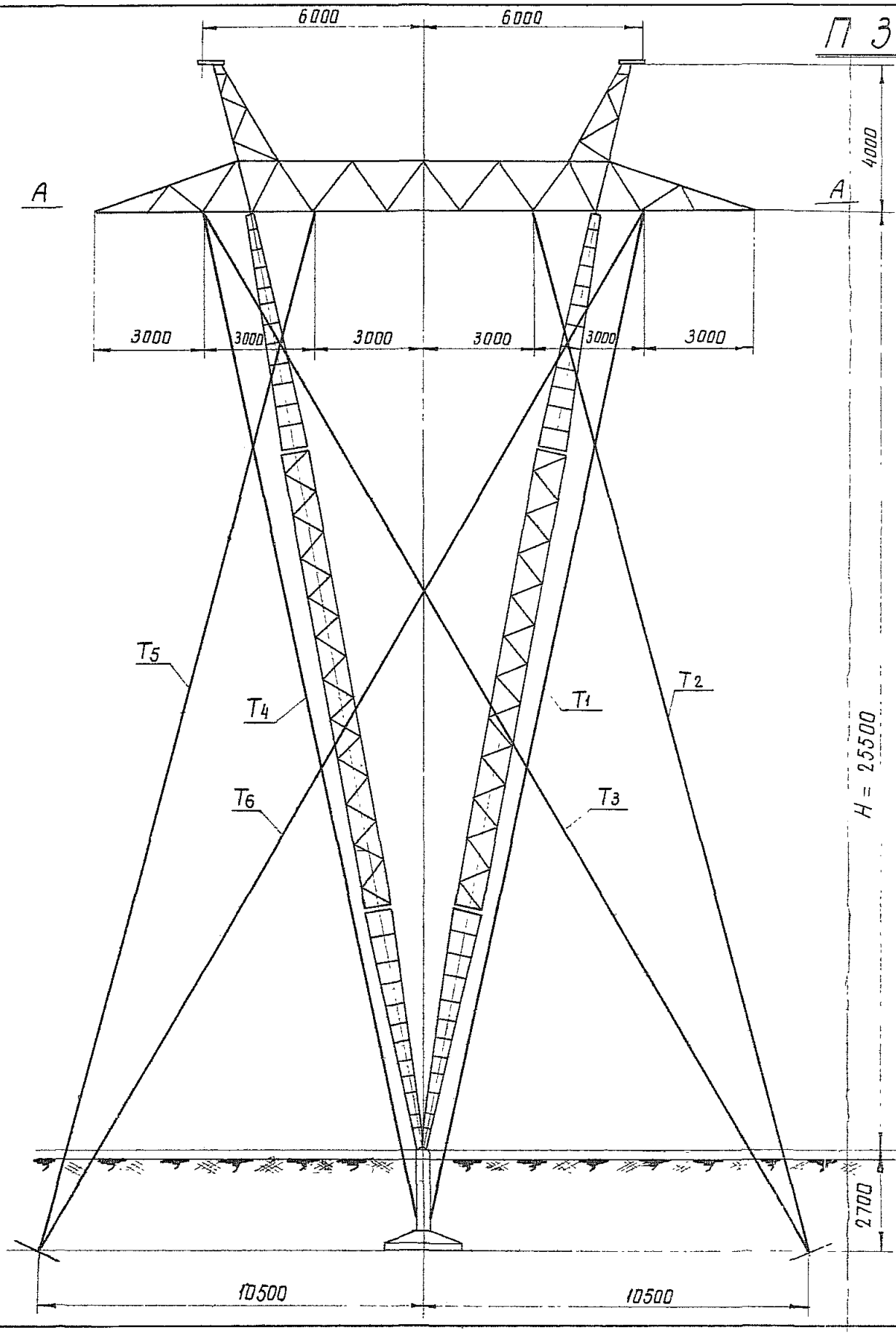
$$D_{22} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 4{,}8} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \cdot 0{,}2 \cdot 4{,}80} = 0{,}64 \text{ т}$$

$$D_{21} = \frac{1{,}75}{2 \cdot 5{,}75} + \frac{0{,}75 \times 1{,}165}{2 \cdot 0{,}2 \cdot 5{,}75} = 0{,}53 \text{ т}$$

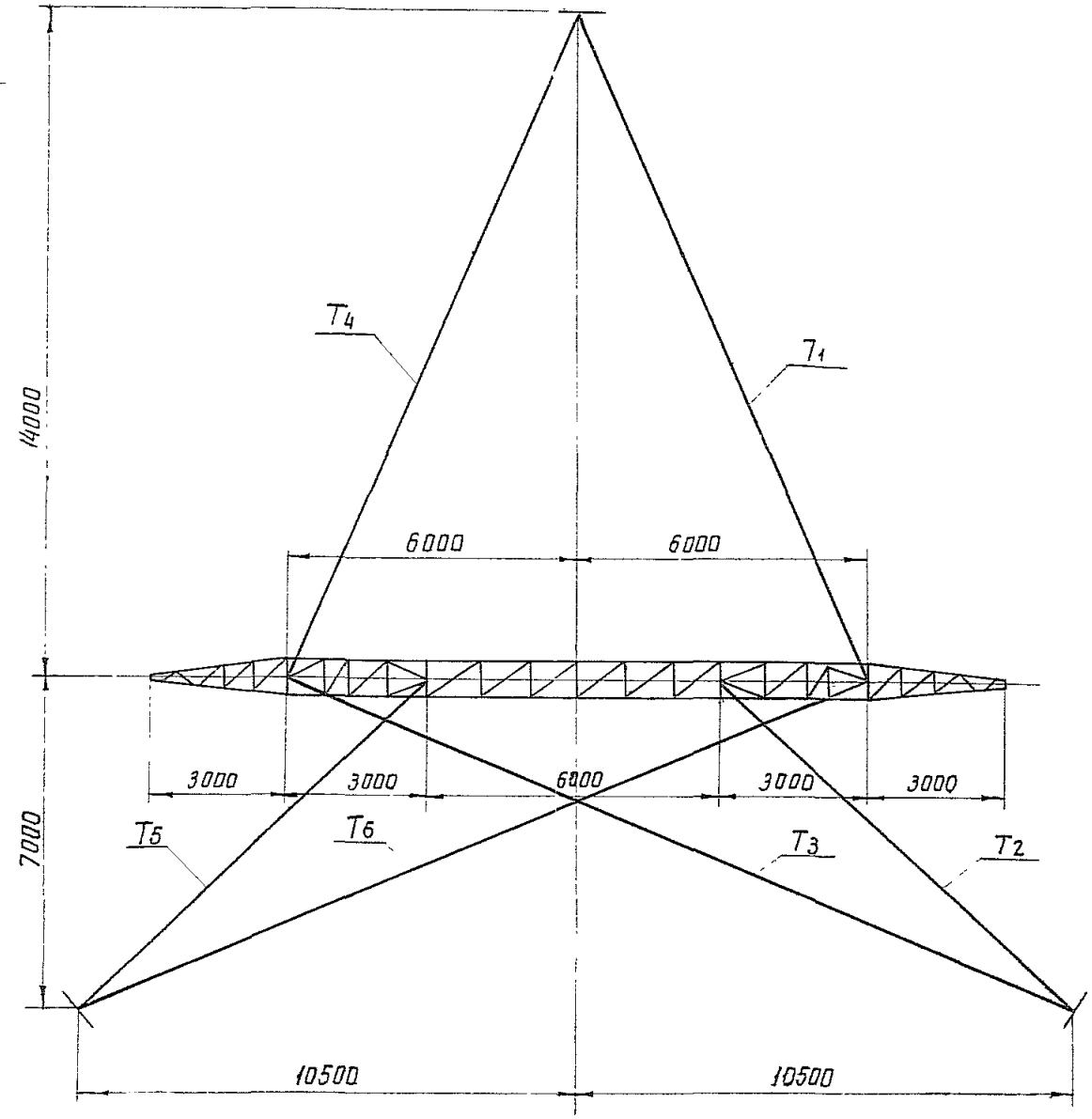
Расчет выполнил: /. Грузев /.

Расчет проверил: /. Токарева /.

П 330-5

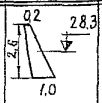
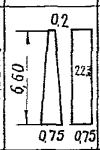
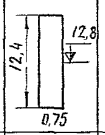
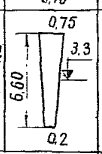


План по А-А



Давление ветра на конструкцию опоры

Табл. 1

Наименование элемента опоры	Эскиз и средняя отметка секции [м]	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 [кг/м²]	Площадь элементов фермы Σf_i [м²]	Площадь по контуру S [м²]	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\Sigma f_i}{S}$	Аэродинамическ. коэффициент плоской фермы $C_\Phi = 1.4 \cdot \varphi$	ζ при $\frac{b}{h} = 1$	Аэродинамическ. коэффициент пространств. фермы $C_{пр} = C_\Phi(1+\zeta)$	Нормативная ветровая нагрузка $P_н = q_0 C_{пр} S$	Расчетная ветровая нагрузка $P_р = P_н \cdot n \cdot \beta$, $n = 1.2$, $\beta = 1.45$
Трасостойка		1,55	78 / 21,7	0,58	1,56	0,372	0,521	0,545	0,821	100 / 27,8	175 / 40,4
Траверса		1,51	76 / 21,2	5,02	19,6	0,256	0,358	0,760	0,63	(940) 423 / 118 (262)	735 / 171
Верхняя часть стойки		1,41	71 / 19,8	1,2	4,95	0,242	0,340	0,843	0,626	220 / 61,4	385 / 89
Средняя часть стойки		1	50 / 14	2,2	9,3	0,237	0,332	0,787	0,594	276 / 77,3	480 / 112
Нижняя часть стойки		1	50 / 14	1,09	3,14	0,347	0,486	0,595	0,775	122 / 34,1	215 / 49,5
Оттяжки	20,3	1,36	68 / 19,1	—	—	—	—	—	—	238 / 66,9	415 / 97

Полное давление ветра на опору

$$\frac{2 \cdot 0{,}175 + 0{,}735 + 2(0{,}385 + 0{,}48 + 0{,}215) + 0{,}415 = 3{,}66\,т}{2 \cdot 0{,}04 + 0{,}171 + 2\,(0{,}09 + 0{,}112 + 0{,}05) + 0{,}1 = 0{,}86\,т}$$

Примечание 1. Ветровая нагрузка на траверсу $P_{тр}$, указанная в скобках, определена при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0{,}45\ P_{тр}$.

