

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

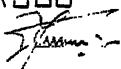
3.407-100

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 4

РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР

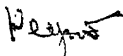
ВЛ 330

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА



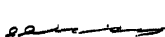
/С. РОКОТЯН /

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА



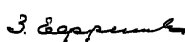
/М. РЕУТ /

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ
ИНСТИТУТА



/А. ЛЕВИН /

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ
ИНСТИТУТА ПО ВЛ



/В. ВСЕВОЛОДОВ /

МОСКВА - 1973

N 3080	ТМТ 4	Лист
		2/36

МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ССРС
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

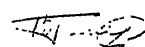
РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 4

РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР
ВЛ 330

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

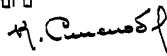
 / К. Крюков /

И.О. НАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА

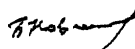
 / В. Гальперин /

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО

ПРОЕКТИРОВАНИЯ

 / К. Синеловов /

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА

 / Б. Новгородцев /

ЛЕНИНГРАД 1973 г.

N3080ТМ-Т 4	Лист 3/86
-------------	--------------

Аннотация.

В настоящем томе приводятся расчеты свободностоящих промежуточных опор

ВЛ 330 кВ: одноцепной П 330-3, двухцепной П 330-2, а также промежуточных опор на оттяжках — одностоечный П 330-1 и V — образной "Набла" П 330-5.

Опоры П 330-3, П 330-2 и П 330-5 рассчитаны на нагрузки при подвеске проводов, марки 2х АСО-300 и 2х АСО-400 по ГОСТ 839-59 в I — IV районах гололедности и в III ветровом районе.

Опора П 330-1 рассчитана на нагрузки при подвеске проводов марки 2х АСО-300 и 2х 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 № 113 от 7 сентября 1967 г 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 ПЗЗ0-3, ПЗЗ0-2

	<u>Листы</u> <u>9 ÷ 10</u>
1. Эскизы опор	
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

ПЗЗ0-5

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 П 330-5:
листы 55-86

Расчетный лист № 3080 тм-т 8-38

- 2) для опоры П 330-3:

листы: 9, 11, 12, 15, 17, 19 ÷ 21,

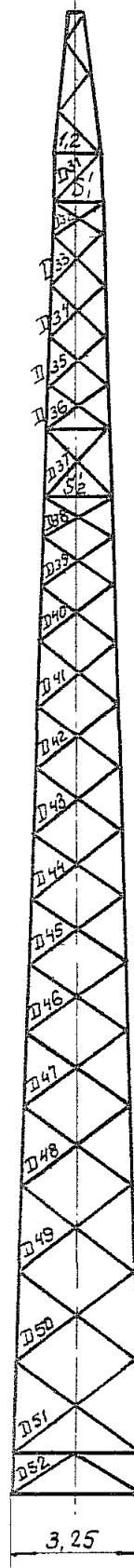
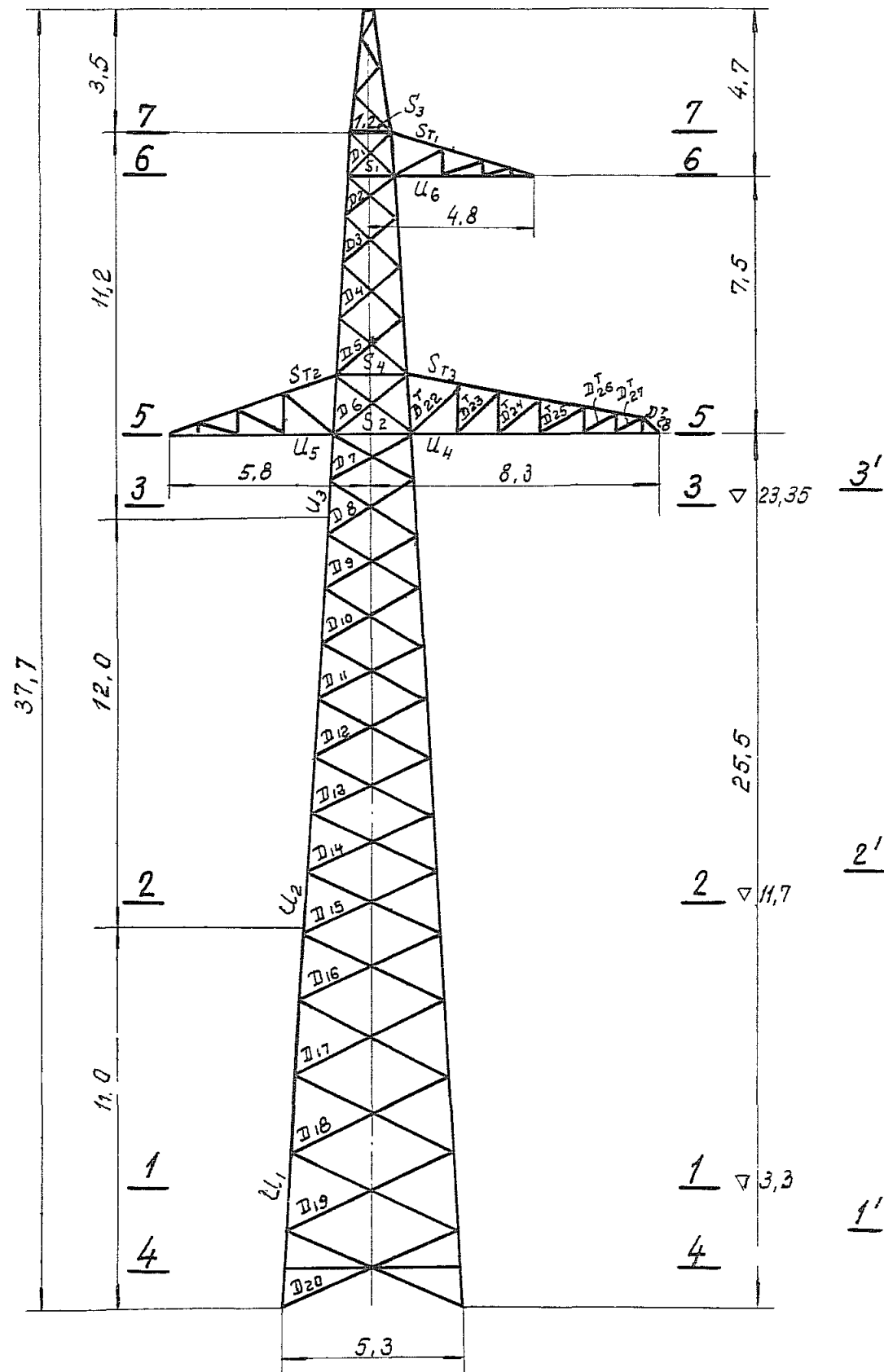
26 ÷ 33, 42 ÷ 44, 47, 48, 51, 52

Расчетный лист № 3080 тм-т 8-15

- 3) для опоры П 330-2:

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

Расчетный лист № 3080 тм-т 8-16

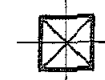


3' ▽ 24,0

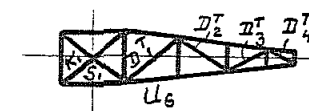
2' ▽ 12,6

1' ▽ 2,2

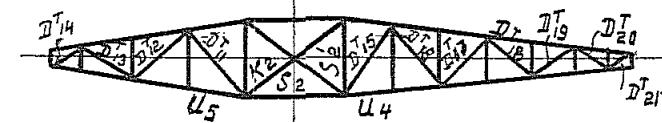
Сечение 7-7



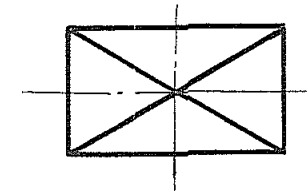
Сечение 6-6



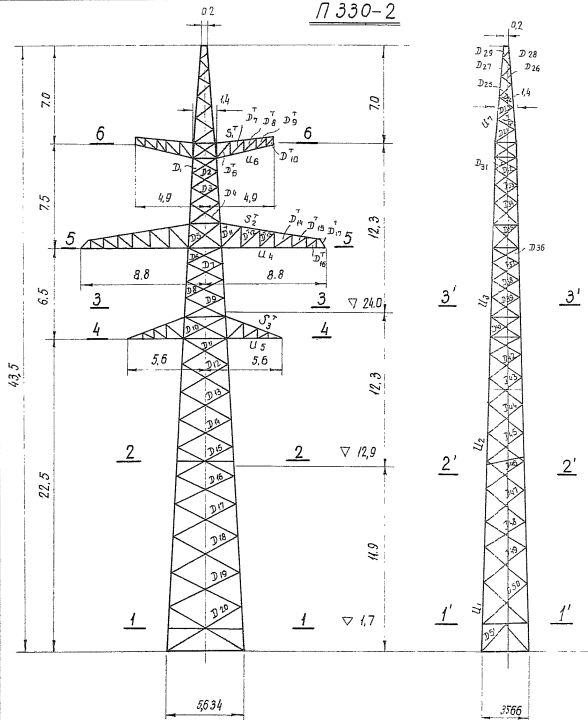
Сечение 5-5



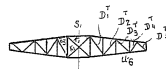
Сечение 4-4



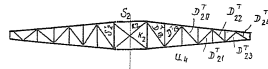
П 330-2



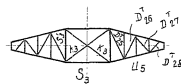
Сечение 6-6



Сечение 5-5



Сечение 4-4



Сечение 2-2



Сечение 1-1



Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 330 кВ ПЗ30-3

№ 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		
						450 м			450 м			450 м			450 м			450 м			450 м		
						Р _{ветер}			Р _{вес.}			Р _{ветер}			Р _{вес.}			Р _{ветер}			Р _{вес.}		
						565 м			565 м			565 м			550 м			565 м			565 м		
450 м			450 м			—			440 м			450 м			—								
						нормат.	П	расчетн.	норм.	П	расчетн.	нормат.	П	расчетн.	нормат.	П	расчетн.	норм.	П	расчетн.	норм.	П	расчетн.
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0$ $q_n^H = 50 \text{ кг/м}^2; q_T^H = 16 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n P_T	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.	q_n q_T	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.	q_r	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	q_n+q_r q_T	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	—	380
I ^a	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под $\angle 45^{\circ}$ к оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0$ $q_n^H = 50 \text{ кг/м}^2; q_T^H = 16 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n P_T	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.	q_n q_T	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.	q_r	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	q_n+q_r q_T	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	1,1	380
II	Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 5 \div 10$ $q_n^H = 125 \text{ кг/м}^2; q_T^H = 19 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n P_T	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.	q_n q_T	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	q_r	450	2,0	900	510	2,0	1020	130	2,0	260	1040	2,0	2080	1190	2,0	2380	335	2,0	670
				Суммарная вертикальная нагрузка.	q_n+q_r q_T	1835	—	2430	2325	—	3025	475	—	640	2390	—	3565	3005	—	4385	680	—	1050

Нагрузки на оплеточную промежуточную опору ВЛ 330 кВ. ПЗ30-3.

Продолжение таблицы №1

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Р и δ нагрузок	Объемы	I район гололеда									II район гололеда								
						2хАСО-300			2хАСО-400			С-70			2хАСО-300			2хАСО-400			С-70		
						нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.
						нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t = -5^{\circ}\text{C}$ $C=0$ $g_H=0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1940	1,3х 0,8=1,04	2020	2460	1,3х 0,8=1,04	2560	—	—	—	2380	1,3х 0,8=1,04	2480	3075	1,3х 0,8=1,04	3200	—	—	—
				Вес пролета провода троса	g_n g_r	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_r	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	g_n+g_r g_r	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.	$t = -5^{\circ}\text{C}$ $C=0$ $g_H=0$		Тяжение троса при обрыве	S_T	—	—	—	—	—	—	1440	1,3х 0,8=1,04	1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	g_n g_r	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_r	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	g_n+g_r g_r	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	1,1	380

ПРИМЕЧАНИЯ:

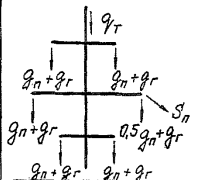
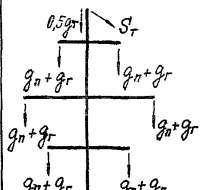
- Высота центра тяжести троса $H_{Tr}=27,5\text{ м}$.
Нормативный скоростной напор $q_T^H=1,32 \times 50=76,0 \text{ кг/м}^2$
- Высота центра тяжести провода $H_{Pr}=14,8\text{ м}$, $q_n^H=50 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
- Максимальное допускаемое напряжение в тросе в I ÷ II районах гололеда $\sigma_{тек}=40 \text{ кг/мм}^2$.
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

Нагрузки на двухцепную промежуточную опору ВЛ 330 кВ. Шифр ПЗ30-2.

Таблица N 2

N схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн	I район гололеда									II район гололеда									III район гололеда									IV район гололеда									Таблица N 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						2хАСО-300			2хАСО-400			С-70			2хАСО-300			2хАСО-400			С-70			2хАСО-300			2хАСО-400			С-70			2хАСО-300			2хАСО-400			С-70			2хАСО-300			2хАСО-400			С-70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						495 м									495 м									495 м									495 м									495 м									495 м									495 м									495 м									495 м									495 м									495 м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м									395 м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
						нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат	п	расчет	нормат

продолжение таблицы N 2

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	продолжение таблицы N 2																																							
						I район гололеда								II район гололеда								III район гололеда								IV район гололеда															
						2 x ACO-300				2 x ACO-400				C-70				2 x ACO-300				2 x ACO-400				C-70				2 x ACO-300				2 x ACO-400				C-70							
						395 м								395 м								395 м								395 м															
						495 м								495 м								495 м								495 м															
						395 м				390 м				395 м				—				340 м				365 м				—				380 м				415 м				415 м			
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет	норм.	п	расчет				
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5^{\circ}\text{C}; c=0; q^H=0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1890	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	1965	2440	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	2540	—	—	—	2365	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	2460	2880	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	3100	—	—	—	2365	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	2460	3190	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	3320	—	—	—	2365	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	2460	3190	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	3320	—	—	—				
				Вес пролета про- вода, троса	g_n g_T	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_r	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 верти- кальная нагрузка	g_n+g_r g_T	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 макси- мального тяже- ния	$t=-5^{\circ}\text{C}; c=0; q^H=0$		Тяжение троса при обрыве	S_T	—	—	—	—	—	1440	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	1500	—	—	—	—	—	1440	$1,3 \times 10,8 = 1,04$	1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
				Вес пролета про- вода, троса	g_n g_T	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_r	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 верти- кальная нагрузка	g_n+g_r g_T	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.																																													

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

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

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

$$q_n^H = 60 \text{ кг/м}^2$$

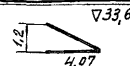
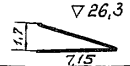
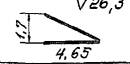
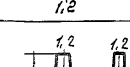
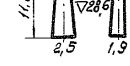
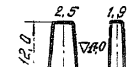
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания $k=0,8$.

4. Максимальное напряжение в тросе $\sigma_{T, \max} = 40 \text{ кг/мм}^2$.

5. Нагрузки округлены до значения кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкцию опоры ГЗЗ-З по схемам I и I^а

Таблица N 3

Наименование сечений	Эскиз и средняя отметка сечения (м)	Коэффициент учета влияния скорости ветра напора по высоте	Нормативный напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов формы ϕ_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент изменения ϕ_i $\phi = \frac{\phi_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент плоской формы $C_{\phi} = C_{\phi 1} + C_{\phi 2}$	λ	Аэродинамический коэффициент пространственной формы $C_{\phi} = C_{\phi 1} + C_{\phi 2}$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф-фици. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф-фици. динамики $\beta \gamma$ и коэф-фици. порывистости $\tau = 1,2$ (кг)				
										При ветре и траверсе $P = q_0 C_{\phi} S$	При ветре под $\angle 45^\circ$ $P_{\perp} = 0,8 P$	При ветре и траверсе $P = q_0 C_{\phi} S \beta \gamma$	При ветре под $\angle 45^\circ$ $P_{\perp} = 0,8 P$	При ветре под $\angle 45^\circ$ $P_{\parallel} = 0,8 P$		
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	
Тростяной ствол		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	$\frac{4,61}{4,36}$	$\frac{20,8}{17,4}$	$\frac{0,22}{0,25}$	$\frac{0,31}{0,35}$	$\frac{0,79}{0,74}$	$\frac{0,55}{0,61}$	$\frac{(880)}{820}$	705	660	1330	1150	1070	
Средняя секция		1,14	57	$\frac{5,78}{5,00}$	$\frac{39,0}{27,0}$	$\frac{0,15}{0,18}$	$\frac{0,21}{0,25}$	$\frac{0,91}{0,86}$	$\frac{0,40}{0,47}$	$\frac{(890)}{720}$	710	580	1170	1150	940	
Нижняя секция		1,0	50	$\frac{6,35}{5,26}$	$\frac{51,2}{32,2}$	$\frac{0,12}{0,16}$	$\frac{0,17}{0,22}$	$\frac{0,98}{0,96}$	$\frac{0,34}{0,42}$	$\frac{(870)}{680}$	695	545	1100	1130	885	
Примечания: 1. Опора рассчитана на скоростной напор 3 кг/м ² .										Литово:	2670	2665	2205	4330	4330	3580

Примечания:

- Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м^2 на высоте до 15 м.
- Ветровые нагрузки на траверсы P_{τ} , указанные в скобках, определены при направлении ветра I траверсе. При ветре I оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 P_{τ} .
- При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси ВЛ $P_{\perp} = 0,65 P_{\tau}$, а $P_{\parallel} = 0,45 P_{\tau}$.

Сумма:

- При направлении ветра I траверсе давление ветра указано в числителе. При направлении ветра II траверсе давление ветра указано в знаменателе.

