

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

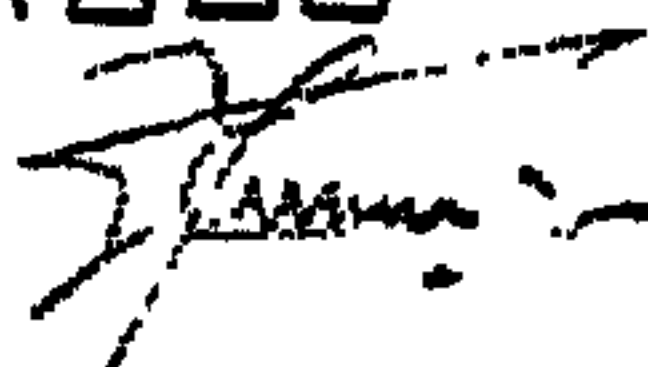
3.407-100

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 4

РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР

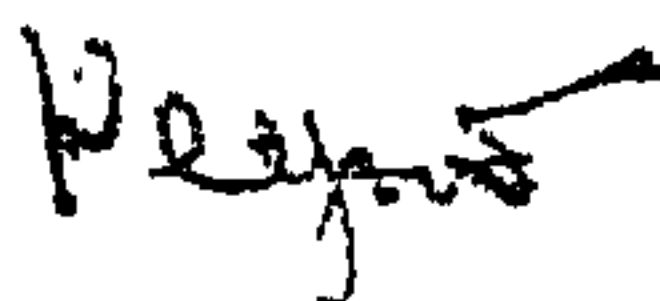
ВЛ 330

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА



/ С. РОКОТЯН /

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА



/ М. РЕУТ /

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ
ИНСТИТУТА



/ А. ЛЕВИН /

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ

ИНСТИТУТА ПО ВЛ



/ В. ВСЕВООДОВ /

МОСКВА - 1973

N3080-ТМ-Т 4	Лист
	2/36

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

СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ НОРМАЛЬНЫЕ
ОПОРЫ ВЛ 220 и 330 кВ

3.407-100

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ
ТОМ 4

РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР

ВЛ 330

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР

 / К. Крюков /

И.О. НАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА

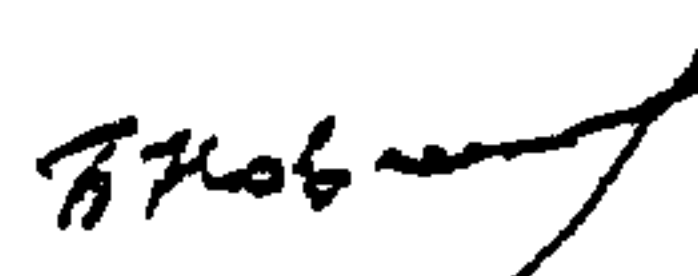
 / В. Гальперин /

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ТИПОВОГО

ПРОЕКТИРОВАНИЯ

 / К. Синелов /

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА

 / Б. Новгородцев /

ЛЕНИНГРАД 1973 г.

N3080ТМ-Т 4	Лист
	3 / 36

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 — односторонней 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 ПЗЗО-3, ПЗЗО-2

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

II Расчет опоры на оттяжках ПЗЗО-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 ПЗЗ0-5:
листы 55-86

Расчетный лист №3080 тм-т 8-38

2) для опоры ПЗЗ0-3:

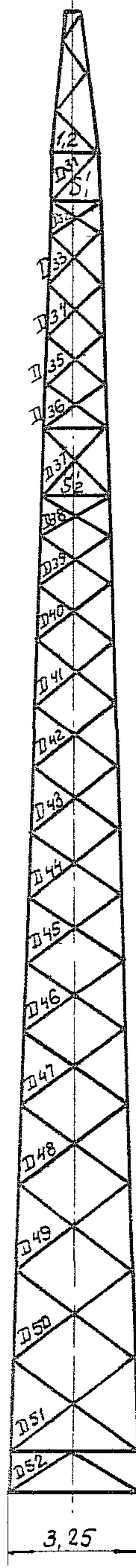
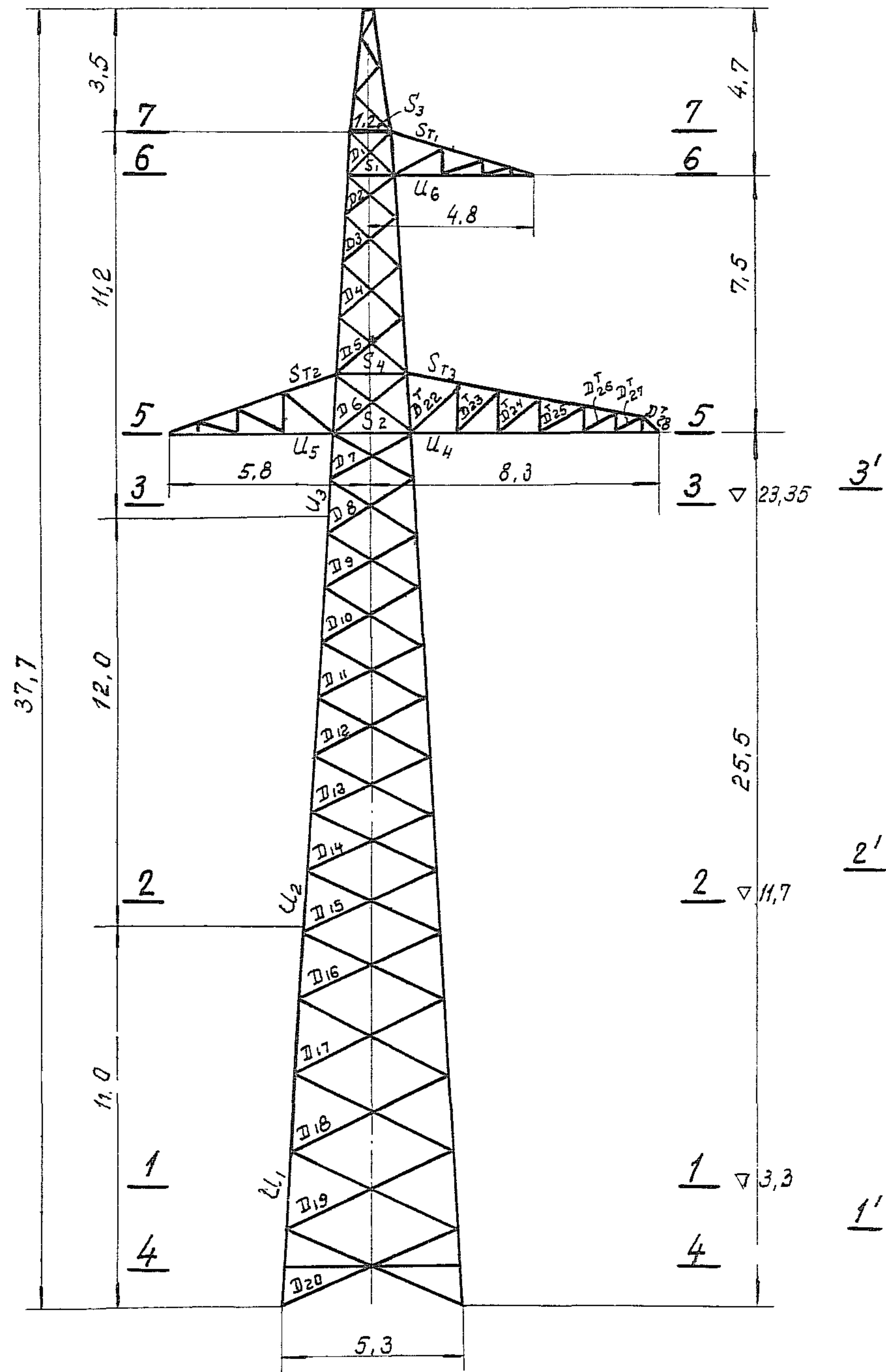
листы: 9, 11, 12, 15, 17, 19÷21,
26 ÷ 33, 42÷44, 47, 48, 51, 52

Расчетный лист №3080 тм-т 8-15

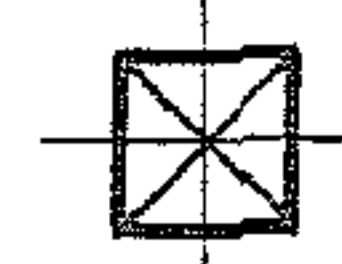
3) для опоры ПЗЗ0-2:

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

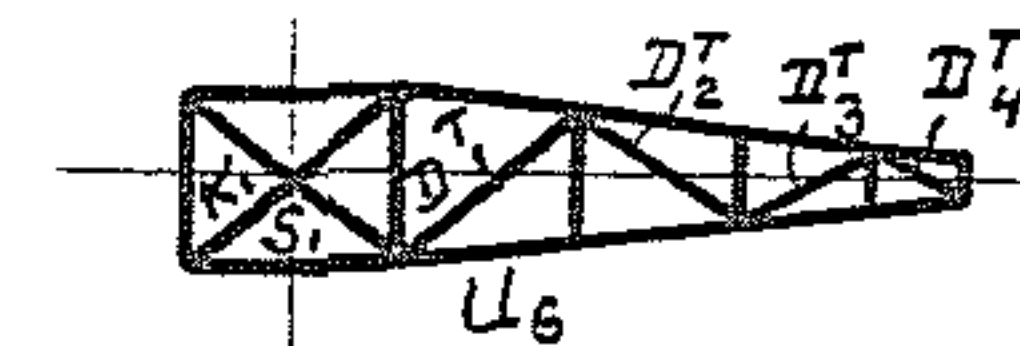
Расчетный лист №3080 тм-т 8-16



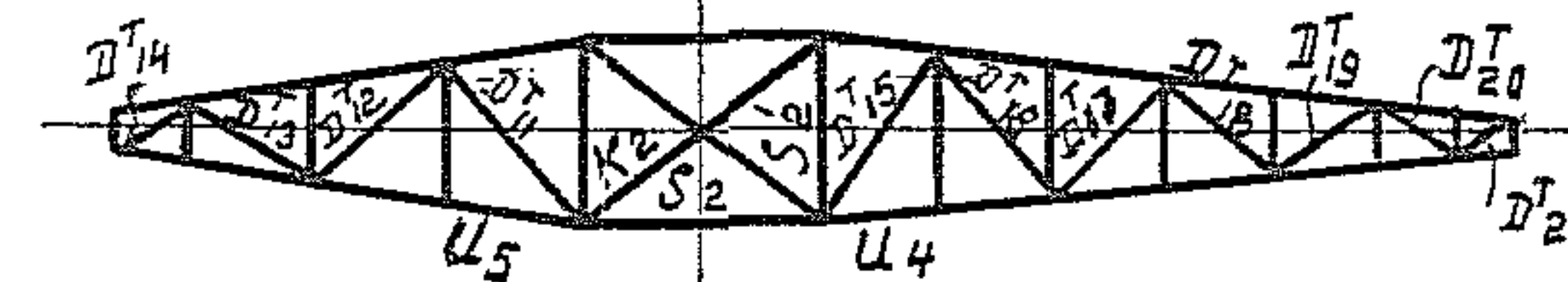
Сечение 7-7



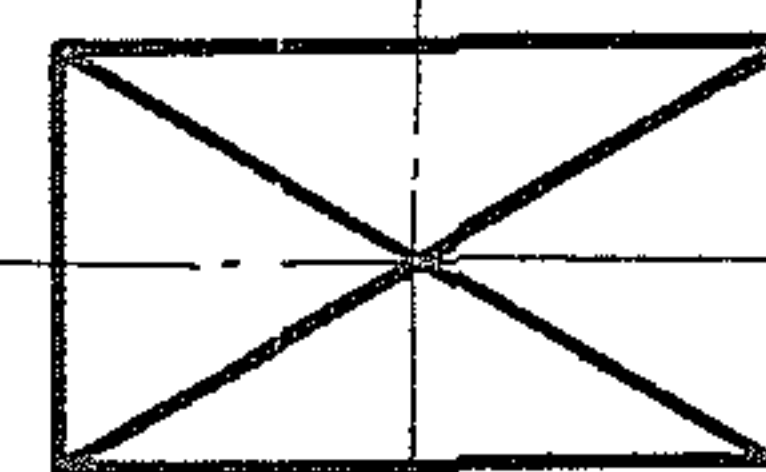
Сечение 6-6



Сечение 5-5



Сечение 4-4

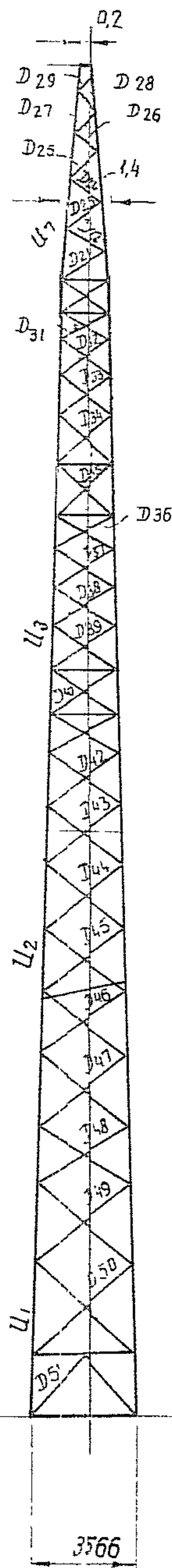
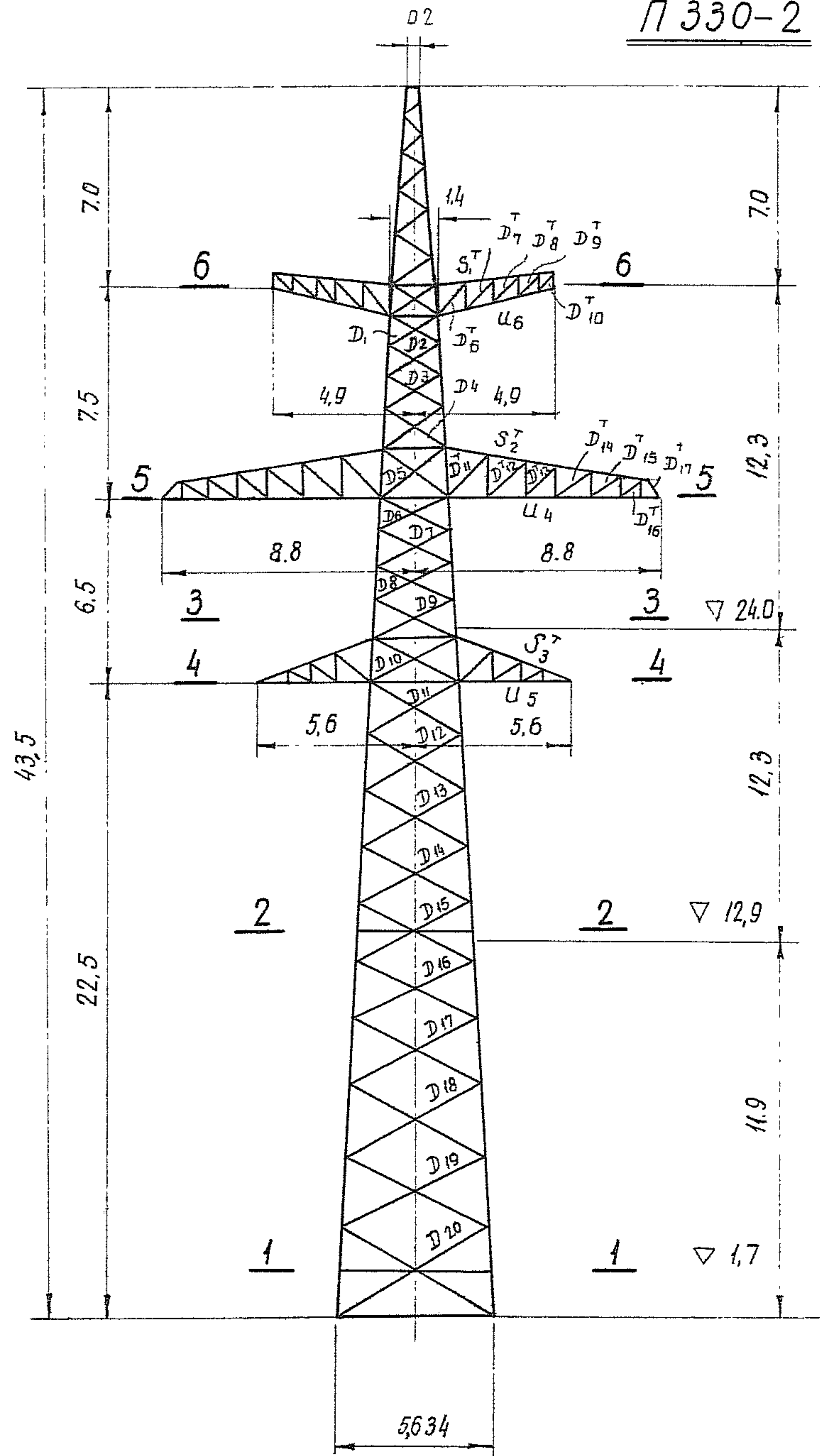


3' ∇ 24,0

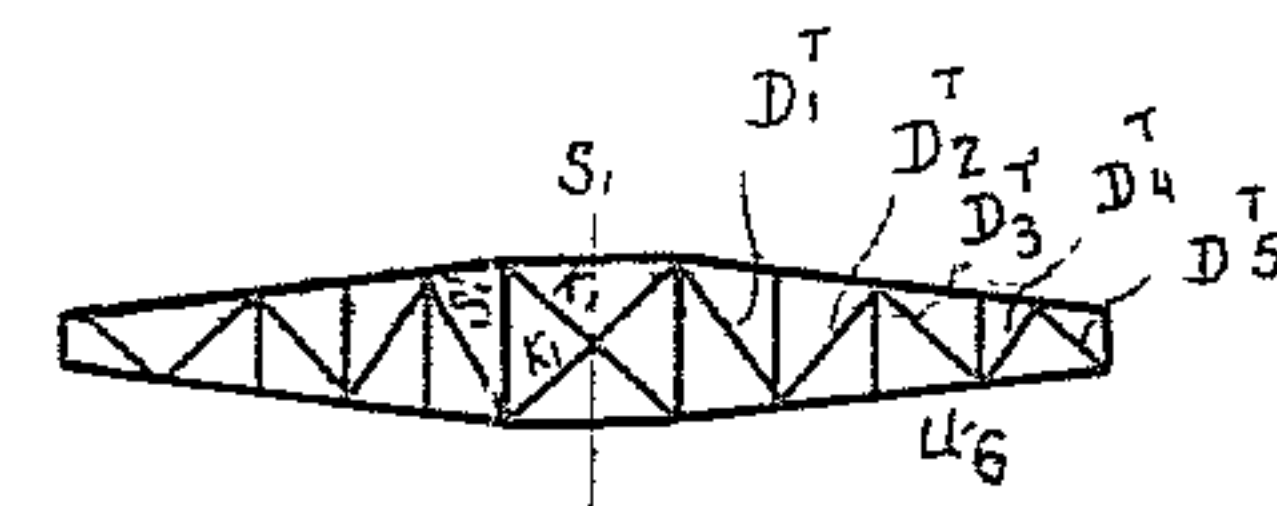
2' ∇ 12,6

1' ∇ 2,2

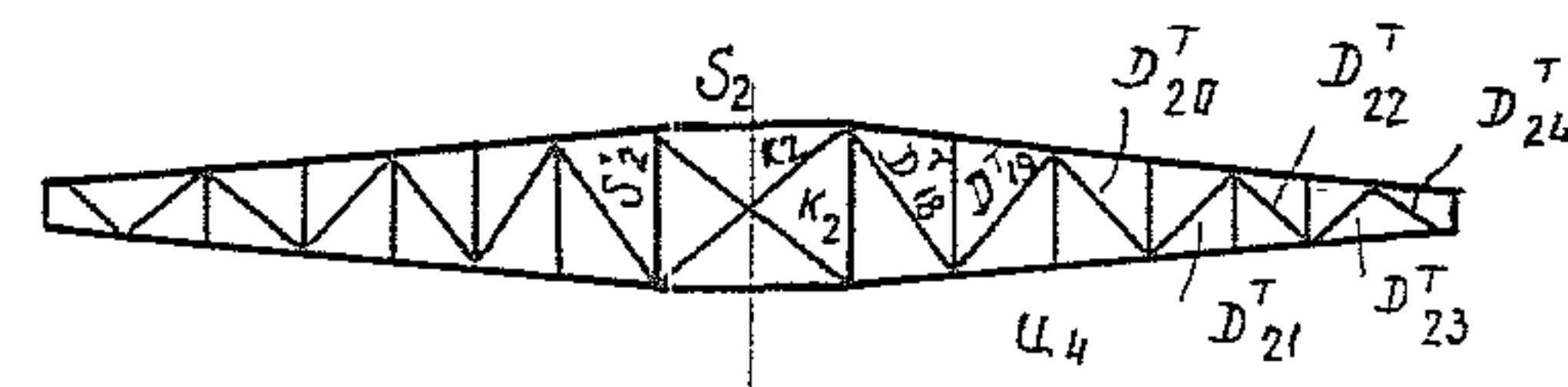
П 330-2



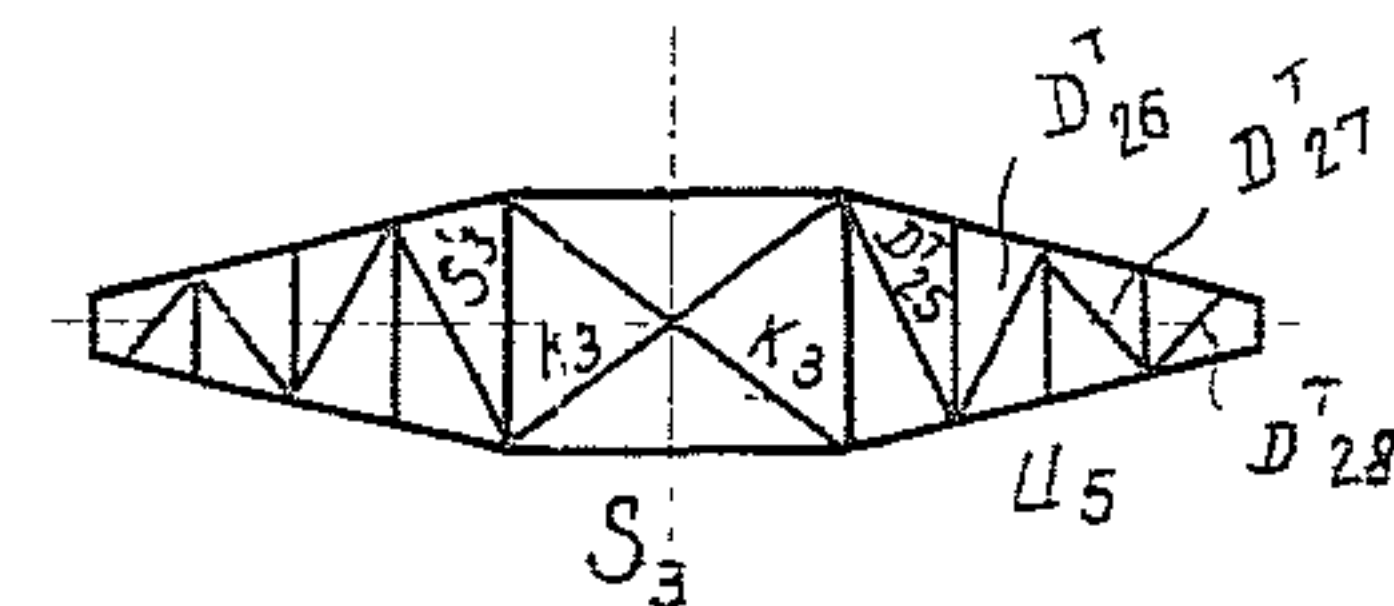
Сечение 6-6



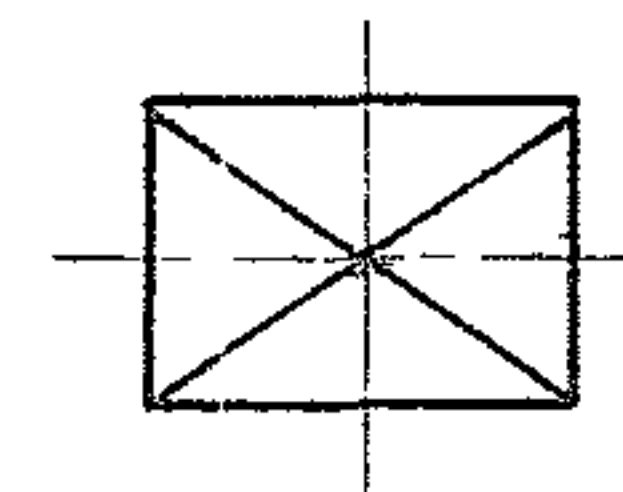
Сечение 5-5



Сечение 4-4



Сечение 2-2



Сечение 1-1

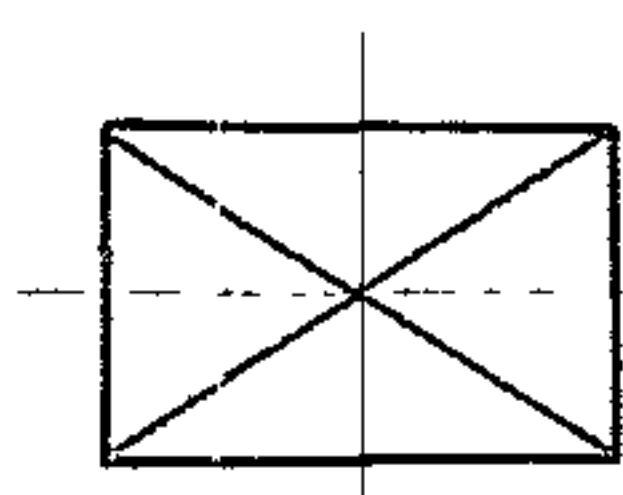


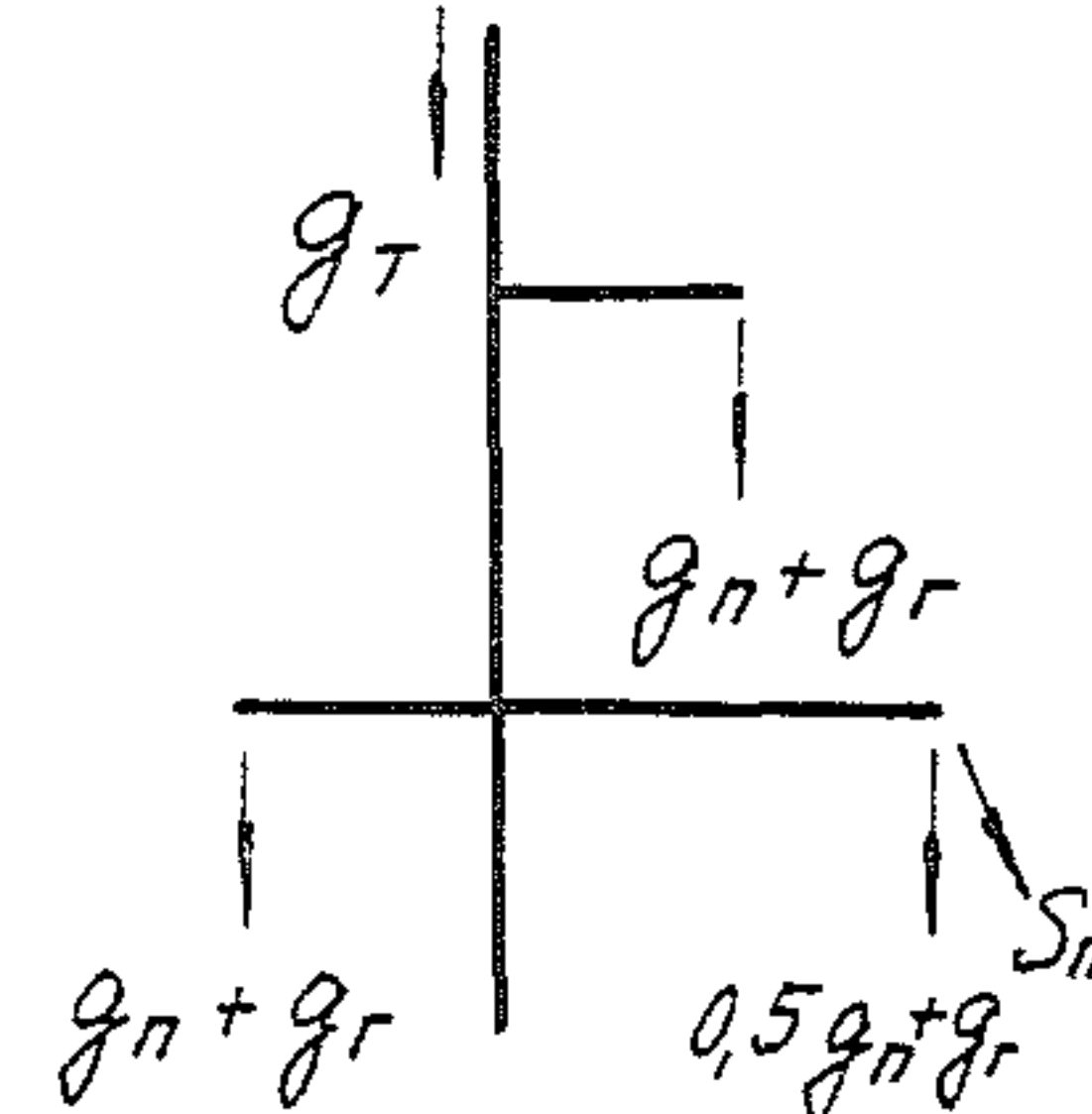
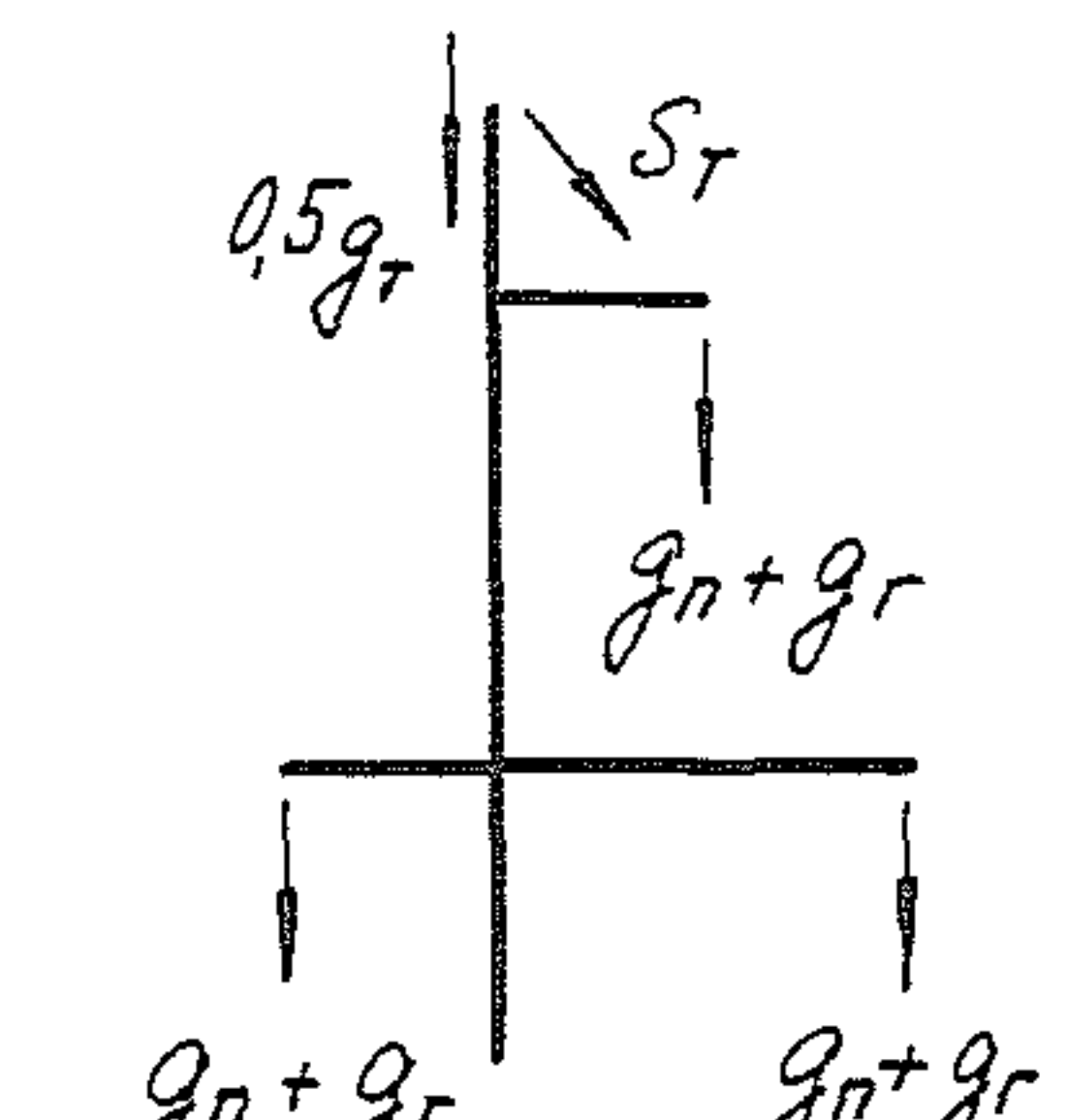
Таблица 1