2. В знаменателе даны скоростные напоры и ветровые нагрузки в гололедном режиме ($q_н = 14$ кг/м²)

Исходные данные для статического расчета опоры П330-5 на ЭЦВМ „Урал-2"

Таблица 1-я

Параметры опоры				
Обозначение	Размерность	Числовые значения		Пояснения
Q	см	1050		Размеры
C	—"—	1400		
B	—"—	700		
l_1	—"—	600		
l_2	—"—	300		
l_3	—"—	600		
H_0	—"—	2800		
H	—"—	2600		
h	—"—	200		
E	кг/см²	$1{,}5 \cdot 10^6$		Модуль упругости материала оттяжек
F_1	см²	1,68		Площадь сечения оттяжек 1,4
F_2	—"—	3,36		То же 2,5
F_3	—"—	1,68		То же 3,6
T_{01}	кг	3000		Начальное тяжение в оттяжках 1,4
T_{02}	—"—	4000		То же 2,5
$l_в$	м	450		Ветровой пролет
K	б/р	2		Кол-во проводов в фазе
h_7	см	400		Расстояние от нижней плоскости траверсы (оси ох) до тросов
$l_ф$	—"—	900		Расстояние между фазами
$e_т$	—"—	600		Расстояние от оси опоры до тросов

Исходные данные для статического расчета опоры П 330-5 на ЭЦВМ „Урал-2"

Таблица 1б

Загружение опоры по расчетным схемам

Обозначение	Размерность	Схема I	Схема II ветер слева IV р.г.	Схема III(1) Обрыв крайнего провода	Схема III(г) Обрыв крайнего провода	Схема III(з) Обрыв среднего провода	Схема III(ч) Обрыв среднего провода	Схема IV(1) Обрыв троса	Пояснения
$P_в$	кг	3450	840	0	0	0	0	0	Ветровая нагрузка на конструкцию опоры, включая половину давления ветра на оттяжки.
$P_п$	кг/м	1,398	1,58	0	0	0	0	0	Погонная ветровая нагрузка на провод
$P_т$	—"—	0,86	1,43	0	0	0	0	0	То же на трос
$T_л'$	кг	0	0	0	3320	0	0	0	Тяжение в сторону „+" значение оси OУ во всех проекциях левой фазы
$T'_п$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	То же, правой фазы
$T'_{ср}$	—"—	0	0	0	0	0	3320	0	То же, средней фазы
$T'_{тл}$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	То же, левого троса
$T_{тп}$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	То же, правого троса
$T_л''$	—"—	0	0	3320	0	0	0	0	Тяжение в сторону „−" значение оси OУ во всех проекциях левой фазы
$T_п'$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	То же, правой фазы
$T''_{ср}$	—"—	0	0	0	0	3320	0	0	То же, средней фазы
$T''_{тл}$	—"—	0	0	0	0	0	0	1500	То же, левого троса
$T''_{тп}$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	То же, правого троса
$M_в$	кг см	−2432500	−678000	0	0	0	0	0	Момент относительно оси OУ от ветра на конструкцию опоры
M_q	—"—	0	0	831000	831000	0	0	117000	Момент относительно оси OУ от весовых нагрузок
G	кг	11570	28430	10645	10645	10645	10645	11380	Суммарный вес проводов (с гирляндой и гололедом) тросов и конструкций опоры

Примечание: Таблицы 1а и 1б составлены применительно к программе расчета опоры типа „Набла" инв. N 3002 тм-т 15.

Таблица 2

Результаты статического расчета опоры П330-5

Обозначение	Размерность	Схема I	Схема II	Схема III(1)	Схема III(2)	Схема III(3)	Схема III(4)	Схема IV(1)
T_1	кг	4581	4305	5919	7544	936	5064	3174
T_2	"	0	0	5526	2508	6358	1641	4607
T_3	"	0	0	7503	0	2747	850	2901
T_4	"	5594	5241	0	9868	936	5064	674
T_5	"	13957	13077	12756	210	6358	1641	5852
T_6	"	5667	5335	230	3359	2747	850	1665
R_x	"	-1442	-632	-677	-626	0	0	180
ΔX	см	21,0	18,5	-1,01	2,4	0	0	-0,14
ΔY	"	6	5,1	-13	6,6	-5,9	5,9	-3,1
φ	рад	0	$-0{,}12\cdot10^{-2}$	-0,035	-0,021	$-2{,}3\cdot10^{-11}$	$2{,}3\cdot10^{-11}$	$0{,}6\cdot10^{-2}$
N_n	кг	-38649	-53851	-39787	-25621	-29120	-24319	-28706
N_a	"	0	0	11509	2355	8284	2257	6769
q_{ax}	"	0	0	-5114	-631	-2962	-835	-2598
q_{bx}	"	0	0	2877	-589	-2071	-564	-1692
N_b	"	17877	16772	12171	3027	8284	2257	6914
q_{bx}	"	6323	5937	3322	1720	2962	835	2308
q_{by}	"	-4469	-4193	-3042	-457	-2071	-564	-1728
N_c	"	8939	8386	5200	9331	1644	8897	3380
q_{bc}	"	191	-176	1114	-1715	0	0	470
q_{cy}	"	4469	4193	2600	4665	622	4448	1690
R_y	"	0	0	0	0	0	0	-231

Примечание: Статический расчет выполнен на ЭЦВМ „Урал-2" по программе расчета опоры типа „Набла" инв. N 3002 тм-т 15.

Расчет стоек опоры

Стойка рассматривается как составной сжато – изогнутый стержень переменного сечения с шарнирно – опорными концами (см. рис ...)

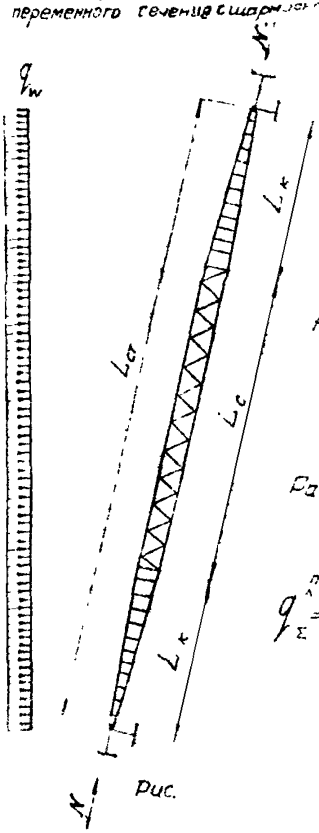


Рис.

Осевое усилие в левой стойке

$$N_{ст}^{л} = \frac{R_z}{2}\frac{L}{H} - \frac{(R_x + P_{ст})}{2}\frac{L}{e}$$

Осевое усилие в [illegible]й стойке

$$N_{ст}^{п} = \frac{R_z}{2}\frac{L}{H} + \frac{(R_x + P_{ст})}{2}\frac{L}{e}$$

Распределенная нагрузка

а) ветровая $P = W = \frac{P_{ст}}{H}$, б) весовая $g = \frac{G_{ст}}{L_1}$

$$L_\Sigma = \sqrt{26,7^2 + 4,7^2} = 26,42\ м$$

Распределенная поперечная нагрузка на стойку

$$q_\Sigma^{п} = \frac{u}{L_\Sigma} + g\frac{e}{L_\Sigma}$$

Определение критической силы

База по обушкам в средней части стойки

$b_{со} = 75\ см$

На концах стойки $b_{ко} = 20\ см$.

Пояса выполнены из L 63×5 $F = 6,13\ см^2$ $Z = 1,74\ см$

$$J_c = F b_{со}^2 = 6,13\,(75 - 3,5)^2 = 31300\ см^4$$

$$J_к = 5,13\,(20 - 3,5)^2 = 1670\ см^4$$

$$\frac{J_к}{J_c} = \frac{1670}{31300} = 0{,}0533 \qquad \frac{L_c}{L_{ст}} = \frac{12{,}4}{25{,}6} = 0{,}485$$

$$K^{*} = 7{,}988$$

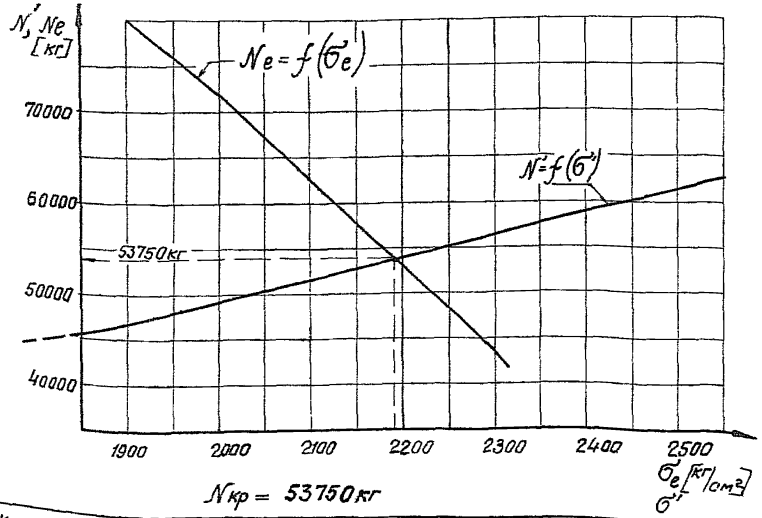
$$N_e = \frac{K^{*} E J_c}{L^2_{ст}} = \frac{7{,}988 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 31300}{2560^2} = 80000 \text{ кг}$$

$$\sigma_e = \frac{80000}{4 \cdot 6{,}13} = 3260 \text{ кг/см}^2 > 1900 \text{ кг/см}^2 = \sigma_{пц}$$