Давление ветра на конструкцию опоры ПЗ30-2 по схемам I и II

Таблица № 4

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секций (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы $\sum F_i$ (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\sum F_i}{S}$	Аэродинамический коэф. для фермы $C_x = C_z \cdot \varphi = 1,4 \cdot \varphi$	η	Аэродинамический коэф. пространств. фермы $C_{пр} = C_x (1 + \alpha)$	Нормативная ветровая нагр. без учета коэф. динамики		Расчетная ветровая нагр. с учетом коэф. динамики $\beta = 1,35$ и коэф. перегр. $\mu = 1,2$ (кг)			
										При ветре $\perp$ траверсе $P = q_0 \cdot C_{пр} \cdot S$	При ветре под 45°		При ветре $\parallel$ трав.	При ветре под 45°	
											$P_{\perp} = 0,8 P$	$P_{\parallel} = 0,8 P$		$P_p = q_0 \cdot C_{пр} \cdot S \beta \mu$	$P_{\perp} = 0,8 \cdot P_p$
Верхняя траверса		1,71	86	0,95	2,10	0,45	0,23	0,47	0,926	$75 \times 2^{(2)}$ (170)	$110 \times 2^{(3)}$	$75 \times 2^{(3)}$	120×2	180×2	120×2
Средняя траверса		1,56	78	2,15	7,95	0,27	0,378	0,765	0,669	$185 \times 2^{(2)}$ (415)	$270 \times 2^{(3)}$	$185 \times 2^{(3)}$	300×2	440×2	300×2
Нижняя траверса		1,42	71	0,81	3,08	0,26	0,364	0,75	0,637	$65 \times 2^{(2)}$ (140)	$90 \times 2^{(3)}$	$65 \times 2^{(3)}$	105×2	145×2	105×2
Траверса ка		1,8	90	1,33	5,6	0,24	0,316	0,78	0,599	300	240	240	485	390	390
Верхняя секция		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		1,29	65	7,62 6,76	43,5 30,7	0,175 0,22	0,245 0,508	0,875 0,84	0,46 0,567	1300 1130	1040	1040	1830	1690	1690
Нижняя секция		1,0	50	8,45 7,05	59,0 38,4	0,143 0,184	0,200 0,358	0,93 0,92	0,386 0,495	1140 950	910	910	1540	1475	1475
Итого										4100	4065	3775	6635	6605	6125

Примечания:

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

**Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах стболо
опоры ПЗЗ0-3.**

таблица N5

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)			Вертикаль- ные нагрузки		Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)
	От нагрузок на провода и трос M _{II}	От ветра на конструкцию опоры M _{WII}		От нагрузок на про- вода и трос M _{II}	От ветра на конструкцию опоры II траверсе M _{WII}	III траверсе M _{WII}			От нагрузок на провода и трос M _{II}	От ветра на конструкцию опоры M _{WII}	
3-3 ▽ 23,35 м b _ш = 2,5 м 3'-3' ▽ 24,0 м b _{уз} = 1,82 м cos γ _ш = 0,998 cos γ _{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 _{ш.у.} = 7,3 · 4,39 = 32,1 Σ M _{II} = 51,2	M _{WII} = $\frac{12,4}{4,8}$ = 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 _{ш.у.} = 14,6 Σ H _{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 _{WII} = 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 _{WII} = 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 _{ш.у.} = 2,0 · 7,3 = 14,6 Σ M _{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 _{WII} = 12,4	3 · 2,0 = 6,0 1 · 0,38 = 0,4 1,7 8,1
	U ₃ = $\frac{51,2 + 2,6}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,998} + \frac{16,0}{4 \cdot 0,998} = 10,8 + 4,0 = 14,8 \tau$			U ₃ = $\frac{30,9 + 10,4}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,998} + \frac{10,2}{2 \cdot 1,82 \cdot 0,999} + \frac{8,1}{4 \cdot 0,998} = 8,3 + 2,8 + 2,0 = 13,1 \tau$					U ₃ = $\frac{37,7 + 12,4}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,998} + \frac{8,1}{4 \cdot 0,998} = 10,1 + 2,0 = 12,1 \tau$		
2-2 ▽ 11,7 м b _ш = 3,92 м 2'-2' ▽ 12,6 м b _{уз} = 2,5 м cos γ _ш = 0,998 cos γ _{уз} = 0,999	3,15 × 11,65 = 36,7 3,15 M _{II} = 87,9	M _{WII} = $\frac{43,0}{4,8}$ = 9,0	16,0 2,2 18,2	2,94 × 11,65 = 34,2 2,94 M _{II} = 65,1	1,755 × 11,65 = 20,4 0,94 × 5,8 = 5,5 2,7 M _{WII} = 36,3	2,06 × 11,4 = 23,5 1,15 × 5,7 = 6,55 3,21 M _{WII} = 40,85	8,1 2,2 10,3		4,18 × 11,65 = 48,8 M _{II} = 86,5	2,06 × 11,65 = 24,0 1,17 × 5,8 = 6,6 3,23 M _{WII} = 43,0	8,1 2,2 10,3
	U ₂ = $\frac{87,9 + 9,0}{2 \cdot 3,92 \cdot 0,998} + \frac{18,2}{4 \cdot 0,998} = 12,5 + 4,6 = 17,1 \tau$			U ₂ = $\frac{65,1 + 36,3}{2 \cdot 3,92 \cdot 0,998} + \frac{40,85}{2 \cdot 2,5 \cdot 0,999} + \frac{10,3}{4 \cdot 0,998} = 13,0 + 8,2 + 2,6 = 23,8 \tau$					U ₂ = $\frac{86,5 + 43,0}{2 \cdot 3,92 \cdot 0,998} + \frac{10,3}{4 \cdot 0,998} = 16,6 + 2,6 = 19,2 \tau$		
1-1 ▽ 3,3 м. b _ш = 4,92 м 1-1' ▽ 2,2 м b _{уз} = 3,12 м cos γ _ш = 0,998 cos γ _{уз} = 0,999	3,15 × 8,4 = 26,5 M _{II} = 114,4	M _{WII} = $\frac{73,4}{4,8}$ = 15,2	1,2 2,2 20,4	2,94 × 8,4 = 24,7 M _{II} = 89,8	2,7 × 8,4 = 22,7 0,63 × 4,2 = 2,6 M _{WII} = 61,6	3,21 × 10,4 = 33,4 0,9 × 5,2 = 4,7 M _{WII} = 78,95	10,3 2,2 12,5		4,18 × 8,4 = 35,2 M _{II} = 121,7	3,23 × 8,4 = 27,2 0,77 × 1,2 = 3,2 M _{WII} = 73,4	10,3 2,2 12,5
	U ₁ = $\frac{114,4 + 15,2}{2 \cdot 4,92 \cdot 0,998} + \frac{20,4}{4 \cdot 0,998} = 13,2 + 5,1 = 18,3 \tau$			U ₁ = $\frac{89,8 + 61,6}{2 \cdot 4,92 \cdot 0,998} + \frac{78,95}{2 \cdot 3,12 \cdot 0,999} + \frac{12,5}{4 \cdot 0,998} = 15,4 + 12,7 + 3,1 = 31,2 \tau$					U ₁ = $\frac{121,7 + 73,4}{2 \cdot 4,92 \cdot 0,998} + \frac{12,5}{4 \cdot 0,998} = 19,8 + 3,1 = 22,9 \tau$		

Подсчет изгибающих моментов вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П-330-2.

Таблица № 6

Примечание:
1. Усилия в поясах ствола опоры
подсчитаны по формуле:
$$L_n = \frac{\sum M_{II}}{2 \cos \gamma} + \frac{\sum M_L}{2 \cos \gamma} + \frac{G}{4 \cos \gamma}$$

Сечения, отметки и базы	Схема I, I район гололеда			Схема I, I район гололеда			Схема II, II район гололеда		
	Изгибающие моменты (тм) от нагрузок на проводах и трос	От ветра на конструкцию опоры	Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм) от нагрузок на проводах и трос	От ветра на конструкцию опоры	Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм) от нагрузок на проводах и трос	От ветра на конструкцию опоры	Вертикальные нагрузки G (т)
3-3 ▽ 24,0 бш = 2,79 м 3'-3' ▽ 24,1 бш = 2,11 м Cos γ _ш = 0,998 Cos γ _з = 0,999	0,360 × 19,5 = 7,04 2 × 1,26 × 12,5 = 31,5 2 × 1,26 × 5,0 = 12,6 5,40 M _ш = 51,14	0,465 × 16,0 = 7,45 1,73 × 6,85 = 11,8 2 × 0,12 × 12,0 = 2,88 2 × 0,300 × 5,85 = 3,51 3,055 M _ш = 24,94	0,335 × 1 = 0,335 1,78 × 4 = 7,12 0,212 × 19,5 = 4,14	0,25 × 13,5 = 3,38 2 × 1,195 × 12,5 = 29,9 2 × 0,335 × 5,0 = 3,35 3,82 M _ш = 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 _ш = 23,49	0,330 × 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 _ш = 26,51	0,335 × 1 = 0,335 1,78 × 4 = 7,12 0,212 × 19,5 = 4,14 0,68 × 19,5 = 13,30 1,34 × 12,5 = 16,75 1,34 × 5,0 = 6,7 6,04 M _ш = 60,2 M _ш = 24,94 4,8 = 5,2	1,73 × 1 = 1,73 5,95 × 4 = 23,80 0,212 × 19,5 = 4,14 29,67	
	$L_3 = \frac{51,14 + 24,94}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{11,6}{4 \times 0,998} = 13,68 + 2,9 = 16,58 \text{ т.}$			$L_4 = \frac{36,24 + 23,49}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{26,51}{2 \times 0,998 \times 2,11} + \frac{11,6}{4 \times 0,998} = 10,72 + 6,28 + 2,9 = 19,9 \text{ т.}$			$L_3 = \frac{60,2 + 5,2}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{29,67}{4 \times 0,998} = 11,72 + 7,43 = 19,15 \text{ т.}$		
2-2 ▽ 12,9 бш = 4,08 м 2'-2' ▽ 11,9 м бш = 2,83 м Cos γ _ш = 0,998 Cos γ _з = 0,999	51,14 5,40 × 11,1 = 59,9 2 × 1,26 × 9,6 = 24,2 7,92 M _ш = 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 _ш = 71,12	11,60 2 × 1,78 = 3,56 0,212 × 11,1 = 2,36 17,52	36,24 3,82 × 11,1 = 42,5 2 × 1,195 × 9,6 = 23,1 5,1 M _ш = 95,94	23,49 2 × 0,105 × 10,35 = 2,18 1,69 × 5,55 = 9,35 2,76 × 11,1 = 30,5 4,65 M _ш = 65,52	26,51 3,15 × 12,2 = 38,4 2 × 0,145 × 10,6 = 3,07 1,69 × 6,1 = 10,3 5,13 M _ш = 68,28	11,60 2 × 1,78 = 3,56 0,212 × 11,1 = 2,36 17,52 8,72 M _ш = 153,0 M _ш = 71,12 4,8 = 1,48	29,67 5,95 × 2 = 11,90 0,212 × 11,1 = 2,36 43,93 т	
	$L_2 = \frac{135,24 + 71,12}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{17,52}{4 \times 0,998} = 25,4 + 4,38 = 29,78 \text{ т.}$			$L_5 = \frac{95,94 + 65,52}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{68,28}{2 \times 0,998 \times 2,83} + \frac{17,52}{4 \times 0,998} = 19,8 + 12,1 + 4,38 = 36,28 \text{ т.}$			$L_2 = \frac{153,0 + 1,48}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{43,93}{4 \times 0,998} = 20,5 + 11,05 = 31,55 \text{ т.}$		
1-1 ▽ 1,7 бш = 5,54 м бш = 3,46 м Cos γ _ш = 0,998 Cos γ _з = 0,999	135,24 7,92 × 11,2 = 88,9 M _ш = 224,14 7,92 т	71,12 5,1 × 11,2 = 57,1 1,54 × 5,6 = 8,62 6,64 M _ш = 136,84	17,52 0,212 × 11,2 = 2,38 19,9	36,24 5,6 M _ш = 63,0 5,6 M _ш = 158,94	23,49 4,65 × 11,2 = 52,0 1,24 × 5,6 = 6,95 5,89 M _ш = 124,47	26,51 5,13 × 10,2 = 52,4 1,24 × 5,1 = 6,32 6,37 M _ш = 127,0	11,60 0,212 × 11,2 = 2,38 19,9 M _ш = 136,84 4,8 = 28,5	43,93 8,72 × 11,2 = 97,6 0,212 × 11,2 = 2,38 46,21	
	$L_1 = \frac{224,14 + 136,84}{2 \times 0,998 \times 5,54} + \frac{29,9}{4 \times 0,998} = 32,6 + 4,97 = 37,57 \text{ т.}$			$L_6 = \frac{158,94 + 124,47}{2 \times 0,998 \times 5,54} + \frac{127,0}{2 \times 0,998 \times 3,46} + \frac{19,9}{4 \times 0,998} = 26,5 + 18,36 + 4,97 = 49,83 \text{ т.}$			$L_1 = \frac{250,6 + 28,5}{2 \times 5,54 \times 0,998} + \frac{46,21}{4 \times 0,998} = 25,2 + 11,6 = 36,8 \text{ т.}$		

Расчет усилий в раскосах ствoла опоры 1330-3
Таблица №7

Секция	Грани опоры	Sп (кг)						3200		
		bш	bуз.	cos β	Обознач. раскосов	4b cos β	b _o 4b _{уз} cos β	b _o = 4,8 м; b = 8,3		
		(м) _ш	(м)					от M _{кр}	от S _п	Σ
		b _o = 1,2 м M _{кр} (тм)						15,4		
Верхняя секция	Широкая	—	1,31	0,777	D ₂	4,06	—	3,78	—	3,78
		—	1,39	0,743	D ₃	4,13	—	3,74	—	3,74
		—	1,48	0,743	D ₄	4,4	—	3,5	—	3,5
		—	1,57	0,777	D ₅	4,88	—	3,15	—	3,15
		—	1,67	0,777	D ₆	5,19	—	2,98	—	2,98
	Узкая бок	1,39	1,3	0,848	D ₃₂	4,71	0,273	3,27	0,88	4,15
		1,51	1,35	0,766	D ₃₃	4,64	0,259	3,32	0,83	4,15
		1,66	1,43	0,731	D ₃₄	4,85	0,287	3,18	0,92	4,1
		1,82	1,51	0,743	D ₃₅	5,4	0,268	2,85	0,86	3,71
		1,98	1,59	0,819	D ₃₆	6,5	0,231	2,37	0,74	3,11
		2,16	1,68	0,695	D ₃₇	6,0	0,256	2,57	0,82	3,39
		b _o = 1,72 м M _{кр} (тм)						26,6		
	Широкая	—	1,76	0,866	D ₇	6,1	—	4,36	—	4,36
		—	1,85	0,848	D ₈	6,28	—	4,24	—	4,24
	Узкая	2,31	1,75	0,899	D ₃₈	8,3	0,273	3,2	0,88	4,08
		2,44	1,82	0,834	D ₃₉	8,14	0,284	3,23	0,91	4,18

Раскос D_1 ; Схема Π , Π р.г.
 $G_1 = 3,85 \text{ т}$ (см. лист 40)

$$D_1 = \frac{G_1}{2 \cos \beta} = \frac{3,85}{2 \times 0,707} = 2,72 \text{ т};$$

Расчет усилий в раскосах ствόла опоры ПЗЗ0-3
продолжение таблицы №7

Секция	Грани опоры	Σn (кг)						3200		
		$b_{ш}$	$b_{уз}$	$\cos \beta$	Обознач. раскосов	$4b \cos \beta$	b_0 $4b_{уз} \cos \beta$	$e_2 = 8,3 м$		
		(м)	(м)					от $M_{кр}$	от Σn	Σ
		$b_0 = 1,72 м$				$M_{кр} (тм)$		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

$$D = \frac{M_{кр}}{4 \times b \times \cos \beta} + \frac{\Sigma n \times b_0}{4 \times b_{уз} \times \cos \beta}$$

b_0 - база на отметке приложения силы.

Расчет усилий в раскосах ствóла опоры ПЗ30-3
продолжение таблицы N7

Секция	Грани опоры	S п (кг)						3200		
		b _ш (м)	b _{уз} (м)	cos β	Обознач. раскосов	4b cos β	$\frac{b_0}{4b_{уз} \cos \beta}$	e ₂ = 8,3 м		
								от M _{кр}	от S _п	Σ
		b ₀ = 1,72 м					M _{кр} (тм)	26,6		
Нижняя секция	Широкая	—	2,66	0,905	D ₁₆	9,70	—	2,74	—	2,74
		—	2,79	0,890	D ₁₇	9,92	—	2,68	—	2,68
		—	2,92	0,905	D ₁₈	10,56	—	2,52	—	2,52
		—	3,05	0,913	D ₁₉	11,15	—	2,39	—	2,39
		—	3,1	0,920	D ₂₀	11,40	—	2,35	—	2,33
	Узкая	4,01	2,61	0,800	D ₄₇	12,80	0,206	2,08	0,66	2,74
		4,26	2,73	0,788	D ₄₈	13,43	0,200	1,98	0,64	2,62
		4,51	2,86	0,800	D ₄₉	14,40	0,188	1,85	0,60	2,45
		4,77	2,99	0,818	D ₅₀	15,60	0,176	1,71	0,56	2,27
		5,03	3,12	0,800	D ₅₁	16,10	0,173	1,65	0,55	2,20
		5,16	3,18	0,822	D ₅₂	17,00	0,165	1,57	0,53	2,10

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

b_0 - база на отметке приложения силы

Расчет усилий в раскосах ствoла опоры ПЗ30-2
таблица № 8.

Секция	Грани опоры	S_n (кг)						3320			
		$b_{ш}$ (м)	$b_{уз}$ (м)	$\cos \beta$	Обознач. раскосов	$4 b \cos \beta$	$\frac{b_o}{4 \cdot b_{уз} \cdot \cos \beta}$	$l_1 = 4,9 м \quad l_2 = 8,8$			
								от $M_{кр}$	от S_n	Σ	
$b_o = 1,40 м \quad M_{кр} (мм)$								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	
	$b_o = 1,84 м \quad M_{кр} (мм)$								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	

$$D = \frac{M_{кр}}{4 \times b \times \cos \beta} + \frac{S_n \times b_o}{4 \times b_{уз} \times \cos \beta}$$

b_o - база на отметке приложения
силы

ИЗ080-ТМ-Т4 Лист
22/86

Расчет усилий в раскосах ствoла опоры ПЗ30-2
продолжение таблицы №8

продолжение таблицы №										
секция	границ опоры	S_n (кг)					3320			
		$b_{ш}$ (м)	$b_{уз}$ (м)	$\cos \beta$	Обозн. раскосов	$4b \cos \beta$	b_o	$e_2 = 8,8$		
							$4 \cdot b_{уз} \cos \beta$	$\frac{0m}{M_{кр}}$	$\frac{0m}{S_n}$	Σ
$b_o = 1,84 \text{ м}$							$M_{кр} \text{ (мм)}$			
							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:

$$D = \frac{M_{кр}}{4 \times b \times \cos \beta} + \frac{S_n \times b_o}{4 \times b_{уз} \times \cos \beta}$$

b_o - база на отметке, где приложена сила

продолжение таблицы N 8

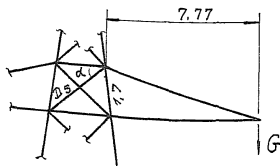
секция	Грани опоры	S_n (кг)						3320		
		$b_{ш}$ (м)	$b_{уз}$ (м)	$\cos \beta$	Обознач. раскосов	$4 \cdot b \cdot \cos \beta$	b_o $4 \cdot b_{уз} \cdot \cos \beta$	$b_2 = 8,8$		
								$0m$ $M_{кр}$	$0m$ S_n	Σ
$b_o = 1,84$ $M_{кр}$ (мм)								29,22		
Нижняя секция	Широкая	—	2,88	0,914	D_{16}	10,57	—	2,77	—	2,77
		—	3,01	0,883	D_{17}	10,65	—	2,74	—	2,74
		—	3,15	0,883	D_{18}	11,10	—	2,63	—	2,63
		—	3,30	0,891	D_{19}	11,78	—	2,48	—	2,48
		—	3,47	0,857	D_{20}	11,90	—	2,48	—	2,48
	Узкая	4,44	2,95	0,766	D_{47}	13,60	0,203	2,14	0,680	2,82
		4,74	3,10	0,777	D_{48}	14,80	0,191	1,97	0,635	2,61
		5,01	3,25	0,788	D_{49}	15,80	0,178	1,86	0,592	2,45
		5,30	3,39	0,799	D_{50}	16,92	0,170	1,73	0,565	2,30
		5,43	3,46	0,731	D_{51}	15,88	0,182	1,84	0,605	2,45

$$D = \frac{M_{кр}}{4 \times b \times \cos \beta} + \frac{S_n \times b_o}{4 \times b_{уз} \times \cos \beta}$$

b_o — база на отметке приложения силы

Расчет раскосов ствoла
опоры ПЗЗD - 2 при временной
подвеске одной цепи.