Нагрузки на одноцепную промежуточную опору ВЛ 330 кВ Л330-3

№ 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		
						565 м			565 м			565 м			550 м			565 м			565 м		
						450 м			450 м			—			440 м			450 м			—		
						нормат.	л	расчетн.	норм.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	нормат.	л	расчетн.	норм.	л	расчетн.	норм.	л	расчетн.
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0$ $q_n^H = 50 \text{ кг/м}^2; q_r^H = 76 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n	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	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	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	—	380
I ^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под $\angle 45^{\circ}$ к оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0;$ $q_n^H = 50 \text{ кг/м}^2; q_r^H = 76 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n	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	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	1385	—	1530	1815	—	2005	345	—	380	1350	—	1485	1815	—	2005	345	1,1	380
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 5 \div 10$ $q_n^H = 125 \text{ кг/м}^2; q_r^H = 19 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n	450	1,4	630	505	1,4	710	215	1,4	304	585	1,4	820	640	1,4	900	320	1,4	450
				Вес пролета провода, троса.	q_n	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	1835	—	2430	2325	—	3025	475	—	640	2390	—	3565	3005	—	4385	680	—	1050

Нагрузки на однопровитную промежуточную опору ВЛ 330 кВ. ПЗЗ0-3.

Продолжение таблицы №1

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные клима- тические условия	Схемы нагрузок	Ряд нагрузок	Обозначен- ие	I район гололеда									II район гололеда								
						2хАСО-300			2хАСО-400			С-70			2хАСО-300			2хАСО-400			С-70		
						ветр.	вес.	габ.	ветр.	вес.	габ.	ветр.	вес.	габ.	ветр.	вес.	габ.	ветр.	вес.	габ.	ветр.	вес.	габ.
						нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.
III	Оборван один про- вод, дающий наи- больший изгибаю- щий или крутящий момент на опору	$t = -5^{\circ}\text{C}$ $C=0$ $q_H=0$		Тяжение провода при обрыве	S_n	1940	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	2020	2460	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	2560	—	—	—	2380	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	2480	3075	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	3200	—	—	—
				Вес пролета прово- да 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 верти- кальная 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.	$t = -5^{\circ}\text{C}$ $C=0$ $q_H=0$		Тяжение троса при обрыве	S_T	—	—	—	—	—	—	1440	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1500	—	—	—	—	—	—	1440	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	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 верти- кальная 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 $H_{тр} = 27,5 \text{ м}$.
Нормативный скоростной напор $q_H^H = 1,52 \times 50 = 76,0 \text{ кг/м}^2$
- Высота центра тяжести провода $H_{пр} = 14,8 \text{ м}$, $q_H^H = 50 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки
умножены на коэффициент сочетания 0,8.
- Максимальное допускаемое напряжение в тросе в I÷II
районах гололеда $\sigma_{max} = 40 \text{ кг/мм}^2$.
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

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

Таблица №2

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн	I район гололеда									II район гололеда									III район гололеда									IV район гололеда																																												
						2 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			2 x ACO-300			2 x ACO-400			C-70																																						
						395 м									395 м									395 м									395 м																																												
						495 м									490 м									495 м									425 м									455 м									360 м									415 м									415 м								
						395 м									390 м									395 м									340 м									365 м									305 м									330 м									—								
						Нормат	г	расчетн	Нормат	г	расчетн	Норм	г	расчетн	Нормат	г	расчетн	Нормат	г	расчетн	Нормат	г	расчетн	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет	Норм	г	расчет																								
I	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}; c=0$ $q_n^H = 60 \text{ кг/м}^2$ $q_T^H = 81,5 \text{ м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	R_n R_T	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360	905	1,2	1085	1050	1,2	1260	300	1,2	360																											
				Вес пролета провода, троса	q_n q_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	q_g	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—																																				
				Суммарная вертикальная нагрузка	q_n+q_g q_T	1225	—	1350	1615	—	1780	305	—	335	1215	—	1340	1615	—	1780	305	—	335	1070	—	1180	1490	—	1640	280	1,1	310	970	—	1070	1370	—	1510	255	—	280																																				
Ia	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под $\angle 45^{\circ}$ к оси траверс	$t^0 = -5^{\circ}\text{C}, c=0$ $q_n^H = 60 \text{ кг/м}^2$ $q_T^H = 81,5 \text{ м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	R_n R_T	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250	640	1,2	770	745	1,2	895	210	1,2	250																											
				Вес пролета провода, троса	q_n q_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	q_g	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—																																				
				Суммарная вертикальная нагрузка	q_n+q_g q_T	1225	—	1350	1615	—	1780	305	—	335	1275	—	1340	1615	—	1780	305	—	335	1070	—	1180	1490	—	1640	280	—	310	970	—	1070	1370	—	1510	255	—	280																																				
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t = -5^{\circ}\text{C}$ $q_n^H = 150 \text{ кг/м}^2$ $q_T^H = 20 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса	R_n R_T	480	1,4	670	530	1,4	745	200	1,4	280	620	1,4	870	670	1,4	940	295	1,4	415	765	1,4	1070	815	1,4	1140	390	1,4	550	900	1,4	1260	960	1,4	1340	485	1,4	680																																				
				Бес пролета провода, троса	q_n q_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	q_g	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—	125	1,1	140	125	1,1	140	—	—	—																																				
				Суммарная вертикальная нагрузка	q_n+q_g q_T	1620	—	2140	2060	—	2670	420	—	565	2145	—	3200	2655	—	3860	600	—	925	2455	—	3950	3115	—	4800	780	—	1310	2965	—	4945	3590	—	5950	980	—	1730																																				

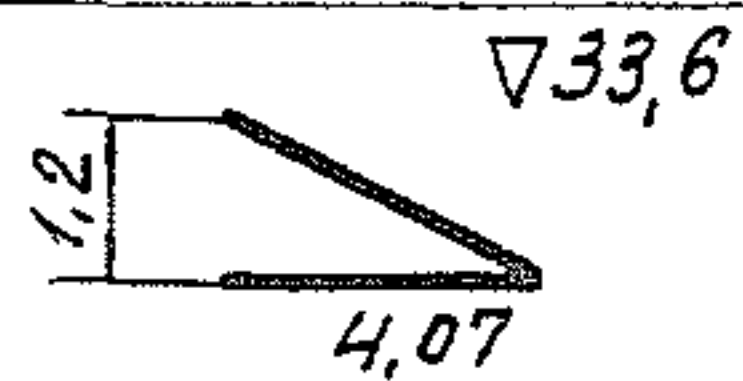
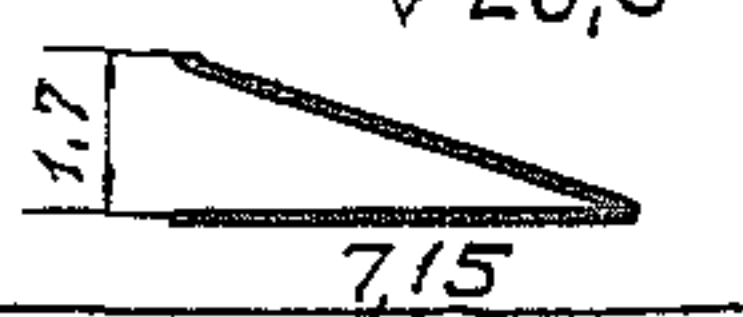
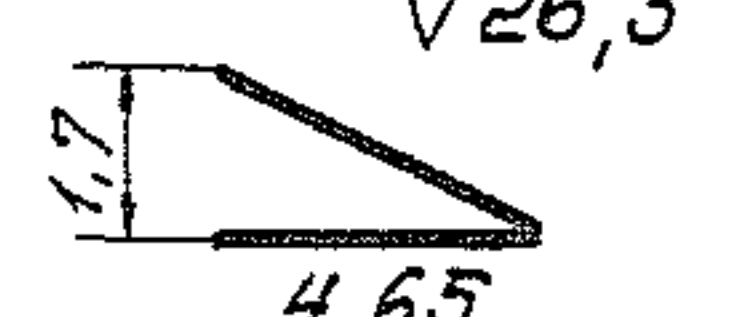
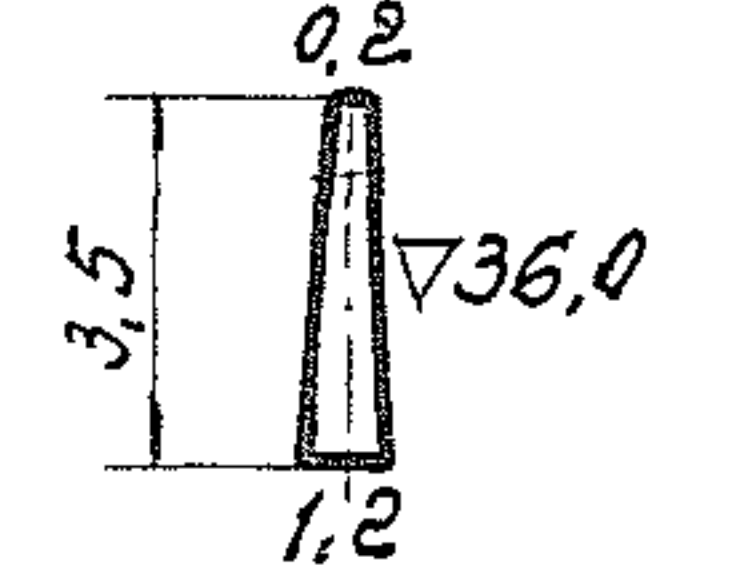
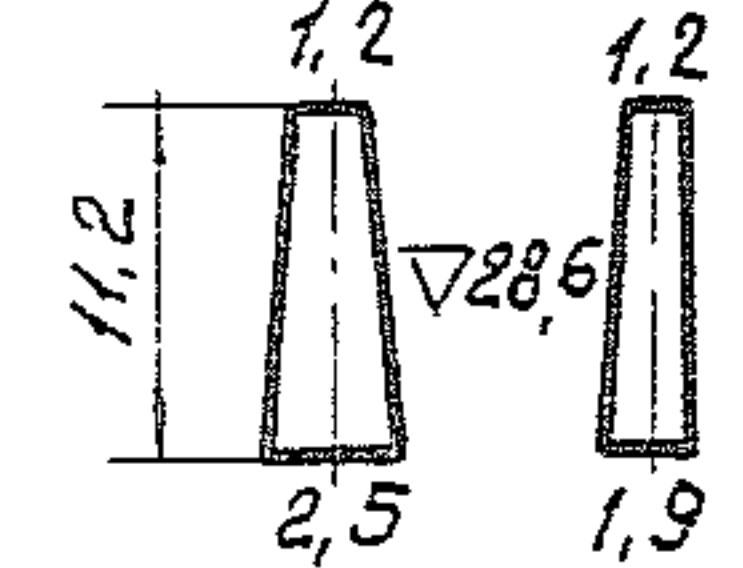
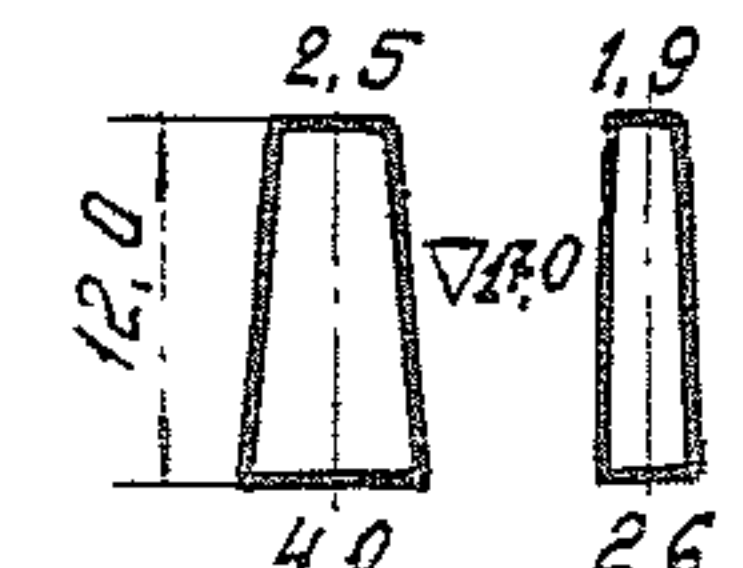
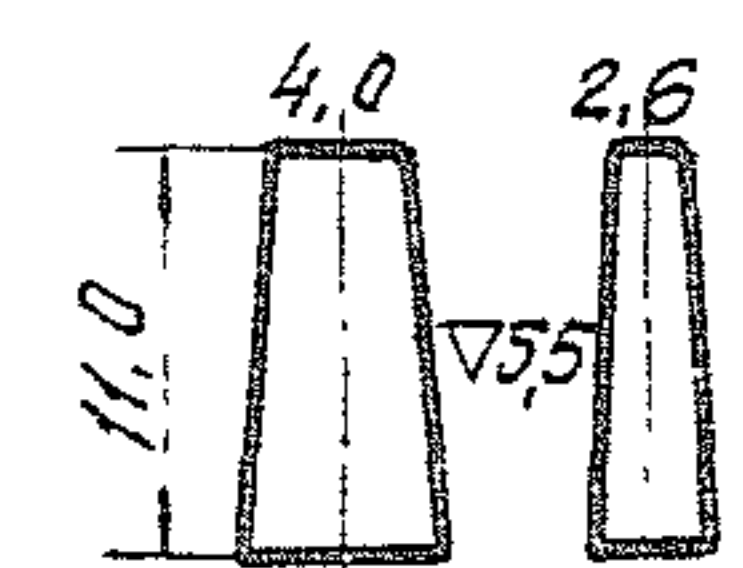
продолжение таблицы N 2

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозн.	I район гололеда									II район гололеда									III район гололеда									IV район гололеда									
						2 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			2 x ACO - 300			2 x ACO - 400			C - 70			
						395 м									395 м									395 м									395 м									
						495 м									490 м			495 м			495 м			425 м			455 м			455 м			380 м			415 м			415 м			
						395 м									390 м			395 м			—			340 м			365 м			—			305 м			330 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.	норм.
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	1830	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1965	2440	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	2540	—	—	—	2365	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	2460	2980	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	3100	—	—	—	2365	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	2460	3190	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	3320	—	—	—	2365	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	2460	3190	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	3320	—	—	—	
				Вес пролёта провода, троса	q_n q_g	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	q_g	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	$q_n + q_g$ q_g	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	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1500	—	—	—	—	—	1440	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1500	—	—	—	—	—	1440	$1,3 \times 0,8 = 1,04$	1500
				Вес пролёта про- вода, троса	q_n q_g	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	q_g	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.	$q_n + q_g$ q_g	1225	—	1350	1615	—	1780	305	—	335	1215	—	1340	1615	—	1780	305	—	335	1070	—	1180	1490	—	1640	280	—	310	970	—	1070	1370	—	1510	255	—	280	

1. Высота центра тяжести троса — 33,3 м.
 $q_T^H = 1,63 \times 50 = 81,5 \text{ кг/м}^2$
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 $\sigma_{T\text{max}} = 40 \text{ кг/мм}^2$
5. Нагрузки округлены до значения кратных 5 кг.

Давление ветра на конструкцию опоры ГЗД-3 по схемам I и II

Таблица № 3

Наименование секции	Эскиз и средняя от-метка секции (м)	Коэф-ци, увеличе-ния скорости напора по высоте	Нормативный скоростной на-пор q_0 (кг/м ²)	Площадь эле-ментов фермы ϕ_i (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэф-ци, запол-нения $\phi_i = \frac{\phi_i}{S}$	Аэродинамичес-кий коэф-циент плоской фермы $C_{\phi} = C_{\phi} \cdot \gamma = 1,4 \cdot \gamma$	γ	Аэродинамический коэф-циент простран-ственной фермы $C_{\phi} = C_{\phi} \cdot (1 + \gamma)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэф-фиц. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэф-фиц. динамики $\beta=1,35$ и коэф-ци. перегрузки $\Pi=1,2$ (кг)			
										При ветре // траверсе $P = q_0 C_{\phi} S$	При ветре под $\angle 45^\circ$	При ветре // траверсе	При ветре под $\angle 45^\circ$	При ветре // траверсе	При ветре под $\angle 45^\circ$
Верхняя		1,65	83	0,87	2,4	0,36	0,50	0,57	0,79	70^2 (160)	105^3	70^3	115	170	115
Нижняя траверса		1,5	75	1,8	7,5	0,24	0,34	0,78	0,61	155^2 (340)	220^3	155^3	250	355	250
Нижняя траверса		1,5	75	1,02	4,0	0,25	0,35	0,76	0,62	85^2 (185)	120^3	85^3	140	195	140
Тросостойка		1,7	85	0,67	2,45	0,27	0,38	0,73	0,66	140	110	110	225	180	180
Верхняя секция		1,54	77	$\frac{4,61}{4,36}$	$\frac{20,8}{17,4}$	$\frac{0,22}{0,25}$	$\frac{0,31}{0,35}$	$\frac{0,79}{0,74}$	$\frac{0,55}{0,61}$	$\frac{(880)}{820}$	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	$\frac{6,35}{5,26}$	$\frac{51,2}{32,2}$	$\frac{0,12}{0,16}$	$\frac{0,17}{0,22}$	$\frac{0,98}{0,90}$	$\frac{0,34}{0,42}$	$\frac{(870)}{680}$	695	545	1100	1130	885
Итого:										2670	2665	2205	4330	4330	3580

Примечания:

- Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
- Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра $\perp$ траверсе. При ветре $\perp$ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$.
- При ветре под $\angle 45^\circ$ к оси ВЛ $P_{\perp} = 0,65 P_{тр}$, а $P_{//} = 0,45 P_{тр}$.

- При направлении ветра $\perp$ траверсе давление ветра указано в числителе. При направлении ветра $//$ траверсе давление ветра указано в знаменателе.

N3080TM-T4

л.ч.ст
15/86

Давление ветра на конструкцию опоры ПЗЗД-2 по схемам I и I^a

Таблица № 4

Наименование секций	Эскиз и средняя отметка секций (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м ²)	Площадь элементов фермы $\sum F_i$ (м ²)	Площадь по контуру S (м ²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{\sum F_i}{S}$	Аэродинамический коэф. C_x для фермы $C_x = C_i$; $\varphi = 1,4 \cdot \varphi$		Аэродинамический коэф. $C_{пр}$ для пространств фермы $C_{пр} = C_{ф} (1 + \varphi)$	Нормативная ветровая нагр. без учета коэф. динамики (кг)		Расчетная ветровая нагр. с учетом коэф. динамики $B=1,35$ и коэф. перегр. $\Pi=1,2$ (кг)			
										при ветре II траверсе $\rho = q_0 \cdot C_{пр} \cdot S$	при ветре под 45°		при ветре II траверсе $R_p = q_0 \cdot C_{пр} \cdot S_{вп}$	при ветре под 45°	
											$R_{\perp} = 0,8 R$ ⊥ траверс.	$R_{\parallel} = 0,8 R$ II траверсе		$R_{\perp} = 0,8 \cdot R_p$ ⊥ траверс.	$R_{\parallel} = 0,8 R_p$ II траверс.
Верхняя траверса		1,71	86	0,95	2,10	0,45	0,23	0,47	0,926	75×2^2 (170)	110×2^3	75×2^3	120×2	180×2	120×2
Средняя траверса		1,56	78	2,15	7,95	0,27	0,378	0,765	0,669	185×2^2 (415)	270×2^3	185×2^3	300×2	440×2	300×2
Нижняя траверса		1,42	71	0,81	3,08	0,26	0,364	0,75	0,637	65×2^2 (140)	90×2^3	65×2^3	105×2	145×2	105×2
Тростяк 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 0,308	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 0,356	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 $R_{тр}$, указанные в скобках, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре ⊥ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет $0,45 R_{тр}$.
- При ветре под 45° к оси ВЛ $R_{\perp} = 0,65 R_{тр}$, а $R_{\parallel} = 0,45 R_{тр}$.
- Ветровые нагрузки на секции опоры R , указанные в числителе определены при направлении ветра ⊥ траверсе, величины в знаменателе - при направлении ветра II траверсе.

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

Таблица №5

Сечения отметки базы	Схема II; II район гололеда			Схема I ^a ; I р-н гололеда				Схема I; I район гололеда		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		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 // траверсе M _{WII} ⊥ траверсе M _{WL}			От нагрузок на провода и трос M _{II}	От ветра на конструкцию опоры M _{WII}	
3-3 ▽ 23,35 м б _ш = 2,5 м 3'-3' ▽ 24,0 м б _{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 _{н.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 _{н.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 _{WL} = 10,8	3 × 2,0 = 6,0 1 × 0,38 = 0,4 1,7 8,1	0,385 × 14,35 = 5,5 1,265 × 9,65 = 12,2 1,265 × 2,15 = 5,4 4,18 M _{II} = 23,1 M _{н.у.} = 2,0 · 7,3 = 14,6 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 б _ш = 3,92 м 2'-2' ▽ 12,6 м б _{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	30,9 2,94 × 11,65 = 34,2 2,94 M _{II} = 65,1	10,4 1,755 × 11,65 = 20,4 0,94 × 5,8 = 5,5 2,7 M _{WII} = 36,3	10,8 2,06 × 11,4 = 23,5 1,15 × 5,7 = 6,55 3,21 M _{WL} = 40,85	8,1 2,2 10,3	37,7 4,18 × 11,65 = 48,8 M _{II} = 86,5	12,4 2,06 × 11,65 = 24,0 1,17 × 5,8 = 6,6 3,23 M _{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. б _ш = 4,92 м 1-1' ▽ 2,2 м б _{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	65,1 2,94 × 8,4 = 24,7 M _{II} = 89,8	36,3 2,7 × 8,4 = 22,7 0,63 × 4,2 = 2,6 M _{WII} = 61,6	40,85 3,21 × 10,4 = 33,4 0,9 × 5,2 = 4,7 M _{WL} = 78,95	10,3 2,2 12,5	86,5 4,18 × 8,4 = 35,2 M _{II} = 121,7	43,0 3,23 × 8,4 = 27,2 0,77 × 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
усилия в поясах ствкола опоры ПЗЗ0-2.**

Таблица № 6

Примечание:

1. Усилия в поясах ствкола опоры

подсчитаны по формуле:

$$U_n = \frac{\sum M_{II}}{2 \delta_{ш} \cos \gamma} + \frac{\sum M_{\perp}}{2 \delta_{уз} \cos \gamma} + \frac{G}{4 \cos \gamma}$$

Сечения, отметки и базы	Схема I, I район гололеда			Схема I ^a , I район гололеда			Схема II, IV район гололеда			
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальная нагрузка G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G _т	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M _{II} и от ветра на конструкцию опоры M _{WII}		Вертикальные нагрузки G (т)	
	от нагрузок на провода и трос M _{II}	от ветра на кон- струкцию опоры M _{WII}		от нагрузок на провода и трос M _{II}	от ветра на констр. опоры II траверсе M _{WII} I траверсе M _{WI}		от нагрузок на провода и трос M _{II} и от ветра на конструкцию опоры M _{WII}			
3-3 ▽ 24,0 δ _ш = 2,79 м 3'-3' ▽ 24,1 δ _{уз} = 2,11 м Cos γ _ш = 0,998 Cos γ _{уз} = 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 _{II} = 51,14	0,465 × 16,0 = 7,75 1,73 × 6,25 = 10,8 2 × 0,12 × 12,0 = 2,88 2 × 0,300 × 5,85 = 3,51 3,055 M _{WII} = 24,94	0,335 × 1 = 0,335 1,78 × 4 = 7,12 0,212 × 19,5 = 4,14 11,595	0,23 × 12,5 = 4,89 2 × 0,895 × 12,5 = 22,4 2 × 0,895 × 5,0 = 8,95 3,82 M _{II} = 36,24	0,390 × 19,5 = 7,6 1,52 × 6,25 = 9,5 1,52 × 6,3 = 9,59 2 × 0,12 × 12,0 = 2,88 2 × 0,180 × 11,9 = 4,29 2 × 0,300 × 5,85 = 3,51 2 × 0,440 × 5,75 = 5,06 2,75 M _{WI} = 23,49 3,15 M _{WI} = 26,51	0,335 × 1 = 0,335 1,78 × 4 = 7,12 0,212 × 19,5 = 4,14 11,60	0,68 × 19,5 = 13,30 1,34 × 12,5 = 33,5 1,34 × 5,0 = 6,7 6,04 M _{II} = 60,2 M _{WII} = $\frac{24,94}{4,8} = 5,2$	1,73 × 1 = 1,73 5,95 × 4 = 23,80 0,212 × 19,5 = 4,14 29,67		
	$U_3 = \frac{51,14 + 24,94}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{11,6}{4 \times 0,998} = 13,68 + 2,9 = 16,58 \text{ т.}$			$U_3 = \frac{36,24 + 23,49}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{26,51}{2 \times 0,999 \times 2,11} + \frac{11,6}{4 \times 0,998} = 10,72 + 6,28 + 2,9 = 19,9 \text{ т.}$			$U_3 = \frac{60,2 + 5,2}{2 \times 0,998 \times 2,79} + \frac{29,67}{4 \times 0,998} = 11,72 + 7,43 = 19,15 \text{ т.}$			
2-2 ▽ 12,9 δ _ш = 4,08 м 2'-2' ▽ 11,9 м δ _{уз} = 2,83 м Cos γ _ш = 0,998 Cos γ _{уз} = 0,999	51,14 5,40 × 11,1 = 59,9 2 × 1,26 × 9,6 = 24,2 7,92 M _{II} = 135,24	24,94 3,055 × 11,1 = 33,8 1,83 × 5,55 = 10,2 2 × 0,105 × 10,35 = 2,18 5,1 M _{WII} = 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 × 0,895 × 9,6 = 17,2 5,04 M _{II} = 95,94	23,49 2 × 0,105 × 10,35 = 2,18 3,15 × 12,2 = 28,4 2 × 0,145 × 10,6 = 3,07 1,69 × 6,1 = 10,3 1,69 × 5,55 = 9,35 2,75 × 11,1 = 30,5 4,65 M _{WI} = 65,52 5,13 M _{WI} = 68,28	11,60 2 × 1,78 = 3,56 0,212 × 11,1 = 2,36 17,52	60,2 6,04 × 11,1 = 67,0 1,34 × 2 × 9,6 = 25,8 8,72 M _{II} = 153,0 M _{WII} = $\frac{71,12}{4,8} = 14,8$	29,67 5,95 × 2 = 11,90 0,212 × 11,1 = 2,36 43,93 т		
	$U_2 = \frac{135,24 + 71,12}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{17,52}{4 \times 0,998} = 25,4 + 4,38 = 29,78 \text{ т.}$			$U_2 = \frac{95,94 + 65,52}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{68,28}{2 \times 0,999 \times 2,83} + \frac{17,52}{4 \times 0,998} = 19,8 + 12,1 + 4,38 = 36,28 \text{ т.}$			$U_2 = \frac{153,0 + 14,8}{2 \times 0,998 \times 4,08} + \frac{43,93}{4 \times 0,998} = 20,5 + 11,05 = 31,55 \text{ т.}$			
1-1 ▽ 1,7 δ _ш = 5,54 м δ _{уз} = 3,46 м Cos γ _ш = 0,998 Cos γ _{уз} = 0,999	135,24 7,92 × 11,2 = 88,9 M _{II} = 224,14 7,92 т	71,12 5,1 × 11,2 = 57,1 1,54 × 5,6 = 8,62 6,64 M _{WII} = 136,84	17,52 0,212 × 11,2 = 2,38 19,9	95,94 5,6 × 11,2 = 63,0 5,6 M _{II} = 158,94	65,52 4,65 × 11,2 = 52,0 1,24 × 5,6 = 6,95 5,89 M _{WI} = 124,47 6,37 M _{WI} = 127,0	17,52 0,212 × 11,2 = 2,38 19,9	153,0 8,72 × 11,2 = 97,6 8,72 M _{II} = 250,6 M _{WII} = $\frac{136,84}{4,8} = 28,5$	43,93 0,212 × 11,2 = 2,38 46,21		
	$U_1 = \frac{224,14 + 136,84}{2 \times 0,998 \times 5,54} + \frac{29,9}{4 \times 0,998} = 32,6 + 4,97 = 37,57 \text{ т.}$			$U_1 = \frac{158,94 + 124,47}{2 \times 0,998 \times 5,54} + \frac{127,0}{2 \times 0,999 \times 3,46} + \frac{19,9}{4 \times 0,998} = 26,5 + 18,36 + 4,97 = 49,83 \text{ т.}$			$U_1 = \frac{250,6 + 28,5}{2 \times 5,54 \times 0,998} + \frac{46,21}{4 \times 0,998} = 25,2 + 11,6 = 36,8 \text{ т.}$			

Расчет усилий в раскосах створа опоры

Таблица № 7

Секция	Грани опоры	Sπ (кг)						3200		
		в ш	в уз.	cos β	Обознач.		в ₀	e ₁ = 4,8 м; e = 8,3		
		(м)	(м)		раскосов	4 в cos β	$\frac{b_0}{4 b_{уз} \cos \beta}$	от Mкр	от Sπ	Σ
		b ₀ = 1,2 м					Mкр (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 ₀ = 1,72 м					Mкр (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 D₁; Схема II, II р.г.