В этом случае для определения критической силы $N_{кр}$ (для элементов из стали ВМСт3) следует пользоваться модулем Энгессера-Кармана E'

Табл. 3

σ'	1900	2000	2100	2200	2300	2400
E' **	$2{,}1 \cdot 10^6$	$1{,}89 \cdot 10^6$	$1{,}64 \cdot 10^6$	$1{,}39 \cdot 10^6$	$1{,}15 \cdot 10^6$	$0{,}92 \cdot 10^6$
N_e [т]	80000	72000	62500	53000	43800	35000
σ_e	3260	2940	2550	2160	1785	1428



$N_{кр} = 53750$ кг

* См. издание А.Н. СССР 1955г „Продольный изгиб и кручение стр 249 табл. 10

** См. там же стр 240, табл. 1

Усилия в стойках по расчетным схемам

Табл. 4

№ № схемы / Усилия	Схема II	Схема III	Схема I
R_z (N/n) [т]	53,85	39,79	38,647
R_x [т]	−0,632	−0,677	−1,442
$N_{ст}^{в}$ [т]	28,5	22,2	20,7
$N_{ст}^{н}$ [т]	26,3	18,3	18,7
$q_{ветр}^{в}$ [кг/пм]	$9,8\frac{26}{26,5}=9,6$	0	$42,1\frac{26}{26,5}=41,4$
$q_{ветр}^{н}$ [кг/пм]	$9,8\frac{26}{26,5}=9,6$	0	$42,1\frac{26}{26,5}=41,4$
$q_{вес}^{л/п}$ [кг/лм]	$39,1\frac{4,7}{26,5}=6,93$	$39,1\frac{4,7}{26,5}=6,93$	$39,1\frac{4,7}{26,5}=6,93$
$q_{\varepsilon}^{н}$ [кг/лм]	16,53	$39,1\frac{4,7}{26,5}=6,93$	48,33

*

условно $q_{\varepsilon}^{в}=q_{ветр}^{в}$

I схема $P_{ст}=1080$ кг

II схема $P_{ст}=251$ кг

Вес стойки $\cong 1000$ кг

$\frac{1000}{25,6}=39,1$ кг пм

* См. „Инструкцию по расчету стальных опор и фундаментов к ним" N 1562 тм стр. 26 п 3.9.а

Прогиб в середине стойки от нагрузки q

$$\delta_q = \frac{5}{384}\ \frac{q e^4}{EJ}\ \psi$$

$$\psi^* = 38{,}4\lambda^3\frac{\alpha}{n} - 38{,}4\lambda^4\frac{\beta}{n} + 12{,}8\left(0{,}125 - \lambda^3\right) - 9{,}6\left(0{,}0625 - \lambda^4\right)$$

$$n = \frac{J_0}{J} = 0{,}0533 \qquad m = \frac{B}{B_0} = \frac{71{,}5}{16{,}5} = 4{,}34$$

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{4{,}34} = 0{,}231 \qquad \ell n m = 2{,}30259\ \ell g\, m =$$

$$= 2{,}30259 \cdot 0{,}6375 = 1{,}47$$

$$\alpha = \frac{m - 2\ell n m - \frac{1}{m}}{(m-1)^3}$$

$$\alpha = \frac{4{,}34 - 2\cdot 1{,}47 - 0{,}231}{(4{,}34-1)^3} = \frac{4{,}34 - 2{,}94 - 0{,}231}{3{,}34^3} = \frac{1{,}169}{37{,}25} =$$

$$0{,}0314$$

$$\beta = \frac{\frac{m^2}{2} - 3m + 3\ell n m + \frac{1}{m} + \frac{3}{2}}{(m-1)^4} = \frac{\frac{4{,}34^2}{2} - 3\cdot 4{,}34 + 3\cdot 1{,}47 + 0{,}231 + 1{,}5}{3{,}34^4} =$$

$$= \frac{9{,}4 - 13{,}02 + 4{,}41 + 1{,}731}{124{,}8} = \frac{2{,}521}{124{,}8} = 0{,}0202$$

*) Формула для Ψ выведена при определении прогиба по методу сил от распределенной поперечной нагрузки для балки с переменным моментом инерции.

$$\lambda = \frac{L_к}{L} = \frac{6,6}{256} = 0,258 \quad \lambda^3 = 0,01716 \qquad \lambda^4 = 0,00443$$

$$\psi = 38,4 \cdot 0,01716 \ \frac{0,0314}{0,0533} - 38,4 \cdot 0,00443 \ \frac{0,0202}{0,0533} +$$

$$+ 12,8 \left(0,125 - 0,01716\right) - 9,6 \left(0,0625 - 0,00443\right) =$$

$$= 0,388 - 0,0628 + 1,378 - 0,558 = 1,1452$$

Прогиб от поперечной нагрузки

$$\delta_q = \frac{5}{384} \ \frac{q \cdot 256^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 31300} \cdot 1,1452 = 9,74 \cdot q,$$

где q в кг/см

Производственный прогиб

$$\delta_{пр} = \frac{L}{750} = \frac{256}{750} = 3,41 \text{ см}$$

Прогиб в середине стойки от условий опирания

Конструктивный эксцентриситет

нижнего конца стойки — 6,0 см

в середине — 3,0 см

$$\delta_Σ = \delta_q + \delta_{пр} + \delta_0$$

Прогибы в среднем сечении по расчетным схемам

Табл. 5

Расчетные схемы / прогибы [см]	Схема II	Схема III	Схема I
$\delta_q^л$	0,935	0	4,03
$\delta_q^п$	1,61	0,675	4,7
$\delta_\Sigma^л$	7,365	6,41	10,44
$\delta_\Sigma^п$	8,02	7,085	11,11

Проверка стойки по местной устойчивости

$$\sigma = \frac{U}{\varphi F}$$

$$U = \frac{N}{4} + \frac{M}{2b} \qquad M = N\delta_\Sigma \cdot \zeta + \frac{q\ell^2}{8}$$

$$\zeta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{кр}}} \qquad N_{кр} = 53,75\ т \quad (\text{см. лист } 69)$$

$$M_N = N\delta_\Sigma\zeta$$

$$M_q = \frac{q\ell^2}{8}$$

$$U_N = \frac{N}{4} \qquad U_M = \frac{M_\Sigma}{2b}$$

$$U_\Sigma = U_N + U_M$$

$$2b = 2(7,5 - 3,5) = 2 \cdot 71,5 = 143\ см$$

Определение усилий в поясе по расчетным схемам

Таблица 6

Величины \ Расчетные схемы	Схема II	Схема III	Схема I
$\gamma^{л}$	2,13	1,71	1,63
$\gamma^{п}$	1,96	1,52	1,53
$M_N^{л}$	447000	244000	352000
$M_N^{п}$	414000	197000	317500
$M_q^{л}$	78600	0	339000
$M_q^{п}$	135300	56700	395000
$M_\Sigma^{л}$	525600	244000	691000
$M_\Sigma^{п}$	549300	253700	712500
$U_N^{л}$	7130	5550	5180
$U_N^{п}$	6560	4560	4680
$U_н^{л}$	3680	1710	4840
$U_м^{п}$	3840	1775	4990
$U_\Sigma^{л}$	10810	7260	10020
$U_\Sigma^{п}$	10400	6335	9670

Пояс выполнен из $\angle 63\times5$ $F = 6.13\,см^2$ $r_x = 1.94\,см$

$r_{min} = 1.25\,см$ $J_{n\,min} = 9.52\,см$

Раскосы $\angle 36\times4$ $J_{p.min} = 1.36\,см$ $\ell_p = 93.8\,см$

$F = 2.75\,см$

$\ell_n = 112.5\,см$ $\lambda = \dfrac{\mu_n \ell_n}{r_x}$

$$\frac{\ell_n}{\ell_p} = \frac{J_{n\,min}\cdot\ell_p}{J_{p\,min}\cdot\ell_n} = \frac{9.52\cdot93.8}{1.36\cdot112.5} = 5.85$$

$\mu_n = 1.09$ (табл. 21 т. СНиП II-В. 3-62)

$$\lambda = \frac{1.09\cdot112.5}{1.94} = 63.2 \qquad \varphi = 0.841$$

$$\sigma = \frac{10810}{0.841\cdot6.13} = \frac{10810}{5.16} = 2095 < 2100\ кг/см^2$$

Проверка стойки на общей устойчивости

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{в\,н}\,F} \le [\sigma]$$

$$\lambda_{пр} = \sqrt{\lambda^2 + F\left(\frac{K_1}{F_{p_1}} + \frac{K_2}{F_{p_2}}\right)} \qquad \lambda = \frac{\ell_{расч.}}{r} \qquad \ell_{расч} = \mu\ell$$

$$K = \frac{\pi^2}{\mu^2} \qquad \mu = \frac{\pi}{\sqrt{K}} = \frac{\pi}{\sqrt{7.988}} = 1.11$$