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



$$G = 5,95 \text{ т}$$

$$\cos \alpha = 0,84$$

$$M = 5,95 \times 7,77 = 46,2 \text{ тм.}$$

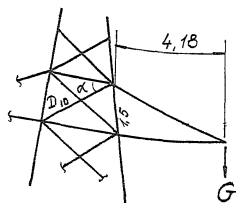
Усилие в распорке:

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

Усилие в раскосе D_5 .

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

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



$$G = 5,95 \text{ т.}$$

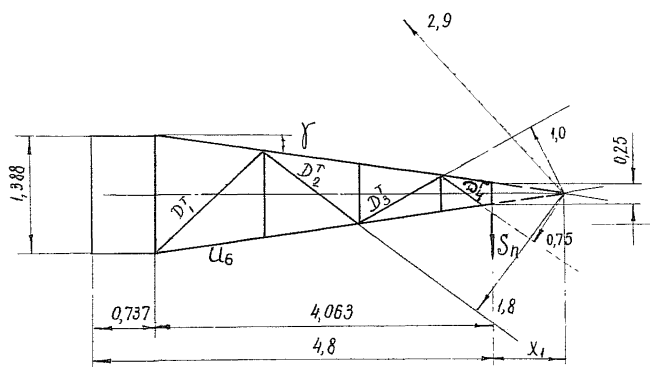
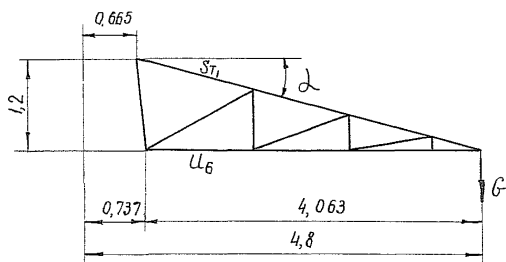
$$\cos \alpha = 0,903$$

$$M = 5,95 \times 4,18 = 24,8 \text{ тм.}$$

Усилие в раскосе.

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

Верхняя траверса $\ell = 4,8 \text{ м}$



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

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

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

1. Усилия в поясе

Схема III; II район гололеда;

$$S_n = 3,2 \tau; \quad g_n = 1,865 \tau; \quad g_r = 0,14 \tau; \quad g_A = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \tau; \\ G_{тр} \cong 0,3 \tau;$$

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

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

Схема II; II район гололеда;

$$g_n = 4,245 \tau; \quad g_r = 0,14 \tau; \quad P_n = 0,9 \tau; \quad G_{тр} \cong 0,3 \tau;$$

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

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

2. Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; II район гололеда;

$$S_n = 3,2 \tau; \quad X_1 = 0,89 \text{ м}; \quad M_{из} = 3,2 \times 0,89 = 2,85 \text{ тм};$$

$$D_1^T = \frac{2,85}{2,9} = 0,98 \tau$$

$$D_3^T = \frac{2,85}{1,0} = 2,85 \tau$$

$$D_2^T = \frac{2,85}{1,8} = 1,58 \tau$$

$$D_4^T = \frac{2,85}{0,75} = 3,8 \tau$$

3. Усилие в тяге.

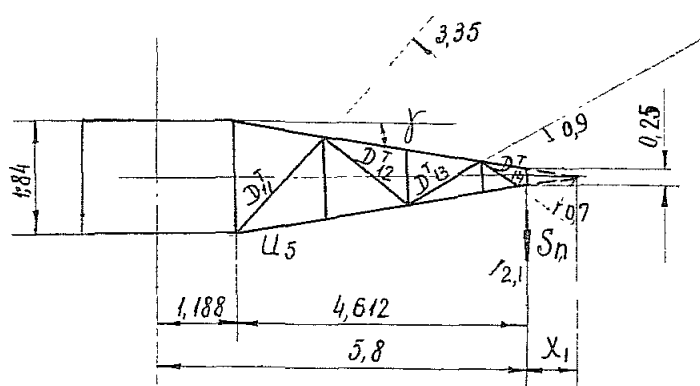
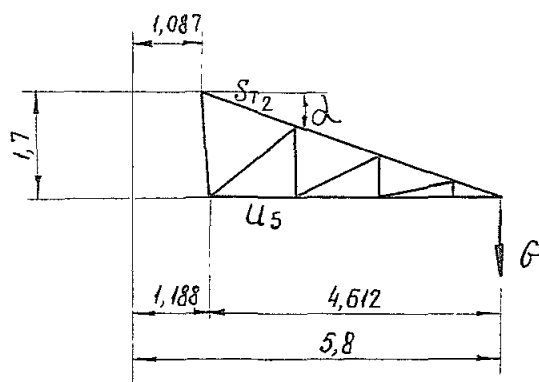
Схема II; II район гололеда.

$$q_n = 4,245 \tau; \quad q_r = 0,14 \tau; \quad G_{тр} \cong 0,3 \tau;$$

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

$$S_{T_1} = \frac{2,27 \times 4,063}{1,2 \times 0,99 \times 0,96} = 8,1 \tau;$$

Нижняя траверса $\ell = 5,8 \text{ м}$;



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

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

$$x_1 = \frac{0,25}{2 \operatorname{tg} \gamma} = 0,73 \text{ м};$$

1. Усилие в поясе.

Схема III; II район гололеда.

$$S_n = 3,2 \tau; \quad g_n = 1,865 \tau; \quad g_r = 0,14 \tau; \quad g_l = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \tau$$

$$G_{тр.} \approx 0,4 \tau;$$

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

$$C_5 = \frac{3,2 \times 4,612}{1,84 \times 0,985} + \frac{0,71 \times 4,612}{1,7 \times 0,985} = 8,15 + 1,96 = 10,11 \tau;$$

*)

2. Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; II район гололеда

$$S_n = 3,2 \tau; \quad X = 0,73 \text{ м}; \quad M_{из.} = 3,2 \times 0,73 = 2,34 \text{ тм},$$

$$D_{11}^T = \frac{2,34}{3,35} = 0,7 \tau; \quad D_{13}^T = \frac{2,34}{0,9} = 2,5 \tau;$$

$$D_{12}^T = \frac{2,34}{2,1} = 1,11 \tau; \quad D_{14}^T = \frac{2,34}{0,7} = 3,35 \tau;$$

3. Усилие в тяге.

Схема II; II район гололеда.

$$g_n = 4,245 \tau; \quad g_r = 0,14 \tau; \quad G_{тр.} \approx 0,4 \tau;$$

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

$$S_{T2} = \frac{2,3 \times 4,612}{1,7 \times 0,985 \times 0,941} = 6,75 \tau$$

*) Усилие в поясе

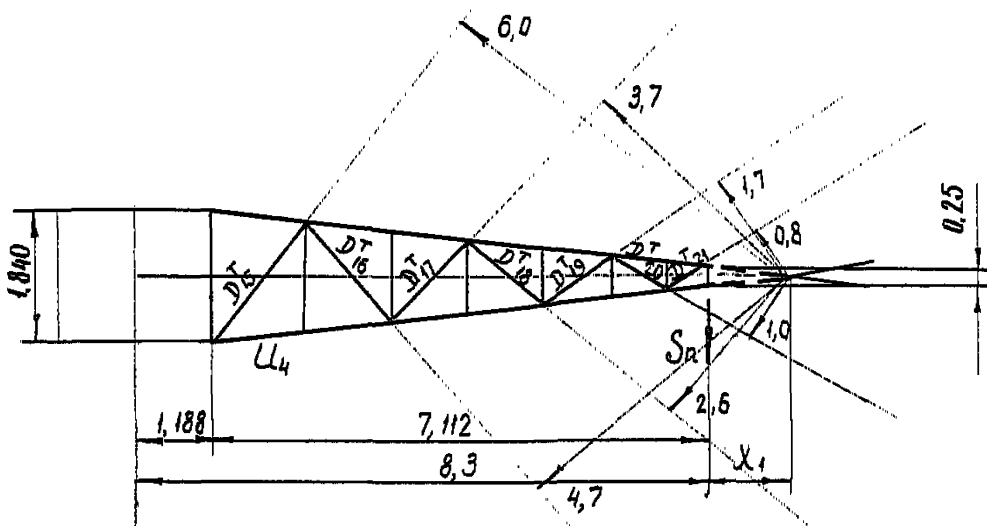
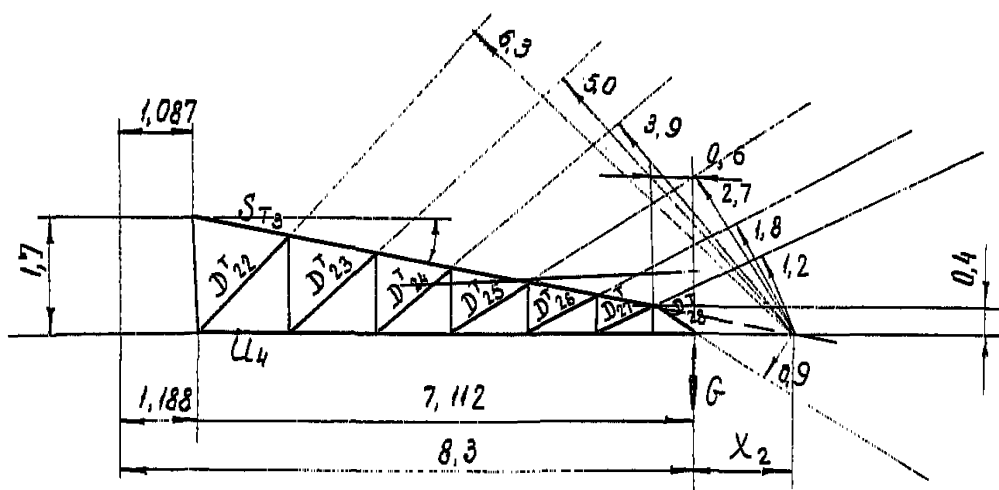
Схема II; II район гололеда

$$g_n = 4,245 \tau; \quad g_r = 0,14 \tau; \quad P_n = 0,9 \tau; \quad G_{тр.} \approx 0,4 \tau$$

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

$$C_5 = \frac{2,3 \times 4,612}{1,84 \times 0,985} + \frac{0,9}{2 \times 0,985} = 6,32 \tau;$$

Нижняя траверса $\ell = 8,3 \text{ м}$



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

$$\operatorname{tg} \gamma = 0,993$$

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

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,982$$

$$\chi_1 = \frac{7,112 \times 0,25}{1,840 - 0,25} = 1,13 \text{ м}$$

$$\chi_2 = \frac{0,4 \times 6,613}{1,3} - 0,6 = 1,44 \text{ м}$$

1. Усилие в поясе

Схема III; II район гололеда

$$S_n = 3,2 \text{ т}; \quad g_n = 1,865 \text{ т}; \quad g_r = 0,14 \text{ т}; \quad g_l = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т};$$

$$G_{\text{тр.}} \approx 0,5 \text{ т};$$

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

$$U_4 = \frac{3,2 \times 7,112}{1,84 \times 0,993} + \frac{0,74 \times 7,112}{1,7 \times 0,993} = 12,5 + 3,12 = 15,62 \text{ т};$$

2. Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; II район гололеда

$$S_n = 3,2 \text{ т}; \quad X_1 = 1,13 \text{ м}; \quad M_{03} = 3,2 \times 1,13 = 3,62 \text{ тм},$$

$$D_{15}^T = \frac{3,62}{6,0} = 0,6 \text{ т}$$

$$D_{19}^T = \frac{3,62}{1,7} = 2,13 \text{ т}$$

$$D_{16}^T = \frac{3,62}{4,7} = 0,77 \text{ т}$$

$$D_{20}^T = \frac{3,62}{1,0} = 3,62 \text{ т}$$

$$D_{17}^T = \frac{3,62}{3,7} = 0,98 \text{ т}$$

$$D_{21}^T = \frac{3,62}{0,8} = 4,5 \text{ т};$$

$$D_{18}^T = \frac{3,62}{2,6} = 1,39 \text{ т}$$

3. Усилие в тяге.

Схема II; II район гололеда

$$g_n = 4,245 \text{ т}; \quad g_r = 0,14 \text{ т}; \quad G_{\text{тр.}} \approx 0,5 \text{ т};$$

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

$$S_{T3} = \frac{2,32 \times 7,112}{1,7 \times 0,993 \times 0,982} = 9,95 \text{ т};$$

4 Усилия в раскосах боковых граней

Схема II; II район гололеда;

$$g_n = 4,245 \tau; \quad g_r = 0,14 \tau; \quad G_{тр.} \approx 0,5 \tau;$$

$$X_2 = 1,44 \text{ м.}$$

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

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

$$D_{22}^T = \frac{3,34}{6,3} = 0,53 \tau$$

$$D_{26}^T = \frac{3,34}{1,8} = 1,86 \tau$$

$$D_{23}^T = \frac{3,34}{5,0} = 0,67 \tau$$

$$D_{27}^T = \frac{3,34}{1,2} = 2,8 \tau$$

$$D_{24}^T = \frac{3,34}{3,9} = 0,85 \tau$$

$$D_{28}^T = \frac{3,34}{0,9} = 3,71 \tau$$

$$D_{25}^T = \frac{3,34}{2,7} = 1,24 \tau$$

*) Усилия в поясе

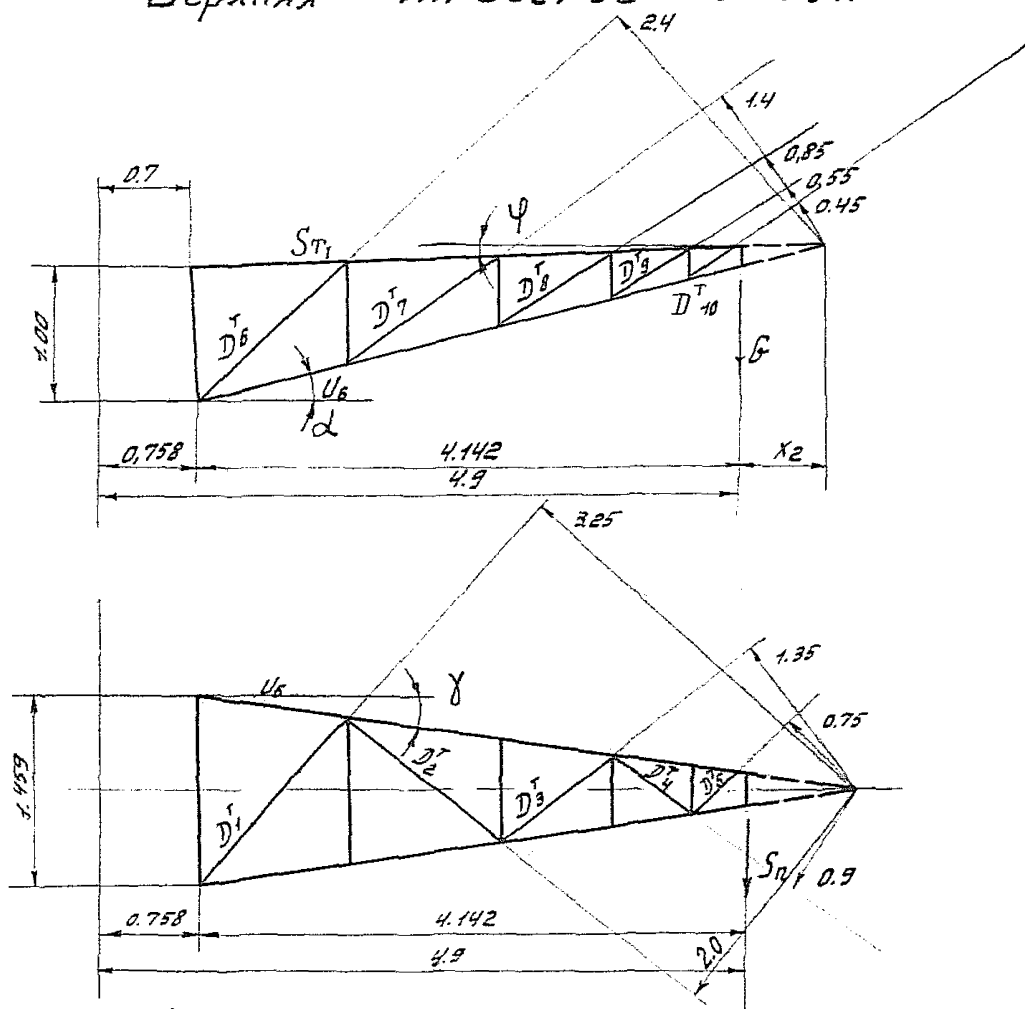
Схема II; II район гололеда

$$g_n = 4,245 \tau; \quad g_r = 0,14 \tau; \quad P_n = 0,9 \tau; \quad G_{тр.} \approx 0,5 \tau;$$

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

$$C_4 = \frac{2,32 \times 7,112}{1,84 \times 0,993} + \frac{0,9}{2 \times 0,993} = 9,05 + 0,45 = 9,5 \tau,$$

Верхняя траверса $L = 4.9 \text{ м}$



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.00}{4.142} = 0.242 \quad \alpha = 13^\circ 36' \quad \cos \alpha = 0.972$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1.459 - 0.25}{2 \times 4.142} = 0.1455 \quad \gamma = 8^\circ 18' \quad \cos \gamma = 0.9895$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{0.2}{4.200} = 0.0476 \quad \varphi = 2^\circ 43' \quad \cos \varphi = 0.999$$

$$\frac{x_1}{4.142 + x_1} = \frac{0.125}{0.729} ; \quad x_1 = \frac{0.518}{0.504} = 0.857 \text{ м}$$

$$\frac{x_2}{4.142 + x_2} = \frac{0.15}{1.15} ; \quad x_2 = \frac{0.621}{1.0} = 0.621 \text{ м}$$

Расчет пояса

Схема III, III в.п.ч. Провод „2хАСО-400“

$$L_n = 3,32 \text{ м}$$

$$g_n = 1,5 \text{ м} \quad g_r = 0,140 \text{ м} \quad g_n = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \quad G_{тр} = 0,3 \text{ т}$$

$$\Sigma G = 0,25 \times 1,5 + 0,5 \times 0,140 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,3 = 0,6 \text{ т}$$

$$U_6 = \frac{3,32 \times 4,142}{1,459 \times 0,992 \times 0,972} + \frac{0,6 \times 4,142}{1,00 \times 0,992 \times 0,972} = 9,80 + 2,59 = 12,39 \text{ т}$$

Схема II; IV район гололеда; провод „2хАСО-400“

$$g_n = 5,81 \text{ т}; \quad g_r = 0,14 \text{ т}; \quad G_{тр} \approx 0,3 \text{ т}; \quad P_n = 1,44 \text{ т}$$

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

$$U_6 = \frac{3,045 \times 4,142}{1,0 \times 0,999 \times 0,972} + \frac{1,44}{2 \times 0,999 \times 0,972} = 13,0 \text{ т} + 0,74 = 13,74 \text{ т}$$

Расчет раскосов боковой грани

Схема II, IV в.п.ч. Провод „2хАСО-400“

$$g_n = 5,81 \text{ т} \quad g_r = 0,140 \text{ м}$$

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

$$M = 3,318 \times 0,621 = 1,84 \text{ тм}$$

$$D_6^r = \frac{1,84}{2,4} = 0,77 \text{ т}$$

$$D_8^r = \frac{1,84}{0,85} = 2,17 \text{ т}$$

$$D_7^r = \frac{1,84}{1,4} = 1,32 \text{ т}$$

$$D_{26}^r = \frac{1,84}{0,55} = 3,35 \text{ т}$$

$$D_{10}^r = \frac{1,84}{0,45} = 4,1 \text{ т}$$

Расчет раскосов нижней грани.