G₁ = 3,85 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 ствóла опоры ПЗ30-3
продолжение таблицы №7

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

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

b_0 - база на отметке приложения силы.

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

Секция	Грани опоры	S п (кг)						3200		
		b ш (м)	b уз (м)	cos β	Дбознач. раскосов	4 b cos β	$\frac{b_0}{4 b_{уз} cos β}$	e ₂ = 8,3 м		
								От Мкр	От S п	Σ
		b ₀ = 1,72 м						Мкр (тм)		
								26,6		
Верхняя 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

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

b0 - база на отметке приложения силы

Расчет усилий в раскосах ствoла опоры ПЗЗ0-2
Таблица № 8.

Секция	Грани опоры	S п (кг)						3320			
		b ш (м)	b уз (м)	cos β	Обознач. раскосов	4 b cos β	$\frac{b_0}{4 \cdot b_{уз} \cdot \cos \beta}$	e ₁ = 4,9 м e ₂ = 8,8			
								от M _{кр}	от S _п	Σ	
		b ₀ = 1,40 м 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 ₀ = 1,84 м 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	

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

b_0 - база на отметке приложения силы

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

секция	границ опоры	$S_{\pi} \text{ (кг)}$						3320		
		$b_{ш}$ (м)	$b_{уз}$ (м)	$\cos \beta$	Обозн. раскосов	$4b \cos \beta$	b_0 $4 \cdot b_{уз} \cdot \cos \beta$	$e_2 = 8,8$		
								$D_{тп}$ $M_{кр}$	$D_{тп}$ S_{π}	Σ
$b_0 = 1,84 \text{ м}$ $M_{кр} \text{ (тм)}$								29,22		
средняя	широкая	—	2,20	0,883	D_{10}	7,78	—	3,76	—	3,76
		—	2,30	0,848	D_{11}	7,80	—	3,76	—	3,76
		—	2,40	0,848	D_{12}	8,15	—	3,58	—	3,58
		—	2,52	0,875	D_{13}	8,82	—	3,31	—	3,31
		—	2,64	0,883	D_{14}	9,30	—	3,14	—	3,14
		—	2,76	0,891	D_{15}	9,85	—	2,96	—	2,96
	узкая	2,93	2,19	0,809	D_{40}	9,51	0,259	3,07	0,86	3,93
		3,10	2,27	0,857	D_{41}	10,60	0,236	2,76	0,785	3,55
		3,28	2,36	0,788	D_{42}	10,38	0,248	2,80	0,82	3,62
		3,50	2,47	0,788	D_{43}	11,00	0,236	2,65	0,78	3,43
		3,72	2,59	0,788	D_{44}	11,70	0,225	2,50	0,7	3,2
		3,95	2,71	0,799	D_{45}	12,60	0,213	2,32	0,700	3,02
		4,20	2,82	0,829	D_{46}	13,90	0,197	2,10	0,66	2,76

Усилия в раскосах определены по формуле:

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

b_0 – база на отметке, где приложена сила

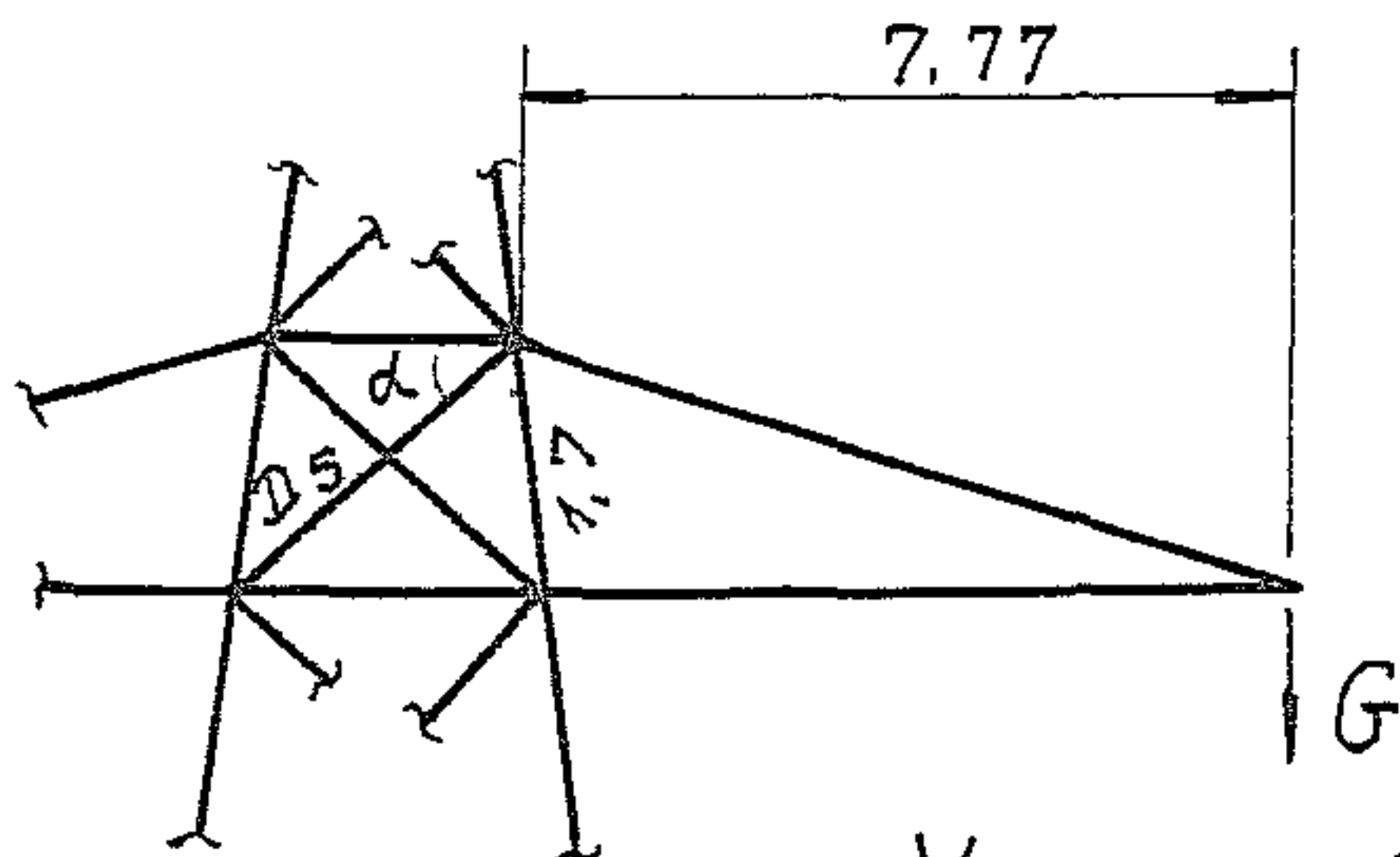
продолжение таблицы N 8										
секция	Грани опоры	S_n (кг)						3320		
		$b_{ш}$ (м)	$b_{уз}$ (м)	$\cos \beta$	Обознач. раскосов	$4 \cdot b \cdot \cos \beta$	$\frac{b_o}{4 \cdot b_{уз} \cdot \cos \beta}$	$e_2 = 8,8$		
								от $M_{кр}$	от S_n	Σ
$b_o = 1,84$ $M_{кр}$ (мм)								29,22		
вспомогат. 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

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

b_0 - база на отметке приложения
силы

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

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



$$G = 5,95 \tau$$

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

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

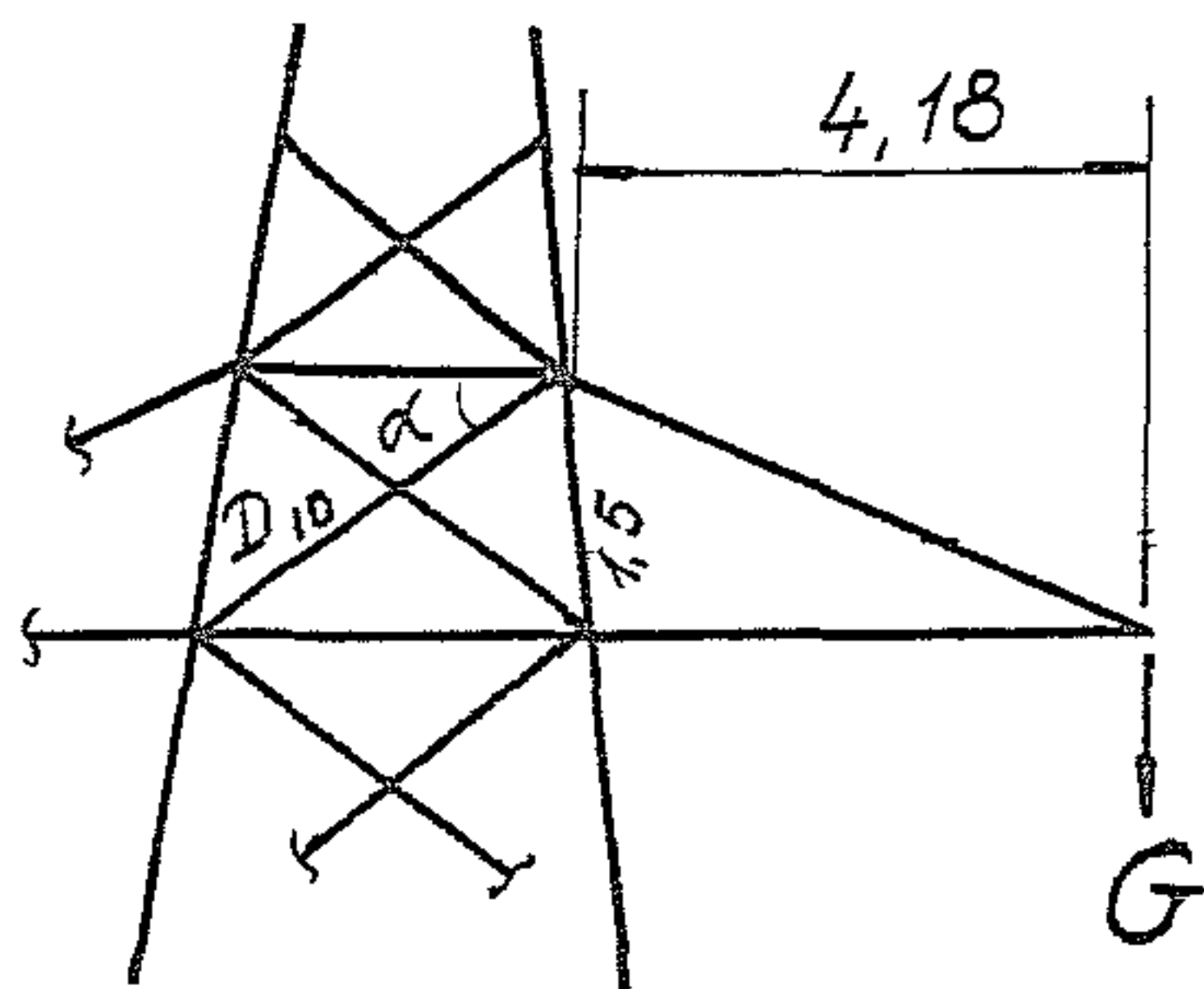
Усилие в распорке:

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

Усилие в раскосе D_5 .

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

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



$$G = 5,95 \tau.$$

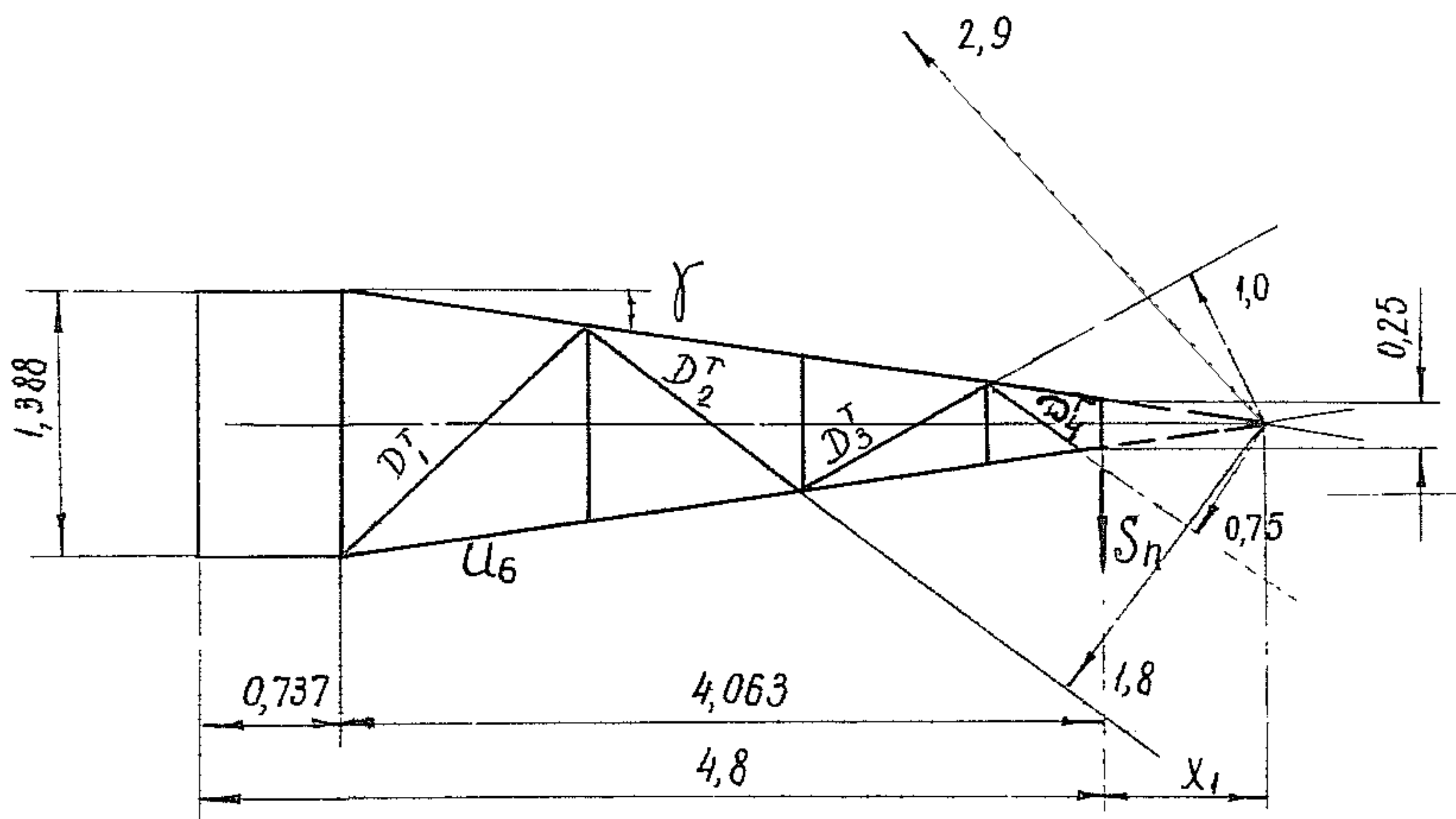
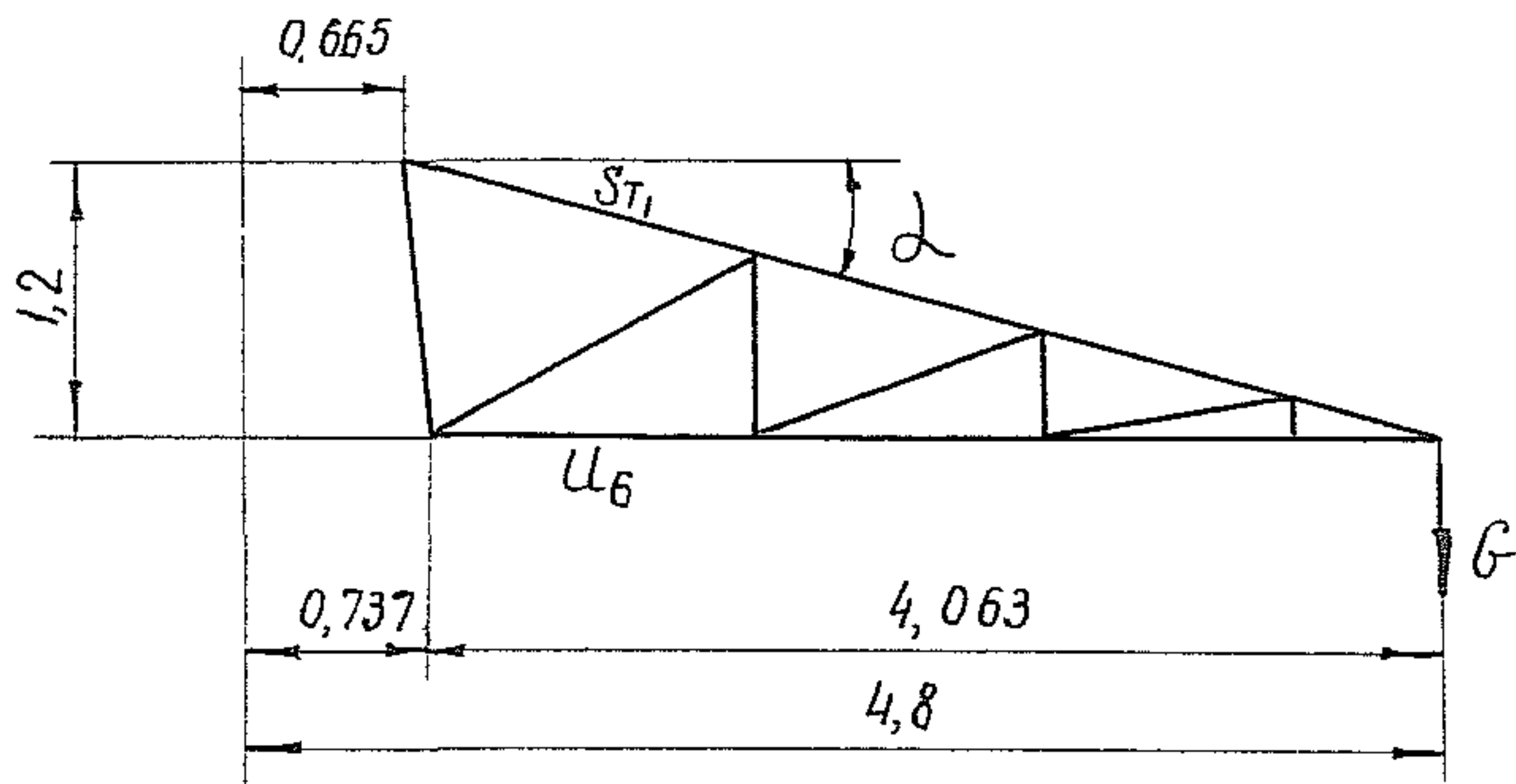
$$\cos \alpha = 0,903$$

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

Усилие в раскосе.

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

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



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

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

$$\chi_1 = \frac{0,25}{2 \operatorname{tg} \varphi} = \frac{0,25}{0,14 \times 2} = 0,89 \text{ м}$$

1. Усилия в поясе

Схема III; II район гололеда;

$$S_n = 3,2 \text{ т}; \quad q_n = 1,865 \text{ т}; \quad q_r = 0,14 \text{ т}; \quad q_{\lambda} = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т};$$
$$G_{\text{тр.}} \cong 0,3 \text{ т};$$

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

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

Схема II; II район гололеда;

$$q_n = 4,245 \text{ т}; \quad q_r = 0,14 \text{ т}; \quad P_n = 0,9 \text{ т}; \quad G_{\text{тр.}} \cong 0,3 \text{ т};$$

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

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

2. Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; II район гололеда;

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

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

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

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

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

3. Усилив в тяге.

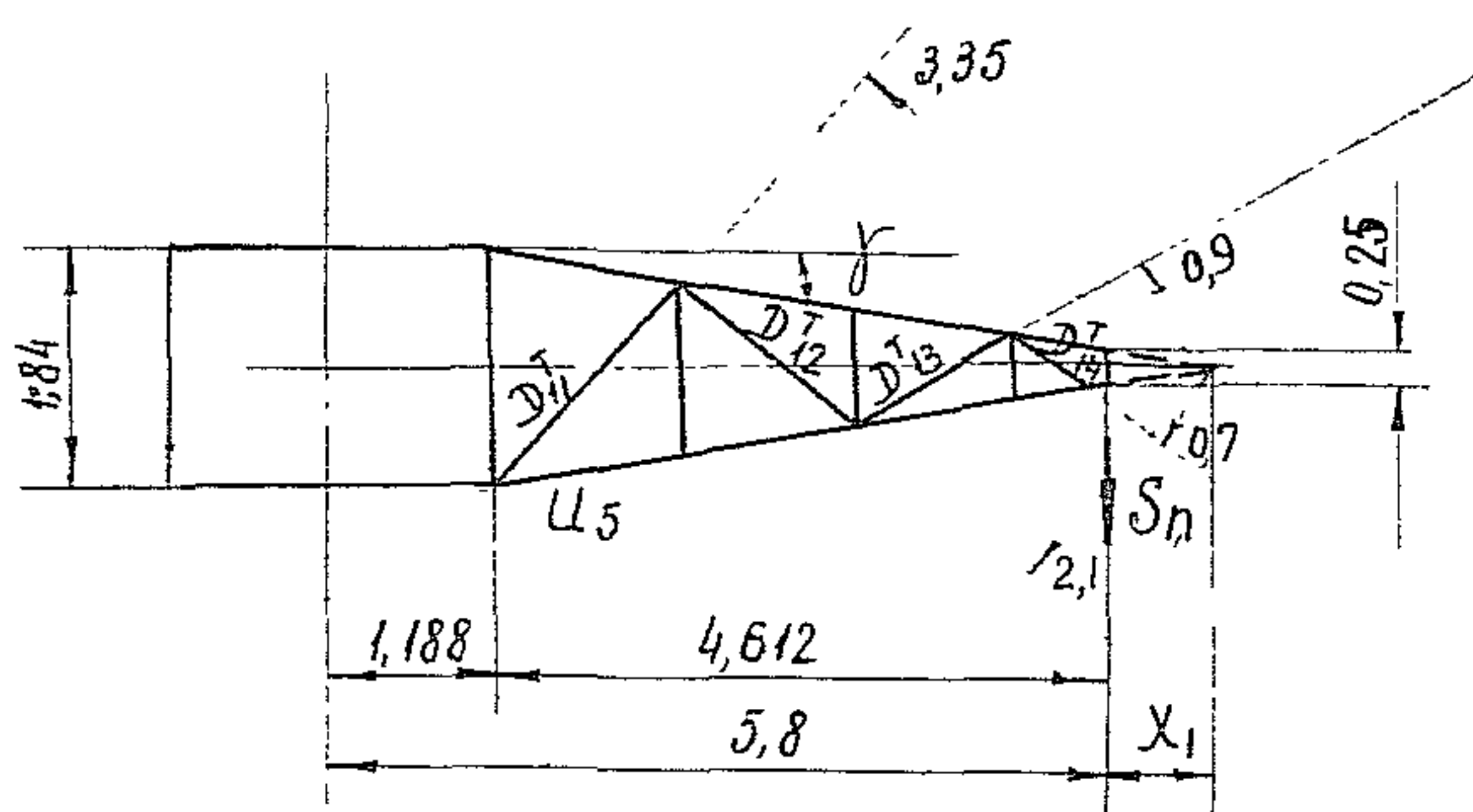
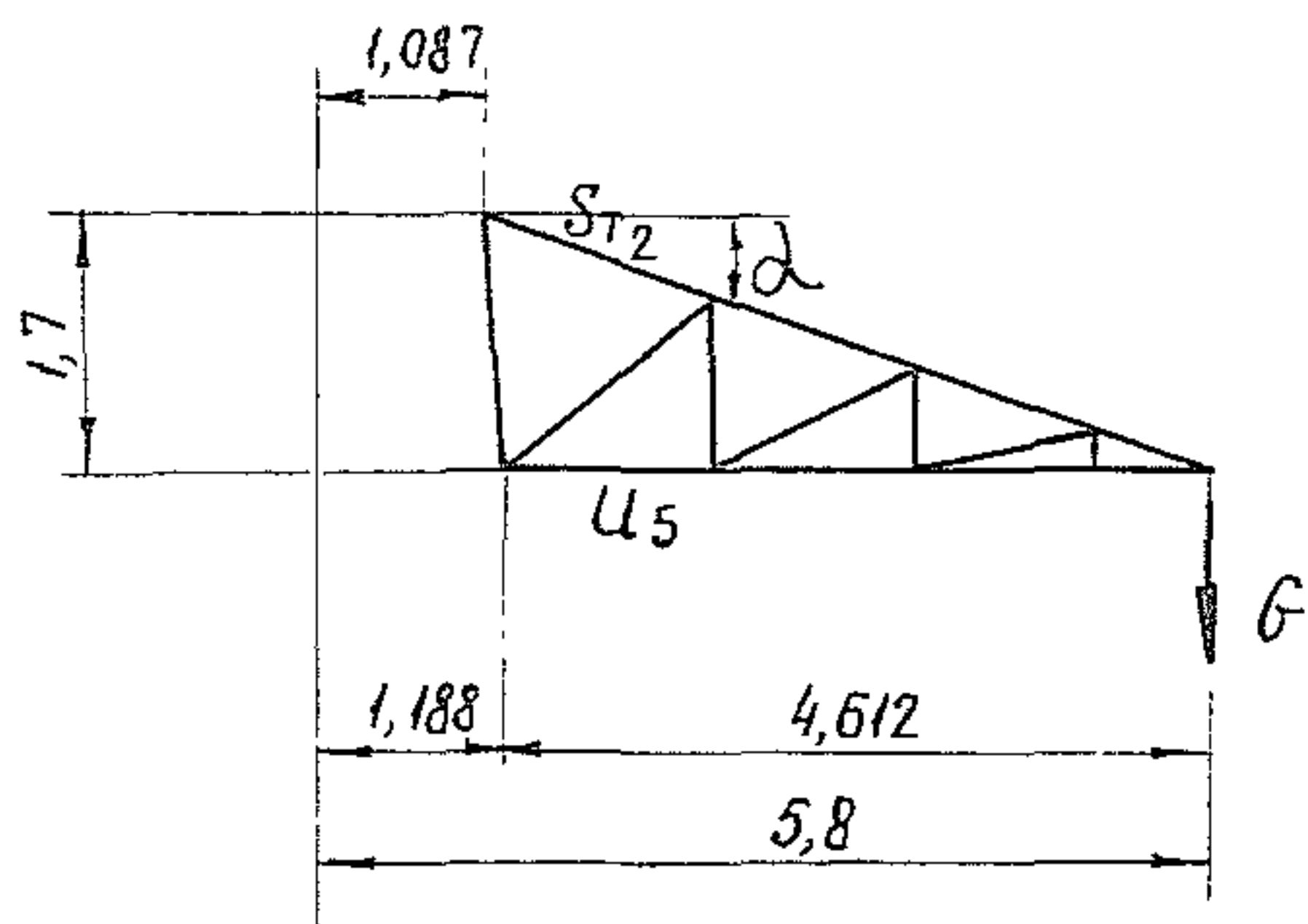
Схема II; II район гололеда.