$\ell_{расч} = 1.11\cdot2560 = 2840\,см$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{31300}{4\cdot6.13}} = 35.8\,см$$

$$\lambda = \frac{2840}{35.8} = 79.3$$

при угле наклона раскоса к поясу $\alpha \approx 50°$

$K_1 = K_2 = 27$

$$\lambda_{прив} = \sqrt{79.3^2 + 4\cdot6.13\cdot2\,\frac{27}{2.75}} = 82.4$$

$$M = \frac{447000}{2,13} + 78600 = 210000 + 78600 = 288600 \text{ кг см.}$$

$$W = \frac{2J}{b} = \frac{2 \cdot 31300}{71,5} = 877 \text{ см}^3$$

$$m = \frac{M}{N} \quad \frac{F}{W} = \frac{288600 \cdot 4 \cdot 6,13}{2850 \cdot 877} = 0,2825$$

при $\lambda = 82,4$ и $m = 0,2825$ по табл. 27 прилож. III главы СНиП II-В 3-62*

$$\varphi_{вн} = 0,643$$

$$\sigma = \frac{28500}{0,643 \cdot 4 \cdot 6,13} = 1810 \text{ кг/см}^2 < [2100 \text{ кг/см}^2]$$

Определение изгибающего момента в нижнем стыке

1) От равномерно распределенной нагрузке

$$M_{xq} = \frac{q \cdot x}{2} (l - x)$$

при $x = 6,6$ м $\quad l = 25,6$ м $\quad M_{xq} = 62,6\, q$

2) от продольного изгиба

$$M_{xN}^{*} = M_N^{лп} \sin \frac{\pi x}{l}$$

при $x = 6,6$ м $\quad l = 25,6$ м $\quad \sin \frac{\pi \cdot 5,6}{25,6} = \sin 46°24' = 0,7242$

$$M_{xN} = 0,7242\, M_N^{лп}$$

---

* Кривая изогнутой оси балки принята за синусоиду $f_x = f_{max} \cdot \sin \frac{\pi x}{l}$

Определение усилий в поясе на отметке стыка

Таблица 7

Величины \ Расчетн. схемы	Схема II	Схема III	Схема I
$M_q^л$	60100	0	259500
$M_q^п$	103700	43500	303000
$M_N^л$	324000	176500	255000
$M_N^п$	299000	142500	230000
$M_\Sigma^л$	384100	176500	514500
$M_\Sigma^п$	402700	186000	533000
$U_N^л$	7130	5550	5180
$U_N^п$	6560	4560	4680
$U_м^л$	2690	1235	3600
$U_м^п$	2820	1300	3730
$U_\Sigma^л$	9820	6785	8780
$U_\Sigma^п$	9380	5860	8380

Проверка пояса в панели со стыком

Пояс из одного равнобокого уголка со стыком, расположенным в панели между двумя смежными узлами или в узле болтовой или сварной опоры, проверяется как внецентренно сжатый элемент

$$\frac{N}{n_1 \cdot \varphi_{вн} \cdot F} \leq R \text{ , где}$$

N – продольная сила в рассматриваемой панели;

η_1 – коэффициент условий работы стыка, обусловленный податливостью болтовых соединений, принимаемый для стыков с односторонней накладкой $\eta_1 = 0,95$

F – площадь поперечного сечения уголка брутто рассчитываемого пояса

$\varphi_{вн}$ – по табл. 57 СНиП. II-В. 3-62*

$$\lambda = \frac{56,25 \cdot 1,09}{1,25} = 49$$

$$m_1 = \zeta \cdot m \qquad \zeta = 1$$

$$m = \rho \cdot \frac{F \cdot x}{J_{y_0 - y_0}} \qquad \rho = 0,5 \cdot \rho_0 \qquad J_{y_0 - y_0} = 9,52\ см^4$$

$$x = 1,74 \cdot 1,41 = 2,45 см$$

$$\rho_0 = (0,6 + 1,74 - 2,19) \cdot 1,41 = 0,2115\ см$$

$$\rho = 0,5 \cdot 0,2115 = 0,1058\ см$$

$$m = 0,1058\ \frac{6,13 \cdot 1,74 \cdot 1,41}{9,52} = 0,167$$

при $\lambda = 49$ и $m = 0,167$ $\varphi_{вн} = 0,82$

$$\sigma = \frac{9820}{0,95 \cdot 0,82 \cdot 6,13} = 2060\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2$$

Проверка стыкового уголка

Стыковой уголок $\angle 80 \times 6$ $F = 9,38\ см^2$ $z_x = 2,47\ см$ $z_{min} = 1,58 см$

$$F_{нт} = 9,38 - 0,6 \cdot 2,1 = 9,38 - 1,26 = 8,12\ см^2$$

$$\sigma = \frac{9820}{8,12} = 1210\ кг/см^2 < [2100\ кг/см^2]$$

Решетка стойки проверяется на условную поперечную силу $Q_{усл}$, принимаемую для ВМ Ст 3

$$Q_{усл.} = 20 \cdot F, \quad где$$

F – площадь брутто всего сечения составного стержня в $см^2$

$$Q_{усл.} = 20 \cdot 4 \cdot 6,13 = 490\ кг$$

Усилие в раскосе

$$D_p = \frac{490 \cdot 938}{2 \cdot 750} = \frac{490}{2 \cdot 0,8} = 306\ кг$$

Раскосы выполнены из ∠ 36×4 $F = 2{,}75\ см^2$

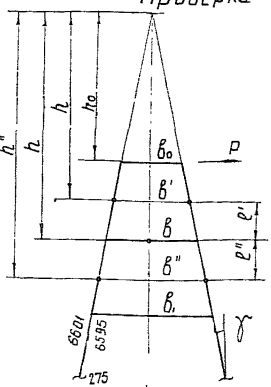
$l_p = 93{,}8\ см$ $r_{min} = 0{,}7\ см$

$\frac{i_n}{i_p} = 5{,}85$ (см стр.) $\frac{l_p}{r_{min}} = \frac{93{,}8}{0{,}7} = 134$ $\mu_p = 0{,}76$

$$\lambda = \frac{\mu_p \cdot l_p}{r_{min}} = \frac{0{,}76 \cdot 93{,}8}{0{,}7} = 102 \qquad \varphi = 0{,}584$$

$$\sigma = \frac{306}{0{,}584 \cdot 2{,}75 \times 0{,}8 \cdot 0{,}8} = 300\ кг/см^2$$

Проверка пояса и раскоса в опорном узле нижней секции



$$N' = P\left(\frac{h_0}{B_0} - \frac{h_0}{B'}\right)\frac{1}{\cos\gamma}$$

$$Q' = \frac{P}{2}\cdot\frac{h_0}{h'} = \frac{P}{2}\cdot\frac{B_0}{B'}$$

$$N'' = P\left(\frac{h_0}{B_0} - \frac{h_0}{B''}\right)\frac{1}{\cos\gamma}$$

$$Q'' = \frac{P}{2}\cdot\frac{h_0}{h''} = \frac{P}{2}\cdot\frac{B_0}{B''}$$

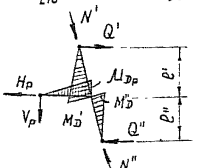
$$H_P = Q' - Q'' = \frac{P}{2}\left(\frac{B_0}{B'} - \frac{B_0}{B''}\right)$$

$$V_P = P\frac{B_0}{B}\left(\frac{e'}{B'} + \frac{e''}{B''}\right)$$

$$M_D' = \frac{P}{2}B_0\frac{e'}{B'}$$

$$M_D'' = \frac{P}{2}B_0\frac{e''}{B''}$$

$$M_{Dp} = \frac{P}{2}\cdot B_0\left(\frac{e'}{B'} + \frac{e''}{B''}\right)$$



$$\cos\gamma = \frac{6595}{6601} = 0{,}996$$

$h_0 = 239{,}5\ см$ $B_0 = 20\ см$ $\frac{h_0}{B_0} = 11{,}99$

$B = 24{,}0\ см$ $B_1 = 28{,}1\ см$

$$h_0 = \frac{6595}{750-200}\cdot 200 = \frac{6595}{550}\cdot 200 = 2395\ мм$$

$$B' = \frac{20{,}0 + 24{,}0}{2} = 22{,}0\ см \qquad B'' = \frac{24{,}0 + 28{,}1}{2} = 26{,}05\ см$$

$$e' = \frac{48{,}0}{2} = 24{,}0\ см \qquad e'' = \frac{49{,}6}{2} = 24{,}8\ см$$

Расчетная схема II

$$\frac{h_0}{B'} = \frac{239{,}5}{22{,}0} = 10{,}9$$

$$P = \frac{9{,}6\cdot 25{,}6}{2} = \frac{246}{2} = 123\ кг$$

$$N' = 123\left(11{,}99 - 10{,}9\right)\frac{1}{0{,}996} = 124\ кг$$

$$\frac{B_0}{B'} = \frac{20}{22{,}0} = 0{,}909$$

$$Q' = \frac{123}{2}\cdot\frac{20}{22{,}0} = 56\ кг$$

$\frac{h_0}{B''} = \frac{239.5}{26.05} = 9.18$ $\quad N'' = 123(11.9 - 9.18) = 123 \cdot 2.72 = 335\,кг$

$\frac{B_0}{B''} = \frac{20.0}{26.05} = 0.767$ $\quad Q'' = \frac{123}{2} \cdot 0.767 = 47.2\,кг$

$H_р = 56 - 47.2 \cong 9\,кг$

$V_р = \frac{123}{24.0} \cdot 20.0 \left(\frac{24.0}{22.0} + \frac{24.8}{26.05} \right) = \frac{123}{1.2} \cdot 2.042 = 210\,кг$

$M_Д' = \frac{123}{2} \cdot 20.0 \ \frac{24.0}{22.0} = 1340\,кг\,см$

$M_Д'' = \frac{123}{2} \cdot 20 \ \frac{24.8}{26.05} = 1170\,кг\,см$

$M_{Др} = \frac{123}{2} \cdot 20 \ (1.09 + 0.952) = 2520\,кг\,см$

Пояс из $\angle 63 \times 5$ $\quad r_{min} = 1.25\,см$ $\quad W_x = \frac{36.6}{6.3 - 1.74} = 8.01\,см^3$