Схема III

III Р.К.У.

Провод "2хАГО-400"

$$S_n = 3.32 \text{ м}$$

$$\chi = 0.857 \text{ м}$$

$$M = 3.32 \times 0.857 = 2.84 \text{ мм}$$

$$D_1^T = \frac{2.84}{3.25} = 0.87 \text{ т}$$

$$D_4^T = \frac{2.84}{0.9} = 3.15 \text{ т}$$

$$D_2^T = \frac{2.84}{2.0} = 1.42 \text{ т}$$

$$D_5^T = \frac{2.84}{0.75} = 3.78 \text{ т}$$

$$D_3^T = \frac{2.84}{1.35} = 2.1 \text{ т}$$

Расчет тяги

Схема II; IV р-м топового провоя 2хАГО-400

$$g_n = 5.81 \text{ т}$$

$$g_r = 0.140 \text{ т}$$

$$G_{TP} = 0.3 \text{ т}$$

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

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,7 - 0,45}{8,8 - (1,036 + 0,6)} = \frac{1,25}{7,164} = 0,175 \quad \cos \alpha = 0,985$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{0,796}{7,665} = 0,1037 \quad \cos \gamma = 0,995$$

$$7,665 + X_1 = \frac{0,921}{0,104} = 8,87 \quad X_1 = 8,87 - 7,67 = 1,20 \text{ м}$$

$$X_2 = \frac{0,45 \times 7,164}{1,7 - 0,45} - 0,6 = 2,00 \text{ м}$$

Расчет пояса

Схема III, III Р.К.У., провод "2хАСО-400" $S_n = 3,32 \text{ т}$

$$g_n = 1,5 \text{ м}, \quad g_r = 0,140 \text{ м}, \quad g_h = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}, \quad G_{\text{тр}} \approx 0,4 \text{ т}$$

Суммарная вертикальная нагрузка на сжатый пояс

$$G = 0,25 \times 1,5 + 0,5 \times 0,140 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,4 = 0,375 + 0,07 + 0,083 + 0,1 = 0,628 \text{ т}$$

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

Расчет раскосов нижней грани

Схема III, III Р.К.У.; провод "2хАСО-400"

$$S_n = 3,32 \text{ т} \quad x = 1,20 \text{ м} \quad M = 3,32 \times 1,2 = 3,99 \text{ тм}$$

$$D_{18}^T = \frac{3,99}{6,32} = 0,63 \text{ м} \quad D_{22}^T = \frac{3,99}{1,56} = 2,56 \text{ м}$$

$$D_{19}^T = \frac{3,99}{4,75} = 0,84 \text{ м} \quad D_{28}^T = \frac{3,99}{1,10} = 3,62 \text{ м}$$

$$D_{20}^T = \frac{3,99}{3,2} = 1,24 \text{ м} \quad D_{24}^T = \frac{3,99}{1,04} = 3,8 \text{ м}$$

$$D_{21}^T = \frac{3,99}{2,45} = 1,63 \text{ м}$$

Расчет тяги

Схема II, IV Р.К.У. провод „2хАГО-400”

$$g_n = 5,81 \text{ т} \quad g_r = 0,140 \text{ т} \quad G_{тр} \approx 0,4 \text{ т}$$

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

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

Расчет раскосов боковых граней

Схема II, IV Р.К.У. провод „2хАГО-400”

$$g_n = 5,81 \text{ т} \quad g_r = 0,140 \text{ т} \quad M = 2,97 \times 2,0 = 5,94 \text{ т}$$

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

$$D_{11}^r = \frac{5,94}{7,15} = 0,82 \text{ т}$$

$$D_{15}^r = \frac{5,94}{2,27} = 2,56 \text{ т}$$

$$D_{12}^r = \frac{5,94}{5,50} = 1,06 \text{ т}$$

$$D_{16}^r = \frac{5,94}{1,73} = 3,37 \text{ т}$$

$$D_{13}^r = \frac{5,94}{3,95} = 1,48 \text{ т}$$

$$D_{17}^r = \frac{5,94}{1,25} = 4,66 \text{ т}$$

$$D_{14}^r = \frac{5,94}{3,1} = 1,88 \text{ т}$$

Усилие в поясе

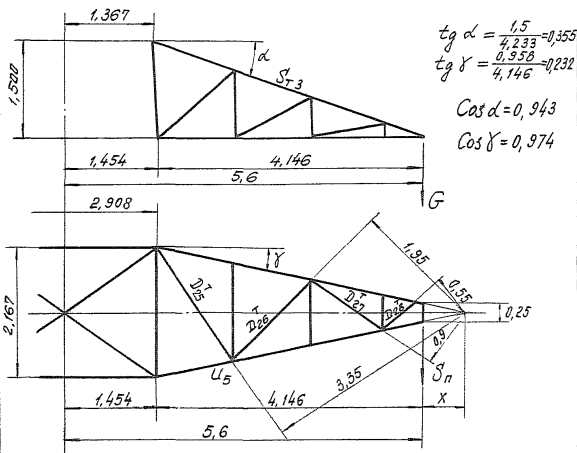
Схема II; IV рубан голаледа; провод 2хАГО-400

$$g_n = 5,81 \text{ т}; \quad g_r = 0,14 \text{ т}; \quad G_{тр} \approx 0,4 \text{ т}; \quad P_n = 1,34 \text{ т};$$

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

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

Нижняя траверса $l=5,6$ м.



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

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

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

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

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

Расчетный режим: Схема III, III р. к. у.
провод "2 x ACO-400"

$$S_n = 3,32 \text{ т.}$$

$$g_n = 1,50 \text{ т} \quad g_r = 0,140 \text{ т} \quad g_A = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т} \quad G_{TP} \approx 0,3 \text{ т}$$

$$\begin{aligned} \sum G &= 0,25 \times 1,50 + 0,5 \times 0,140 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,3 = \\ &= 0,38 + 0,07 + 0,083 + 0,075 = 0,61 \text{ т.} \end{aligned}$$

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

Расчет раскосов нижней грани

Схема III, III р.к.у. Провод „2хАСД-400”

$$S_n = 3,32 \text{ м} \quad x = 0,54 \text{ м}$$

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

$$D_{25}^T = \frac{1,79}{3,35} = 0,53 \text{ т}$$

$$D_{27}^T = \frac{1,79}{0,9} = 1,99 \text{ т}$$

$$D_{26}^T = \frac{1,79}{1,95} = 0,92 \text{ т}$$

$$D_{28}^T = \frac{1,79}{0,55} = 3,2 \text{ т}$$

Расчёт тяги

Схема II; IV р.к.у. Провод „2хАСД-400”

$$g_n = 5,81 \text{ т} \quad g_r = 0,140 \text{ т} \quad G_{тр} \approx 0,3 \text{ т}$$

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

$$= 2,90 + 0,070 + 0,075 = 3,05 \text{ т}$$

$$S_3^T = \frac{3,05 \times 4,146}{1,5 \times 0,943 \times 0,974} = 9,18 \text{ т.}$$

Усилие в поясе

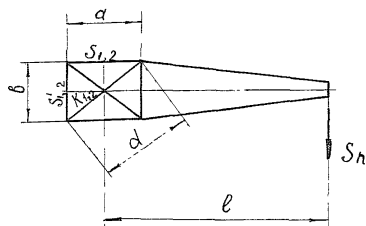
Схема II; IV район гололеда; провод 2хАСД-400

$$g_n = 5,81 \text{ т}; \quad g_r = 0,14 \text{ т}; \quad p_n = 1,34 \text{ т}; \quad G_{тр} \approx 0,3 \text{ т};$$

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

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

Расчет распорок и диафрагм на отметках траверс опоры ПЗЗ0-3



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

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

Схема III; II район гололеда;

$$S_n = 3,2 \text{ т};$$

1. Верхняя траверса $l = 4,8 \text{ м}$

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

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

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

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

2. Нижняя траверса $l = 8,3 \text{ м};$

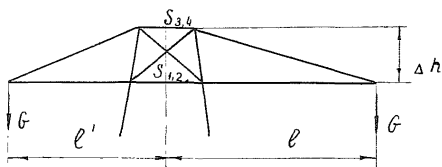
$$a = 2,38 \text{ м}; \quad b = 1,84 \text{ м}; \quad d = 3,01 \text{ м};$$

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

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

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

Схема II; II р-н гололеда

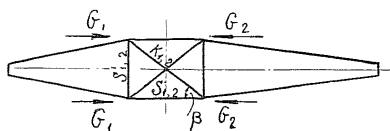
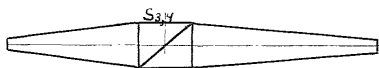


$$G_1 = \frac{G l_0}{2 \Delta h}$$

$$S_1 = 0,7 G_1 ;$$

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

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



$$\text{при } G_2 > G_1$$

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

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

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

1. Верхняя траверса $l = 4,8 \text{ м};$

$$\Delta h = 1,2 \quad G = 2,27 \text{ т}; \quad l_0 = 4,8 - 0,74 = 4,06 \text{ м}$$

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

$$S_3 = \frac{G_1}{2} = \frac{3,85}{2} =$$

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

$$= 1,98 \text{ т};$$

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

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

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

$$\Delta h = 1,7 \text{ м}; \quad \alpha = 2,38 \text{ м} \quad \ell = 1,84 \text{ м}; \quad \alpha = 3,01 \text{ м};$$

$$\ell'_0 = 5,8 - 1,19 = 4,61 \text{ м};$$

$$G = 2,32 \tau;$$

$$\ell_0 = 8,3 - 1,19 = 7,11 \text{ м};$$

$$G_1 = \frac{2,32 \times 4,61}{2 \times 1,7} = 3,15 \tau;$$

$$G_2 = \frac{2,32 \times 7,11}{2 \times 1,7} = 4,85 \tau;$$

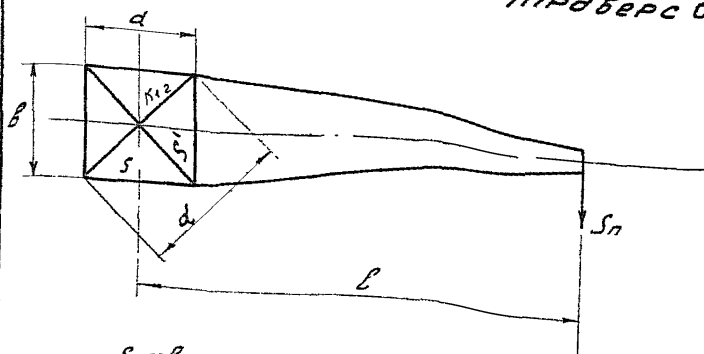
$$S_2 = 0,7 \left(3,15 + \frac{4,85 - 3,15}{2} \right) = 2,8 \tau;$$

$$S'_2 = 0,3 \left(3,15 + \frac{4,85 - 3,15}{2} \right) \times 0,77 = 0,93 \tau;$$

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

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

Расчет распылок и
на отливках графит
матрицы оторы ПЗЗ-2



$$S = \frac{S_n \pi b}{2b}$$

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

$$K = \frac{S_n}{4} \times \frac{d}{db} \times (b-d)$$

Верхняя траверса ($L=4,9\text{ м}$)

$$\alpha = 1,52 \text{ m}; \quad \beta = 1,46 \text{ m}; \quad d = 2,1 \text{ m}; \quad L = 4,9 \text{ m}$$

$$S_1 = \frac{3,32 \times 4,9}{2 \times 1,46} = 5,58 \tau$$

$$S_1' = \frac{3.32}{2} \times \left(\frac{4.9}{1.52 + 1} \right) = 7.0 \text{ T}$$

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

Средняя traversa ($L = 8,8 \text{ м}$)

$$d = 2,271 \text{ m}; \quad b = 1,841 \text{ m} \quad d = 2,923 \text{ m} \quad b = 8,8 \text{ m}$$

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

$$J_2 = \frac{3,32 \times 8,8}{2 \times 1,841} = 7,93 \tau.$$

$$S'_2 = \frac{3,32}{2} \times \left(\frac{8,8}{2,271} + 1 \right) = 8,08 \tau$$

$$K_2 = \frac{332}{4} \times \frac{2,92 \times (8,8 - 2,271)}{2,271 \times 1,841} = 3,79_T$$

N3080-TM-1-16

Нижняя траверса ($\ell = 5,6 \text{ м}$)

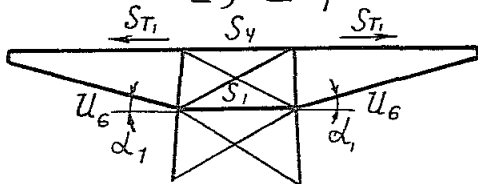
$$a = 2,909 \text{ м}; \quad b = 2,167 \text{ м}; \quad d = 3,627 \text{ м} \quad \ell = 5,6 \text{ м}$$

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

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

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

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

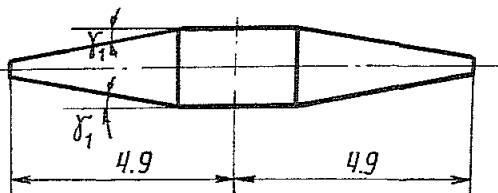


$$\cos \alpha_1 = 0,972$$

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

$$S_{T1} = 13,2 \text{ т}$$

$$U_6 = 13,74 \text{ т}$$



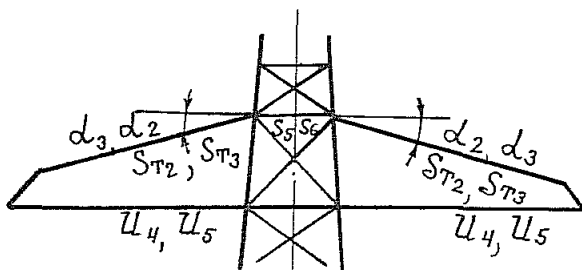
Траверса $\ell = 8,8 \text{ м}$

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

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

$$S_{T2} = 14,2 \text{ т}$$

$$U_4 = 14,57 \text{ т}$$



Траверса $\ell = 5,6 \text{ м}$

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

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

$$S_{T3} = 9,18 \text{ т}$$

$$U_5 = 9,36 \text{ т}$$

$\ell = 4,9 \text{ м}$

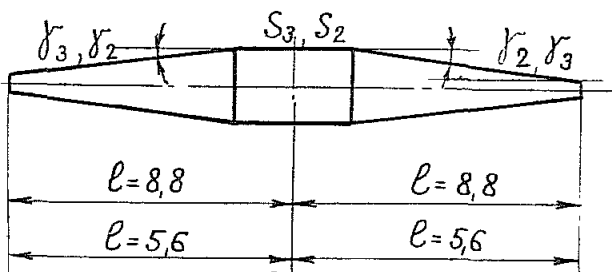
$$S_4 = 13,2 \times 0,989 = 13,0 \text{ т}$$

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

$\ell = 8,8 \text{ м}$

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

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

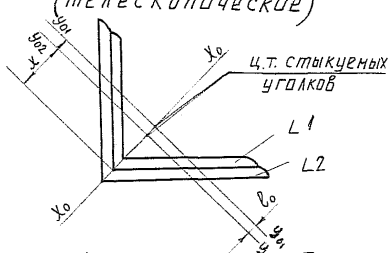


$$S_6 = 9,18 \times 0,943 \times 0,974 = 8,4 \text{ т}$$

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

Расчет стыков (опора ЛЭ30-3)

1. Стык верхней секции со средней (телескопические)



поясной L1 — L 80x6 $Z_0 = 2,19$
 поясной L2 — L 100x7 $Z_0 = 2,71$
 $\sigma = \frac{N}{n_1 F \varphi_{BH}}$;

$N = 14,8 \text{ Т}$; L 80x6 $F = 9,38 \text{ м}^2$, $n_1 = 1,0$

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

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1,0$, $m = l \frac{F_x}{J_{y_0}}$

$\chi = \frac{2,19}{0,707} = 3,1 \text{ см}$; $J_{y_0} = 23,5 \text{ см}^4$

$l = 0,5 l_0$ $l_0 = \frac{(2,19 + 0,7) - 2,71}{0,707} = 0,25 \text{ см}$;

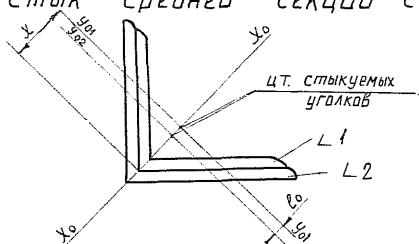
$l = 0,5 \times 0,25 = 0,125 \text{ см}$

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

$\varphi_{BH} = 0,756$

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

2. Стык средней секции с нижней



ПОЯСНОЙ L1 — L100×7 $Z_0 = 2,71$ см

ПОЯСНОЙ L2 — L125×8 $Z_0 = 3,36$ см

$$\sigma = \frac{N}{h_1 F \varphi_{BH}};$$

$$N = 23,8 \text{ т}; \quad L 100 \times 7; \quad F = 13,8 \text{ см}^2; \quad h_1 = 1,0;$$

$$\lambda = \frac{180 \times 1,14}{3,08} = 66$$

$$m_1 = \eta m; \quad \text{где } \eta = 1,0; \quad m = \ell \frac{F x}{J_{y_0}};$$

$$x = \frac{2,71}{0,707} = 3,83 \text{ см}; \quad J_{y_0} = 54,2 \text{ см}^4;$$

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

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

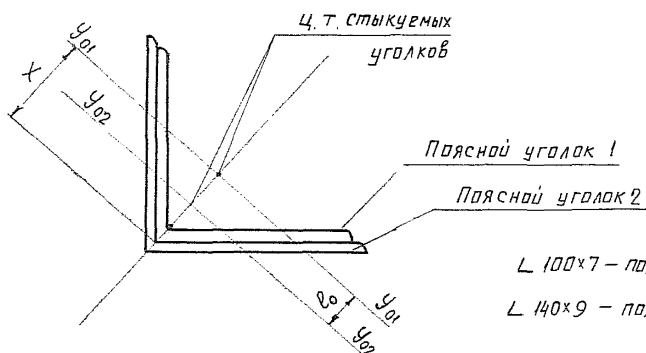
$$m = 0,106 \frac{13,8 \times 3,83}{54,2} = 0,103 \quad m_1 = 1,0 \times 0,103 = 0,103$$

$$\varphi_{BH} = 0,83$$

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

Расчет стыков опоры Л 330-2 (телескопические)