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

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

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

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.

$$S_n = 3,2 \text{ т}; \quad g_n = 1,865 \text{ т}; \quad g_r = 0,14 \text{ т}; \quad g_l = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$$
$$G_{\text{тр.}} \approx 0,4 \text{ т};$$

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

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

*)

2. Усилия в раскосах нижней грани.

Схема III; II район гололеда

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

$$D_{11}^T = \frac{2,34}{3,35} = 0,7 \text{ т};$$

$$D_{13}^T = \frac{2,34}{0,9} = 2,5 \text{ т};$$

$$D_{12}^T = \frac{2,34}{2,1} = 1,11 \text{ т};$$

$$D_{14}^T = \frac{2,34}{0,7} = 3,35 \text{ т};$$

3. Усилие в тяге.

Схема II; II район гололеда.

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

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

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

*) Усилие в поясе

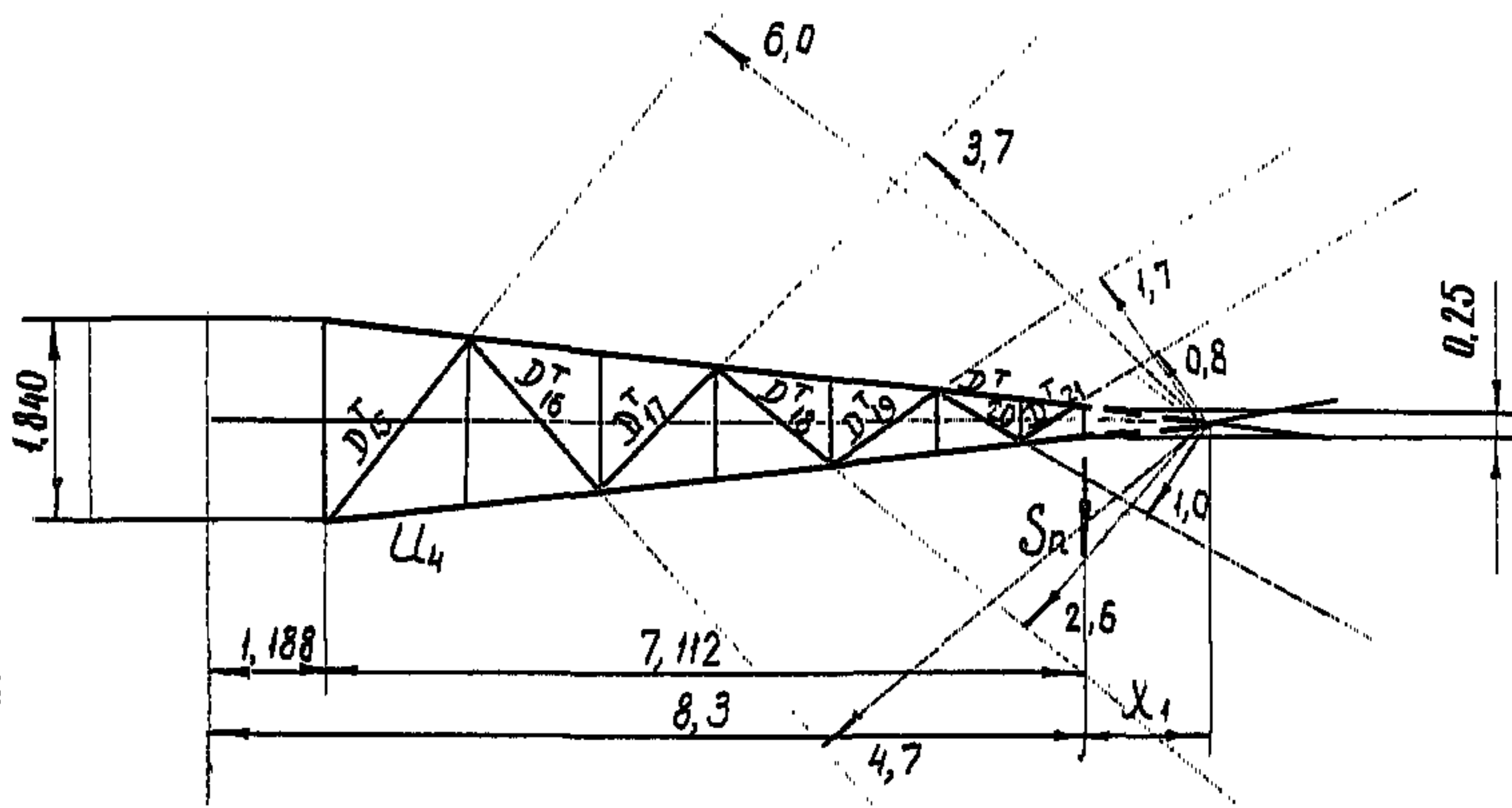
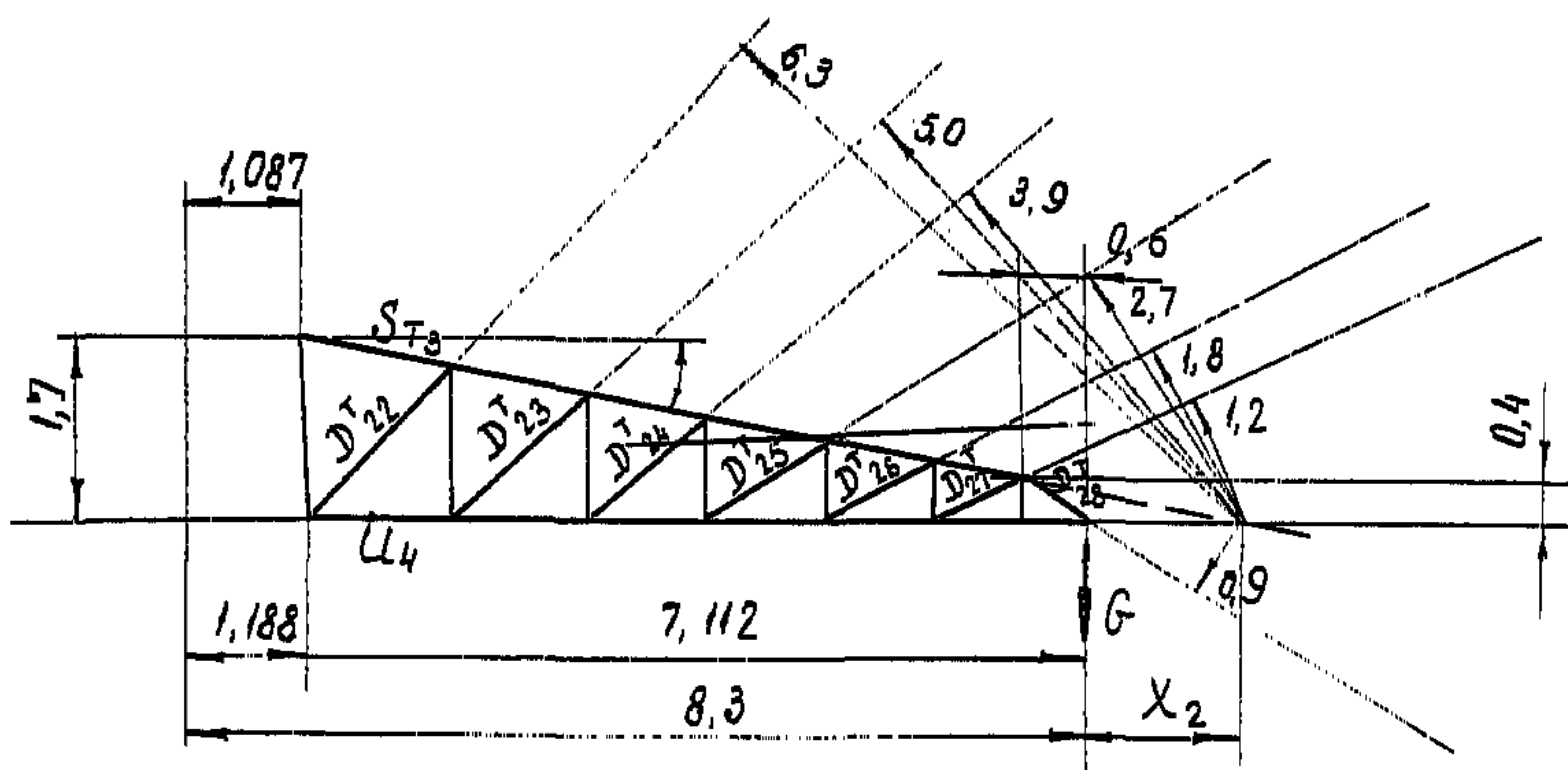
Схема II; II район гололеда

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

1. Усилие в поясе

Схема III; II район гололеда

$$S_n = 3,2 \text{ т}; \quad g_n = 1,865 \text{ т}; \quad g_r = 0,14 \text{ т}; \quad g_{\lambda} = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т};$$
$$G_{\text{тр.}} \cong 0,5 \text{ т};$$

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

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

2. Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; II район гололеда

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Усилие в тяге.

Схема II; II район гололеда

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

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

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

4. Усилия в раскосах боковых граней

Схема II; II район гололеда;

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

$$X_2 = 1,44 \text{ м.}$$

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

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

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

$$D_{26}^T = \frac{3,34}{1,8} = 1,85 \tau$$

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

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

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

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

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

* Усилие в поясе

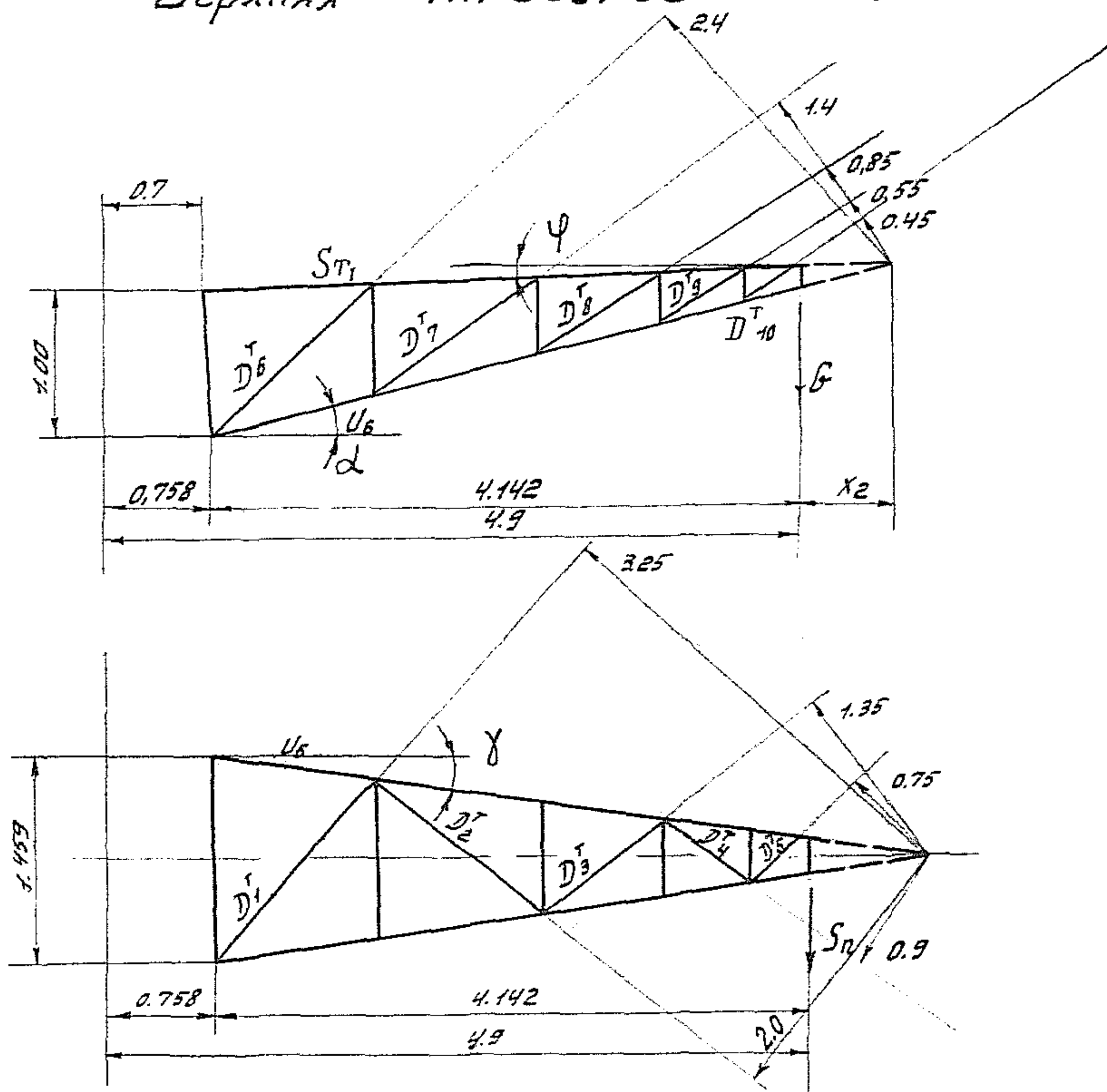
Схема II; II район гололеда

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

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

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

Верхняя траверса $L = 4.9 \text{ м}$



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

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

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

$$\frac{x_1}{4.142 + x_1} = \frac{0.125}{0.729} ; \quad x_1 = \frac{0.518}{0.604} = 0.857 \text{ м}$$

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

Расчет пояса

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

$$S_n = 3,32 \text{ м}$$

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

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

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

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 Р.п.ч. Провод „2 АСО-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.Ч. Провод „ 2x АСО-400 ”

$$S_n = 3.32 \text{ м}$$

$$\lambda = 0.857 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

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

Расчет тяги

Схема II; IV р-н голополеда провод 2x АСО-400

$$g_n = 5.81 \text{ т}$$

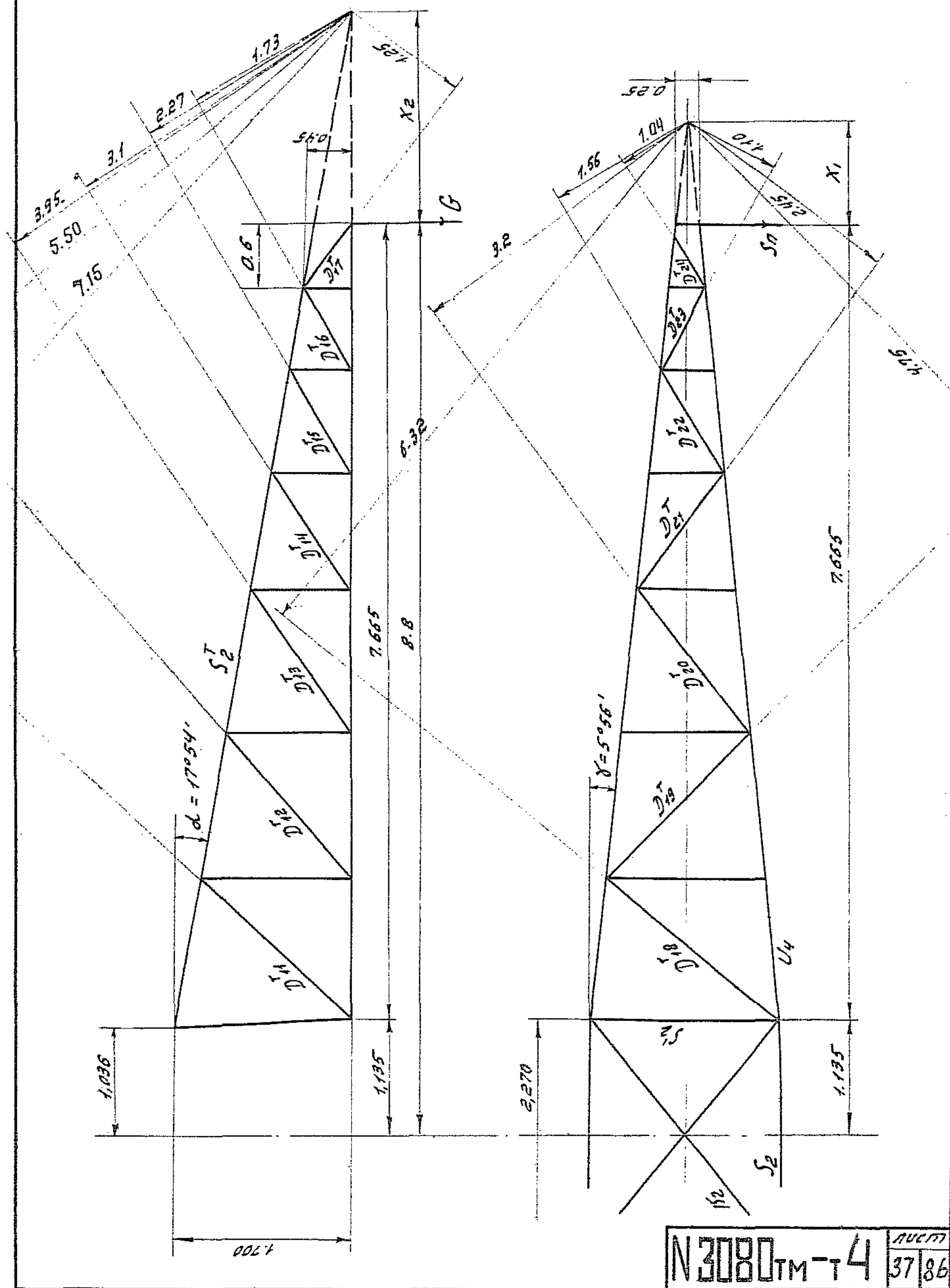
$$g_r = 0.140 \text{ т}$$

$$G_{TP} \approx 0.3 \text{ т}$$

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

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

Средняя трюверса $\ell = 8,8$ м.



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

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

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

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

Расчет пояса

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

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

Суммарная вертикальная нагрузка на сжатый пояс

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

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

Расчет раскосов нижней грани

Схема III, III Р.К.Ч.: 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 „2хАСО-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 „2хАСО-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

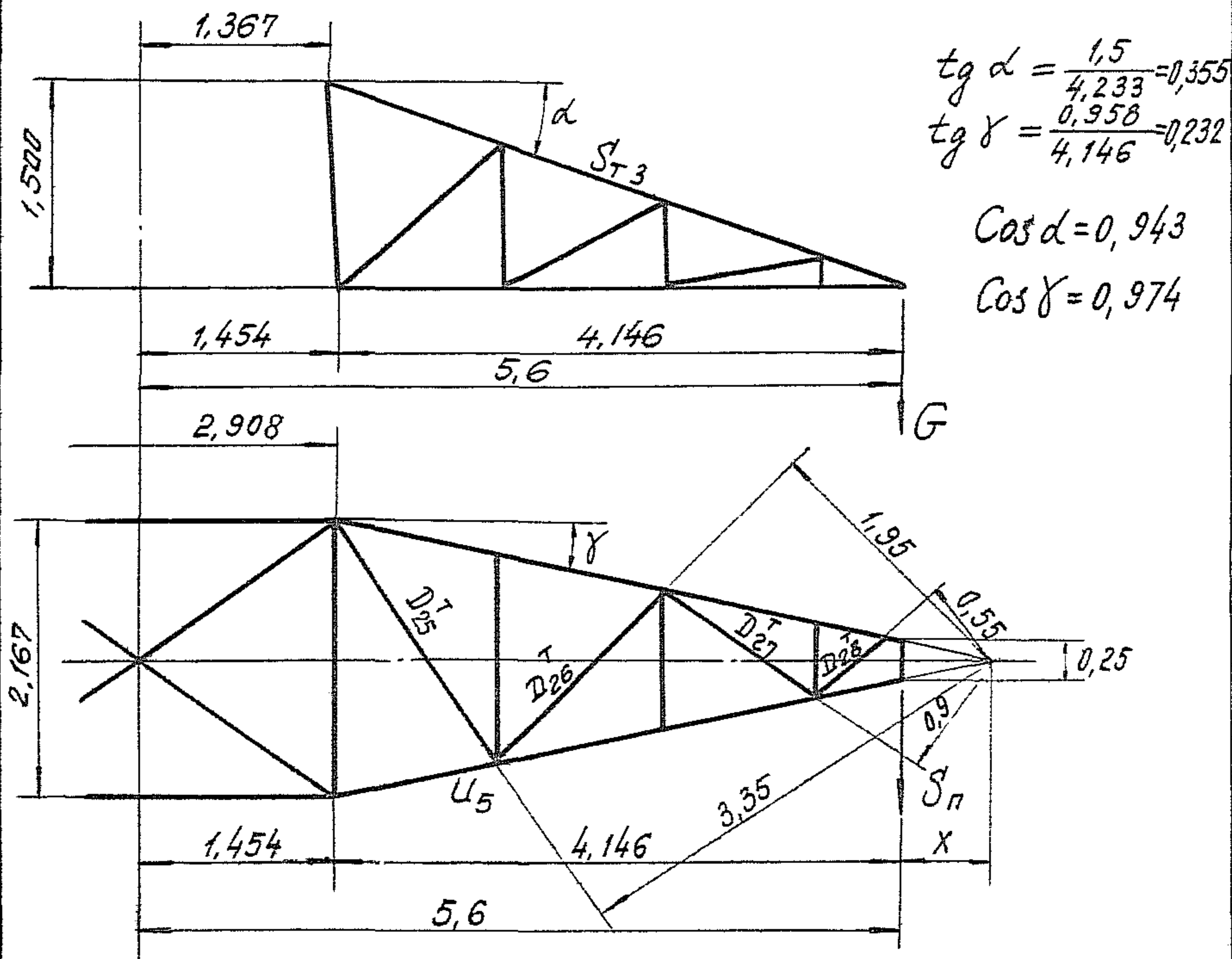
Схема II; IV район гололеда; провод 2хАСО-400

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

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

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

Нижняя траверса $l=5,6$ м.



Расчетный режим:

Схема III, III р. к. у.
провод „2 × АСД - 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”

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

$$\begin{aligned} \sum G &= 0,5 \times 5,81 + 0,5 \times 0,140 + 0,25 \times 0,3 = \\ &= 2,90 + 0,070 + 0,075 = 3,05 \text{ т} \end{aligned}$$

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

Усилие в поясе

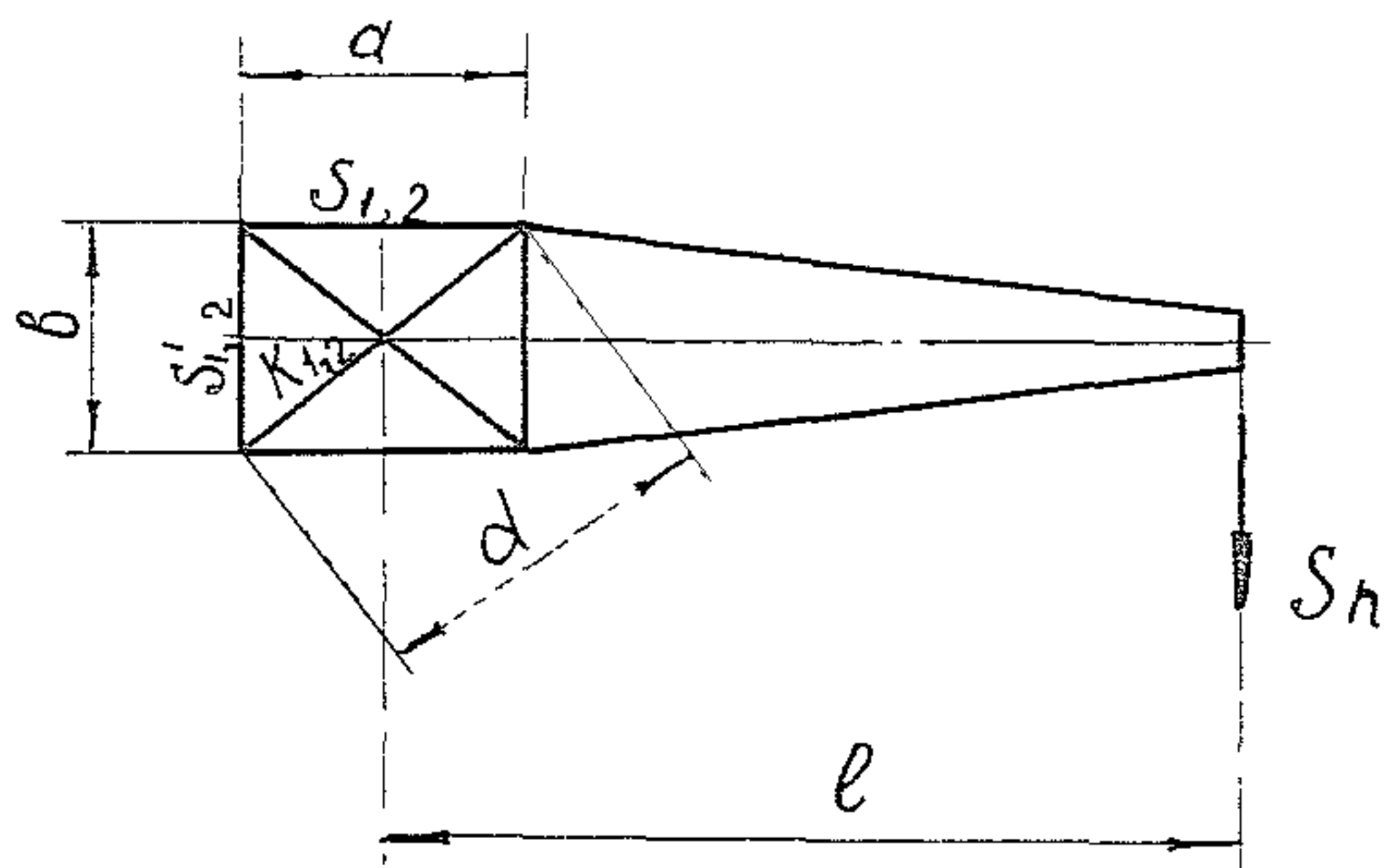
Схема II; IV район гололеда; провод 2хАСД-400