$M_Д' = 1340\,кг\,см$ $\quad N = \frac{28500}{4} = 7125\,кг$ $\quad N' = 124\,кг$

$Ц_1 = 7125 + 124 = 7249\,кг$

$\ell = 48.0\,см$ $\quad \lambda = \frac{48.0}{1.25} = 38.4$ $\quad \varphi = 0.923$

$$\sigma = \frac{7125 + 124}{0.923 \cdot 6.13} + \frac{1340}{8.01} = 1280 + 167 = 1447\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2$$

Распорка выполнена из $\angle 63 \times 5$

$\sigma_р = \frac{2520}{8.01} = 314\,кг/см^2$

Схема I

$P = \frac{48.33 \cdot 25.6}{2} = 619\,кг$ $\quad N' = 619(11.9 - 10.9) \frac{1}{0.996} = 621\,кг$

$M_Д' = \frac{619}{2} \cdot 20.0 \ \frac{24.0}{22.0} = 6740\,кг\,см$ $\quad N = \frac{20700}{4} = 5175\,кг$

$Ц_1 = 5175 + 621 = 5796\,кг$

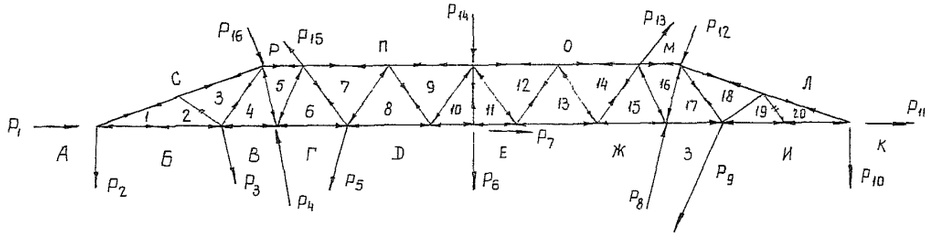
$$\sigma = \frac{5796}{0.923 \cdot 6.13} + \frac{6740}{8.01} = 1023 + 841 = 1864\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2$$

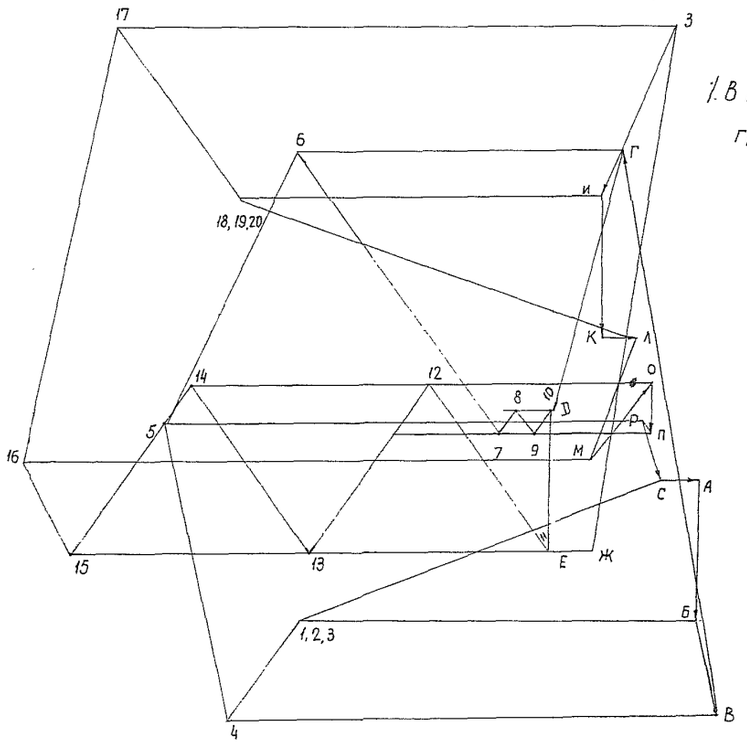
Расчёт траверсы опоры

Основными расчётными режимами для траверсы являются: Нормальный режим II - для поясов верхней грани и боковой решётки, Аварийный режим III (1) - для поясов нижней грани и нижней решетки.

Усилия в поясах и боковой решетке определены построением диаграммы Кремоны (см. №№ 3080 тм-Т4 листы 82, 83

Усилия в элементах траверсы /. Нормальный режим II /.





в 1см - 2 м

/. В приведении к боковой грани в 1см - 1м /.

$P_1 = 1,43 + 0,29 = 1,72\ м$

$P_2 = 6,69\ м$

$P_3 = \frac{5,24 \times 28,64}{31,88} = 4,67\ м$

$P_4 = 27,29\ м$

$P_5 = \frac{13,08 \times 28,98}{29,82} = 12,72\ м$

$P_6 = 6,69\ м$

$P_7 = 1,72\ м$

$P_8 = 25,31\ м$

$P_9' = \frac{4,30 \times 28,64}{31,88} = 3,86\ м$

$P_9'' = \frac{5,34 \times 32,5}{33,25} = 5,22\ м$

$P_9 = 8,80\ м$

$P_{10} = 6,69\ м$

$P_{11} = 1,72\ м$

$P_{12} = \frac{1,93 \cdot 2 + 0,65 \times 26}{9} = 6,18\ м$

$P_{13} = \frac{1,93 \cdot 1 + 0,65 \cdot 26}{0,75} = 4,82\ м$

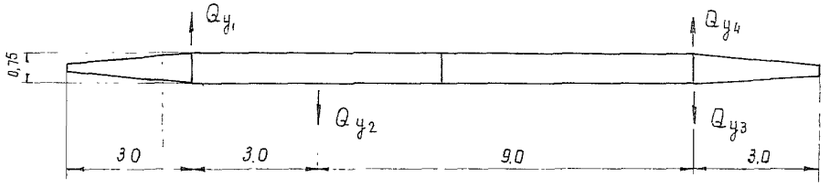
$P_{14} = 2,5\ м$

$P_{15} = \frac{1,93 \cdot 1 - 0,65 \times 26}{0,75} = 0,32\ м$

$P_{16} = \frac{1,93 \cdot 2 - 0,65 \cdot 2,6}{0,90} = 2,41\ м$

Усилия в поясах и раскосах

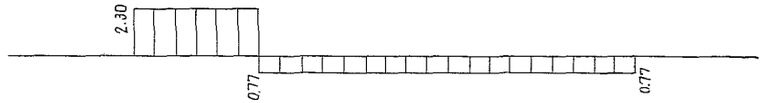
Б-1 = -9,55	С-1 = 9,35	1-2 = 0
Б-2 = -9,55	С-3 = 9,35	2-3 = 0
В-4 = -11,75	Р-5 = 11,45	3-4 = 2,9 т
Г-6 = -7,80	П-7 = 5,70	4-5 = -7,25 т
Д-8 = -0,95	П-9 = 2,85	5-6 = -7,15 т
Д-10 = -0,15	О-12 = 5,30	6-7 = 8,25 т
Ж-11 = -1,10	О-14 = 11,00	7-8 = -0,7 т
Ж-13 = -6,75	М-16 = 13,55	8-9 = +0,7 т
Ж-15 = -12,45	Л-18 = 10,1	9-10 = -0,7 т
З-17 = -13,35	Л-20 = 10,1	10-11 = 3,35 т
И-19 = -8,65		11-12 = -4,9 т
И-20 = -8,65		12-13 = 4,9 т
		13-14 = -4,9 т
		14-15 = 4,9 т
		15-16 = -2,5 т
		16-17 = -10,6 т
		17-18 = 5,0 т
		18-19 = 0
		19-20 = 0



$Q_{y_1} = \frac{5,24 \times 14}{31,88} = 2,3\ т$, $Q_{y_2} = \frac{13,08 \times 7,0}{29,82} = 3,07\ т$

$Q_{y_3} = \frac{5,34 \times 7}{33,25} = 1,12\ т$; $Q_{y_4} = \frac{4,30 \times 14}{31,88} = 1,89\ т$

Эпюра перерезывающих сил



Усилия в поясах от перерезывающих сил вдоль оси „у"

Б-1 = 0

Б-2 = 0

$В-4 = \frac{2,3 \times 1,3}{0,75} = 4,0\ т$

$Г-6 = \frac{2,3 \times 3,0}{0,75} = 9,2\ т$

$Д-8 = \frac{2,3 \times 5,0 - 3,07 \times 2,0}{0,75} = 7,15\ т$

$Д-10 = \frac{2,3 \times 6,0 - 3,07 \times 3,0}{0,75} = 6,16\ т$

$Ж-11 = \frac{0,77 \times 6}{0,75} = 6,16\ т$

$Ж-13 = \frac{0,77 \times 5}{0,75} = 5,1\ т$

$Ж-15 = \frac{0,77 \times 3,0}{0,75} = 3,08\ т$

$З-17 = \frac{0,77 \times 1,3}{0,75} = 1,33\ т$

И-19 = 0

И-20 = 0

Суммарные усилия

Б-1 = -9,55 т

Б-2 = -9,55 т

В-4 = -11,75 - 4,0 = -15,75 т

Г-6 = -7,80 - 9,2 = -17,0 т

Д-8 = -0,95 - 7,15 = -8,1 т

Д-10 = -0,15 - 6,16 = -6,31 т

Ж-11 = -1,10 - 6,16 = -7,26 т

Ж-13 = -6,75 - 5,10 = -11,85 т

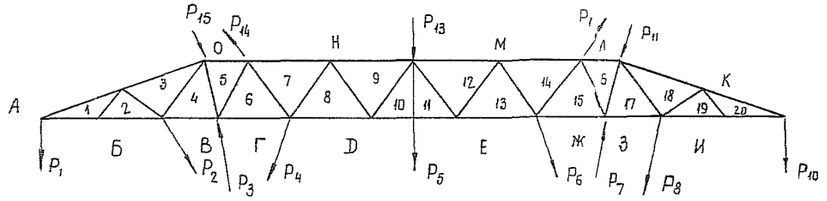
Ж-15 = -12,45 - 3,08 = -15,53 т

З-17 = -13,35 - 1,33 = -14,68 т

И-19 = -8,65 т

И-20 = -8,65 т

Усилия в элементах траверсы (Аварийный режим III-1)