Стык верхней и средней секций



$$G = \frac{N}{h_1 \varphi_{вн} F};$$

$$N = 19,9 \text{ т.} \quad F = 13,8 \text{ см}^2$$

$$h_1 = 1,0 \quad \lambda = 66$$

$$m_1 = \eta m; \quad \eta = 1,0; \quad m = e \frac{F \cdot x}{J_{y_0}}$$

$$J_{y_0} = 54,2 \text{ см}^4 \quad e_0 = \frac{2,71 + 0,9 - 3,78}{0,707} = \frac{3,61 - 3,78}{0,707} = -0,24 \text{ см}$$

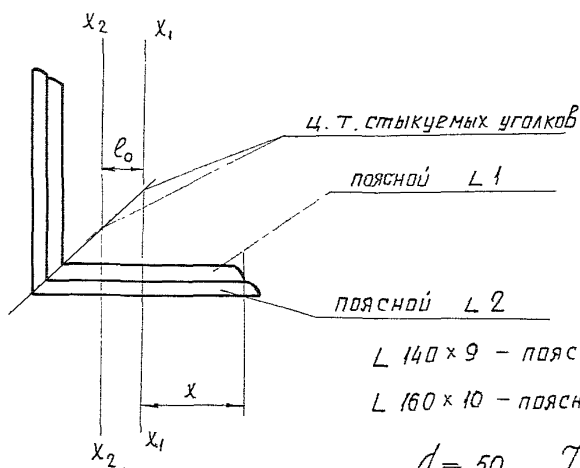
$$e = 0,5 e_0 = 0,5 \times 0,24 = 0,12 \text{ см.} \quad x = \frac{2,71}{0,707} = 3,84 \text{ см}$$

$$m = 0,12 \times \frac{13,8 \times 3,84}{54,2} = 0,117$$

$$m_1 = 0,117 \quad \lambda = 66 \quad \varphi_{вн} = 0,789$$

$$G = \frac{19900}{1,0 \times 0,789 \times 13,8} = 1830 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad \angle 2100$$

Расчет стыка средней и нижней секции.



$$I = 50 \quad J_x = 466 \text{ см}^4$$

$$G = \frac{N}{n, \varphi_{BH} F} \quad N = 36,28 \text{ т.} \quad F = 24,7 \text{ см}^2 \quad n = 1,0$$

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

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

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

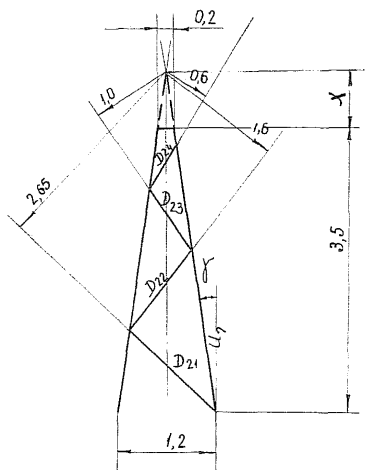
$$x = 14 - 3,78 = 10,22 \text{ см.}$$

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

$$\varphi_{BH} = 0,876$$

$$G = \frac{36280}{1,0 \times 0,876 \times 24,7} = 1680 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad L 2100$$

Расчет тросостойки $H = 3,5\text{ м};$



$$\chi = \frac{0,2 \times 3,5}{1,2 - 0,2} = 0,7\text{ м}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1,2 - 0,2}{2 \times 3,5} = 0,143$$

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

1. Усилие в поясе

Схема IV; I район галопеда

$$S_T = 1,5\text{ т}; \quad g_T = 0,38\text{ т}; \quad G_{\text{тр}} = 0,25\text{ т}$$

$$M = 1,5 \times 3,5 = 5,25\text{ тм};$$

$$G = 0,5 \times 0,38 + 0,25 = 0,44\text{ т}$$

$$M_{\text{н.г.}} = 0,19 \times 0,5 = 0,114\text{ тм}$$

$$\mathcal{U}_7 = \frac{5,25 + 0,12}{2 \times 1,2 \times 0,989} + \frac{0,44}{4 \times 0,989} = 2,26 + 0,11 = 2,37\text{ т};$$

2. Усилия в раскосах

Схема IV; II район гололеда

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

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

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

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

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

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

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

Расчет пояса

Схема IV ; I Р.К.У. $G_T = 40 \text{ кг/мм}^2$, трос „С-70”
 $S_T = 1,5 \text{ т}$; $g_T = 0,335 \text{ т}$.

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

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

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

Расчет раскосов

Схема IV, IV Р.К.У. трос „С-70”

$$S_T = 1,5 \text{ т} \quad X = 1,165 \text{ м}$$

$$M_{узг.} = 1,5 \times 1,165 = 1,75 \text{ мм}$$

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

$$D = \frac{M_{уз}}{2R} + \frac{M_{кр} X}{2 \cdot B R}$$

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

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

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

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

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

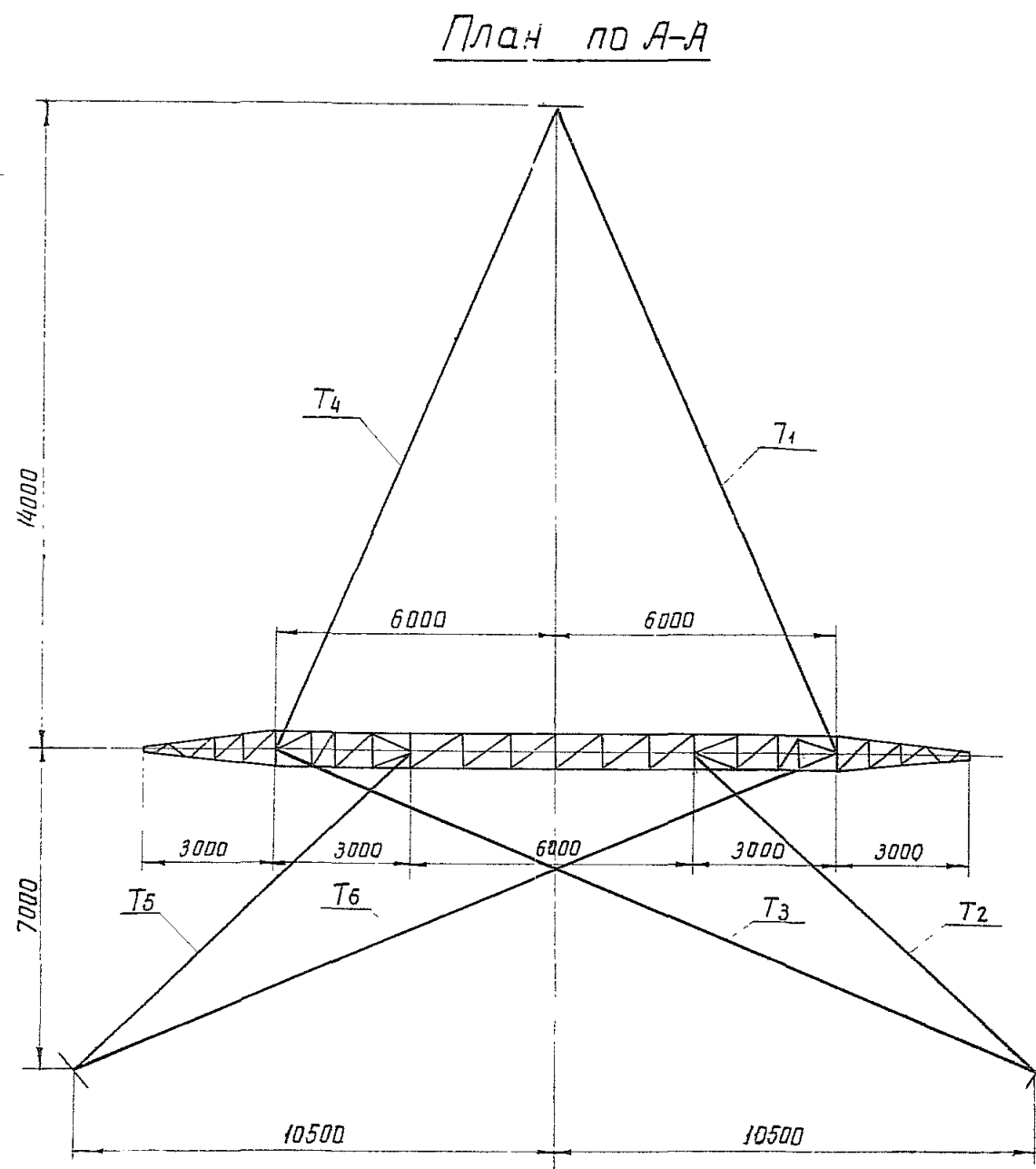
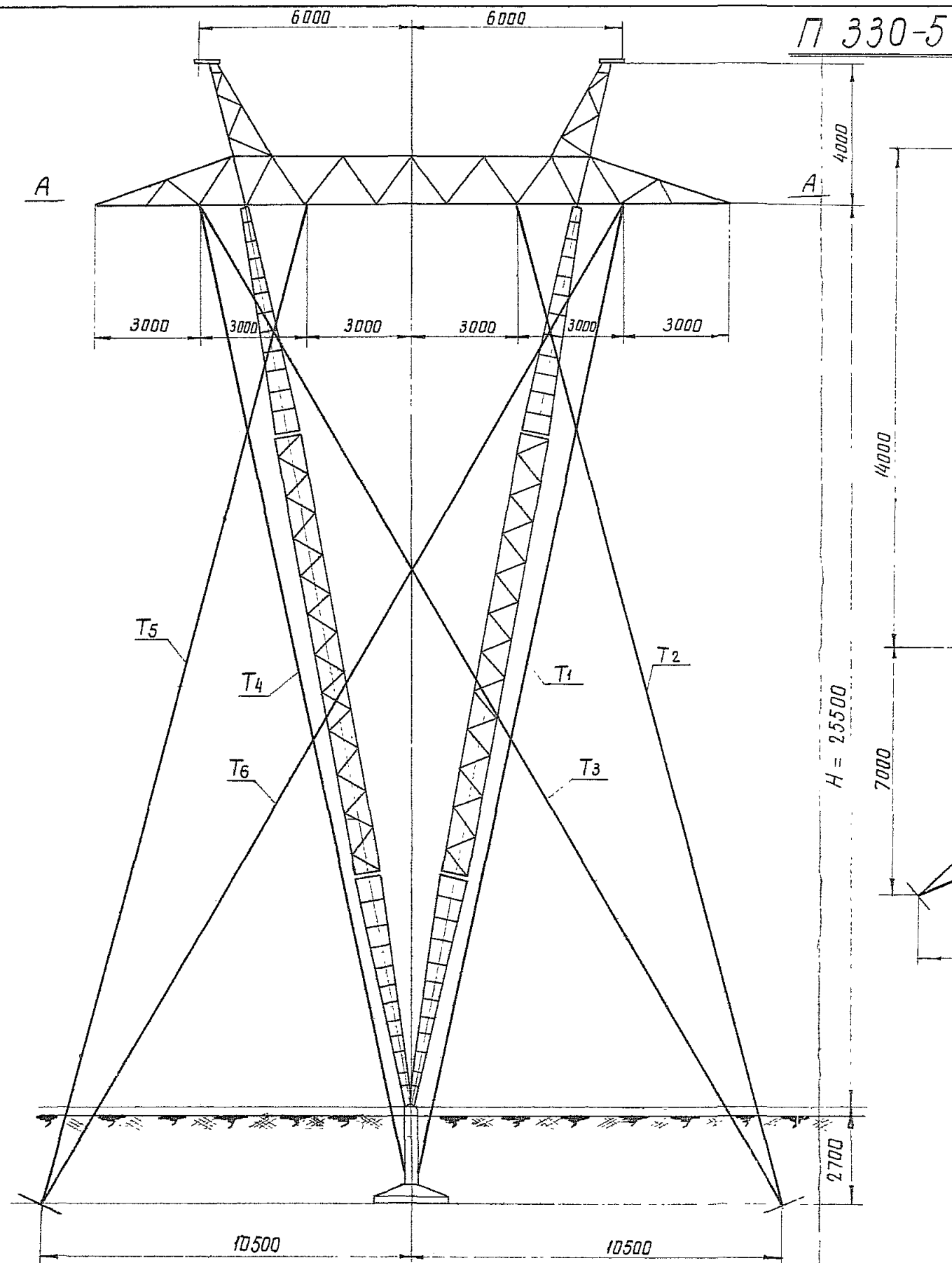
$$D_{24} = \frac{1,75}{2 \cdot 2,85} + \frac{0,75 \times 1,165}{2 \times 0,2 \times 2,85} = 0,308 + 0,77 = 1,08 \text{ т}$$

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

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

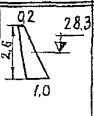
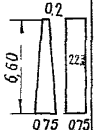
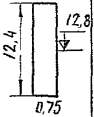
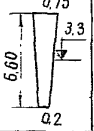
$$D_{21} = \frac{1,75}{2 \cdot 5,75} + \frac{0,75 \times 1,165}{2 \cdot 0,2 \cdot 5,75} = 0,53 \text{ т}$$

Расчет выполнил: *Григорьев*
 Расчет проверил: *Токарева*



Давление ветра на конструкцию опоры

Табл. 1

Наименование элемента опоры	Эскиз и средняя отметка секции [м]	Коэффициент увеличения скорости ветра на высоте	Нормативный скоростной напор q_0 [кг/м ²]	Площадь элемента фермы ΣF_1 [м ²]	Площадь по контуру ΣF_2 [м ²]	Коэффициент заполнения $\psi = \frac{\Sigma F_1}{\Sigma F_2}$	Аэродинамический коэффициент плоской фермы $C_F = 1,4 \cdot \psi$	$\frac{z}{h}$ при $\frac{b}{h} = 1$	Аэродинамический коэффициент пространств фермы $C_{Fp} = C_F(1 + 2)$	Нормативная ветровая нагрузка $R_H = q_0 C_{Fp} S$	Расчетная ветровая нагрузка $R_P = R_H \cdot \mu_z \cdot \mu_\varphi$ $\mu_z = 1,2, \mu_\varphi = 1,45$
Тросостойка		1,55	$\frac{78}{21,7}$	0,58	1,56	0,372	0,521	0,545	0,821	$\frac{100}{27,8}$	$\frac{175}{40,4}$
Траверса		1,51	$\frac{76}{24,2}$	5,02	19,6	0,256	0,358	0,760	0,63	$\frac{(940)}{423}$ $\frac{118}{(262)}$	$\frac{735}{171}$
Верхняя часть стойки		1,41	$\frac{71}{19,8}$	1,2	4,95	0,242	0,340	0,843	0,626	$\frac{220}{61,4}$	$\frac{385}{89}$
Средняя часть стойки		1	$\frac{50}{14}$	2,2	9,3	0,237	0,332	0,787	0,594	$\frac{276}{77,3}$	$\frac{480}{112}$
Нижняя часть стойки		1	$\frac{50}{14}$	1,09	3,14	0,347	0,486	0,595	0,775	$\frac{122}{34,1}$	$\frac{215}{49,5}$
Оттяжки		1,36	$\frac{68}{19,1}$	—	—	—	—	—	—	$\frac{238}{66,9}$	$\frac{415}{97}$

Полное давление ветра на опору

$$2 \cdot 0,175 + 0,735 + 2(0,385 + 0,48 + 0,215) + 0,415 = 3,66 \text{ т}$$

$$2 \cdot 0,04 + 0,171 + 2(0,09 + 0,112 + 0,05) + 0,1 = 0,86 \text{ т}$$

Примечание 1. Ветровая нагрузка на траверсу R_P , указанная в скобках, определена при направлении ветра $\perp$ траверсе. При ветре $\perp$ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 R_P .

2. В знаменателе даны скорост-

ные напоры и ветровые нагрузки в голопедном режиме ($q_0 = 14 \text{ кг/м}^2$)

Исходные данные для статического расчета опоры ПЗЗ0-5 на ЭЦВМ „Урал-2“

Таблица 1^я

Параметры опоры

Обозначение	Размерность	Числовые значения	Пояснения
Q	см	1050	Размеры
C	—"—	1400	
B	—"—	700	
E_1	—"—	600	
E_2	—"—	300	
E_3	—"—	600	
H_0	—"—	2800	
H	—"—	2600	
h	—"—	200	
E	кг/см ²	$1,5 \cdot 10^6$	Модуль упругости материала оттяжек
F_1	см ²	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
E_B	м	450	Ветровой пролет
K	б/р	2	Кол-во проводов в фазе
h_T	см	400	Расстояние от нижней плоскости траверсы (оси Ox) до тросов
E_{Φ}	—"—	300	Расстояние между фазами
e_T	—"—	600	Расстояние от оси опоры до тросов

**Исходные данные для статического расчета.
опоры П 330-5 на ЭЦВМ „Урал-2“**

Таблица 1^б

Загрузка опоры по расчетным схемам

Обозначение	Размерность	Схема I	Схема II ветер слева IV р.г.	Схема III(1) обрыв край- него провода	Схема III(2) обрыв крайне- го провода	Схема III(3) обрыв средн- его провода	Схема III(4) обрыв средн- его провода	Схема IV(1) обрыв троса	Пояснения
P_v	кг	3450	840	0	0	0	0	0	ветровая нагрузка на конструкцию опоры, включая половину давления ветра на оптяжки.
P_n	кг/м	1,398	1,58	0	0	0	0	0	Погонная ветровая нагрузка на провод
P_T	— " —	0,86	1,43	0	0	0	0	0	То же на трос
T_n'	кг	0	0	0	3320	0	0	0	Тяжение в сторону "+" значение оси ОУ во всех проекциях левой фазы
T_n''	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правой фазы
T_{cp}'	— " —	0	0	0	0	0	3320	0	То же, средней фазы
T_{TL}'	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, левого троса
T_{TP}'	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правого троса
T_n''	— " —	0	0	3320	0	0	0	0	Тяжение в сторону "-" значение оси ОУ во всех проекциях левой фазы
T_n'	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правой фазы
T_{cp}''	— " —	0	0	0	0	3320	0	0	То же, средней фазы
T_{TL}''	— " —	0	0	0	0	0	0	1500	То же, левого троса
T_{TP}''	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правого троса
M_v	кг см	-2432500	-678000	0	0	0	0	0	Момент относительно оси ОУ от ветра на конструкцию опоры
M_g	— " —	0	0	831000	831000	0	0	117000	Момент относительно оси ОУ 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 1^а и 1^б составлены применительно к программе расчета опоры типа „Набла“ инв. № 3002 тм-т 15.

Результаты статического расчета опоры ЛЗ30-5

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	$-0,12 \cdot 10^{-2}$	-0,035	-0,021	$-2,3 \cdot 10^{-11}$	$2,3 \cdot 10^{-11}$	$0,6 \cdot 10^{-2}$
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_{cx}	"	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 „Набля” инв. N 3002 ТМ-Т 15.

Расчет стоек опоры

Стойка рассматривается как составной сжатой-изогнутой стержень переменного сечения шарнирно-определенными концами (см. рис. ...)