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

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

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

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 $l = 8,3 \text{ м};$

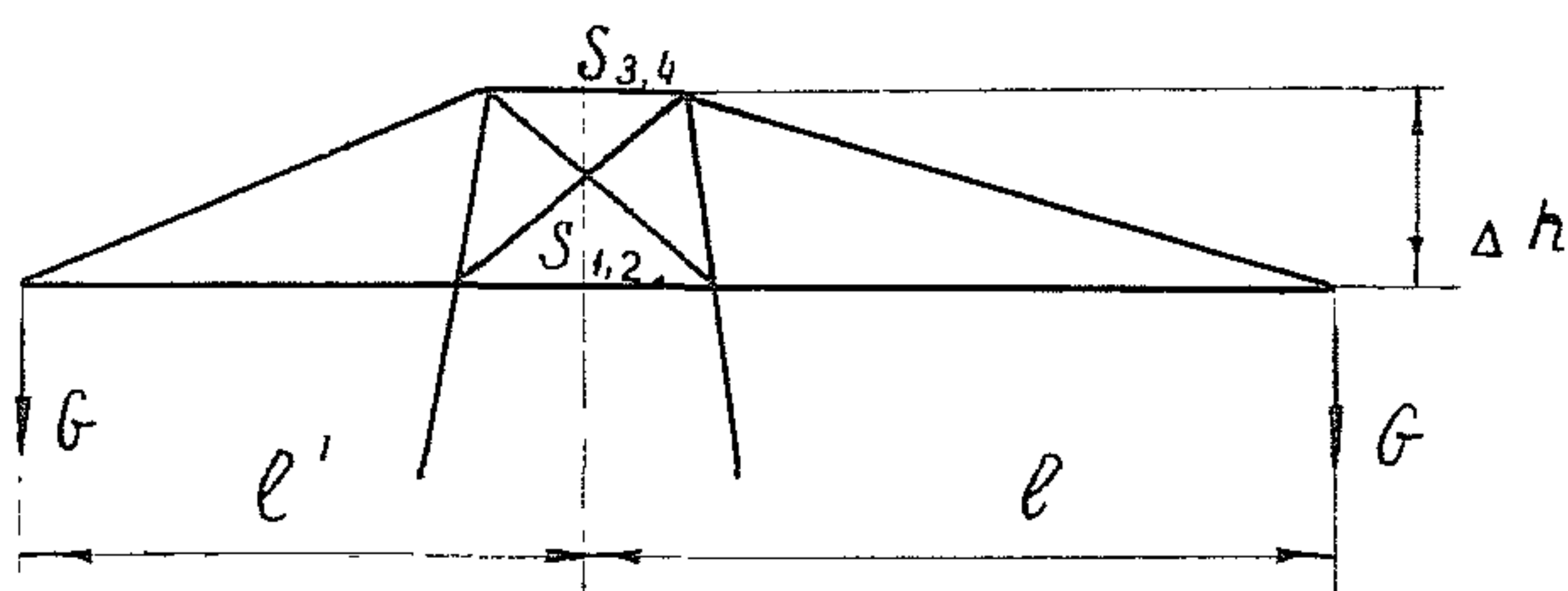
$$a = 2,38 \text{ м}; \quad b = 1,84 \text{ м}; \quad d = 3,01 \text{ м};$$

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

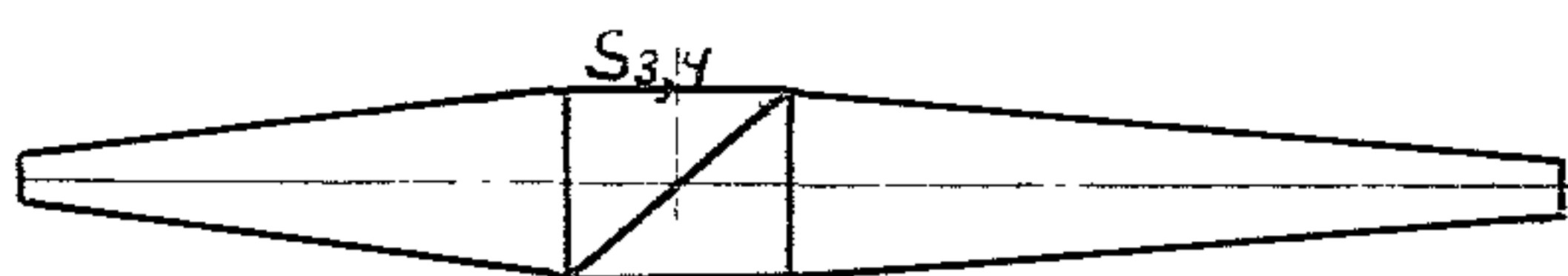
$$S'_2 = \frac{3,2}{2} = 1,6 \text{ т}$$

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

Схема II; II р-н гололеда



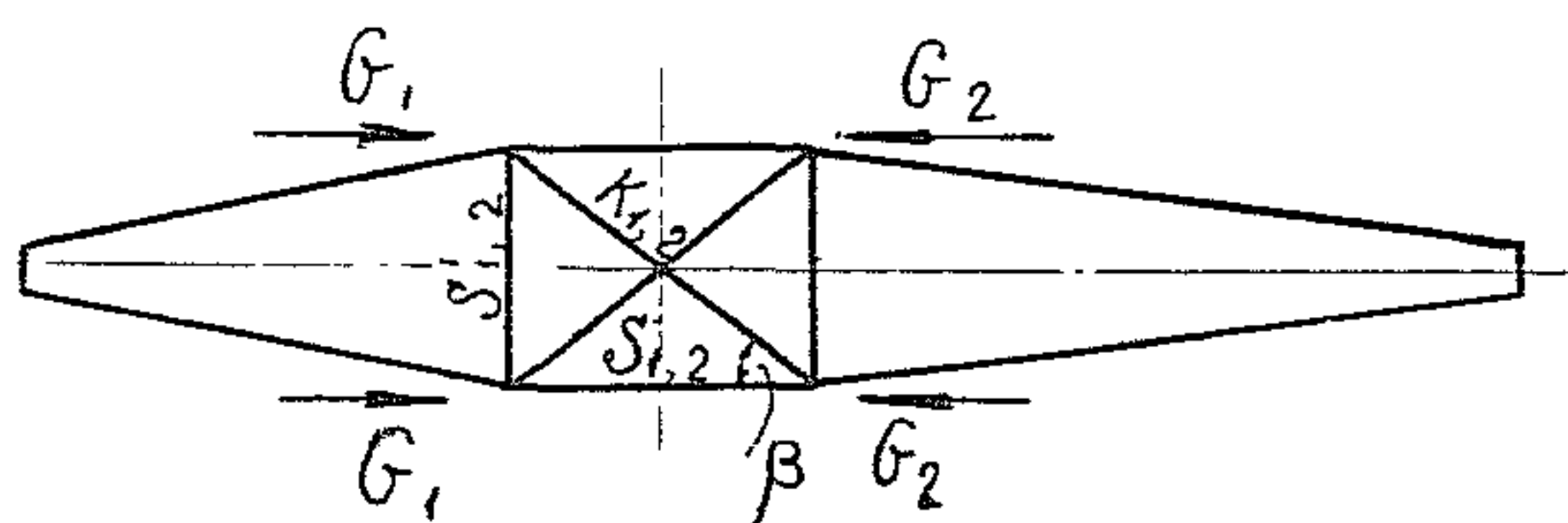
$$G_1 = \frac{G \ell_0}{2 \Delta h}$$



$$S_1 = 0,7 G_1;$$

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

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



$$\text{при } G_2 > G_1$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 1,98 \text{ т};$$

$$S'_1 = 0,3 \times 3,85 \times 0,945 = 1,09 \text{ т};$$

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

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

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

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

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

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

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

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

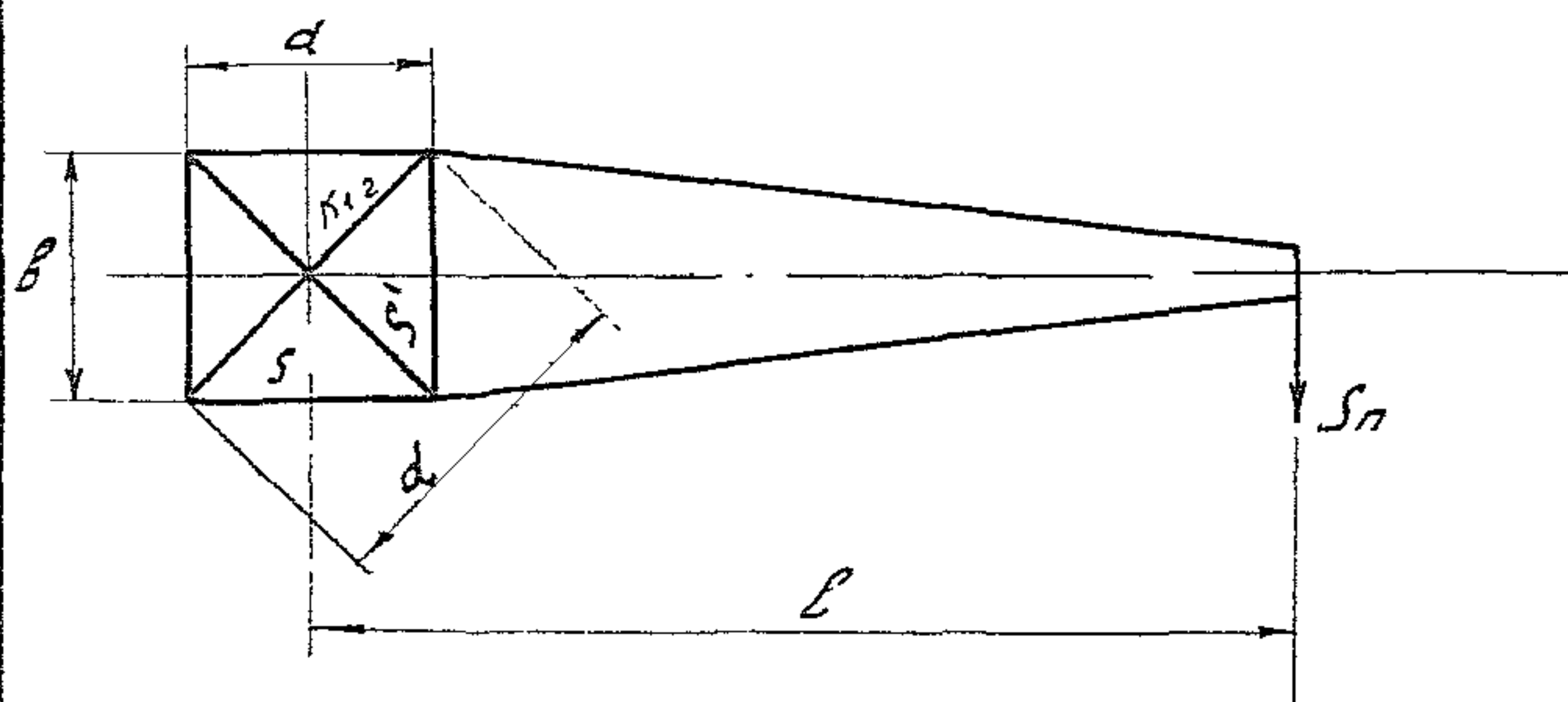
$$S_2 = 0,7 \left(3,15 + \frac{4,85 - 3,15}{2} \right) = 2,8 \tau;$$

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

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

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

Расчет распорок и гудфростов
на отметках таверс опоры ПЗЗ0-2



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

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

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

Верхняя труба (L=4,9 м)

$$a = 1,52 \text{ m} ; \quad b = 1,46 \text{ m} ; \quad d = 2,1 \text{ m} ; \quad l = 4,9 \text{ m}$$

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

$$S_1' = \frac{3.32}{2} \times \left(\frac{4.9}{1.52} + 1 \right) = 7.07$$

$$K_1 = \frac{3,32}{4} \times \frac{2,1}{152 \times 1,46} \times (4,9 - 1,4) = 2,76 \text{ m}$$

Средняя температура ($t = 8,8^\circ \text{C}$)

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

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

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

$$K_2 = \frac{3,32}{4} \times \frac{2,92 \times (8,8 - 2,271)}{2,271 \times 1,841} = 3,79 \tau$$

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

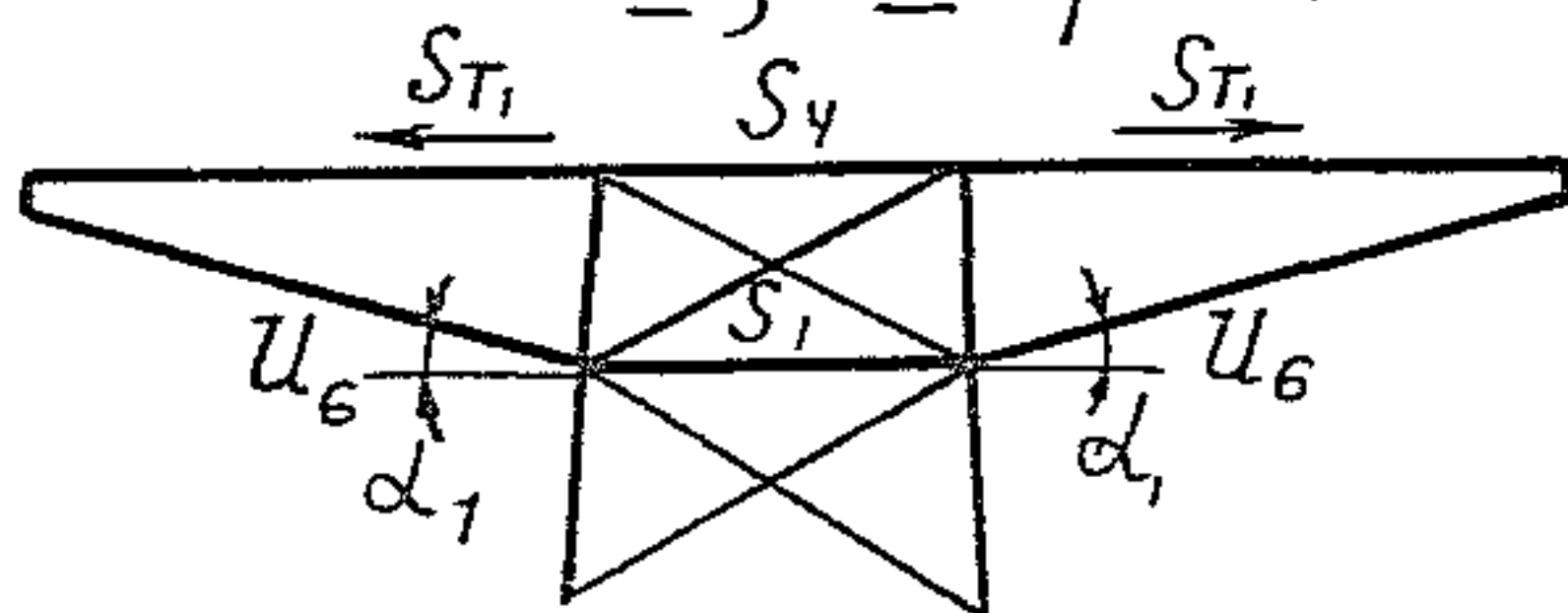
$$a = 2,909 \text{ м}; \quad b = 2,167 \text{ м}; \quad d = 3,627 \text{ м} \quad \ell = 5,6 \text{ м}$$

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

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

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

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

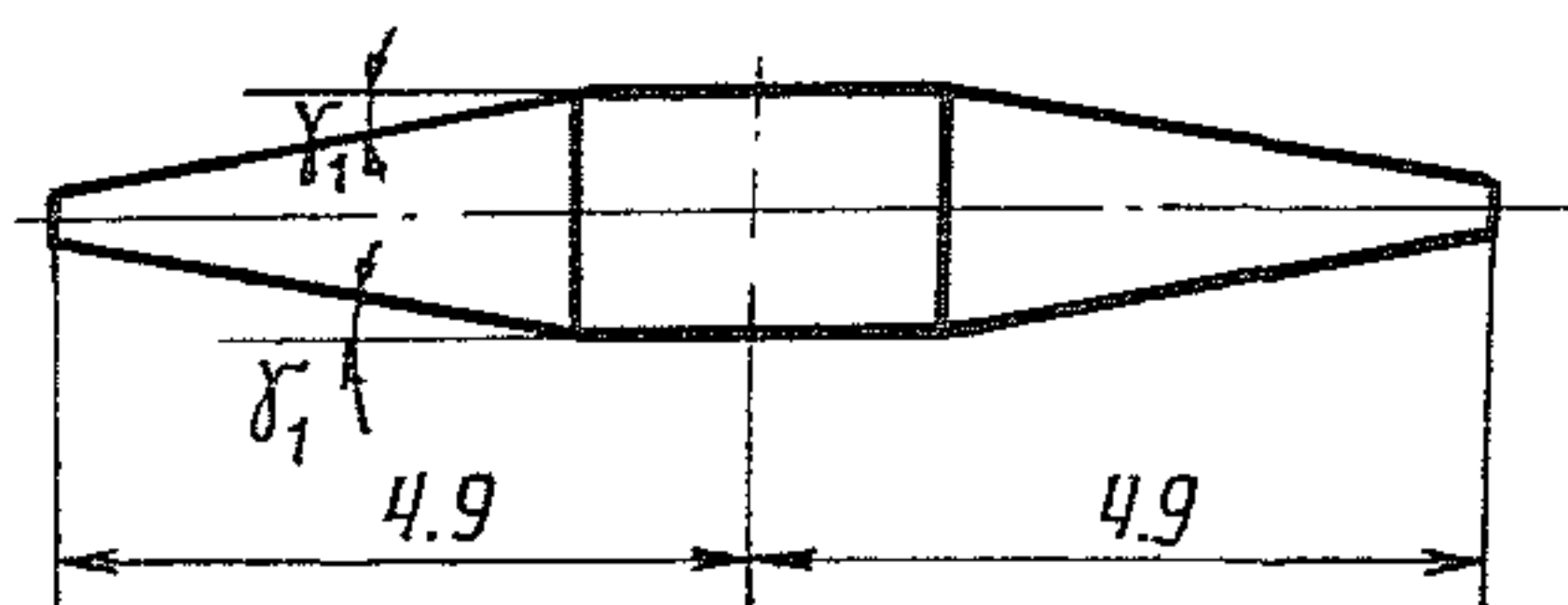


$$\cos \alpha_1 = 0,972$$

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

$$S_{T1} = 13,2 \text{ т.}$$

$$U_6 = 13,74 \text{ т.}$$



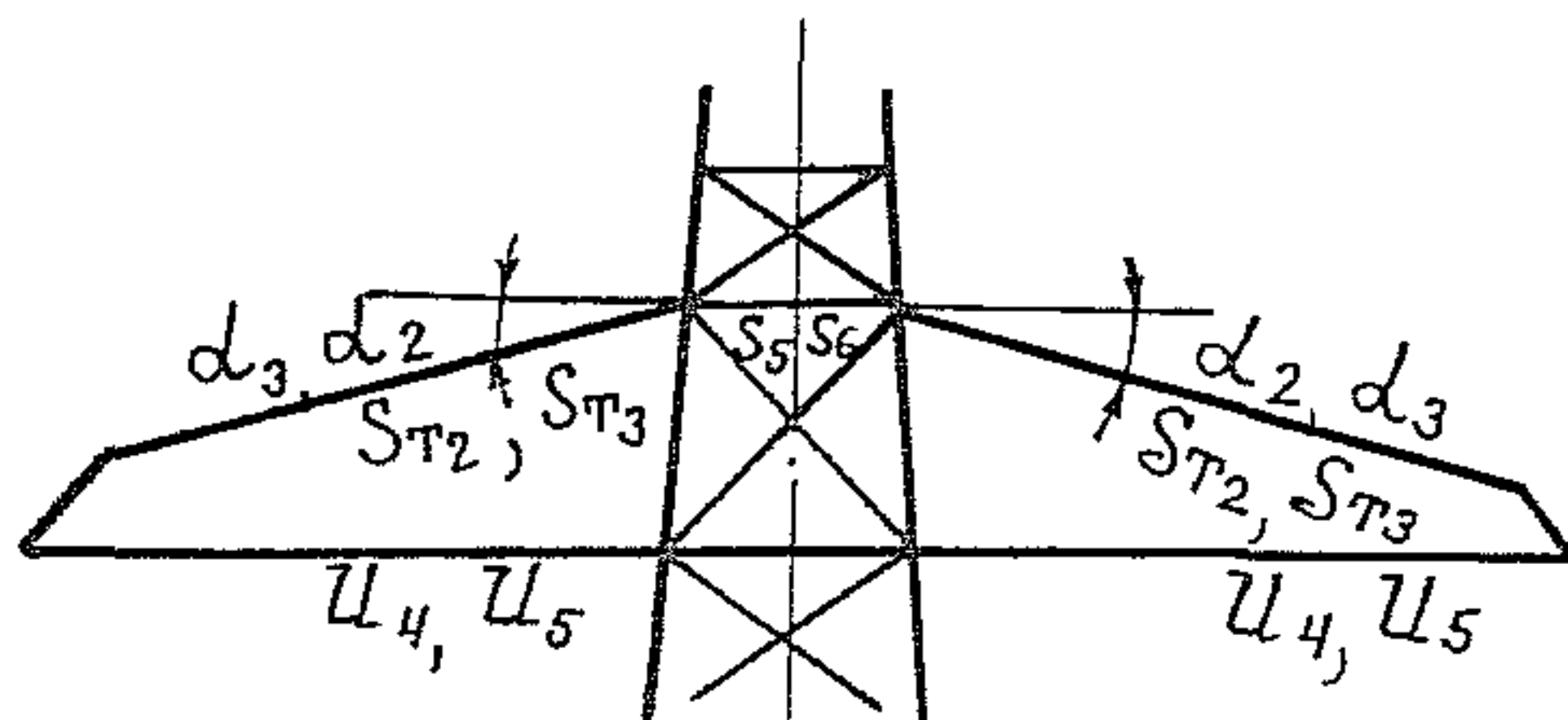
Траверса $\ell = 8,8 \text{ м}$

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

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

$$S_{T2} = 14,2 \text{ т}$$

$$U_4 = 14,57 \text{ т}$$



Траверса $\ell = 5,6 \text{ м}$.

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

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

$$S_{T3} = 9,18 \text{ т}$$

$$U_5 = 9,36 \text{ т}$$

$\ell = 4,9 \text{ м}$

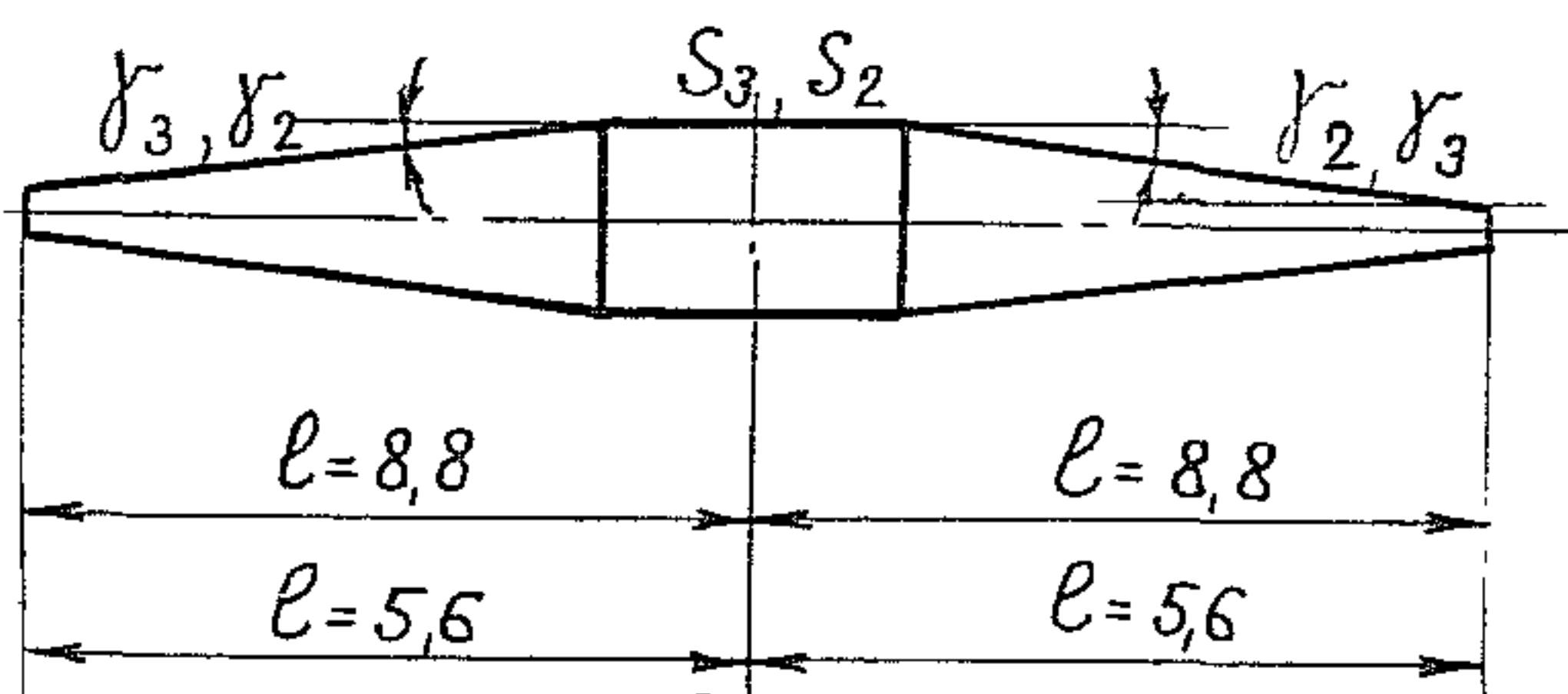
$$S_4 = 13,2 \times 0,989 = 13,0 \text{ т.}$$

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

$\ell = 8,8 \text{ м}$

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

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

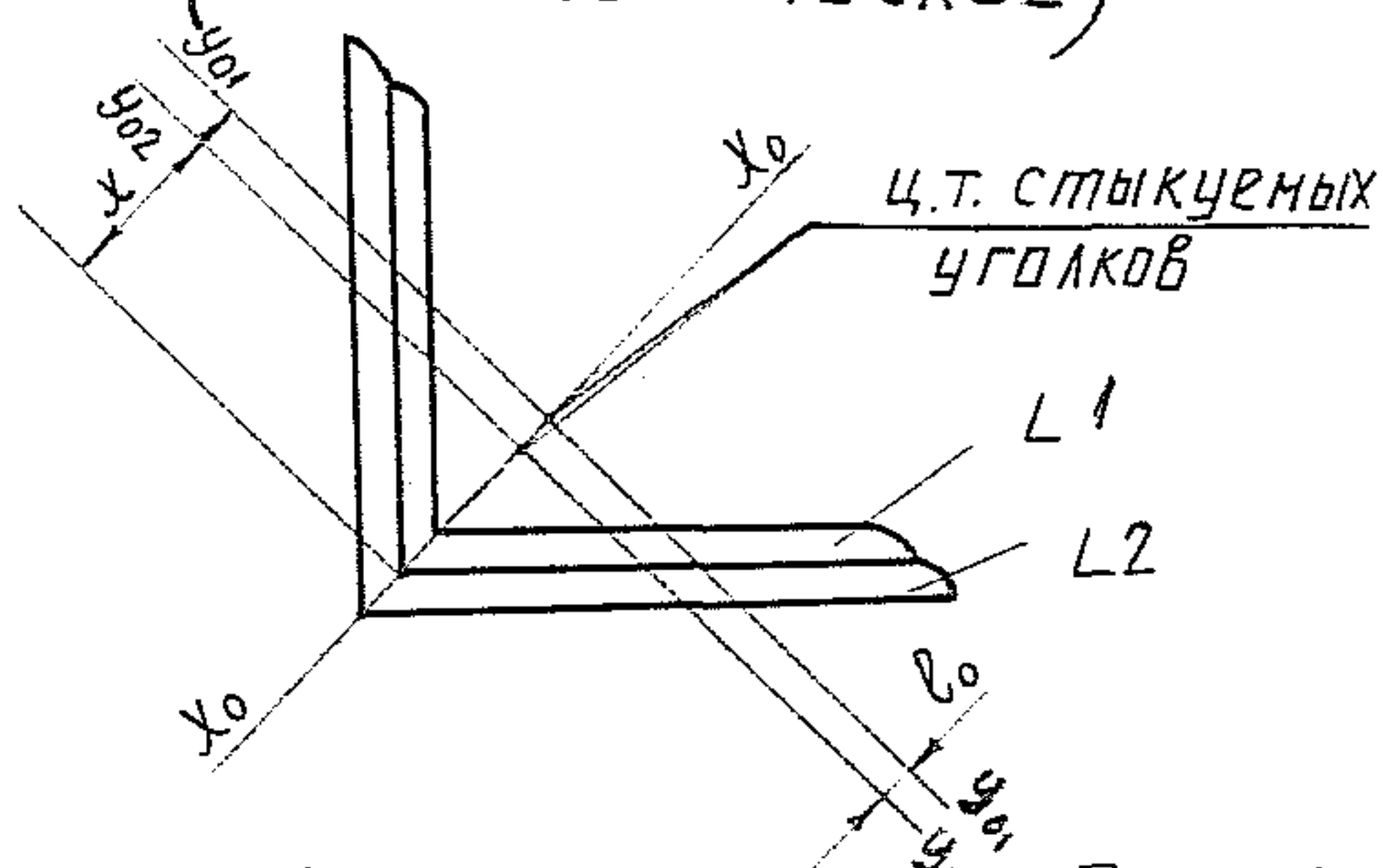


$$S_6 = 9,18 \times 0,943 \times 0,974 = 8,4 \text{ т}$$

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

Расчет стыков (опора ЛЗ30-3)

1. Стык верхней секции со средней (телескопические)