В 1 см – 2 т

/. В приведении к боковой грани в 1 см – 1 т

$P_1 = 1,18$ т

$P_2 = \frac{7,5 \times 32,5}{33,25} = 7,33$ т

$P_3 = 21,2$ т

$P_4 = \frac{12,76 \times 28,98}{29,82} = 12,35$ т

$P_5 = 2,10$ т

$P_6 = \frac{5,53 \times 28,98}{29,82} = 5,37$ т

$P_7 = 17,3$ т

$P_8' = \frac{5,92 \times 28,64}{31,88} = 5,31$ т

$P_8'' = \frac{0,23 \times 32,5}{33,25} = 0,22$ т

$P_8 = 5,5$ т

$P_{10} = 2,10$ т

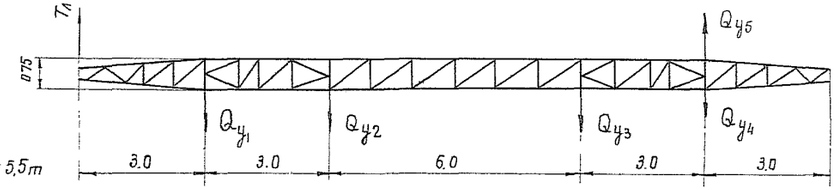
$P_{11} = \frac{0,385 \times 2}{0,9} = 0,86$ т

$P_{12} = \frac{0,385 \times 1}{0,75} = 0,52$ т

$P_{13} = 2,5$ т

$P_{14} = 0,52$ т

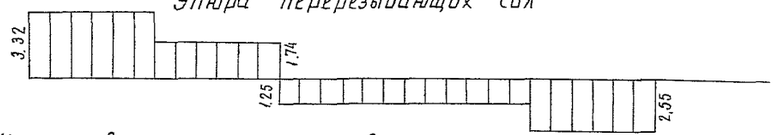
$P_{15} = 0,86$ т

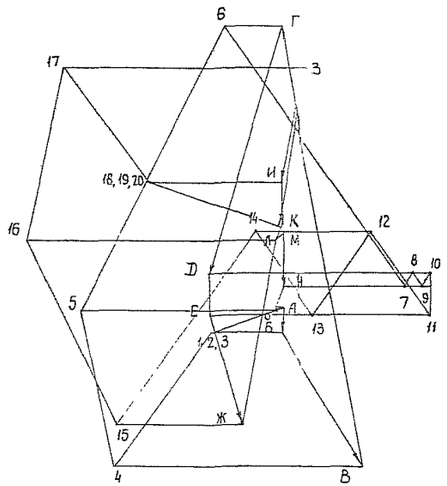


$T_л'' = 3,32$ т; $Q_{у1} = \frac{7,5 \times 7}{33,25} = 1,58$ т; $Q_{у2} = \frac{12,76 \times 7}{29,82} = 2,99$ т

$Q_{у3} = \frac{5,53 \times 7}{29,82} = 1,30$ т; $Q_{у4} = \frac{0,23 \times 7}{33,25} = 0,05$ т; $Q_{у5} = \frac{5,92 \times 14}{31,88} = 2,60$ т

Эпюра перерезывающих сил





Усилия в поясах и раскосах

Б-1 = -1,65 т	А-1 = 1,85 т	1-2 = 0
Б-2 = -1,65 т	А-3 = 1,85 т	2-3 = 0
В-4 = -5,9 т	О-5 = 4,65 т	3-4 = -4,0 т
Г-6 = -1,4 т	Н-7 = -3,0 т	4-5 = -3,8 т
Д-8 = 4,9 т	Н-9 = -3,4 т	5-6 = -7,65 т
Д-10 = 5,35 т	М-12 = -2,2 т	6-7 = -7,6 т
Е-11 = 5,35 т	М-14 = 0,7 т	7-8 = -0,4 т
Е-13 = 2,55 т	Л-16 = 6,0 т	8-9 = -0,4 т
Ж-15 = -2,9 т	К-18 = 3,3 т	9-10 = -0,4 т
З-17 = -5,75 т	К-20 = 3,3 т	10-11 = -1,0 т
И-19 = -3,15 т		11-12 = -2,45 т
И-20 = -3,15 т		12-13 = -2,45 т
		13-14 = -2,45 т
		14-15 = 5,65 т
		15-16 = -4,90 т
		16-17 = -4,20 т
		17-18 = 3,40 т
		18-19 = 0
		19-20 = 0

Усилия в поясах от перерезывающих сил вдоль оси „у"

$Б-1 = Б-2 = \frac{3,32 \times 3,0}{0,72} = 13,80$ т

$В-4 = \frac{3,32 \times 4,3}{0,72} - \frac{1,58 \times 1,3}{0,72} = 19,80 - 2,86 = 16,94$ т

$Г-6 = \frac{3,32 \times 6,0}{0,72} - \frac{1,58 \times 3}{0,72} = 27,60 - 6,60 = 21,0$ т

$Д-8 = \frac{3,32 \times 8}{0,72} - \frac{1,58 \times 5}{0,72} - \frac{2,99 \times 1}{0,72} = 36,9 - 10,8 - 8,3 = 17,8$ т

$Д-10 = \frac{3,32 \times 9}{0,72} - \frac{1,58 \times 6}{0,72} - \frac{2,99 \times 3}{0,72} = 41,50 - 13,20 - 12,5 = 15,8$ т

$Е-11 = \frac{2,55 \times 6}{0,72} - \frac{1,3 \times 3}{0,72} = 21,2 - 5,4 = 15,8$ т

$Е-13 = \frac{2,55 \times 5}{0,72} - \frac{1,3 \times 2}{0,72} = 17,8 - 3,6 = 14,2$ т

$Ж-15 = \frac{2,55 \times 3}{0,72} = 10,6$ т

$З-17 = \frac{2,55 \times 1,3}{0,72} = 4,60$ т

И-19 = 0

И-20 = 0

Суммарные усилия.

Б-1 = -1,65 - 13,80 = -15,45 т

Б-2 = -1,65 - 13,80 = -15,45 т

В-4 = -5,90 - 16,94 = -22,84 т

Г-6 = -1,40 - 21,0 = -22,40 т

Д-8 = 4,90 + 17,8 = 22,7 т (12,9 т)

Д-10 = 5,35 + 15,8 = 21,15 т (-10,45 т)

Е-11 = 5,35 + 15,8 = 21,15 т (-10,45)

Е-13 = 2,55 + 14,2 = 16,75 т (-11,65 т)

Ж-15 = -2,9 - 10,6 = -13,5 т

З-17 = -5,75 - 4,60 = -10,35 т

И-19 = -3,15 т

И-20 = -3,15 т

Для поясов нижней грани расчётной является схема III(1) III р-н гололёд

$U_1 = 22,4$ м – средняя часть траверсы (см. лист 83)

∠ 90×7; $F = 12.3$ см^2; $\ell = 162$ см; $z_x = 2.77$ см;

$\lambda = \frac{162}{2,77} = 58,5$; $\varphi = 0,865$; $m = 1.0$;

$$\sigma = \frac{22400}{0.865 \times 12.3} = 2095 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

$U_2 = 15,45$ м – консольная часть траверсы (см. лист 83)

∠ 80×6; $F = 9.38$ см^2; $\ell = 150$ см; $z_x = 2.47$ см;

$\lambda = \frac{150}{2.47} = 60,5$; $\varphi = 0,858$; $m = 1.0$;

$$\sigma = \frac{15450}{9.38 \times 0,858} = 1915 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

Для поясов верхней грани расчётной является схема II, IV р-н гололёда

$U_3 = 13.55$ м – средняя часть траверсы (см. лист 82)

∠ 80×6; $F = 9.38$ см^2; $F_{нт} = 9.38 - 2.1 \times 0.6 = 8.12$ см^2;

$$\sigma = \frac{13.550}{8.12} = 1670 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

$U_4 = 10.1$ м – для тяг траверсы (см. лист 82)

∠ 63×5; $F = 6.13$ см^2; $F_{нт} = 6.13 - 2.1 \times 0.5 = 5.08$ см^2

$$\sigma = \frac{10100}{5.08} = 1985 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

Для раскосов боковой грани расчётными являются схема II IV рн гололёда и схема III(1), III р-н. гололёда

Раскос D_2 $D_2 = 5.0$ м : Схема II

∠ 63×5; $F = 6.13$ см²; $F_{нт} = 5.08$ см²:

$$\sigma = \frac{5000}{5.08} = 985 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления раскоса необходимо 2 болта М20; $N_{см} = 3.40 \times 2 = 6.8$ т; $N_{ср} = 4.08 \times 2 = 8.16$ т

Раскос D_3 $D_3 = 10.6$ т Схема II

∠ 90×7 ; $F = 12,3$ см²; $\ell = 143$ см; $r_{min} = 1.78$:

$\lambda = \frac{143}{1.78} = 81$; $\varphi = 0.744$; $m = 0.75$;

$$\sigma = \frac{10600}{12.3 \times 0,744 \times 0.75} = 1545 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления необходимо 3 болта М20

$N_{ср} = 4.08 \times 3 = 12,24$ т

$N_{см} = 4.76 \times 3 = 14,28$ т

Раскос D_4 $D_4 = 7.65$ т; Схема III (1)

∠ 80×6; $F = 9,38$ см²; $\ell = 157$ см; $r_{min} = 1.58$;