Осевое усилие в левой стойке

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

Осевое усилие в правой стойке

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

Распределенная нагрузка
а) ветровая нагрузка б) весовая

$$p = W = \frac{P_{ст}}{H}, \quad q = \frac{G_{ст}}{L_1}$$

$$L_x = \sqrt{25,7^2 + 4,7^2} = 26,42 \text{ м}$$

Распределенная поперечная нагрузка на стойку

$$q_{\Sigma}^{\lambda} = \frac{p}{L_x} + q \frac{e}{L_x}$$

Рис.

Определение критической силы

База по обухам в средней части стойки

$$b_{сб} = 75 \text{ см}$$

На концах стойки $b_{кз} = 20 \text{ см}$.

Пояса выполнены из $L 63 \times 5$ $F = 6,13 \text{ см}^2$ $Z = 174 \text{ см}$

$$J_c = F b_{сб}^2 = 6,13 (75 - 3,5)^2 = 31500 \text{ см}^4$$

$$J_k = 5,13 (20 - 3,5)^2 = 1670 \text{ см}^4$$

$$\frac{J_K}{J_c} = \frac{1670}{31300} = 0,0533$$

$$\frac{L_c}{L_{cr}} = \frac{12,4}{25,6} = 0,485$$

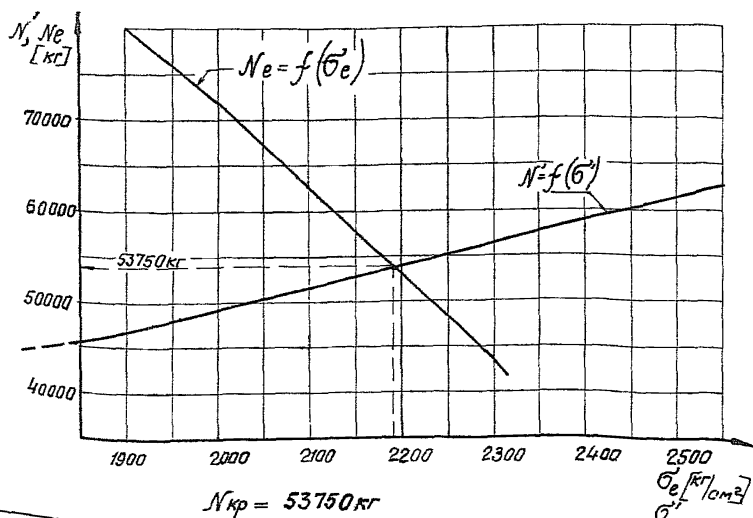
$$K^* = 7,988$$

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

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

В этом случае для определения критической силы $N_{кр}$ (для элементов из стали ВМСтЗ) следует пользоваться модулем Энгессера-Кармана E' Табл. 3

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



* См. издание А.Н. СССР 1955г. „Продольный изгиб и кручение“

** См. там же стр 249 табл. 10

*** См. там же стр 240, табл. 1

N3080-ТМ-Т4

Лист 61/86

Усилия в стойках по расчетным схемам

Табл. 4

ЛН схемы Усилия	Схема II	Схема III	Схема I
$R_z (N_n) [m]$	53,85	39,79	38,647
$R_x [m]$	-0,632	-0,677	-1,442
$N_{ст}^{\wedge} [m]$	28,5	22,2	20,7
$N_{ст}^{\circ} [m]$	26,3	18,3	18,7
$q_{ветр}^{\wedge} \left[\frac{кг}{мм} \right]$	$9,8 \frac{26}{26,5} = 9,6$	0	$42,1 \frac{26}{26,5} = 41,4$
$q_{ветр}^{\circ} \left[\frac{кг}{мм} \right]$	$9,8 \frac{26}{26,5} = 9,6$	0	$42,1 \frac{26}{26,5} = 41,4$
$q_{вес}^{\wedge} \left[\frac{кг}{мм} \right]$	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$
$q_{э}^{\circ} \left[\frac{кг}{мм} \right]$	16,53	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$	48,33

*

условно $q_z^{\wedge} = q_{ветр}^{\wedge}$

Вес стойки ≈ 1000 кг

I схема $P_{ст} = 1080$ кг

$$\frac{1000}{25,6} = 39,1 \text{ кг}_{мм}$$

II схема $P_{ст} = 251$ кг

* См. Инструкцию по расчету стальных опор и фундаментов
к нум "N 1562 тм стр. 26 п 3. 9. а

Прогиб в середине стойки от нагрузки q

$$\delta q = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{EI} \psi$$

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

$$n = \frac{I_0}{J} = 0,0533$$

$$m = \frac{b}{b_0} = \frac{71,5}{16,5} = 4,34$$

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{4,34} = 0,231$$

$$\begin{aligned} \ell_{nm} &= 230259 \ell_{gm} = \\ &= 2,30259 \cdot 0,6375 = 1,47 \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{m - 2\ell_{nm} - \frac{1}{m}}{(m-1)^3}$$

$$\alpha = \frac{4,34 - 2 \cdot 1,47 - 0,231}{(4,34 - 1)^3} = \frac{4,34 - 2,94 - 0,231}{3,34^3} = \frac{1,169}{37,25} = 0,0314$$

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

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

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

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

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

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

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

Прогиб от поперечной нагрузки

$$\delta_q = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot 2560^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 31300} \cdot 1,1452 = 9,74 \cdot q,$$

где q в кг/см

Производственный прогиб

$$\delta_{пр} = \frac{L}{750} = \frac{2560}{750} = 3,41 \text{ см}$$

Прогиб в середине стойки от условий опирания

Конструктивный эксцентриситет

нижнего конца стойки — 6,0 см

в середине — 3,0 см

$$\delta_{\Sigma} = \delta_q + \delta_{пр} + \delta_o$$

Прогибы в среднем сечении по расчетным
схемам

табл. 5

Расчетные схемы прогибы [см]	Схема II	Схема III	Схема I
δ_q^I	0,935	0	4,03
δ_q^II	1,61	0,675	4,7
δ_Σ^I	7,365	6,41	10,44
δ_Σ^II	8,02	7,085	11,11

Проверка стойки по местной устойчивости

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

$$U = \frac{N}{4} + \frac{M}{2b}$$

$$M = N \delta_\Sigma \cdot \zeta + \frac{q l^2}{8}$$

$$\zeta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{кр}}}$$

$$N_{кр} = 53,75 \text{ т} \quad (\text{см. лист 69})$$

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

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

$$U_N = \frac{N}{4}$$

$$U_M = \frac{M_\Sigma}{2b}$$

$$U_\Sigma = U_N + U_M$$

$$2b = 2(7,5 - 3,5) = 2 \cdot 7,5 = 15 \text{ см}$$

Определение усилий в поясе по расчетным
схемам

Таблица 6

Расчетные величины	Схема II	Схема III	Схема I
$\sum^A$	2,13	1,71	1,63
$\sum^H$	1,96	1,52	1,53
M_N^A	447000	244000	352000
M_N^H	414000	197000	317500
M_q^A	78600	0	339000
M_q^H	135300	56700	395000
M_Σ^A	525600	244000	691000
M_Σ^H	549300	253700	712500
U_N^A	7130	5550	5180
U_N^H	6560	4560	4680
U_M^A	3680	1710	4840
U_M^H	3840	1775	4990
U_Σ^A	10810	7260	10020
U_Σ^H	10400	6335	9670

Пояс выполнен из $L 63 \times 5$ $F = 6,13 \text{ см}^2$ $z_x = 1,94 \text{ см}$

$$z_{\min} = 1,25 \text{ см} \quad J_{n \min} = 9,52$$

Раскосы $L 36 \times 4$ $J_{p \min} = 1,36 \text{ см}$ $\ell_p = 93,8 \text{ см}$
 $F = 2,75 \text{ см}$

$$\ell_n = 112,5 \text{ см} \quad \lambda = \frac{\alpha_n \ell_n}{z_x}$$

$$\frac{\ell_n}{\ell_p} = \frac{J_{n \min} \cdot \ell_p}{J_{p \min} \cdot \ell_n} = \frac{9,52 \cdot 93,8}{1,36 \cdot 112,5} = 5,85$$

$$\alpha_n = 1,09 \quad (\text{табл. 2 ст. СНиП II-В. 3-62})$$

$$\lambda = \frac{1,09 \cdot 112,5}{1,94} = 63,2 \quad \varphi = 0,841$$

$$\sigma = \frac{10810}{0,841 \cdot 6,13} = \frac{10810}{5,16} = 2095 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Проверка стойки по общей устойчивости

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\text{BH}} F} \leq [\sigma]$$

$$\lambda_{\text{пр}} = \sqrt{\lambda^2 + F \left(\frac{K_1}{F_{p_1}} + \frac{K_2}{F_{p_2}} \right)} \quad \lambda = \frac{\ell_{\text{расч}}}{z} \quad \ell_{\text{расч}} = \alpha \ell$$

$$K = \frac{\pi^2}{\alpha^2} \quad \alpha = \frac{\pi}{\sqrt{K}} = \frac{\pi}{\sqrt{7,988}} = 1,1$$

$$\ell_{\text{расч}} = 1,1 \cdot 2560 = 2840 \text{ см}$$

$$z = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{31300}{4 \cdot 6,13}} = 35,8 \text{ см}$$

$$\lambda = \frac{2840}{35,8} = 79,3$$

при угле наклона раскоса к поясу $\alpha \approx 50^\circ$

$$K_1 = K_2 = 27$$

$$\lambda_{\text{прив}} = \sqrt{79,3^2 + 4 \cdot 6,13 \cdot 2 \cdot \frac{27}{2,75}} = 82,4$$

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

$$W = \frac{27}{6} = \frac{2 \cdot 31300}{71,5} = 877 \text{ см}^3$$

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

при $\lambda = 82,4$ и $m = 0,2825$ по табл. 27 прилож. III главы СНиП II-V 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 нагрузки

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

при $x = 6,6 \text{ м}$ $l = 25,6 \text{ м}$ $M_{xq} = 62,6 \text{ т}$

2) от продольного изгиба

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

при $x = 6,6 \text{ м}$ $l = 25,6 \text{ м}$ $\sin \frac{\pi \cdot 6,6}{25,6} = \sin 46^\circ 24' = 0,7242$

$$M_{xN} = 0,7242 M_N^{\text{лп}}$$

* Кривая изогнутой оси балки

принята за синусоиду $f_x = f_{\max} \sin \frac{\pi x}{l}$

Определение усилий в поясе на отметке стыка
Таблица 7

<i>Расчетные схемы величины</i>	<i>Схема II</i>	<i>Схема III</i>	<i>Схема I</i>
M_q^A	60100	0	259500
M_q^B	103700	43500	303000
M_N^A	324000	176500	255000
M_N^B	299000	142500	230000
M_Σ^A	384100	176500	514500
M_Σ^B	402700	186000	533000
U_N^A	7130	5550	5180
U_N^B	6560	4560	4680
U_M^A	2690	1235	3600
U_M^B	2820	1300	3730
U_Σ^A	9820	6785	8780
U_Σ^B	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

$$\frac{N}{h_i \cdot \varphi_{BH} \cdot F} \leq R, \text{ где}$$

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

$\gamma_{вн}$ — по табл. 57 СНиП II-V. 3-62*

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

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

$$m = e \cdot \frac{F \cdot x}{J_{y_0 - y_0}} \quad e = 0,5 \cdot e_0 \quad J_{y_0 - y_0} = 9,52 \text{ см}^4$$

$$x = 1,74 \cdot 1,41 = 2,45 \text{ см}$$

$$e_0 = (0,6 + 1,74 - 2,19) \cdot 1,41 = 0,2115 \text{ см}$$

$$e = 0,5 \cdot 0,2115 = 0,1058 \text{ см}$$

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

$$\text{при } \lambda = 49 \quad \text{и } m = 0,167 \quad \gamma_{вн} = 0,82$$

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

Проверка стыкового уголка

стыковой уголок $L 80 \times 6$ $F = 9,38 \text{ см}^2$ $Z_x = 2,47 \text{ см}$
 $Z_{min} = 1,58 \text{ см}$

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

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

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

$$Q_{усл} = 20 \cdot F, \quad \text{где}$$

F — площадь брутто всего сечения составного
 стержня в см^2

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

Усилия в раскосе

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

Раскосы выполнены из $\angle 36 \times 4$

$$F = 2,75 \text{ cm}^2$$

$$\ell_p = 93.8 \text{ cm}$$

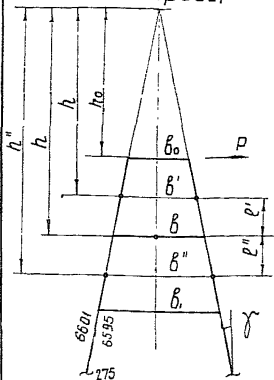
$$Z_{\min} = 0,7 \text{ см}$$

$$\frac{i_n}{i_p} = 5,85 \quad (\text{см см.}) \quad \frac{L_p}{z_{\min}} = \frac{93,8}{0,7} = 134 \quad \mu_p = 0,76$$

$$J = \frac{\kappa_p \cdot l_p}{2 \cdot \pi \cdot h} = \frac{0,76 \cdot 93,8}{0,7} = 102 \quad \varphi = 0,584$$

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

Проверка пояса и раскоса в опорном узле нижней секции



$$N' = \rho \left(\frac{\mu_0}{\epsilon_0} - \frac{\mu_0}{\epsilon'} \right) \frac{1}{\cos \gamma}$$

$$Q' = \frac{P}{2} \cdot \frac{h_0}{h'} = \frac{P}{2} \cdot \frac{b_0}{b'}$$

$$N'' = \rho \left(\frac{h_0}{\delta_0} - \frac{h_0}{\delta''} \right) \frac{1}{\cos \gamma}$$

$$Q'' = \frac{P}{2} \cdot \frac{h_0}{h''} = \frac{P}{2} \cdot \frac{\delta_0}{\delta''}$$

$$H_p = Q' - Q'' = \frac{P}{2} \left(\frac{\rho_0}{\rho'} - \frac{\rho_0}{\rho''} \right)$$

$$V_p = \rho \frac{g_0}{g} \left(\frac{e'}{g'} + \frac{e''}{g''} \right)$$

$$M_D' = \frac{P}{2} b_0 \frac{e'}{b'}$$

$$M_D'' = \frac{\rho}{2} \theta_0 \frac{e''}{h''}$$

$$M_{\text{дп}} = \frac{\rho}{2} \cdot b_0 \left(\frac{e'}{b'} + \frac{e''}{b''} \right)$$

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

$$h_0 = 239,5 \text{ см} \quad b_0 = 20 \text{ см} \quad \frac{h_0}{b_0} = 11,99$$

$$b = 24,0 \text{ см} \quad b_1 = 28,1 \text{ см}$$

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

$$\rho' = \frac{20,0 + 24,0}{2} = 22,0 \text{ см} \quad \rho'' = \frac{24,0 + 28,1}{2} = 26,05 \text{ см}$$

$$\rho' = \frac{48,0}{2} = 24,0 \text{ см} \quad \rho'' = \frac{49,6}{2} = 24,8 \text{ см} \quad \text{Расчетная схема II}$$

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

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

$$N' = 123 \left(\frac{11.99 - 10.9}{0.996} \right)^2 = 124 \text{ Kr}$$

$$\frac{b_0}{b'} = \frac{20}{22.0} = 0.909$$

$$Q' = \frac{123}{2} \cdot \frac{20}{220} = 56 \text{ K.}$$

N3080 _{TM} -T4	Лист	
	71	86

$$\frac{h_0}{\delta''} = \frac{239,5}{26,05} = 9,18$$

$$N'' = 123(11,9 - 9,18) = 123 \cdot 2,72 = 335 \text{ кг}$$

$$\frac{\delta_0}{\delta''} = \frac{20,0}{26,05} = 0,767$$

$$Q'' = \frac{123}{2} \cdot 0,767 = 47,2 \text{ кг}$$

$$H_p = 56 - 47,2 \approx 9 \text{ кг}$$

$$V_p = \frac{123}{24,0} \cdot 20,0 \left(\frac{24,0}{22,0} + \frac{24,8}{26,05} \right) = \frac{123}{1,2} \cdot 2,042 = 210 \text{ кг}$$

$$M_D' = \frac{123}{2} \cdot 20,0 \cdot \frac{24,0}{22,0} = 1340 \text{ кг см}$$

$$M_D'' = \frac{123}{2} \cdot 20 \cdot \frac{24,8}{26,05} = 1170 \text{ кг см}$$

$$M_{\text{др}} = \frac{123}{2} \cdot 20 (1,09 + 0,952) = 2520 \text{ кг см}$$

$$\text{Пояс из } L 63 \times 5 \quad \gamma_{\text{мн}} = 1,25 \text{ см} \quad W_x = \frac{36,6}{6,3 - 1,74} = 8,01 \text{ см}^3$$

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

$$l = 48,0 \text{ см} \quad \lambda = \frac{48,0}{1,25} = 38,4 \quad U = 7125 + 124 = 7249 \text{ кг}$$

$$\varphi = 0,923$$

$$\sigma = \frac{7125 + 124}{0,923 \cdot 6,13} + \frac{1340}{8,01} = 1280 + 167 = 1447 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Распорка выполнена из L 63 x 5

$$\sigma_p = \frac{2520}{8,01} = 314 \text{ кг/см}^2$$

Схема I

$$P = \frac{48,33 \cdot 25,6}{2} = 619 \text{ кг} \quad N' = 619(11,9 - 10,9) \frac{1}{0,996} = 621 \text{ кг}$$

$$M_D' = \frac{619}{2} \cdot 20,0 \cdot \frac{24,0}{22,0} = 6740 \text{ кг см} \quad N = \frac{20700}{4} = 5175 \text{ кг}$$

$$U_1 = 5175 + 621 = 5796 \text{ кг}$$

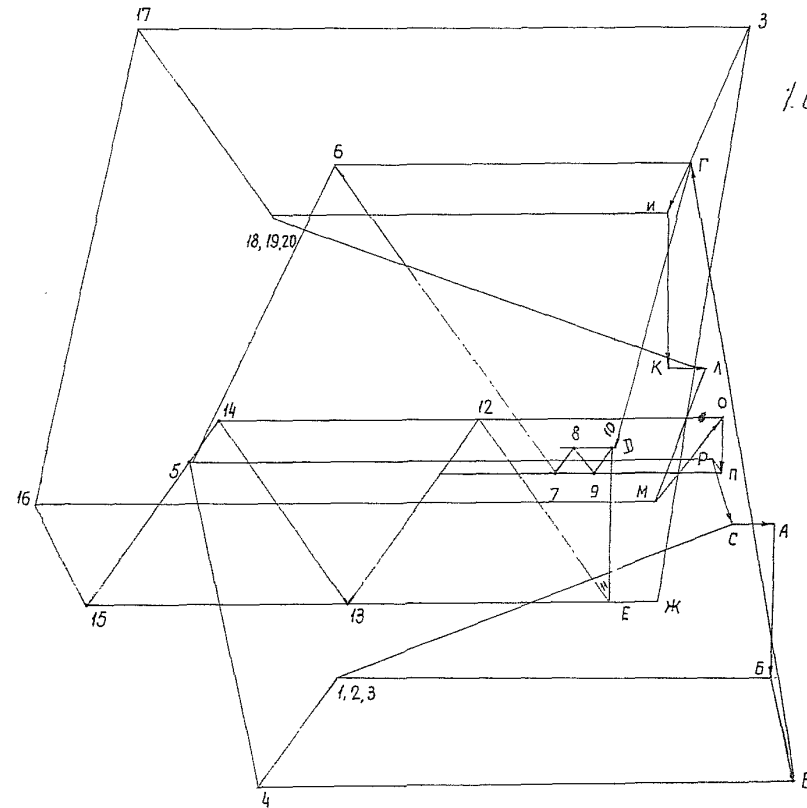
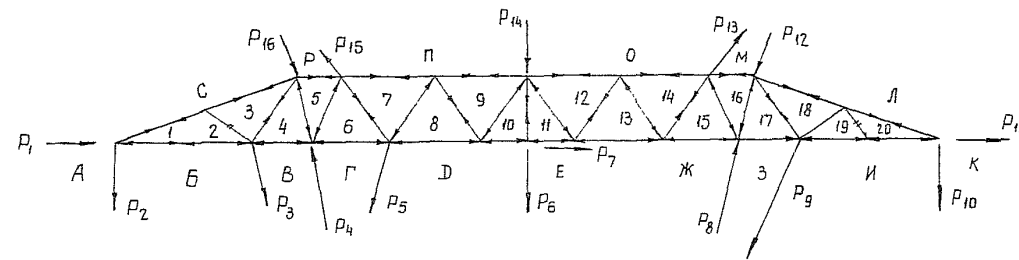
$$\sigma = \frac{5796}{0,923 \cdot 6,13} + \frac{6740}{8,01} = 1023 + 841 = 1864 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

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 решётки.