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

$N = 14,8 \text{ т} ; L 80 \times 6 \quad F = 9,38 \text{ м}^2, \quad n_1 = 1,0$

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

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

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

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

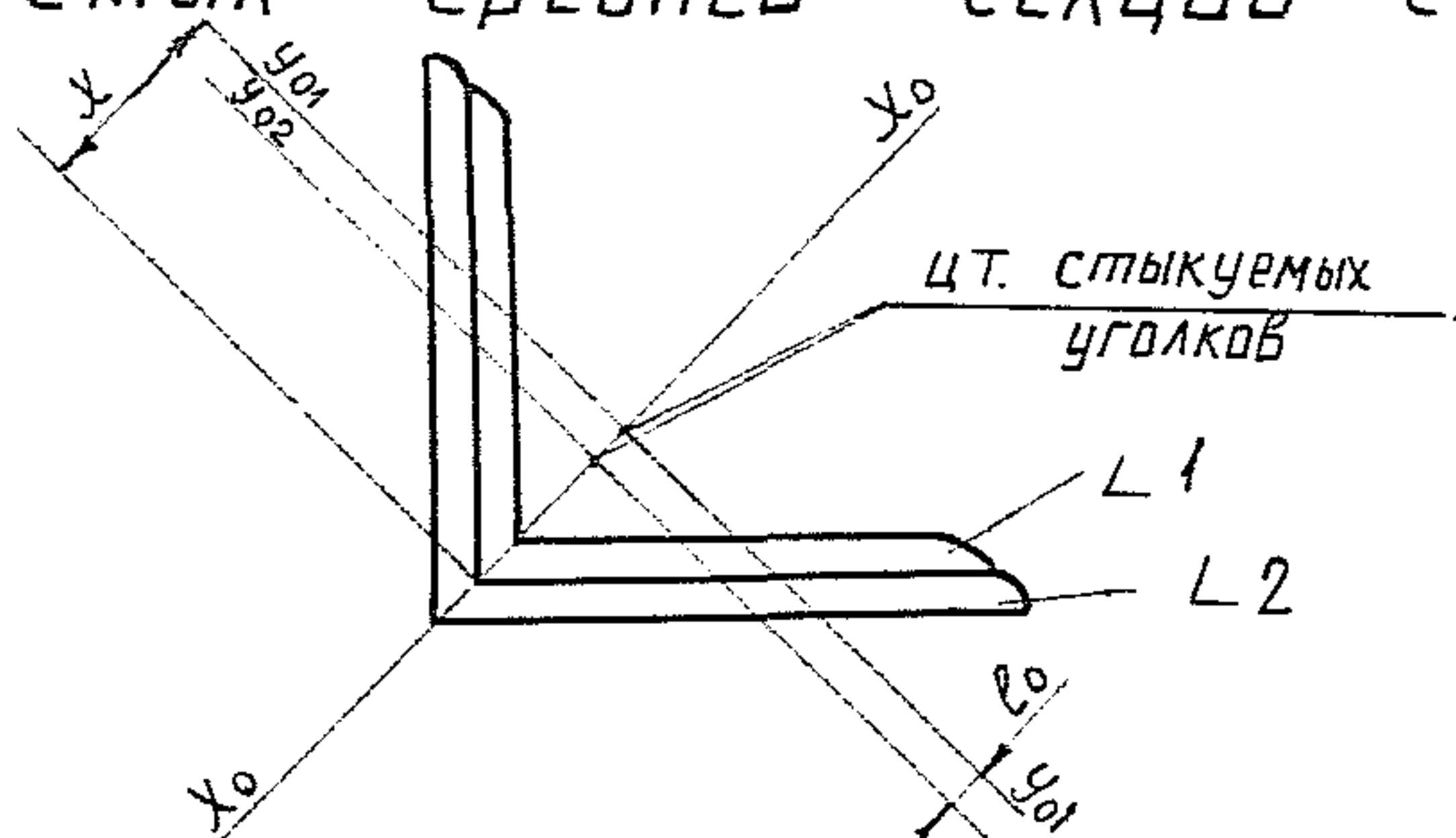
$\ell = 0,5 \times 0,25 = 0,125 \text{ см}$

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

$\varphi_{BH} = 0,756$

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

2. Стык средней секции с нижней



ПОЯСНОЙ L 1 — L 100 x 7 $Z_0 = 2,71$ см

ПОЯСНОЙ L 2 — L 125 x 8 $Z_0 = 3,36$ см

$$\sigma = \frac{N}{h_1 F \varphi_{вн.}}$$

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

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

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

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

$$l = 0,5 l_0; \quad l_0 = \frac{(2,71 + 0,8) - 3,36}{0,707} = 0,212 \text{ см};$$

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

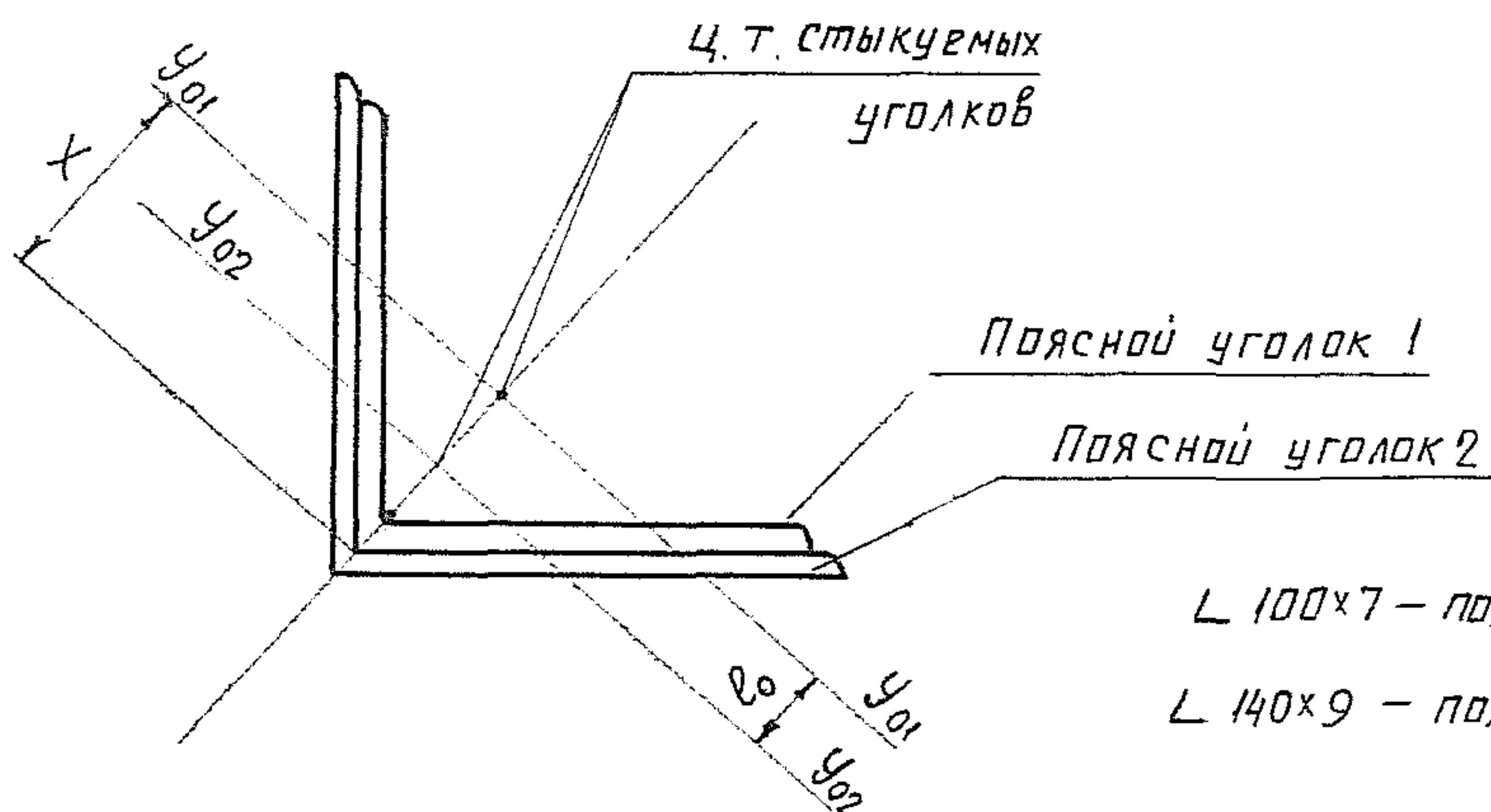
$$m = 0,106 \frac{13,8 \times 3,83}{54,2} = 0,103 \quad m_1 = 1,0 \times 0,103 = 0,103$$

$$\varphi_{вн} = 0,83$$

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

Расчет стыков опоры ПЗЗ0-2 (телескопические)

Стык верхней и средней секций



Л 100x7 - поясной Л 1

Л 140x9 - поясной Л 2

$$G = \frac{N}{n, \varphi_{вн.} F};$$

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

$$n, = 1,0$$

$$A = 66$$

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

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

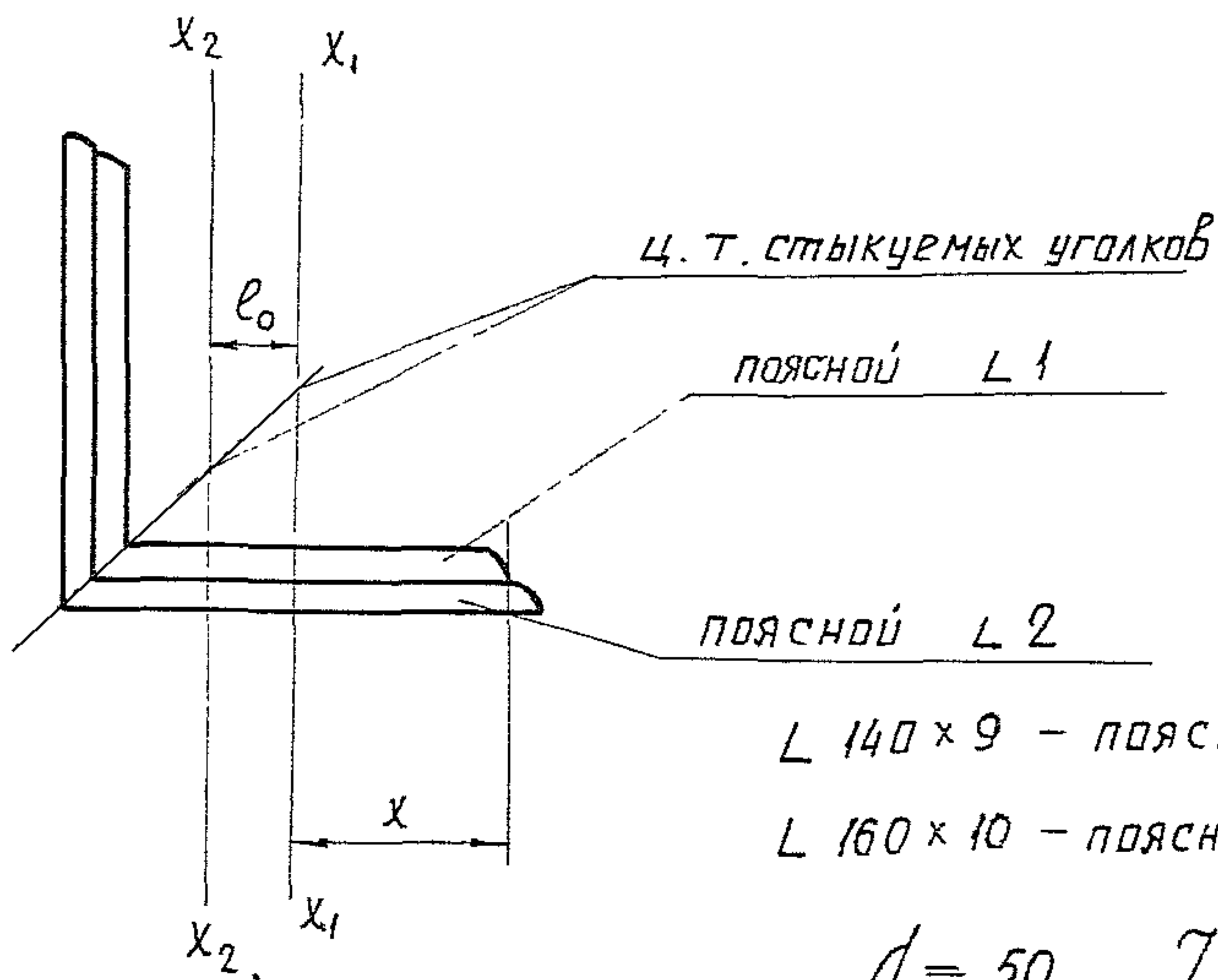
$$e = 0,5 e_0 = 0,5 \times 0,24 = 0,12 \text{ см.} \quad x = \frac{2,71}{0,707} = 3,84 \text{ см}$$

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

$$m, = 0,117 \quad A = 66 \quad \varphi_{вн.} = 0,789$$

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

Расчет стыка средней и
нижней секции.



$$G = \frac{N}{n, \gamma_{BH} F}$$

$$N = 36, 28 \tau.$$

$$F = 24,7 \text{ cm}^2$$

$$n = 10$$

$$m_i = \eta m; \quad \text{где} \quad \eta = 1.0; \quad m = e \frac{F x}{J_x}$$

$$l_0 = 1,0 + 3,78 - 4,3 = 4,78 - 4,3 = 0,48 \text{ cm}$$

$$\ell = 0,5 \times \ell_0 = 0,5 \times 0,48 = 0,24 \text{ см.}$$

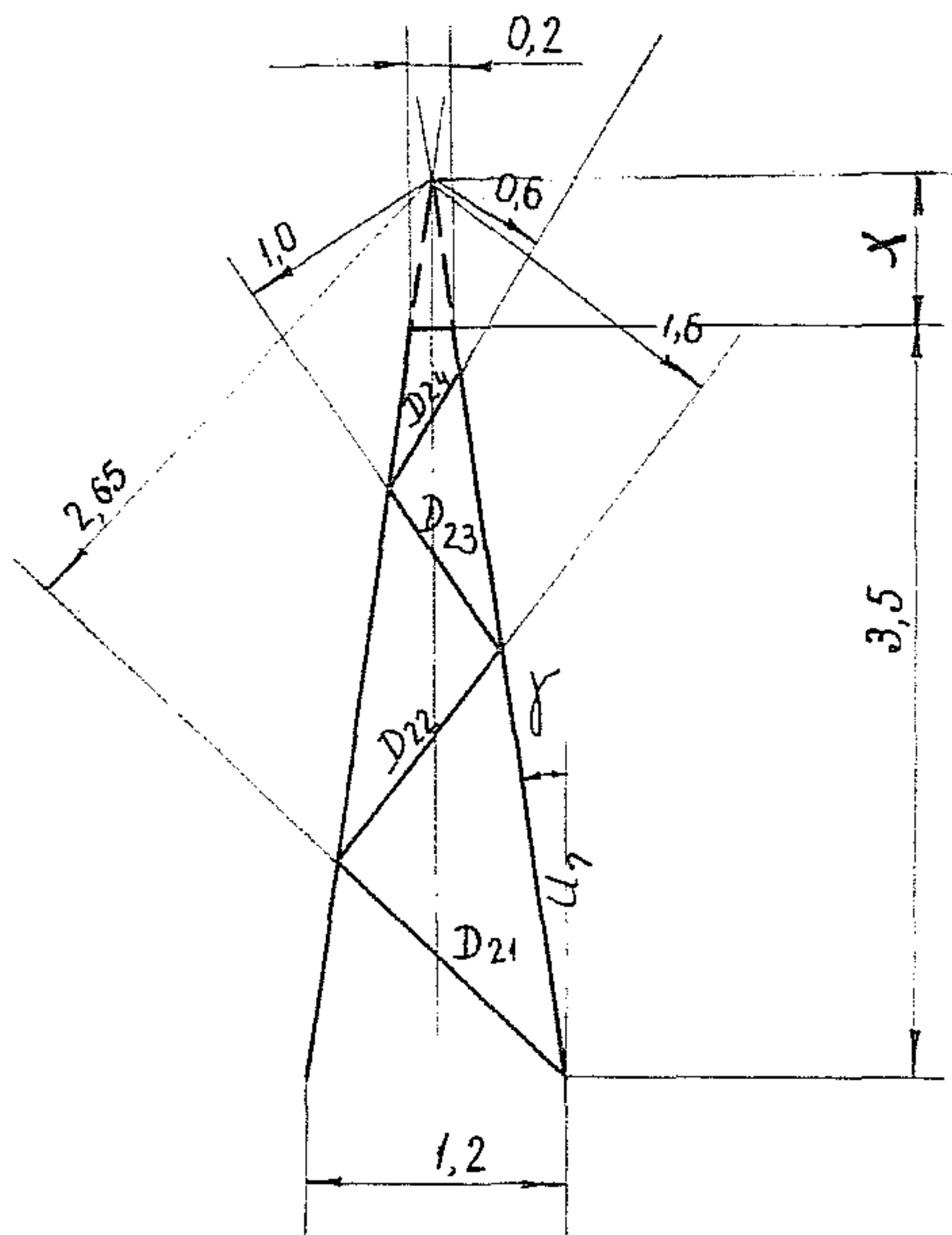
$$X = 14 - 3,78 = 10,22 \text{ см.}$$

$$m = 0.24 \times \frac{24.7 \times 10.22}{46.6} = 0.13$$

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

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

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



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

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

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

1. Усилие в поясе

Схема IV; I район гололеда

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

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

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

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

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

2. Усилия в раскосах

Схема IV; II район гололеда

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

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

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

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

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

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

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

Расчет пояд

Схема IV ; I P.K.Y. $\sigma_T = 40 \text{ кг/мм}^2$, трос „С-70“

$$S_T = 1,5 \text{ т}; g_T = 0,335 \text{ т}$$

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

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

$$U_7 = \frac{10,57}{2 \times 1,4 \times 0,996} + \frac{0,57}{4 \times 0,996} = 3,8 + 1,43 = 5,23 \text{ т}$$

Расчет раскосов

Схема IV, IV. P.K.Y. трос „С-70“

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

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

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

$$D = \frac{M_{уз}}{2R} + \frac{M_{кр} \lambda}{2 \cdot BR}$$

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

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

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

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

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

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

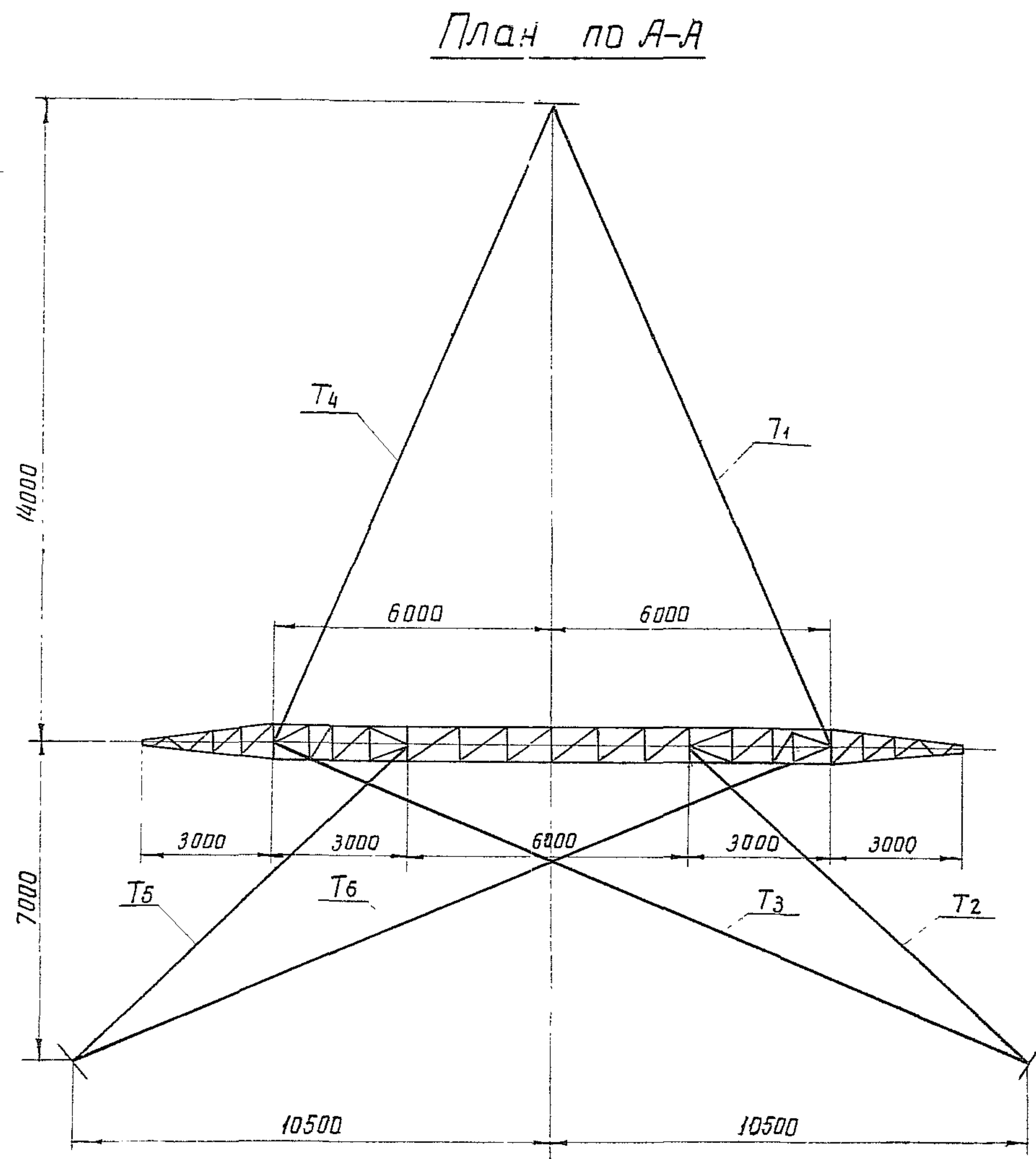
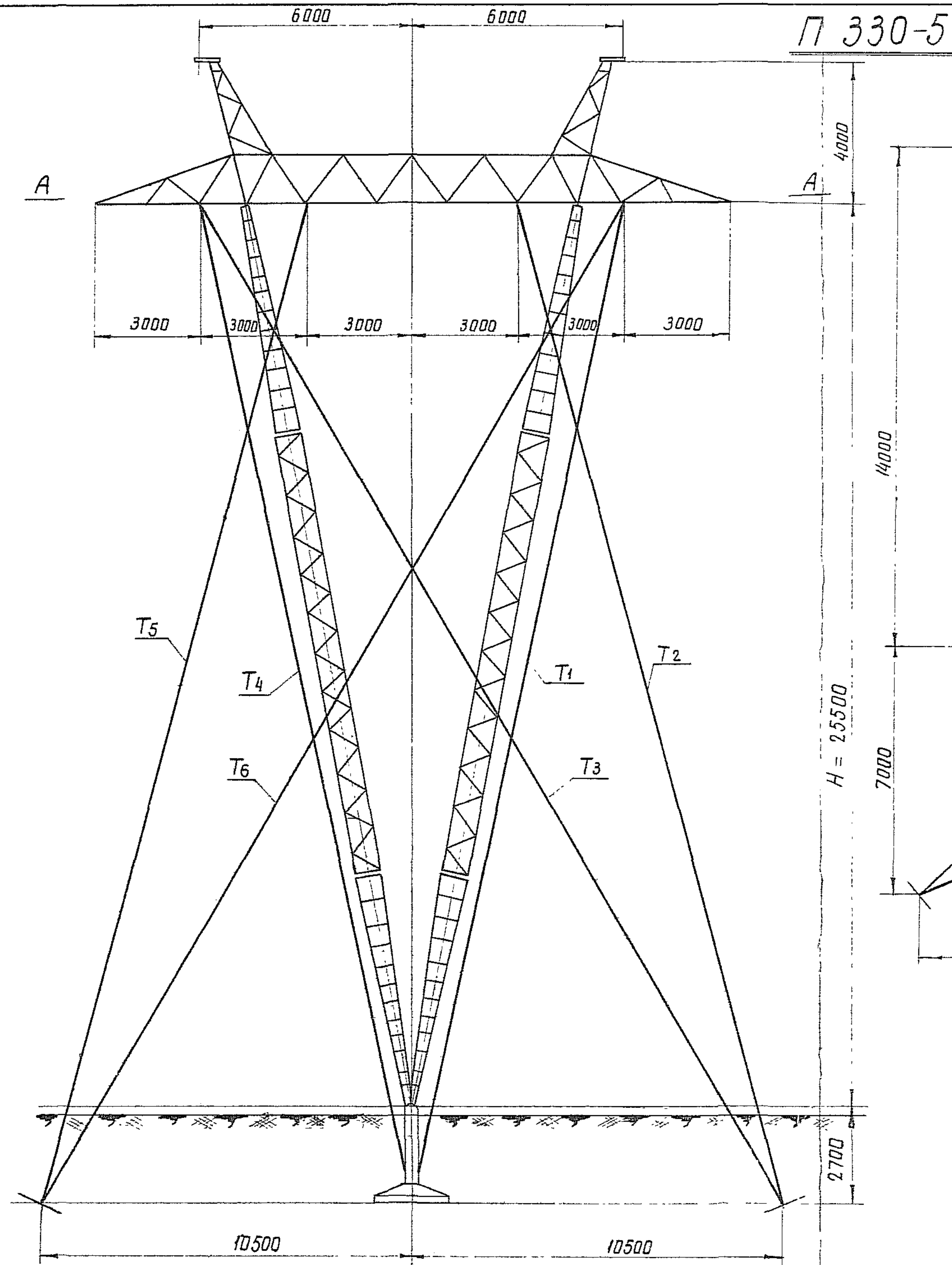
$$D_{21} = \frac{1,75}{2 \cdot 5,75} + \frac{0,75 \times 1,165}{2 \cdot 0,2 \cdot 5,75} = 0,53 \text{ т}$$

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

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

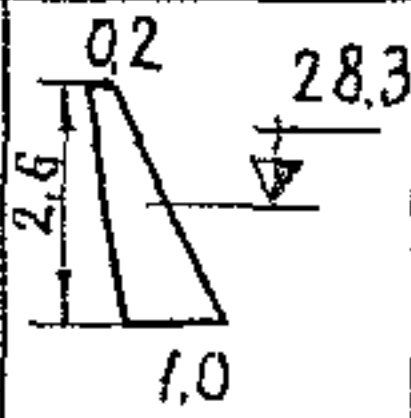
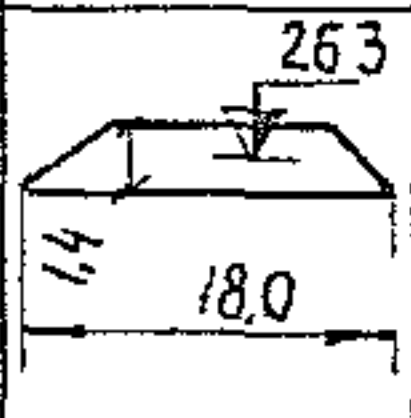
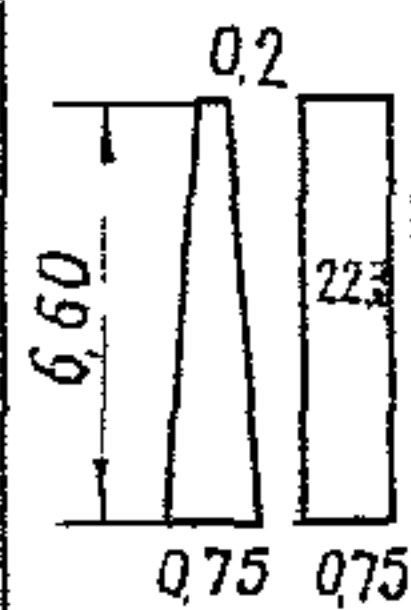
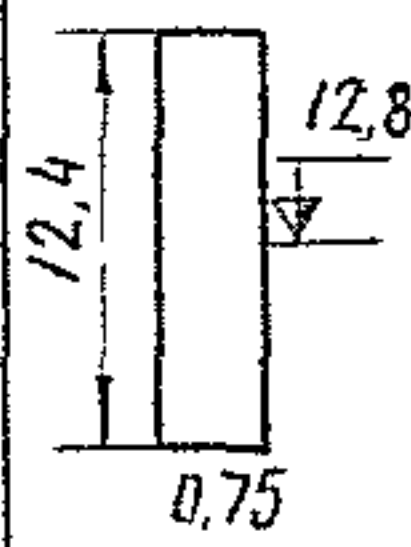
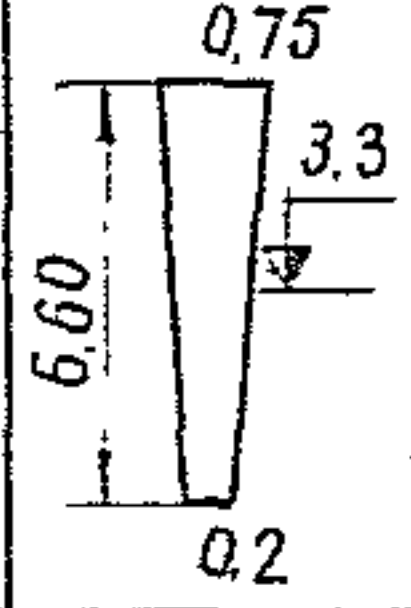
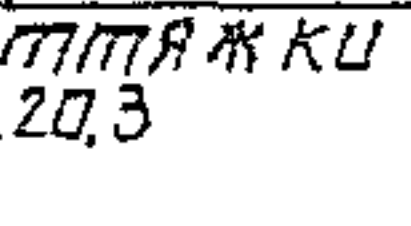
Расчет выполнил: *Груздев. /*
Расчет проверил: *Менделеев. /*

№3080-Т-Т 4 лист 54/86



Давление ветра на конструкцию опоры

Табл. 1

Наименование элемента опоры	Эскиз и средняя отметка секции [м]	Коэффициент увеличения скорости ветра по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 [кг/м ²]	Площадь элементов фермы Σf_i [м ²]	Площадь по контуру S [м ²]	Коэффициент заполнения $\mu = \frac{\Sigma f_i}{S}$	Аэродинамический коэффициент плоской фермы $C_F = 1,4 \cdot \mu$	$\frac{z}{h}$ при $\frac{b}{h} = 1$	Аэродинамический коэффициент пространств фермы $C_{pr} = C_F(1 + \beta)$	Нормативная ветровая нагрузка $R_H = q_0 C_{pr} S$	Расчетная ветровая нагрузка $R_R = R_H \cdot \mu \cdot \beta$ $\mu = 1,2 \quad \beta = 1,45$
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	$\frac{76}{21,2}$	5,02	19,6	0,256	0,358	0,760	0,63	$\frac{423}{118}$ (262)	$\frac{735}{171}$
Верхняя часть стоек		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 стоек		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 стоек		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 $R_{тр}$, указанная в скобках, определена при направлении ветра $\perp$ траверсе. При ветре $\perp$ оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $R_{тр}$.