$\lambda = \frac{157}{1,58} = 100$; $\varphi = 0.60$; $m = 0.75$;

$$\sigma = \frac{7650}{9,38 \times 0,60 \times 0.75} = 1825 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления необходимо 2 болта М20

$N_{ср} = 4,08 \times 2 = 8.16$ т

$N_{см} = 4.08 \times 2 = 8.16$ т

Раскос D_5 $D_5 = 8.25$ т Схема II

∠ 63×5; $F = 6,13$ см²; $F_{нт} = 5.08$ см²;

$$\sigma = \frac{8250}{5.08} = 1625 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления необходимо 3 болта М20

$N_{ср} = 3 \times 3.40 = 10.20$ т

$N_{см} = 3 \times 4.08 = 12.24$ т

Раскос D_6 $D_6 = 4.9$ м Схема II

$\angle 63\times5$; $F = 6,13$ см^2; $l_p = 172$ см; $z_{min} = 1,25$;

$m = 0.75$; $\lambda = \frac{173}{1.25} = 138$;

$\frac{i_n}{l_p} = \frac{J_{n\,min} \cdot l_p}{J_{p\,min}\, l_n} = \frac{23.5\times173}{9.52\times200} \cong 2.0$ $\varphi_p = 0.77$;

$\lambda_p = \varphi_p \lambda = 0,77\times138 = 105$; $\varphi = 0.552$;

$$\sigma = \frac{4900}{6,13\times0,552\times0.75} = 1935 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления необходимо 2 болта М20

$N_{см} = 3.40\times2 = 6.8$ т

$N_{ср} = 4.08\times2 = 8,16$ т

Раскос D_7 $D_7 = 4.9$ м; Схема II

$\angle 63\times5$; $F = 6.13$ см^2; $F_{нт} = 5,08$ см^2;

$$\sigma = \frac{4900}{5.08} = 965 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления выбираем 2 болта М20

$N_{см} = 6,8$ т; $N_{ср} = 8.16$ т;

Проверка болтов соединений

1. Стык нижних поясов средней и крайней секции: $U_4 = 15.45$ т

Болты $4\times$ М20 $N_{ср} = 4.08\times4 = 16.32$ т

$N_{см} = 4.08\times4 = 16.32$ т

2. Стык верхнего пояса с тягой

$U_6 = 10.1$ т; Болты $3\times$ М20

$N_{ср} = 4.08\times3 = 12.24$ т

$N_{см} = 3.40\times3 = 10,20$ т

3. Узел соединения раскосов D_3 и D_4

$\Sigma U_б = D_{3Σ} + D_{4Σ} + U_{7Σ} = 8.6\,т$

3 болта М20 $N_{ср} = 3 \times 4.08 = 12.24\,т$

$N_{см} = 12,24\,т$

4. Узел соединения раскосов D_4 и D_5

$\Sigma U_б = D_{4Σ} + D_{5Σ} = 8.1\,т$

3 болта М20 $N_{ср} = 12,24\,т$

5. Узел соединения раскосов D_2 и D_3

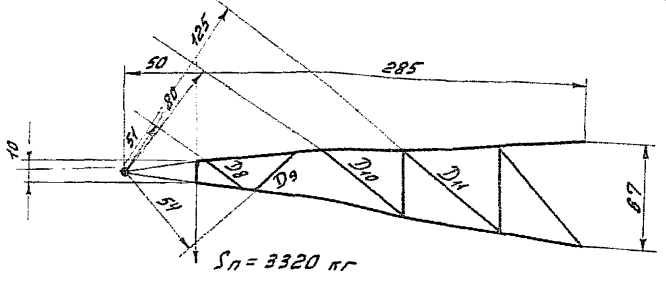
$\Sigma U_б = D_{4\text{-}5Σ} + D_{5\text{-}6Σ} = 12,2\,т$

3 болта М20 $N_{ср} = N_{см} = 12,24\,т$

Расчёт раскосов нижней грани

Для раскосов нижней грани расчётными являются схема III(1) и схема II

1. Раскосы консольной части. Схема III(1)



$D_8 = \frac{3.32 \times 50}{51} = 3,25\,т$

$D_9 = \frac{3,32 \times 50}{54} = 3,07\,т$

$D_{10} = \frac{3,32 \times 50}{80} = 2.07\,т$

$D_{11} = \frac{3,32 \times 50}{125} = 1,33\,т$

Максимальное усилие в раскосах 3.25 т

Необходим 1 болт М20 $N_{см} = 3.2\,т$

2. Раскосы средней части траверсы

$D_{12} = \frac{Q \cdot l_{pc}}{2 \cdot b} + \frac{N \cdot l_{pc}}{2 \cdot d}$; Схема III (1)

$Q = 1.74\,m$

$N = \frac{T_3 \times 16,5}{33,25} = 3,72\,m$; $b = \frac{67-8}{2} = 29,5\,cm$;

$l_{pc} = 72\,cm$; $d = 65\,cm$;

$D_{12} = \frac{1.74 \times 72}{2 \times 29.5} + \frac{3.72 \times 72}{2 \times 65} = 2,12 + 2,06 = 4,18\,m$

2L 56×5 $F = 2 \times 5,41 = 10,82\,cm^2$;

Выбираем один болт М20 двухсрезный;

$N_{cp} = 8,16\,m$ $N_{cm} = 4.56\,m$

$D_{13} = \frac{Q \cdot l_{pc}}{b}$; Схема II $Q = 2.3\,m$

$l_{pc} = 75\,cm$; $b = 67\,cm$

$D_{13} = \frac{2.3 \times 75}{67} = 2.58\,m$ $\angle 56 \times 5$; $F = 5.41\,cm^2$;

Необходим 1 болт М20

$D_{14} = \frac{2.3 \times 102}{67} = 3.51\,m$

$l_{pc} = 102\,cm$; $b = 67\,cm$; $Q = 2.3\,m$ Схема II

Необходим болт М20 с обрезом 2d

$N_{cm} = 3,8\,m$; $N_{cp} = 4.08\,m$;

$D_{15} = \frac{Q_2 \cdot l_{pc}}{2 \cdot b} + \frac{N \cdot l_{pc}}{2 \cdot d}$ Схема II

$Q = 2.30\,m$; $N = \frac{13.08 \cdot 7.5}{29.82} = 3.33\,m$; $l_{pc} = 69\,cm$; $b = 29,5\,cm$

$D_{15} = \frac{2.30 \cdot 69}{29.5 \times 2} + \frac{3.33 \times 69}{2 \times 62} = 2,78 + 1.82 = 4.60\,m$ $d = 62\,cm$;

2L 56×5; $F = 10.82\,cm^2$;

Необходим один двухсрезный болт М20

$N_{cp} = 8.16\,m$

$N_{cm} = 4,56\,m$

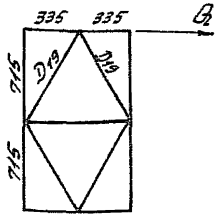
$D_{16} = \frac{Q \cdot l_{pc}}{b}$; $Q = 1.25\,m$ – Схема III-1

$D_{16} = \frac{1.25 \times 117}{67} = 2.18\,m$

$D_{17} = \frac{1.25 \times 120}{67} = 2.24\,m$ $D_{18} = D_{16} = 2.18\,m$

Необходим один болт М20

Расчёт диафрагм



Схема–IV

$D_{19} = \frac{Q \cdot l_{pc}}{2b}$

$Q = \frac{S_T}{2} + \frac{S_T \cdot 0.5}{2 \cdot 0.2} = 0,75 + 1,88 = 2.63\,m$

$l_{pc} = 79\,cm$; $b = 33,5\,cm$;

$D_{19} = \frac{2.63 \times 79}{33.5 \cdot 2} = 3,07\,m$

L 56×5; Необходим один болт М20 $N_{CM} = 3,2\,m$

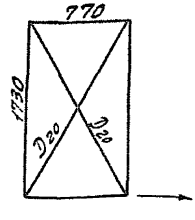


Схема II

$D_{20} = \frac{Q l_{pc}}{2b}$

$Q = \frac{Q_{42}}{2} = \frac{3.07}{2} = 1.54\,m$;

$b = 77\,cm$; $l_{pc} = 189\,cm$;

$D_{20} = \frac{1.54 \times 189}{2 \times 77} = 1.89\,m$ L 56×5

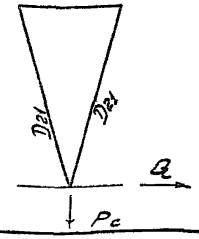


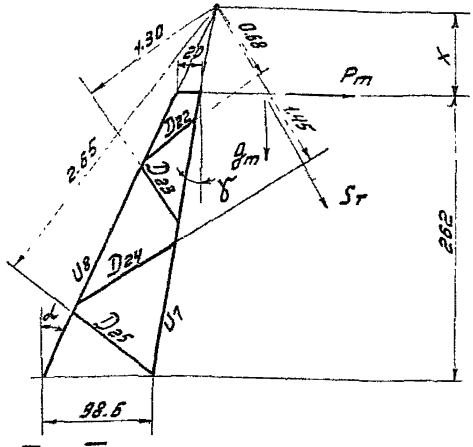
Схема II $P_c = 6,69\,m$

$D_{21} = \frac{6.69 \cdot 145}{2 \times 140} = 3,44\,m$

Схема III (1) $Q = 1.25\,m$

$D_{21} = \frac{1.25 \cdot 145}{2 \times 0.385} = 2.71\,m$

Расчёт тросостойки



$tg\gamma = \frac{0.55}{2.62} = 0,211$

$\cos\gamma = 0,979$

$tg\alpha = \frac{1.35}{2.62} = 0.52$

$\cos\alpha = 0,887$

$X = \frac{5240}{78.6} = 67$

Схема II IV р-н гололёда

$P_m = 0.65m$; $g_m = 1.945m$; $C_{тр} = 0.15m$

$M_{изг} = P_r \cdot 2.62 + g_r \times 2.0 = 0.65 \times 2.62 + 1.945 \times 2 = 4.55$ тм