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

Усилия в элементах траверсы / Нормальный режим II /

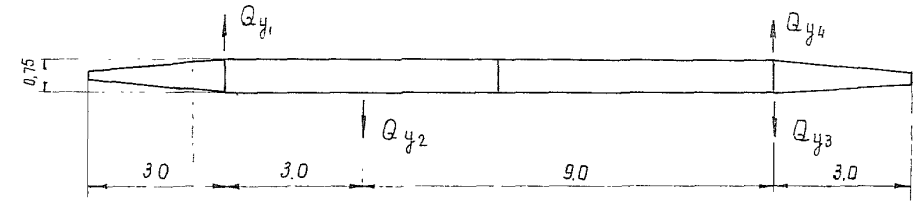


в 1см - 2т
/ В приведении к боковой
грани в 1см - 1т /

$$\begin{aligned} P_1 &= 1,43 + 0,29 = 1,72 \text{ т} \\ P_2 &= 6,69 \text{ т} \\ P_3 &= \frac{5,24 \times 28,64}{31,88} = 4,67 \text{ т} \\ P_4 &= 27,29 \text{ т} \\ P_5 &= \frac{13,08 \times 28,98}{29,82} = 12,72 \text{ т} \\ P_6 &= 6,69 \text{ т} \\ P_7 &= 1,72 \text{ т} \\ P_8 &= 25,31 \text{ т} \\ P_9 &= \frac{4,30 \times 28,64}{31,88} = 3,86 \text{ т} \\ P_{10} &= 6,69 \text{ т} \\ P_{11} &= 1,72 \text{ т} \\ P_{12} &= \frac{1,93 \times 2 + 0,65 \times 26}{0,75} = 6,18 \text{ т} \\ P_{13} &= \frac{1,93 \times 1 + 0,65 \times 26}{0,75} = 4,82 \text{ т} \\ P_{14} &= 2,5 \text{ т} \\ P_{15} &= \frac{1,93 \times 1 + 0,65 \times 26}{0,75} = 4,32 \text{ т} \\ P_{16} &= \frac{1,93 \times 2 + 0,65 \times 26}{0,90} = 2,41 \text{ т} \end{aligned}$$

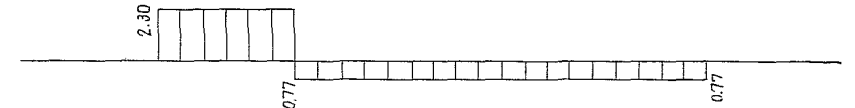
Усилия в поясах и раскосах

$$\begin{aligned} B-1 &= -9,55 & C-1 &= 9,35 & 1-2 &= 0 \\ B-2 &= -9,55 & C-3 &= 9,35 & 2-3 &= 0 \\ B-4 &= -11,75 & P-5 &= 11,45 & 3-4 &= 2,9 \text{ т} \\ \Gamma-6 &= -7,80 & П-7 &= 5,70 & 4-5 &= -7,25 \text{ т} \\ Д-8 &= -0,95 & П-9 &= 2,85 & 5-6 &= -7,15 \text{ т} \\ Д-10 &= -0,15 & О-12 &= 5,30 & 6-7 &= 8,25 \text{ т} \\ Ж-11 &= -1,10 & О-14 &= 11,00 & 7-8 &= -0,7 \text{ т} \\ Ж-13 &= -6,75 & М-16 &= 13,55 & 8-9 &= +0,7 \text{ т} \\ Ж-15 &= -12,45 & Л-18 &= 10,1 & 9-10 &= -0,7 \text{ т} \\ З-17 &= -13,35 & Л-20 &= 10,1 & 10-11 &= 3,35 \text{ т} \\ И-19 &= -8,65 & & & 11-12 &= -4,9 \text{ т} \\ И-20 &= -8,65 & & & 12-13 &= 4,9 \text{ т} \\ & & & & 13-14 &= -4,9 \text{ т} \\ & & & & 14-15 &= 4,9 \text{ т} \\ & & & & 15-16 &= -2,5 \text{ т} \\ & & & & 16-17 &= -10,6 \text{ т} \\ & & & & 17-18 &= 5,0 \text{ т} \\ & & & & 18-19 &= 0 \\ & & & & 19-20 &= 0 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} Q_{y1} &= \frac{5,24 \times 14}{31,88} = 2,3 \text{ т}, & Q_{y2} &= \frac{13,08 \times 7,0}{29,82} = 3,07 \text{ т} \\ Q_{y3} &= \frac{5,34 \times 7}{33,25} = 1,12 \text{ т}, & Q_{y4} &= \frac{4,30 \times 14}{31,88} = 1,89 \text{ т} \end{aligned}$$

Эпюра перерезывающих сил



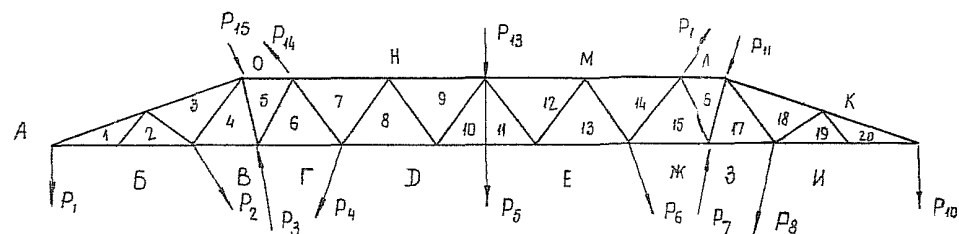
Усилия в поясах от перерезывающих сил вдоль оси "у"

$$\begin{aligned} B-1 &= 0 \\ B-2 &= 0 \\ B-4 &= \frac{2,3 \times 1,3}{0,75} = 4,0 \text{ т} \\ \Gamma-6 &= \frac{2,3 \times 3,0}{0,75} = 9,2 \text{ т} \\ Д-8 &= \frac{2,3 \times 5,0 - 3,07 \times 2,0}{0,75} = 7,15 \text{ т} \\ Д-10 &= \frac{2,3 \times 6,0 - 3,07 \times 3,0}{0,75} = 6,16 \text{ т} \\ Ж-11 &= \frac{0,77 \times 6}{0,75} = 6,16 \text{ т} \\ Ж-13 &= \frac{0,77 \times 5}{0,75} = 5,1 \text{ т} \\ Ж-15 &= \frac{0,77 \times 3,0}{0,75} = 3,08 \text{ т} \\ З-17 &= \frac{0,77 \times 1,3}{0,75} = 1,33 \text{ т} \\ И-19 &= 0 \\ И-20 &= 0 \end{aligned}$$

Суммарные усилия

$$\begin{aligned} B-1 &= -9,55 \text{ т} \\ B-2 &= -9,55 \text{ т} \\ B-4 &= -11,75 - 4,0 = -15,75 \text{ т} \\ \Gamma-6 &= -7,80 - 9,2 = -17,0 \text{ т} \\ Д-8 &= -0,95 - 7,15 = -8,1 \text{ т} \\ Д-10 &= -0,15 - 6,16 = -6,31 \text{ т} \\ Ж-11 &= -1,10 - 6,16 = -7,26 \text{ т} \\ Ж-13 &= -6,75 - 5,10 = -11,85 \text{ т} \\ Ж-15 &= -12,45 - 3,08 = -15,53 \text{ т} \\ З-17 &= -13,35 - 1,33 = -14,68 \text{ т} \\ И-19 &= -8,65 \text{ т} \\ И-20 &= -8,65 \text{ т} \end{aligned}$$

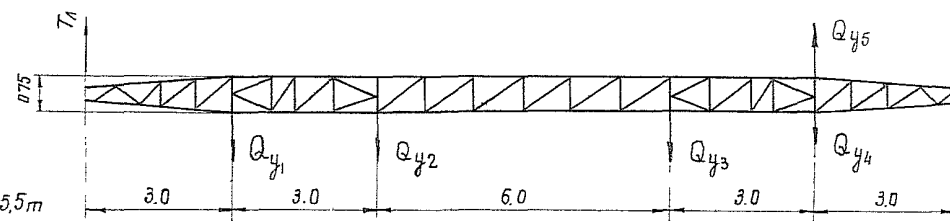
Усилия в элементах траверсы / Аварийный режим III-1)



В 1 см - 2 м

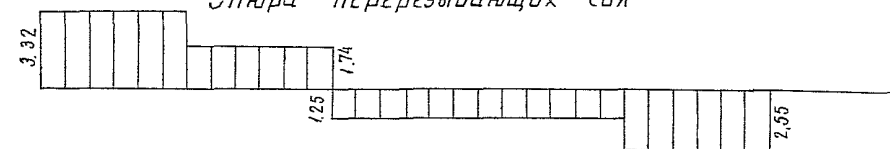
/ В приведении к боковой грани в 1 см - 1 м

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1,18 \text{ м} \\
 P_2 &= \frac{7,5 \times 32,5}{33,25} = 7,33 \text{ м} \\
 P_3 &= 21,2 \text{ м} \\
 P_4 &= \frac{12,76 \times 29,82}{29,82} = 12,35 \text{ м} \\
 P_5 &= 2,10 \text{ м} \\
 P_6 &= \frac{5,53 \times 29,82}{29,82} = 5,37 \text{ м} \\
 P_7 &= 17,3 \text{ м} \\
 P_8 &= \frac{5,92 \times 28,64}{31,88} = 5,31 \text{ м} \\
 P_8' &= \frac{0,23 \times 32,5}{33,25} = 0,22 \text{ м} \\
 P_{10} &= 2,10 \text{ м} \\
 P_{11} &= \frac{0,385 \times 2}{0,9} = 0,86 \text{ м} \\
 P_{12} &= \frac{0,385 \times 1}{0,75} = 0,52 \text{ м} \\
 P_{13} &= 2,5 \text{ м} \\
 P_{14} &= 0,52 \text{ м} \\
 P_{15} &= 0,86 \text{ м}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 T_1 &= 3,32 \text{ м}; \quad Q_{y1} = \frac{7,5 \times 7}{33,25} = 1,58 \text{ м}; \quad Q_{y2} = \frac{12,76 \times 7}{29,82} = 2,99 \text{ м} \\
 Q_{y3} &= \frac{5,53 \times 7}{29,82} = 1,30 \text{ м}; \quad Q_{y4} = \frac{0,23 \times 7}{33,25} = 0,05 \text{ м}; \quad Q_{y5} = \frac{5,92 \times 14}{31,88} = 2,60 \text{ м}
 \end{aligned}$$

Эпюра перерезывающих сил



Усилия в поясах и раскосах

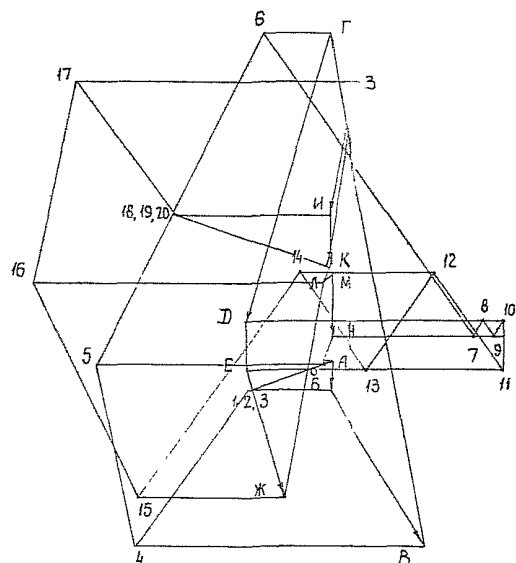
$$\begin{aligned}
 Б-1 &= -1,65 \text{ м} & А-1 &= 1,85 \text{ м} & 1-2 &= 0 \\
 Б-2 &= -1,65 \text{ м} & А-3 &= 1,85 \text{ м} & 2-3 &= 0 \\
 Б-4 &= -5,9 \text{ м} & О-5 &= 4,65 \text{ м} & 3-4 &= -4,0 \text{ м} \\
 Г-6 &= -1,4 \text{ м} & Н-7 &= -3,0 \text{ м} & 4-5 &= -3,8 \text{ м} \\
 Д-8 &= 4,9 \text{ м} & Н-9 &= -3,4 \text{ м} & 5-6 &= -7,65 \text{ м} \\
 Д-10 &= 5,35 \text{ м} & М-12 &= -2,2 \text{ м} & 6-7 &= -7,6 \text{ м} \\
 Е-11 &= 5,35 \text{ м} & М-14 &= 0,7 \text{ м} & 7-8 &= -0,4 \text{ м} \\
 Е-13 &= 2,55 \text{ м} & Л-16 &= 6,0 \text{ м} & 8-9 &= -0,4 \text{ м} \\
 Ж-15 &= -2,9 \text{ м} & К-18 &= 3,3 \text{ м} & 9-10 &= -0,4 \text{ м} \\
 З-17 &= -5,75 \text{ м} & К-20 &= 3,3 \text{ м} & 10-11 &= -1,0 \text{ м} \\
 И-19 &= -3,15 \text{ м} & & & 11-12 &= -2,45 \text{ м} \\
 И-20 &= -3,15 \text{ м} & & & 12-13 &= -2,45 \text{ м} \\
 & & & & 13-14 &= -2,45 \text{ м} \\
 & & & & 14-15 &= 5,65 \text{ м} \\
 & & & & 15-16 &= -4,90 \text{ м} \\
 & & & & 16-17 &= -4,20 \text{ м} \\
 & & & & 17-18 &= 3,40 \text{ м} \\
 & & & & 18-19 &= 0 \\
 & & & & 19-20 &= 0
 \end{aligned}$$

Усилия в поясах от перерезывающих сил вдоль оси "у"

$$\begin{aligned}
 Б-1 &= Б-2 = \frac{3,32 \times 3,0}{0,72} = 13,80 \text{ м} \\
 Б-4 &= \frac{3,32 \times 4,3}{0,72} - \frac{1,58 \times 1,3}{0,72} = 19,80 - 2,86 = 16,94 \text{ м} \\
 Г-6 &= \frac{3,32 \times 6,0}{0,72} - \frac{1,58 \times 3}{0,72} = 27,60 - 6,60 = 21,0 \text{ м} \\
 Д-8 &= \frac{3,32 \times 8}{0,72} - \frac{1,58 \times 5}{0,72} - \frac{2,99 \times 1}{0,72} = 36,9 - 10,8 - 4,15 = 21,95 \text{ м} \\
 Д-10 &= \frac{3,32 \times 9}{0,72} - \frac{1,58 \times 6}{0,72} - \frac{2,99 \times 3}{0,72} = 41,50 - 13,20 - 12,5 = 15,8 \text{ м} \\
 Е-11 &= \frac{2,55 \times 6}{0,72} - \frac{1,3 \times 3}{0,72} = 21,2 - 5,4 = 15,8 \text{ м} \\
 Е-13 &= \frac{2,55 \times 5}{0,72} - \frac{1,3 \times 2}{0,72} = 17,8 - 3,6 = 14,2 \text{ м} \\
 Ж-15 &= \frac{2,55 \times 3}{0,72} = 10,6 \text{ м} \\
 З-17 &= \frac{2,55 \times 1,3}{0,72} = 4,60 \text{ м} \\
 И-19 &= 0 \\
 И-20 &= 0
 \end{aligned}$$

Суммарные усилия

$$\begin{aligned}
 Б-1 &= -1,65 - 13,80 = -15,45 \text{ м} \\
 Б-2 &= -1,65 - 13,80 = -15,45 \text{ м} \\
 Б-4 &= -5,90 - 16,94 = -22,84 \text{ м} \\
 Г-6 &= -1,40 - 21,0 = -22,40 \text{ м} \\
 Д-8 &= 4,90 + 17,8 = 22,7 \text{ м} (12,9 \text{ м}) \\
 Д-10 &= 5,35 + 15,8 = 21,15 \text{ м} (-10,45 \text{ м}) \\
 Е-11 &= 5,35 + 15,8 = 21,15 \text{ м} (-10,45 \text{ м}) \\
 Е-13 &= 2,55 + 14,2 = 16,75 \text{ м} (-11,65 \text{ м}) \\
 Ж-15 &= -2,9 - 10,6 = -13,5 \text{ м} \\
 З-17 &= -5,75 - 4,60 = -10,35 \text{ м} \\
 И-19 &= -3,15 \text{ м} \\
 И-20 &= -3,15 \text{ м}
 \end{aligned}$$



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

$U_1 = 22,4 \text{ т}$ - средняя часть траверсы (см. лист 83)
 $L 90 \times 7$; $F = 12,3 \text{ см}^2$; $L = 162 \text{ см}$; $Z_x = 2,77 \text{ см}$;

$$\lambda = \frac{162}{2,77} = 58,5; \quad \varphi = 0,865; \quad m = 1,0;$$

$$G = \frac{22400}{0,865 \times 12,3} = 2095 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

$U_2 = 15,45 \text{ т}$ - консольная часть траверсы (см. лист 83)
 $L 80 \times 6$; $F = 9,38 \text{ см}^2$; $L = 150 \text{ см}$; $Z_x = 2,47 \text{ см}$;

$$\lambda = \frac{150}{2,47} = 60,5; \quad \varphi = 0,858; \quad m = 1,0;$$

$$G = \frac{15450}{9,38 \times 0,858} = 1915 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

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

$U_3 = 13,55 \text{ т}$ - средняя часть траверсы (см. лист 82)
 $L 80 \times 6$; $F = 9,38 \text{ см}^2$; $F_{нт} = 9,38 - 2,1 \times 0,6 = 8,12 \text{ см}^2$;

$$G = \frac{13,550}{8,12} = 1670 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

$U_4 = 10,1 \text{ т}$ - для тяг траверсы (см. лист 82)
 $L 63 \times 5$; $F = 6,13 \text{ см}^2$; $F_{нт} = 6,13 - 2,1 \times 0,5 = 5,08 \text{ см}^2$

$$G = \frac{10100}{5,08} = 1985 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

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

Раскос D_2 $D_2 = 5.0 \text{ м}$: Схема II
 $L 63 \times 5$; $F = 6.13 \text{ см}^2$; $F_{нт} = 5.08 \text{ см}^2$;

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

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

Раскос D_3 $D_3 = 10.6 \text{ м}$: Схема II

$L 90 \times 7$; $F = 12.3 \text{ см}^2$; $L = 143 \text{ см}$; $z_{min} = 1.78$;

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

$$G = \frac{10600}{12.3 \times 0.744 \times 0.75} = 1545 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления необходимо 3 болта М20

$$N_{ср} = 4.08 \times 3 = 12.24 \text{ т}$$

$$N_{см} = 4.76 \times 3 = 14.28 \text{ т}$$

Раскос D_4 $D_4 = 7.65 \text{ м}$; : Схема III (1).