2. В знаменателе даны скоростные напоры и ветровые нагрузки в гололедном режиме ($q_H = 14 \text{ кг/м}^2$)

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

Таблица 1^а

Параметры опоры

Обозначение	Размерность	Числовые значения		Пояснения
Q	см	1050		Размеры
C	— " —	1400		
B	— " —	700		
l_1	— " —	600		
l_2	— " —	300		
l_3	— " —	600		
H_0	— " —	2800		
H	— " —	2600		
h	— " —	200		
E	кг/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
l_B	м	450		Ветровой пролет
K	δ/ρ	2		Кол-во проводов в фазе
h_T	см	400		Расстояние от нижней плоскости траверсы (оси ох) до тросов
l_{ϕ}	— " —	900		Расстояние между фазами
l_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.з.	Схема III(1) Обрыв крайнего провода	Схема III(2) Обрыв крайнего провода	Схема III(3) Обрыв среднего провода	Схема III(4) Обрыв среднего провода	Схема IV(1) Обрыв троса	Пояснения
P_B	кг	3450	840	0	0	0	0	0	ветровая нагрузка на конструкцию опоры, включая половину давления ветра на оттяжки.
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
$T_{Л'}$	кг	0	0	0	3320	0	0	0	Тяжение в сторону „+“ значение оси ОУ во всех проекциях левой фазы
$T_{П'}$	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правой фазы
$T_{ср'}$	— " —	0	0	0	0	0	3320	0	То же, средней фазы
$T_{ТЛ'}$	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, левого троса
$T_{ТП'}$	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правого троса
$T_{Л''}$	— " —	0	0	3320	0	0	0	0	Тяжение в сторону „-“ значение оси ОУ во всех проекциях левой фазы
$T_{П''}$	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правой фазы
$T_{ср''}$	— " —	0	0	0	0	3320	0	0	То же, средней фазы
$T_{ТЛ''}$	— " —	0	0	0	0	0	0	1500	То же, левого троса
$T_{ТП''}$	— " —	0	0	0	0	0	0	0	То же, правого троса
M_B	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_{bc}	"	191	-176	1114	-1715	0	0	470
Q_{cy}	"	4469	4193	2600	4665	622	4448	1690
R_y	"	0	0	0	0	0	0	-231

Примечание: Статический расчет выполнен на ЭЦВМ „Урал-2” по программе расчета опоры типа „Набля” инв. № 3002 тм-т 15.

Расчет стоек опоры

Стойка рассматривается как составной сжатый-изогнутый стержень переменного сечения с шарнирно-опорными 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

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

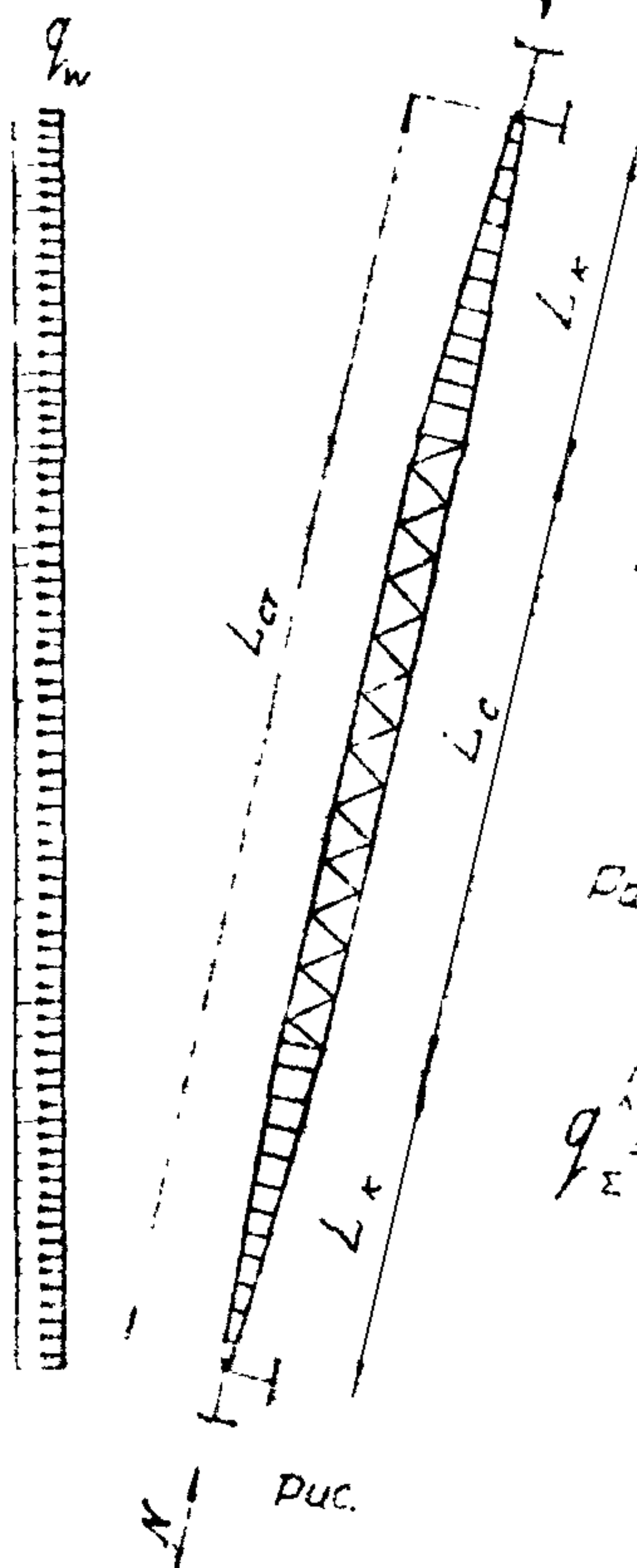
Распределенная нагрузка
а) ветровая б) весовая

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

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

Распределенная поперечная нагрузка на стойку

$$q_{\Sigma}^{\lambda, \pi} = \frac{W}{L_x} \pm q \frac{e}{L_x}$$



Определение критической силы

База по обухам в средней части стойки

$$b_{co} = 75 \text{ см}$$

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

Пояса выполнены из L 63 x 5 $F = 6,13 \text{ см}^2$ $Z = 1,74 \text{ см}$

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

$$J_k = 6,13 (20 - 3,5)^2 = 1670 \text{ см}^4$$

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

$$\frac{L_C}{L_{CT}} = \frac{12,4}{25,6} = 0,485$$

$$K^* = 7,988$$

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

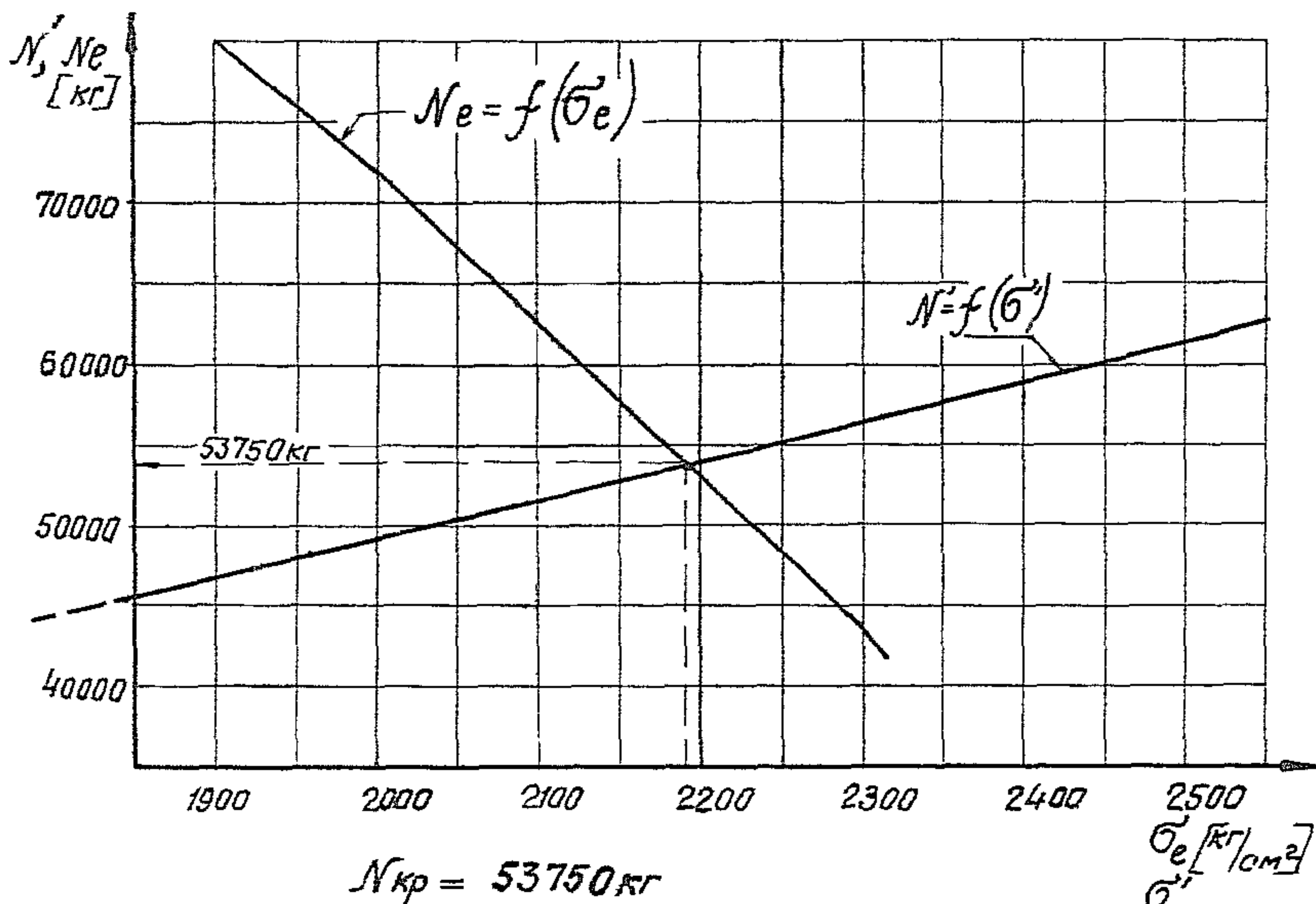
$$\sigma_e = \frac{80000}{4 \cdot 6,13} = 3260 \text{ кг/см}^2 > 1900 \text{ кг/см}^2 = \sigma_{пл}$$

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 стр 249 табл. 10

** См. там же стр 240, табл. 1

N3080-ТМ-Т4

Лист

61 26

Усилия в стойках по расчетным схемам

Табл. 4

Усилия / схемы	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
$N_{ст}^n [m]$	26,3	18,3	18,7
$q_{ветр}^{\wedge} [кг/мм]$	$9,8 \frac{26}{26,5} = 9,6$	0	$42,1 \frac{26}{26,5} = 41,4$
$q_{ветр}^n [кг/мм]$	$9,8 \frac{26}{26,5} = 9,6$	0	$42,1 \frac{26}{26,5} = 41,4$
$q_{вес}^{\wedge} [кг/мм]$	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$
$q_{\varepsilon}^n [кг/мм]$	16,53	$39,1 \frac{4,7}{26,5} = 6,93$	48,33

*

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

Вес стойки $\cong 1000$ 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 ним" № 1562 тм стр. 26 п 3. 9. а

Прогиб в середине стойки от нагрузки q

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

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

$$n = \frac{J_0}{J} = 0,0533$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \psi &= 38,4 \cdot 0,01716 \cdot \frac{0,0314}{0,0533} - 38,4 \cdot 0,00443 \cdot \frac{0,0202}{0,0533} + \\ &+ 12,8 (0,125 - 0,01716) - 9,6 (0,0625 - 0,00443) = \\ &= 0,388 - 0,0628 + 1,378 - 0,558 = 1,1452 \end{aligned}$$

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

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

Мод. 5

Расчетные прогибы [см]	Схема II	Схема III	Схема I
δq^I	0,935	0	4,03
δq^II	1,61	0,675	4,7
$\delta \Sigma^I$	7,365	6,41	10,44
$\delta \Sigma^II$	8,02	7,085	11,11

Проверка стойки по местной устойчивости

$$G = \frac{u}{y_F}$$

$$U = \frac{N}{4} + \frac{M}{26}$$

$$M = N \sigma_{\Sigma} \cdot \frac{1}{2} + \frac{q l^2}{8}$$

$$f = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{kp}}}$$

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

$$M_N = N \delta_\Sigma \}$$

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

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

$$U_M = \frac{M_\Sigma}{26}$$

$$U_{\Sigma} = U_N + U_M$$

$$2b = 2(7.5 - 3.5) = 2 \cdot 4 = 8 \text{ cm}$$

Определение усилий в поясе по расчетным
схемам

Таблица 6

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

Пояс выполнен из $\angle 63 \times 5$ $F = 6.13 \text{ см}^2$ $z_x = 1.94 \text{ см}$

$$z_{\min} = 1.25 \text{ см} \quad J_{n \min} = 9.52 \text{ см}$$

Раскосы $\angle 36 \times 4$ $J_{p \min} = 1.36 \text{ см}$ $l_p = 93.8 \text{ см}$
 $F = 2.75 \text{ см}$

$$l_n = 112.5 \text{ см} \quad \lambda = \frac{\mu_n l_n}{z_x}$$

$$\frac{l_n}{l_p} = \frac{J_{n \min} \cdot l_p}{J_{p \min} \cdot l_n} = \frac{9.52 \cdot 93.8}{1.36 \cdot 112.5} = 5.85$$

$$\mu_n = 1.09 \quad (\text{табл. 25 м. СНиП II-V. 3-62})$$

$$\lambda = \frac{1.09 \cdot 112.5}{1.94} = 63.2 \quad \varphi = 0.841$$

$$\sigma = \frac{10810}{0.841 \cdot 6.13} = \frac{10810}{5.16} = 2095 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Проверка стойки по общей устойчивости

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

$$\lambda_{\text{пр}} = \sqrt{\lambda^2 + F \left(\frac{K_1}{F_{p1}} + \frac{K_2}{F_{p2}} \right)} \quad \lambda = \frac{l_{\text{расч.}}}{z} \quad l_{\text{расч.}} = \mu l$$

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

$$l_{\text{расч.}} = 1.11 \cdot 2560 = 2840 \text{ см}$$

$$z = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{31300}{4 \cdot 6.13}} = 35.8 \text{ см}$$

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

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*

$$\varphi_{bn} = 0,643$$

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

Определение изгибающего момента в нижнем стыке

1) От равномерно распределенной нагрузки

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

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

2) от продольного изгиба

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

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

$$M_{xN} = 0,7242 M_N^{\text{лп}}$$

* Кривая изогнутой оси балки

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

Определение усилий в поясе на отметке стыка
Таблица 7

Расчетн. схемы Величины	Схема II	Схема III	Схема 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

$$\frac{N}{\eta \cdot \varphi_{bH} \cdot F} \leq R, \text{ где}$$

N — продольная сила в рассматриваемой панели;
 n_1 — коэффициент условий работы стыка, обусловленный
 податливостью болтовых соединений, принимаемый для
 стыков с односторонней накладкой $n_1 = 0,95$
 F — площадь поперечного сечения уголка брутто
 рассчитываемого пояса

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

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

$$m_1 = 2 \cdot m \quad 2 = 1$$

$$m = \varrho \cdot \frac{F \cdot x}{J_{y_0-y_0}} \quad \varrho = 0,5 \cdot \varrho_0 \quad J_{y_0-y_0} = 9,52 \text{ см}^4$$

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

$$\varrho_0 = (0,6 + 1,74 - 2,19) \cdot 1,41 = 0,2115 \text{ см}$$

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

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

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

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

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

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

Усилие в раскосе

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

Раскосы выполнены из $\angle 36 \times 4$

$$F = 2,75 \text{ см}^2$$

$$l_p = 93,8 \text{ см}$$

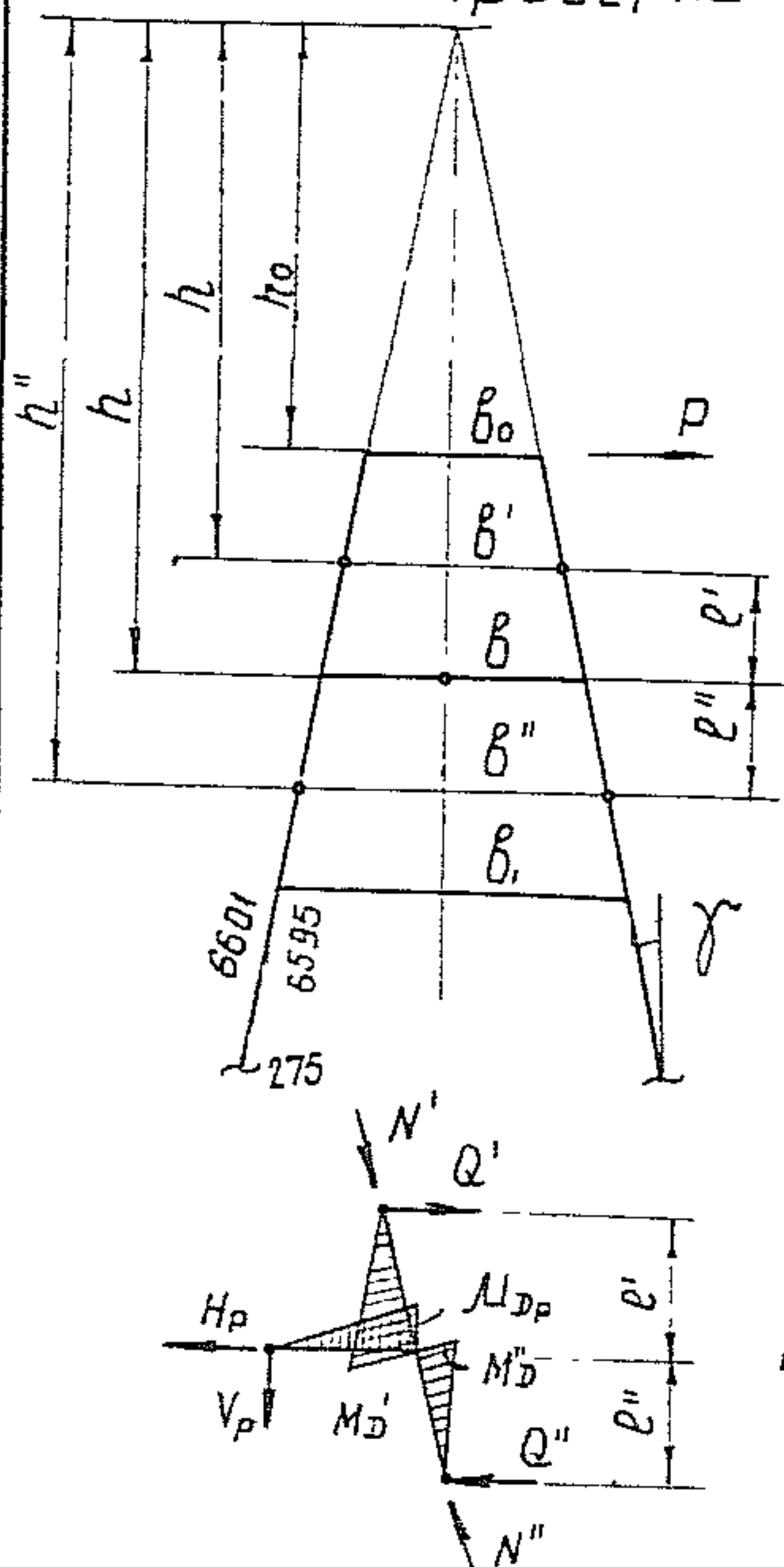
$$l_{min} = 0,7 \text{ см}$$

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

$$\lambda = \frac{\mu_p l_p}{l_{min}} = \frac{0,76 \cdot 93,8}{0,7} = 102 \quad \psi = 0,584$$

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

Проверка пояса и раскоса в опорном узле нижней секции



$$N' = P \left(\frac{h_0}{b_0} - \frac{h_0}{b'} \right) \frac{1}{\cos \gamma}$$

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

$$N'' = P \left(\frac{h_0}{b_0} - \frac{h_0}{b''} \right) \frac{1}{\cos \gamma}$$

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

$$H_p = Q' - Q'' = \frac{P}{2} \left(\frac{b_0}{b'} - \frac{b_0}{b''} \right)$$

$$V_p = P \cdot \frac{b_0}{b} \left(\frac{e'}{b'} + \frac{e''}{b''} \right)$$

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

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

$$M_{Dp} = \frac{P}{2} \cdot b_0 \left(\frac{e'}{b'} + \frac{e''}{b''} \right)$$

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

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

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

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

$$b' = \frac{20,0 + 24,0}{2} = 22,0 \text{ см}$$

$$b'' = \frac{24,0 + 28,1}{2} = 26,05 \text{ см}$$

$$e' = \frac{48,0}{2} = 24,0 \text{ см}$$

$$e'' = \frac{49,6}{2} = 24,8 \text{ см}$$

Расчетная схема II

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

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

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

$$\frac{b_0}{b'} = \frac{20}{22,0} = 0,909$$

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

N3080-ТМ-Т4

Лист
71/86

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$U_1 = 7125 + 124 = 7249 \text{ кг}$$

$$e = 48,0 \text{ см} \quad \lambda = \frac{48,0}{1,25} = 38,4 \quad \varphi = 0,923$$

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

Распорка выполнена из L 63 x 5

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

Схема I

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

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

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

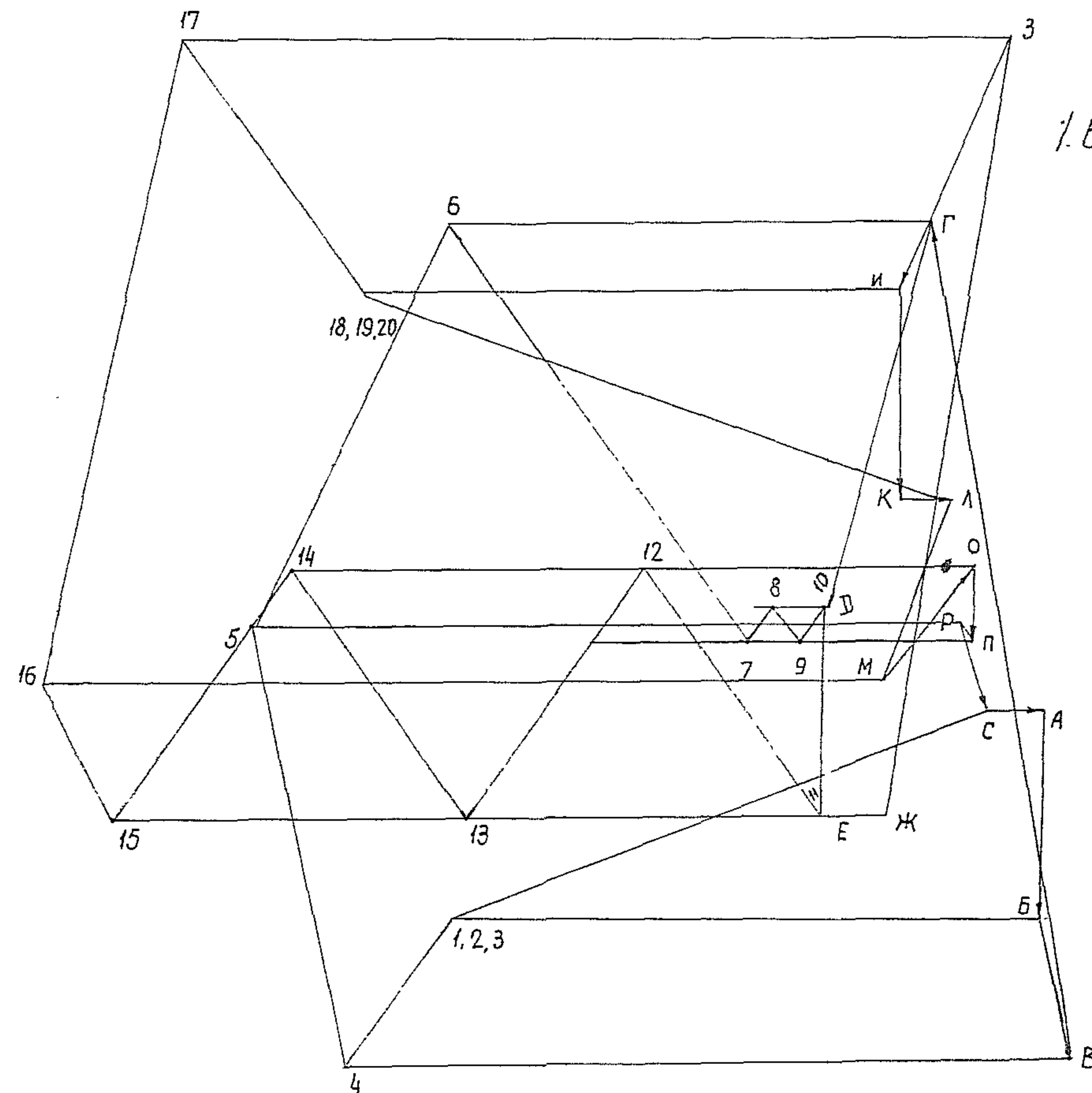
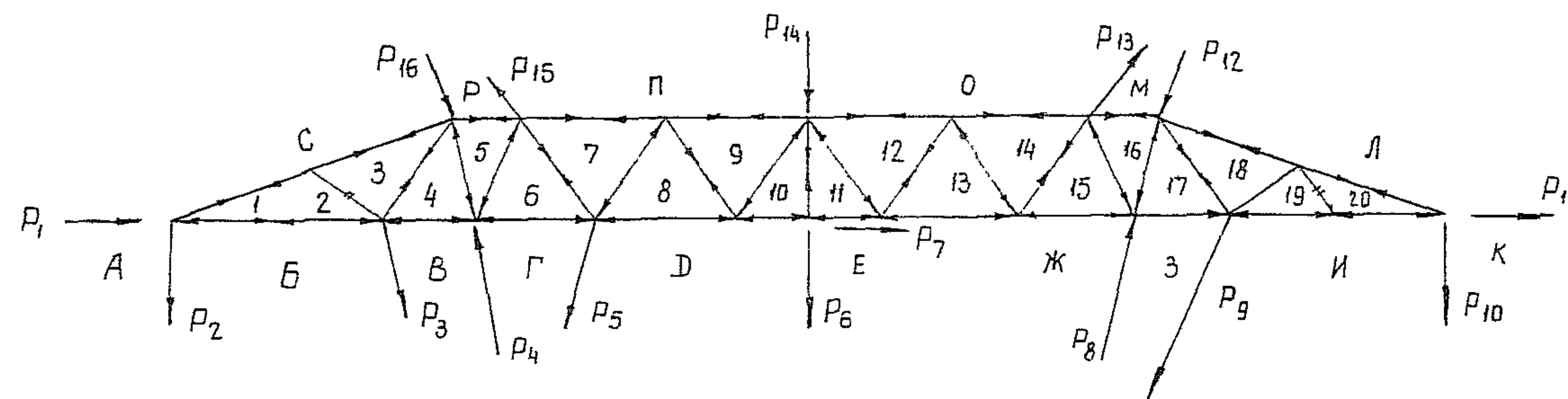
$$\sigma = \frac{5796}{0,923 \cdot 6,13} + \frac{6740}{8,01} = 1023 + 841 = 1864 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Расчёт траверсы опоры

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

Усилия в поясах и боковой решётке определены построением диаграммы Кремоны (см. NN 3080 TM-T4 листы 82, 83)