$U_7 = \frac{4.55}{2 \times 0.986 \times 0.979} + \frac{1.93 + 0.15}{4 \times 0.979} = 2.36 + 0.53 = 2.89\ m$

Усилия в раскосах

$M_{изг} = 1.93 \times 0.3 + 0.65 \times 0.67 = 0.58 + 0.45 = 1.03$ тм

$D_{22} = \frac{1.03}{0.68} = 1.62\ m$ $\quad D_{23} = \frac{1.03}{1.3} = 0,8\ m$

$D_{24} = \frac{1.03}{1.45} = 0,71\ m$ $\quad D_{25} = \frac{1.03}{2.65} = 0,39\ m$

Схема IV III р-н гололёда

$M_{кр} = 1.5 \times 0,57 = 0,855$ тм

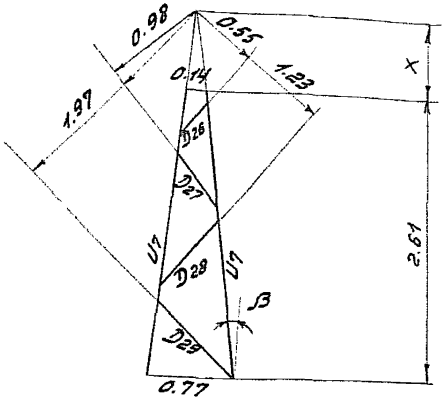
$T = \frac{0.855}{2 \times 0.14} = 3.05\ m$

$M_{изг} = 3.05 \times 0.87 = 2.67$ тм

$D_{22} = \frac{2.67}{0.85} = 3.14\ m$ $\quad D_{23} = \frac{2.67}{1.53} = 1.74m$

$D_{24} = \frac{2.67}{1.75} = 1.53m$ $\quad D_{25} = \frac{2.67}{2.93} = 0.91m$

Раскосы передней грани тросостойки



$tg\beta = \frac{0.315}{2.61} = 0.119$

$Cos\beta = 0.993$

$X = \frac{3660}{63} = 0.58$

Схема IV, III р-н гололёда

$S_T = 1500$ кг $\quad g_T = 389$ кг $\quad C_{1,тр} = 150$ кг

$M_{изг} = 1.5 \times 2.61 + 0.38 \times 0.5 \times 0.5 = 3.92 + 0.1 = 4.02$ тм

$U_7 = \frac{4.02}{2 \times 0.70 \times 0.993} + \frac{0.15 + 0.380}{4 \times 0.993} = 2.89 + 0.12 = 3.01$ т

$M_{кр} = 0.855$ тм $\quad T = \frac{0.855}{2 \times 0.25} = 1.71$ т

$\frac{S_T}{2} + T = 0.75 + 1.71 = 2.46$ т

$D_{26} = \frac{2.46 \times 0.58}{0.55} = 2.60$ т

$D_{27} = \frac{2.46 \times 0.58}{0.98} = 1.46$ т

$D_{28} = \frac{2.46 \times 0.58}{1.23} = 1.16$ т

$D_{29} = \frac{2.46 \times 0.58}{1.97} = 0.72$ т

Расчёт оттяжек

Оттяжки 2 и 5

Максимальное усилие в оттяжке

$T_5 = 13,96$ т - Схема I

Выбираем для оттяжки двойной канат

ф15,5 (15,5-Г-В-СС-Р-140 по ГОСТ 3064-66 г)

Несущая способность оттяжки по канату

$R = 2 \cdot R_p \cdot K_1 \cdot m_1 \cdot m_2$

$K = 0,8$ - коэффициент однородности материала

$m_1 = 0,8$ - коэффициент условий работы материала в конструкции

$m_2 = 0,9$ - коэффициент условий работы оттяжки

$R_p = 16,7$ т - расчётное разрывное усилие каната в целом

$R = 2 \times 16.7 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.9 = 19,15$ т $> T_5 = 13.96$ т

Оттяжки 1, 3, 4, 6

Максимальное усилие в оттяжке

$T_4 = 9,87$ т - схема III (г)

Выбираем для оттяжки одиночный канат

ф15.5 (15,5-Г-В-СС-Р-140 по ГОСТ 3064-66 г)

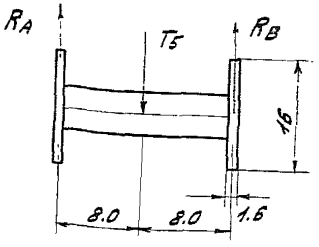
$m_1 = 0,8$; $m_2 = 1,0$; $K = 0.8$

$R_p = 16,7$ т

$R = 16,7 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,0 = 10,7$ т $> 9,87$ т $= T_4$

Расчет узлов крепления оттяжек

1. Узел крепления оттяжки 5 (Схема 1).



$$R_A = R_B = \frac{T_5}{2} = \frac{13.96}{2} = 6.98\,т$$

Для вала

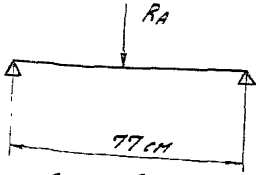
$$M = \frac{T_5 \cdot \ell}{4} = \frac{13960 \times 16}{4} = 55840\,кг\,см$$

Схема работы ребро-балки

Вал ф 8 см

$$W = 0.1 d^3 = 51,2\,см^3$$

$$\sigma = \frac{55840}{51.2} = 1090\,кг/см^2$$



Для ребро-балки $M = \frac{R_a \cdot 77}{4} = \frac{6980 \times 77}{4} = 134\,000\,кг/см$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{1.6 \times 16 \times 16}{6} = 68,3\,см^3;$$

$$\sigma = \frac{134\,000}{68.3} = 1965\,кг/см^2 < 2100\,кг/см^2$$

2. Узел крепления оттяжек 3,4 (1,6)

Расчёт скобы ф 30 мм

$T_4 = 9.87\,т$; $T_{4z} = 8,68\,т$; $T_{4x} = 1.86\,т$; $T_{4y} = 4,33\,т$

$$T_{расч} = \sqrt{T_{4z}^2 + T_{4y}^2} = 9.70\,т$$

$$M = \frac{T_{расч} \times 0.4}{2} + \frac{T_{4x} \cdot 4}{4} = \frac{9.70 \times 0.4}{2} + \frac{1.86 \times 4}{4} = 1940 + 1860 = 3800\,кг\,см$$

$$\sigma = \frac{9700}{2 \times 7.06} + \frac{3800}{2.7} = 690 + 1405 = 2095\,кг/см^2 < 2100\,кг/см^2$$

$T_3 = 7.5\,т$ - Схема III (1) $T_{3z} = 6.32\,т$; $T_{3x} = 3.73\,т$; $T_{3y} = 1.58\,т$

$T_{3\,расч} = 6.5\,т$; $M = \frac{6500 \times 0.5}{2} + \frac{3730 \times 3}{4} = 1625 + 2790 = 4415\,кг\,см$

$$\sigma = \frac{6500}{2 \times 7.06} + \frac{4415}{2.7} = 425 + 1635 = 2060\,кг/см^2$$

Ребро-балка Схема III (г)

$R_A = \frac{(7.54 + 3.36)\ 9}{16} = 6.12\ т$

$M = \frac{6120 \times 77}{4} = 120\,000\ кг\,см;$ $W = 68.3\ см^3;$

$\sigma = \frac{120\,000}{68.3} = 1760\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2;$

Расчёт фундамента под стойку на местное сжатие

1. С одной металлической подкладкой $\delta = 25$мм

Бетон фундамента марки „300"

$N \leq \varphi R_{см} F_{см};$ $N = 53.85\ т$ (схема)

$F_{см} = (4{,}5 + 2 \times 1 \times 2{,}5) \times (2 \times 16.5 + 2 \times 1 \times 2{,}5) = 9{,}0 \times 38{,}0 = 342\ см^2$

$F_{ф\text{-}та} = 40 \times 40 = 1600\ см^2$

$R_{см} = \gamma R_{пр};$ $R_{пр} = 130\ кг/см^2;$ $\gamma = \sqrt[3]{\frac{F_{ф\text{-}та}}{F_{см}}} = \sqrt[3]{\frac{1600}{342}} = 1{,}66$

$R_{см} = 1{,}66 \times 1{,}30 = 216\ кг/см^2;$ $\varphi = 1{,}0;$

$[N] = 1.0 \times 216 \times 342 = 73900\ кг = 73{,}9\ т > N = 53{,}85\ т$

2. С одной металлической подкладкой $\delta = 25$мм

Бетон фундамента марки „200"

$F_{см} = (4{,}5 + 2 \times 1 \times 2{,}5) \times (2 \times 16.5 + 2 \times 1 \times 2{,}5) = 9.5 \times 38.0 = 361\ см^2$

$F_{ф\text{-}та} = 1600\ см^2;$ $\gamma = \sqrt[3]{\frac{1600}{361}} = \sqrt[3]{4.43} = 1.64$

$R_{пр} = 80\ кг/см^2 \times 1{,}1 = 88\ кг/см^2;$ $R_{см} = 1.64 \times 88 = 144\ кг/см^2$

$[N] = 144 \times 361 = 52{,}0\ т$

Перегрузка $\frac{53.85 - 52.0}{52.0} \times 100 = 3{,}66\ \%$ меньше 5%

Расчёт опоры П 330-5

Выполнили рук. группы Г. В. Соловаров

Г. В. Иванова

gost.e-ecolog.ru

* 1,1 – коэффициент, учитывающий заводское изготовление фундамента см п 3.3 в. гл. СНиП II-В.1-62