$L 80 \times 6$; $F = 9.38 \text{ см}^2$; $L = 157 \text{ см}$; $z_{min} = 1.58$;

$$\lambda = \frac{157}{1.58} = 100; \quad \varphi = 0.60; \quad m = 0.75;$$

$$G = \frac{7650}{9.38 \times 0.60 \times 0.75} = 1825 \text{ кг/см}^2;$$

Для крепления необходимо 2 болта М20

$$N_{ср} = 4.08 \times 2 = 8.16 \text{ т}$$

$$N_{см} = 4.08 \times 2 = 8.16 \text{ т}$$

Раскос D_5 $D_5 = 8.25 \text{ м}$: Схема II

$L 63 \times 5$; $F = 6.13 \text{ см}^2$; $F_{нт} = 5.08 \text{ см}^2$;

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

Для крепления необходимо 3 болта М20

$$N_{ср} = 3 \times 3.40 = 10.20 \text{ т}$$

$$N_{см} = 3 \times 4.08 = 12.24 \text{ т}$$

Раскос D_6 $D_6 = 4.9 \text{ м}$ Схема II

$\angle 63 \times 5$; $F = 6.13 \text{ см}^2$; $l_p = 172 \text{ см}$; $z_{\min} = 1.25$;

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

$$\frac{l_n}{l_p} = \frac{J_n \min \cdot l_p}{J_r \min \cdot l_n} = \frac{23.5 \times 173}{9.52 \times 200} \approx 2.0 \quad \mu_p = 0.77$$

$$\lambda_p = \mu_p \lambda = 0.77 \times 138 = 106; \quad \varphi = 0.552$$

$$G = \frac{4900}{6.13 \times 0.552 \times 0.75} = 1935 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Для крепления необходимо 2 болта М20

$$N_{cm} = 3.40 \times 2 = 6.8 \text{ т}$$

$$N_{cp} = 4.08 \times 2 = 8.16 \text{ т}$$

Раскос D_7 $D_7 = 4.9 \text{ м}$; Схема II

$\angle 63 \times 5$; $F = 6.13 \text{ см}^2$; $F_{нт} = 5.08 \text{ см}^2$;

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

Для крепления выбираем 2 болта М20

$$N_{cm} = 6.8 \text{ т}; \quad N_{cp} = 8.16 \text{ т};$$

Проверка болтов соединений

1. Стык нижних поясов средней и крайней секции; $U_4 = 15.45 \text{ т}$

$$\text{Болты } 4 \times \text{М20} \quad N_{cp} = 4.08 \times 4 = 16.32 \text{ т}$$

$$N_{cm} = 4.08 \times 4 = 16.32 \text{ т}$$

2. Стык верхнего пояса с тягой

$$U_6 = 10.1 \text{ т}; \quad \text{Болты } 3 \times \text{М20}$$

$$N_{cp} = 4.08 \times 3 = 12.24 \text{ т}$$

$$N_{cm} = 3.40 \times 3 = 10.20 \text{ т}$$

3. Узел соединения раскосов D_3 и D_4

$$\Sigma U_{\delta} = D_3 \Sigma + D_4 \Sigma + U_7 \Sigma = 8.5 \text{ т}$$

$$3 \text{ болта } M20 \quad N_{cp} = 3 \times 4.08 = 12.24 \text{ т}$$

$$N_{cm} = 12.24 \text{ т}$$

4. Узел соединения раскосов D_4 и D_5

$$\Sigma U_{\delta} = D_4 \Sigma + D_5 \Sigma = 8.1 \text{ т}$$

$$3 \text{ болта } M20 \quad N_{cp} = 12.24 \text{ т}$$

5. Узел соединения раскосов D_2 и D_3

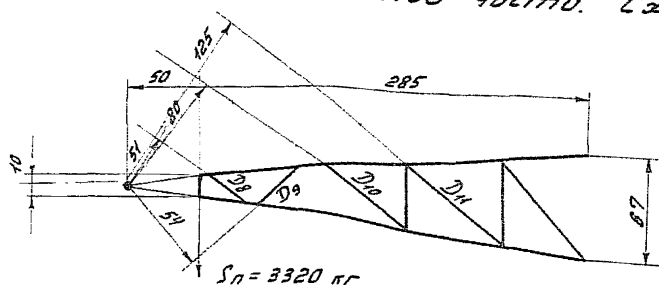
$$\Sigma U_{\delta} = D_4 - 5 \Sigma + D_5 - 6 \Sigma = 12.2 \text{ т}$$

$$3 \text{ болта } M20 \quad N_{cp} = N_{cm} = 12.24 \text{ т}$$

Расчёт раскосов нижней грани

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

1. Раскосы консольной части. Схема III(1)



$$D_8 = \frac{3.32 \times 50}{51} = 3.25 \text{ т}$$

$$D_9 = \frac{3.32 \times 50}{54} = 3.07 \text{ т}$$

$$D_{10} = \frac{3.32 \times 50}{80} = 2.07 \text{ т}$$

$$D_{11} = \frac{3.32 \times 50}{125} = 1.33 \text{ т}$$

Максимальное усилие в раскосах 3.25 т

Необходимо 1 болт M20 $N_{cm} = 3.2 \text{ т}$

2. Раскосы средней части стропильсы

$$D_{12} = \frac{Q \cdot L_{pc}}{2 \cdot \beta} + \frac{N \cdot L_{pc}}{2 \cdot d}; \quad \text{Схема III (1)}$$

$$Q_2 = 1.74 \text{ т}$$

$$N = \frac{13 \times 16.5}{33.25} = 3.72 \text{ т};$$

$$\beta = \frac{67 \cdot 8}{2} = 29.5 \text{ см};$$

$$L_{pc} = 72 \text{ см}; \quad d = 65 \text{ см};$$

$$D_{12} = \frac{1.74 \times 72}{2 \times 29.5} + \frac{3.72 \times 72}{2 \times 65} = 2.12 + 2.06 = 4.18 \text{ т}$$

$$2L 56 \times 5 \quad F = 2 \times 5.41 = 10.82 \text{ см}^2;$$

Выбираем один болт М20 двухсрезный;

$$N_{cp} = 8.16 \text{ т}$$

$$N_{cm} = 4.56 \text{ т}$$

$$D_{13} = \frac{Q \cdot L_{pc}}{\beta};$$

$$\text{Схема II} \quad Q = 2.3 \text{ т}$$

$$L_{pc} = 75 \text{ см}; \quad \beta = 67 \text{ см}$$

$$D_{13} = \frac{2.3 \times 75}{67} = 2.58 \text{ т}$$

$$L 56 \times 5; \quad F = 5.41 \text{ см}^2;$$

Необходимо 1 болт М20

$$D_{14} = \frac{2.3 \times 102}{67} = 3.51 \text{ т}$$

$$L_{pc} = 102 \text{ см}; \quad \beta = 67 \text{ см}; \quad Q = 2.3 \text{ т} \quad \text{Схема II}$$

Необходимо болт М20 с обрезом 2d

$$N_{cm} = 3.8 \text{ т}; \quad N_{cp} = 4.08 \text{ т};$$

$$D_{15} = \frac{Q \cdot L_{pc}}{2 \cdot \beta} + \frac{N \cdot L_{pc}}{2 \cdot d} \quad \text{Схема II}$$

$$Q = 2.30 \text{ т}; \quad N = \frac{13.08 \cdot 7.5}{29.82} = 3.33 \text{ т}; \quad L_{pc} = 69 \text{ см}; \quad \beta = 29.5 \text{ см}$$

$$D_{15} = \frac{2.30 \cdot 69}{29.5 \times 2} + \frac{3.33 \times 69}{2 \times 62} = 2.78 + 1.82 = 4.60 \text{ т} \quad d = 62 \text{ см};$$

$$2L 56 \times 5; \quad F = 10.82 \text{ см}^2;$$

Необходимо один двухсрезный болт М20

$$N_{cp} = 8.16 \text{ т}$$

$$N_{cm} = 4.56 \text{ т}$$

$$D_{16} = \frac{Q_2 \cdot L_{pc}}{B};$$

$$Q_2 = 1.25 \text{ м} - \text{Сред III} - 1$$

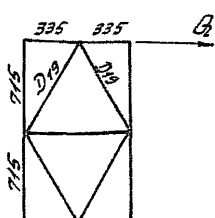
$$D_{16} = \frac{1.25 \times 117}{67} = 2.18 \text{ м}$$

$$D_{17} = \frac{1.25 \times 120}{67} = 2.24 \text{ м}$$

$$D_{18} = D_{16} = 2.18 \text{ м}$$

Необходим огуи болт М20

Расчёт диффрагм



Сред IV

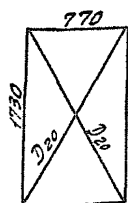
$$D_{19} = \frac{Q_2 \cdot L_{pc}}{2B}$$

$$Q_2 = \frac{Sr}{2} + \frac{Sr \cdot 0.5}{2 \cdot 0.2} = 0.75 + 1.88 = 2.63 \text{ м}$$

$$L_{pc} = 79 \text{ см}; \quad B = 33.5 \text{ см};$$

$$D_{19} = \frac{2.63 \times 79}{33.5 \cdot 2} = 3.07 \text{ м}$$

L 56x5; Необходим огуи болт М20 Ncm = 3,2 м



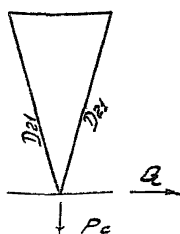
Сред II

$$D_{20} = \frac{Q_2 \cdot L_{pc}}{2B}$$

$$Q_2 = \frac{Q_{42}}{2} = \frac{3.07}{2} = 1.54 \text{ м};$$

$$B = 77 \text{ см}; \quad L_{pc} = 189 \text{ см};$$

$$D_{20} = \frac{1.54 \times 189}{2 \times 77} = 1.89 \text{ м} \quad L 56 \times 5$$



Сред II $P_6 = 6.69 \text{ м}$

$$D_{21} = \frac{6.69 \cdot 145}{2 \times 140} = 3.44 \text{ м}$$

Сред III (1) $Q_2 = 1.25 \text{ м}$

$$D_{21} = \frac{1.25 \cdot 145}{2 \times 0.385} = 2.71 \text{ м}$$

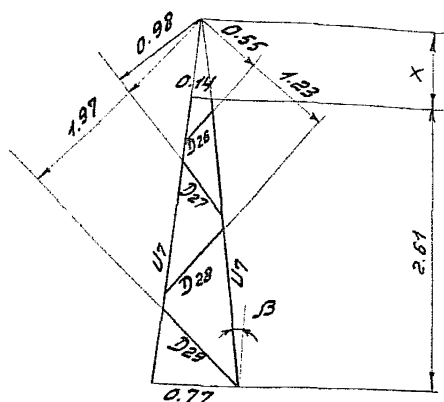
Diagram illustrating the hull structure and dimensions of a ship. The diagram shows a cross-section of the hull with various structural elements and dimensions labeled:

- Dimensions:**
 - 4.30 (Top horizontal dimension)
 - 2.65 (Left vertical dimension)
 - 1.15 (Right vertical dimension)
 - 98.5 (Bottom horizontal dimension)
 - 26.2 (Right vertical dimension)
- Structural Elements and Labels:**
 - P_m (Main Propeller)
 - S_r (Side Rudder)
 - U_8 , D_{22} , D_{24} , D_{25} , U_7 (Internal structural components)
 - U_{18} (Internal structural component)
 - U_{19} (Internal structural component)
 - U_{10} (Internal structural component)
 - U_{11} (Internal structural component)
 - U_{12} (Internal structural component)
 - U_{13} (Internal structural component)
 - U_{14} (Internal structural component)
 - U_{15} (Internal structural component)
 - U_{16} (Internal structural component)
 - U_{17} (Internal structural component)
- Angles:**
 - α (Angle at the bottom left)
 - γ (Angle at the bottom right)

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

$$D_{25} = \frac{2.57}{2.93} = 0.91m$$

Раскосы передней грани тросостойки



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

$$\cos \beta = 0.993$$

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

Схема IV, III р-н гололёда

$$S_T = 1500 \text{ кг} \quad q_T = 389 \text{ кг} \quad C_{\text{тр}} = 150 \text{ кг}$$

$$M_{\text{изг}} = 1,5 \times 2,61 + 0,38 \times 0,5 \times 0,5 = 3,92 + 0,1 = 4,02 \text{ тм}$$

$$U_7 = \frac{4,02}{2 \times 0,70 \times 0,993} + \frac{0,15 + 0,380}{4 \times 0,993} = 2,89 + 0,12 = 3,01 \text{ м}$$

$$M_{\text{кр}} = 0,855 \text{ тм} \quad T = \frac{0,855}{2 \times 0,25} = 1,71 \text{ м}$$

$$\frac{S_T}{2} + T = 0,75 + 1,71 = 2,46 \text{ м}$$

$$D_{26} = \frac{2,46 \times 0,58}{0,55} = 2,60 \text{ м}$$

$$D_{27} = \frac{2,46 \times 0,58}{0,98} = 1,46 \text{ м}$$

$$D_{28} = \frac{2,46 \times 0,58}{1,23} = 1,16 \text{ м}$$

$$D_{29} = \frac{2,46 \times 0,58}{1,97} = 0,72 \text{ м}$$

Расчёт оттяжек

Оттяжки 2 и 5

Максимальное усилие в оттяжке

$$T_5 = 13,96 \text{ т} \quad - \text{ Схема I}$$

Выбираем для оттяжки двойной канат

φ15,5 (15,5-Г-В-СС-Р-140 по ГОСТ 3064-66г)

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

$R_p = 16,7 \text{ т}$ - расчётное разрывное усилие каната в целом

$$R = 2 \times 16,7 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,9 = 19,15 \text{ т} > T_5 = 13,96 \text{ т}$$

Оттяжки 1, 3, 4, 6

Максимальное усилие в оттяжке

$$T_4 = 9,87 \text{ т} \quad - \text{ схема III (2)}$$

Выбираем для оттяжки одиночный канат

φ15,5 (15,5-Г-В-СС-Р-140 по ГОСТ 3064-66г)

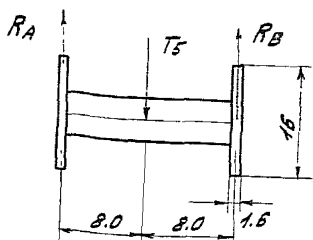
$$m_1 = 0,8; \quad m_2 = 1,0; \quad K = 0,8$$

$$R_p = 16,7 \text{ т}$$

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

Расчет узлов крепления оттяжек

1. Узел крепления оттяжки 5 (Схема 1)



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

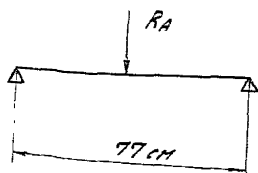
Для балки

$$M = \frac{T_5 \cdot L}{4} = \frac{13.96 \times 16}{4} = 55.840 \text{ кг см}$$

Схема работы ребра-балки

Вал ϕ 8 см

$$W = 0.1 d^3 = 51.2 \text{ см}^3$$



$$\sigma = \frac{55.840}{51.2} = 1090 \text{ кг/см}^2$$

Для ребра-балки $M = \frac{R_d \cdot 77}{4} = \frac{6.98 \times 77}{4} = 134.000 \text{ кг/см}$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{1.6 \times 16 \times 16}{6} = 68.3 \text{ см}^3;$$

$$\sigma = \frac{134.000}{68.3} = 1965 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

2. Узел крепления оттяжек 3,4 (1,6)

Расчет скобы ϕ 30 мм

$$T_4 = 9.87 \text{ т}; \quad T_{4z} = 8.68 \text{ т}; \quad T_{4x} = 1.86 \text{ т}; \quad T_{4y} = 4.33 \text{ т}$$

$$T_{\text{раст}} = \sqrt{T_{4z}^2 + T_{4y}^2} = 9.70 \text{ т}$$

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

$$\sigma = \frac{9700}{2 \times 7.05} + \frac{3800}{2.7} = 690 + 1405 = 2095 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

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

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

$$\sigma = \frac{6500}{2 \times 7.05} + \frac{4415}{2.7} = 425 + 1635 = 2060 \text{ кг/см}^2$$

Редер-балка Схема III (2)

$$R_A = \frac{(7.54 + 3.36) \cdot 9}{15} = 6.12 \text{ т}$$

$$M = \frac{5120 \cdot \pi \cdot 77}{4} = 120\,000 \text{ кг см}; \quad W = 68.3 \text{ см}^3;$$

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

Расчёт фундамента под стойку на местные

сжатие

1. С одной металлической подкладкой $\delta=25\text{ мм}$
Бетон фундамента марки „300“

$$N \leq \mu R_{cm} F_{cm}; \quad N = 53.85 \text{ т (схема)}$$

$$F_{cm} = (4.5 + 2 \times 1 \times 2.5) \times (2 \times 16.5 + 2 \times 1 \times 2.5) = 9.0 \times 38.0 = 342 \text{ см}^2$$

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

$$R_{cm} = \gamma R_{пр}; \quad R_{пр} = 130 \text{ кг/см}^2; \quad \gamma = \sqrt[3]{\frac{F_{ф-га}}{F_{cm}}} = \sqrt[3]{\frac{1600}{342}} = 1.66$$

$$R_{cm} = 1.66 \times 130 = 216 \text{ кг/см}^2; \quad \mu = 1.0;$$

$$[N] = 1.0 \times 216 \times 342 = 73900 \text{ кг} = 73.9 \text{ т} > N = 53.85 \text{ т}$$

2. С одной металлической подкладкой $\delta=25\text{ мм}$
Бетон фундамента марки „200“

$$F_{cm} = (4.5 + 2 \times 1 \times 2.5) \times (2 \times 16.5 + 2 \times 1 \times 2.5) = 9.0 \times 38.0 = 361 \text{ см}^2$$

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

$$R_{пр} = 80 \text{ кг/см}^2 \times 1.188\%_{\text{н}}; \quad R_{cm} = 1.64 \times 88 = 144 \text{ кг/см}^2$$

$$[N] = 144 \times 361 = 52,0 \text{ т}$$

$$\text{Перегрузка } \frac{53.85 - 52.0}{52.0} \times 100 = 3.66\% \text{ меньше } 5\%$$

Расчёт опоры п 330-5

Выполнили рук. группы *Вешняк* *И. В. Саловаров* *И. В. Ионов*

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