Усилия в элементах траверсы / Нормальный режим II /



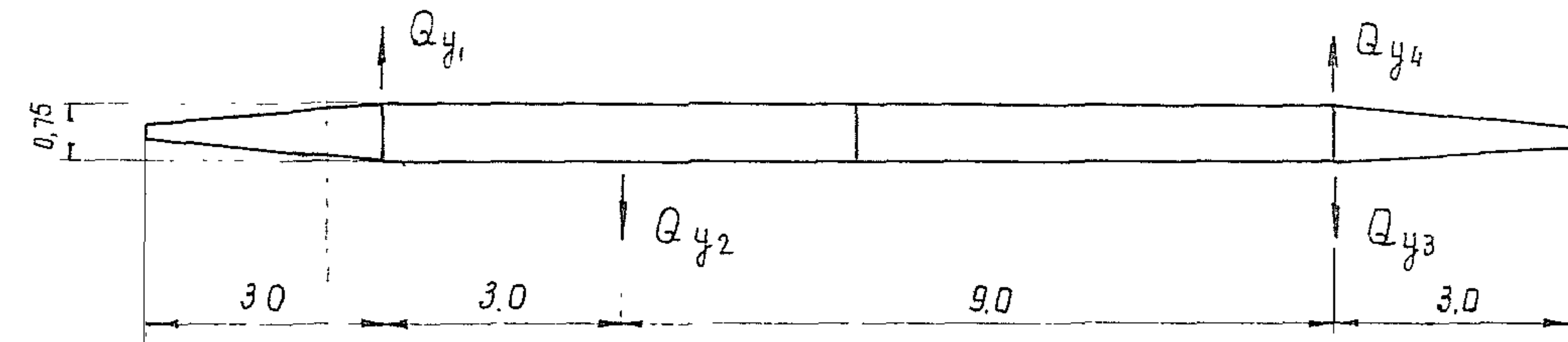
в 1 см - 2 т

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

$$\begin{aligned} P_1 &= 1,43 + 0,29 = 1,72 \text{ т} \\ P_2 &= 6,69 \text{ т} \\ P_3 &= \frac{5,24 \times 28,64}{31,88} = 4,67 \text{ т} \\ P_4 &= 27,29 \text{ т} \\ P_5 &= \frac{13,08 \times 28,98}{29,82} = 12,72 \text{ т} \\ P_6 &= 6,69 \text{ т} \\ P_7 &= 1,72 \text{ т} \\ P_8 &= 25,31 \text{ т} \\ P_9 &= \frac{4,30 \times 28,64}{31,88} = 3,86 \text{ т} \\ P_{10} &= 6,69 \text{ т} \\ P_{11} &= 1,72 \text{ т} \\ P_{12} &= \frac{1,93 \times 2 + 0,65 \times 26}{0,9} = 6,18 \text{ т} \\ P_{13} &= \frac{1,93 \times 1 + 0,65 \times 26}{0,75} = 4,82 \text{ т} \\ P_{14} &= 2,5 \text{ т} \\ P_{15} &= \frac{1,93 \times 1 - 0,65 \times 26}{0,75} = 0,32 \text{ т} \\ P_{16} &= \frac{1,93 \times 2 - 0,65 \times 26}{0,90} = 2,41 \text{ т} \end{aligned}$$

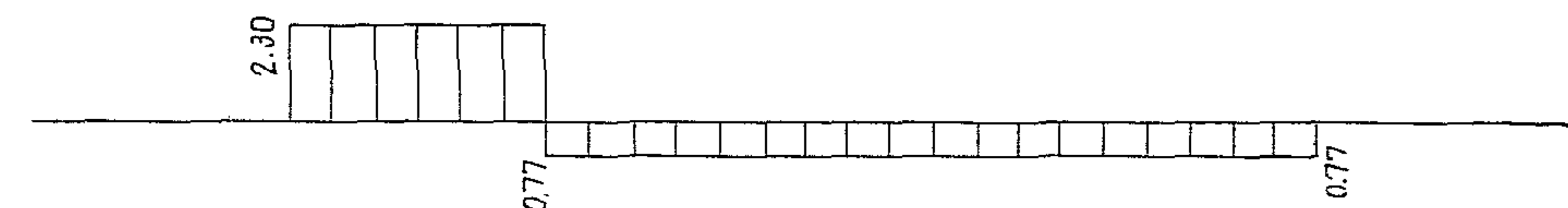
Усилия в поясах и раскосах

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



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

Эпюра перерезывающих сил



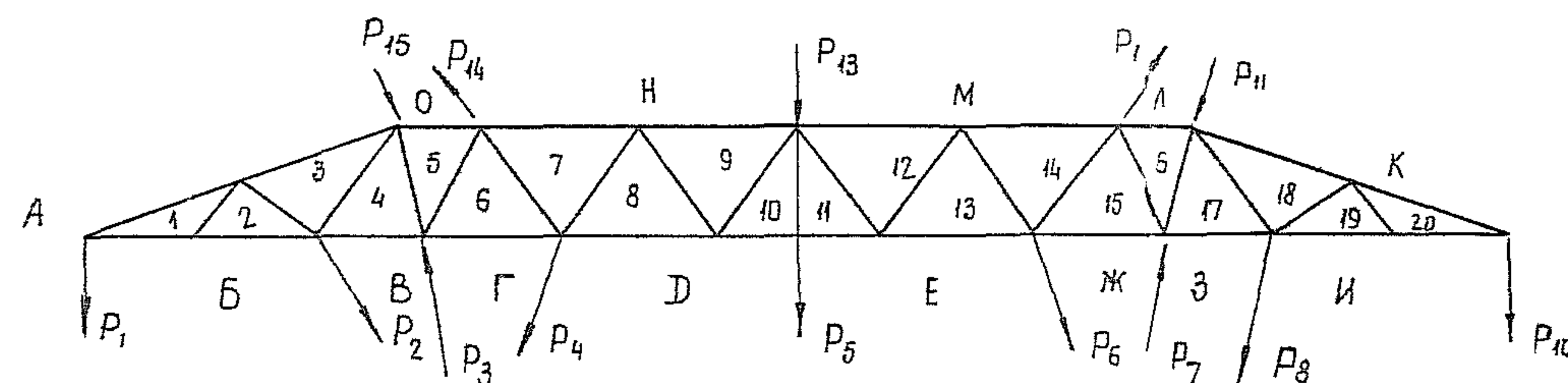
Усилия в поясах от перерезывающих сил вдоль оси "у"

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

Суммарные усилия

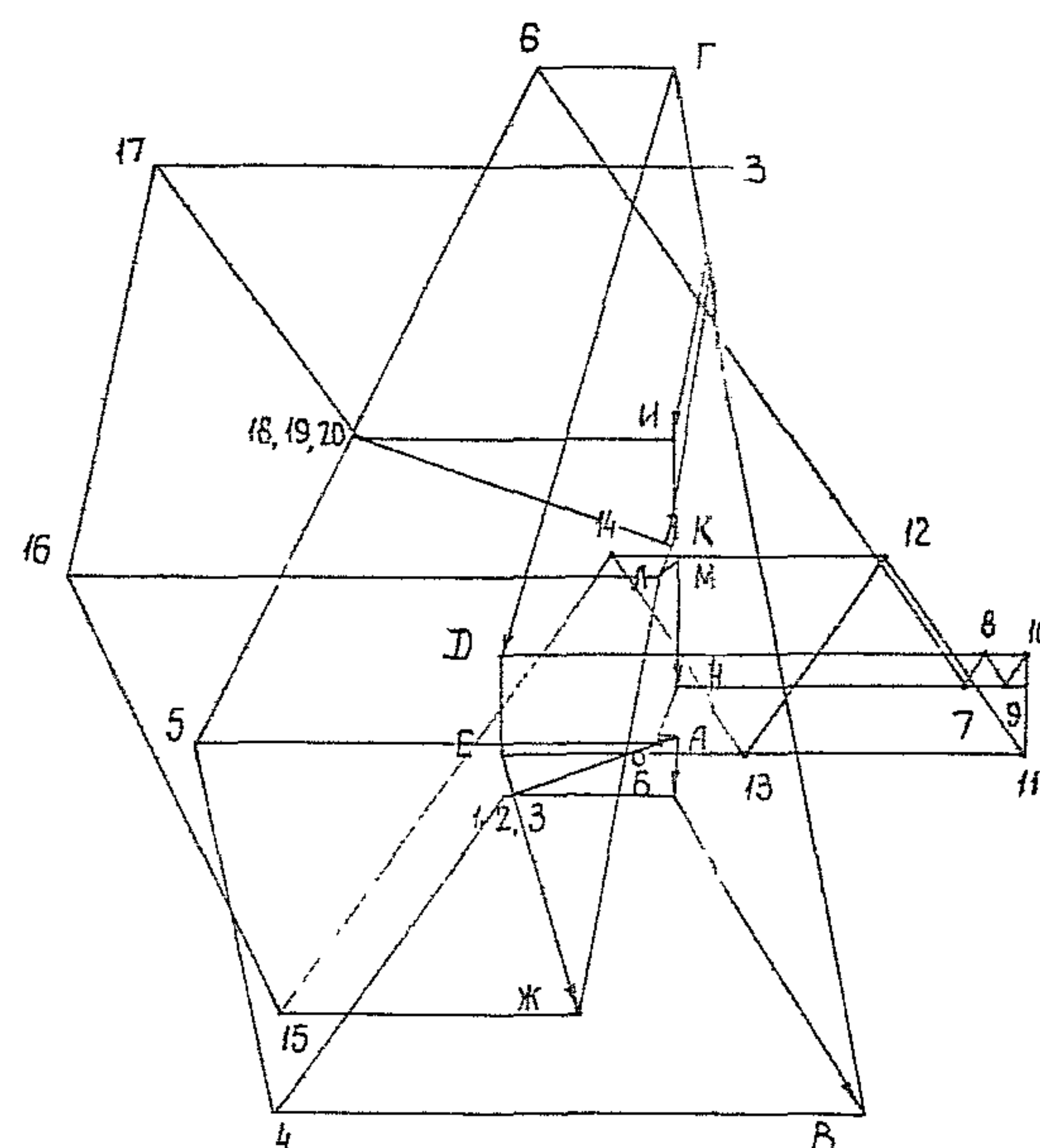
$$\begin{aligned} Б-1 &= -9,55 \text{ т} \\ Б-2 &= -9,55 \text{ т} \\ В-4 &= -11,75 - 4,0 = -15,75 \text{ т} \\ Г-6 &= -7,80 - 9,2 = -17,0 \text{ т} \\ Д-8 &= -0,95 - 7,15 = -8,1 \text{ т} \\ Д-10 &= -0,15 - 6,16 = -6,31 \text{ т} \\ Ж-11 &= -1,10 - 6,16 = -7,26 \text{ т} \\ Ж-13 &= -6,75 - 5,10 = -11,85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

Усилия в элементах траверсы / Аварийный режим III-1)

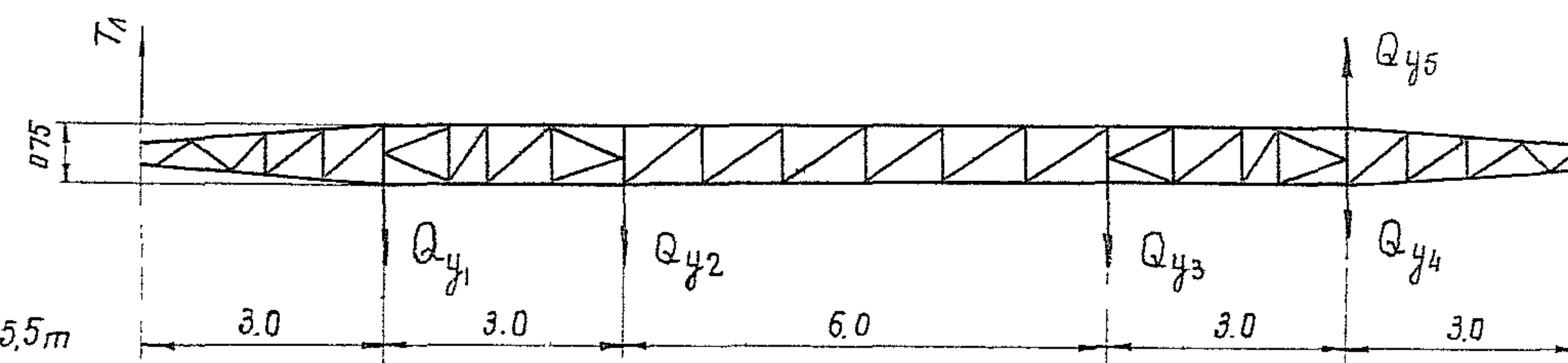


В 1 см - 2 м

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



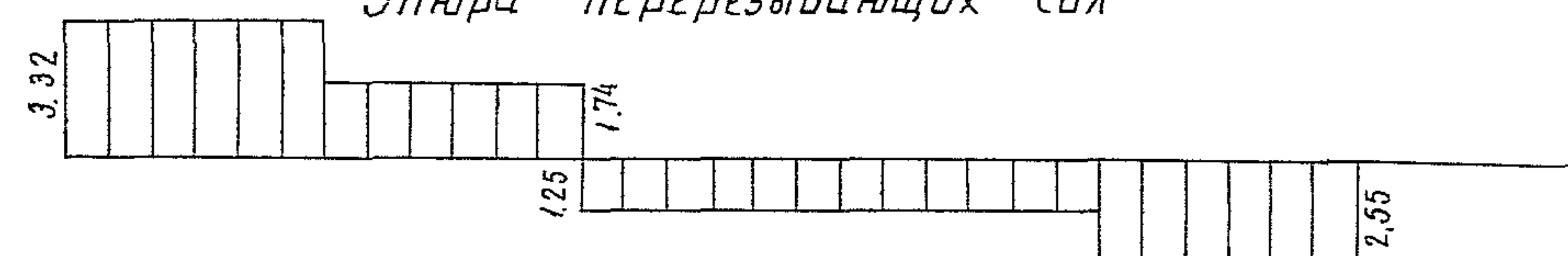
$$\begin{aligned} P_1 &= 1,18 \text{ м} \\ P_2 &= \frac{7,5 \times 32,5}{33,25} = 7,33 \text{ м} \\ P_3 &= 21,2 \text{ м} \\ P_4 &= \frac{12,76 \times 28,98}{29,82} = 12,35 \text{ м} \\ P_5 &= 2,10 \text{ м} \\ P_6 &= \frac{5,53 \times 28,98}{29,82} = 5,37 \text{ м} \\ P_7 &= 17,3 \text{ м} \\ P_8' &= \frac{5,92 \times 28,64}{31,88} = 5,31 \text{ м} \\ P_8'' &= \frac{0,23 \times 32,5}{33,25} = 0,22 \text{ м} \\ P_{10} &= 2,10 \text{ м} \\ P_{11} &= \frac{0,385 \times 2}{0,9} = 0,86 \text{ м} \\ P_{12} &= \frac{0,385 \times 1}{0,75} = 0,52 \text{ м} \\ P_{13} &= 2,5 \text{ м} \\ P_{14} &= 0,52 \text{ м} \\ P_{15} &= 0,86 \text{ м} \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} P_8' \\ P_8'' \end{aligned} \right\} P_8 = 5,5 \text{ м}$$



$$T_1'' = 3,32 \text{ м}; \quad Q_{y1} = \frac{7,5 \times 7}{33,25} = 1,58 \text{ м}; \quad Q_{y2} = \frac{12,76 \times 7}{29,82} = 2,99 \text{ м}$$

$$Q_{y3} = \frac{5,53 \times 7}{29,82} = 1,30 \text{ м}; \quad Q_{y4} = \frac{0,23 \times 7}{33,25} = 0,05 \text{ м}; \quad Q_{y5} = \frac{5,92 \times 14}{31,88} = 2,60 \text{ м}$$

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 $\overline{\text{III}}(1)$ $\overline{\text{III}}$ р-н гололёда

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

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

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

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

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

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

Для поясов верхней грани расчётной является
схема $\overline{\text{II}}$, $\overline{\text{IV}}$ р-н гололёда

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

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

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

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

Для раскосов боковой грани расчётными
являются схема $\overline{\text{II}}$ $\overline{\text{IV}}$ рн гололёда и схема $\overline{\text{III}}(1)$,
 $\overline{\text{III}}$ р-н гололёда

Раскос D_2 $D_2 = 5.0 \text{ м}$: Схема II

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

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

Для крепления раскоса необходимо 2 болта

$M20$; $N_{см} = 3.40 \times 2 = 6.8 \text{ т}$; $N_{ср} = 4.08 \times 2 = 8.16 \text{ т}$

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

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

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

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

Для крепления необходимо 3 болта $M20$

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

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

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

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

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

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

Для крепления необходимо 2 болта $M20$

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

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

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

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

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

Для крепления необходимо 3 болта $M20$

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

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

Раскос D₆ D₆ = 4.9 м Схема II

∠ 63×5; F = 6.13 см²; l_p = 172 см; z_{min} = 1.25;

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

$\frac{l_n}{l_p} = \frac{J_n \min \cdot l_p}{J_p \min l_n} = \frac{23.5 \times 173}{9.52 \times 200} \approx 2.0$ ∫ p = 0.77;

λ_p = ∫ p λ = 0.77 × 138 = 106; φ = 0.552;

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

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 D₇ D₇ = 4.9 м; Схема II

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

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

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_ч = 15.45 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

$$\Sigma U_{\delta} = D_3 \Sigma + D_4 \Sigma + U_{7\Sigma} = 8.5 \text{ т}$$

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

$$N_{\text{см}} = 12.24 \text{ т}$$

4. Узел соединения раскосов D_4 и D_5

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

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

5. Узел соединения раскосов D_2 и D_3

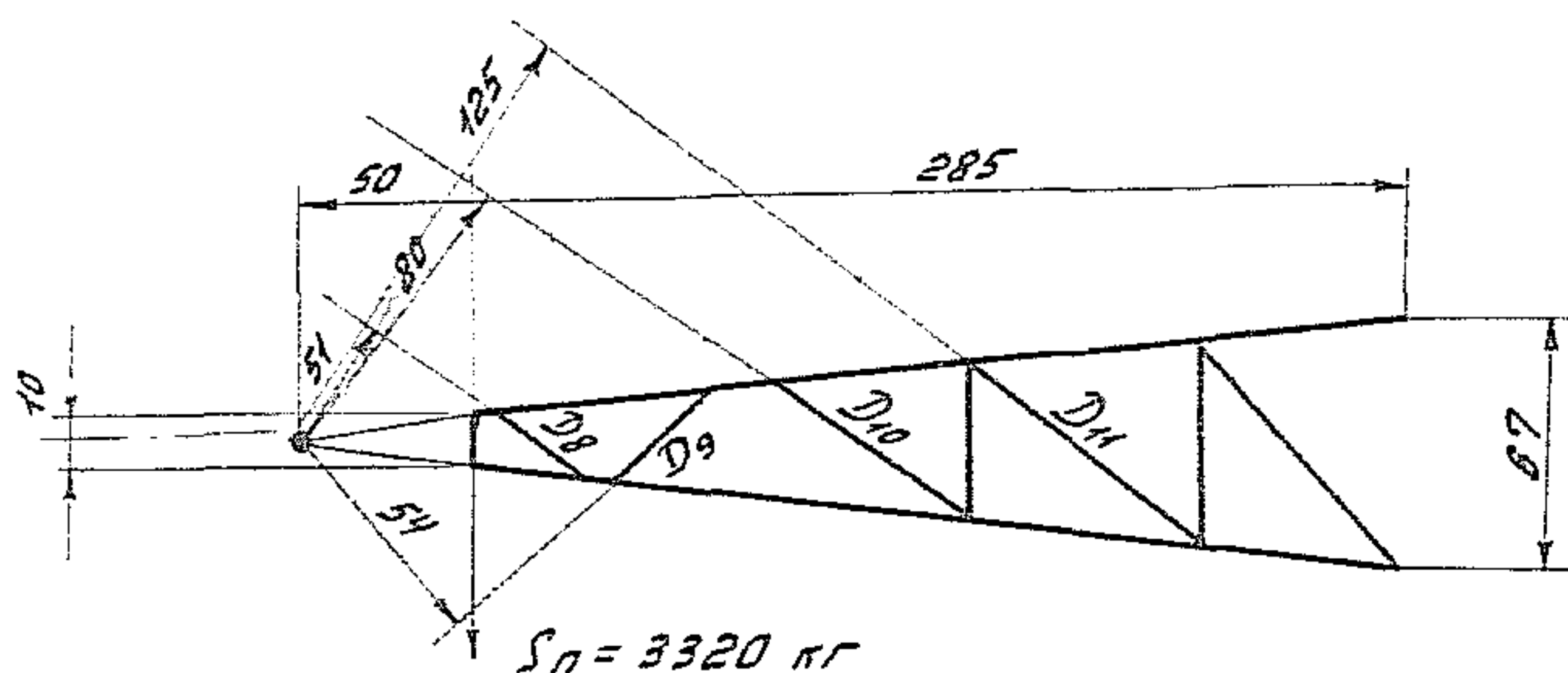
$$\Sigma U_{\delta} = D_{4-5} \Sigma + D_{5-6} \Sigma = 12.2 \text{ т}$$

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

Расчёт раскосов нижней грани

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

1. Раскосы консольной части. Схема III(1)



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

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

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

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

Максимальное усилие в раскосах 3.25 т

Необходим 1 болт $M20 \quad N_{\text{см}} = 3.2 \text{ т}$

2. Раскосы средней части трюверсы

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

$$Q = 1.74 \text{ т}$$

$$N = \frac{T_3 \times 16,5}{33,25} = 3,72 \text{ т}; \quad b = \frac{67-8}{2} = 29,5 \text{ см};$$

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

$$D_{12} = \frac{1.74 \times 72}{2 \times 29,5} + \frac{3.72 \times 72}{2 \times 65} = 2,12 + 2,06 = 4,18 \text{ т}$$

$$2L 56 \times 5 \quad F = 2 \times 5,41 = 10,82 \text{ см}^2;$$

Выбираем один болт М20 двухсрезный;

$$N_{cp} = 8,16 \text{ т} \quad N_{cm} = 4,56 \text{ т}$$

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

$$\text{Схема II} \quad Q = 2,3 \text{ т}$$

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

$$D_{13} = \frac{2,3 \times 75}{67} = 2,58 \text{ т}$$

$$L 56 \times 5; \quad F = 5,41 \text{ см}^2;$$

Необходимо 1 болт М20

$$D_{14} = \frac{2,3 \times 102}{67} = 3,51 \text{ т}$$

$$L_{pc} = 102 \text{ см}; \quad b = 67 \text{ см}; \quad Q = 2,3 \text{ т} \quad \text{Схема II}$$

Необходимо болт М20 с обрезом 2d

$$N_{cm} = 3,8 \text{ т}; \quad N_{cp} = 4,08 \text{ т};$$

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

$$Q = 2,30 \text{ т}; \quad N = \frac{13,08 \cdot 7,5}{29,82} = 3,33 \text{ т}; \quad L_{pc} = 69 \text{ см}; \quad b = 29,5 \text{ см}$$

$$d = 62 \text{ см};$$

$$D_{15} = \frac{2,30 \cdot 69}{29,5 \times 2} + \frac{3,33 \times 69}{2 \times 62} = 2,78 + 1,82 = 4,60 \text{ т}$$

$$2L 56 \times 5; \quad F = 10,82 \text{ см}^2;$$

Необходимо один двухсрезный болт М20

$$N_{cp} = 8,16 \text{ т}$$

$$N_{cm} = 4,56 \text{ т}$$

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

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

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

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

$$D_{18} = D_{16} = 2.18 \text{ м}$$

Необходимо оруд болт М20

Расчёт диафрагм

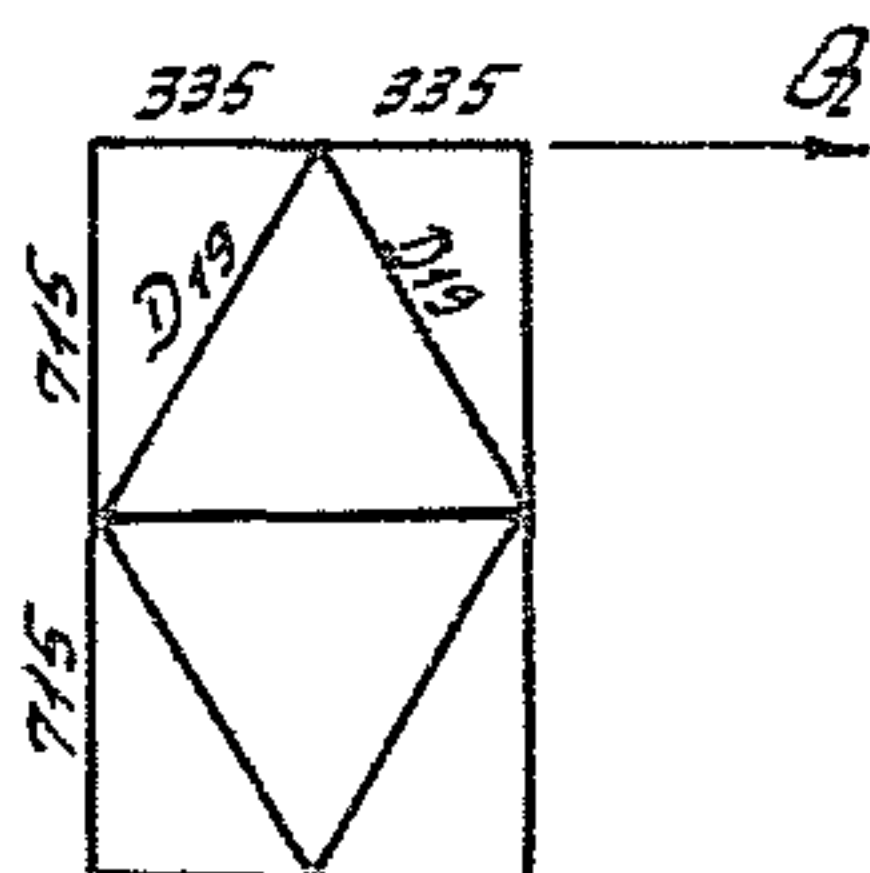


Схема-IV

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

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

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

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

L 56x5; Необходимо оруд болт М20 Ncm = 3,2 м

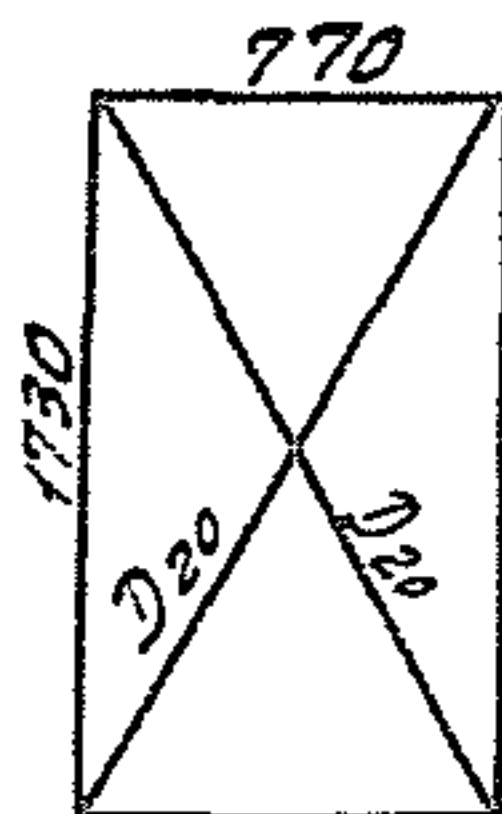


Схема II

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

$$Q_2 = \frac{Q_{y2}}{2} = \frac{3.07}{2} = 1.54 \text{ м};$$

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

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

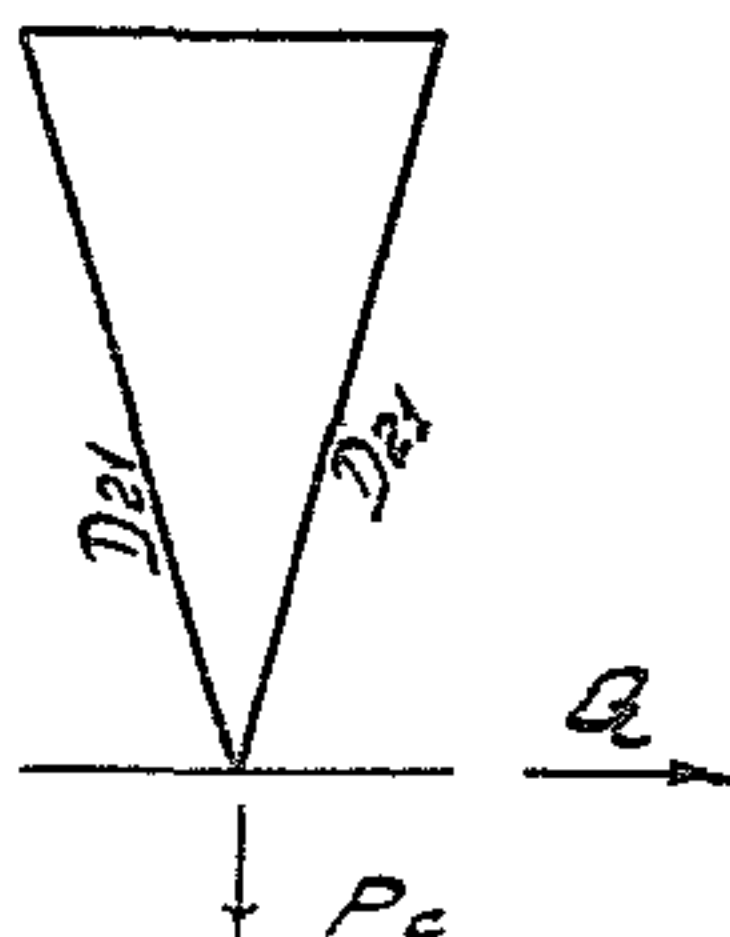


Схема II

$$P_6 = 6.69 \text{ м}$$

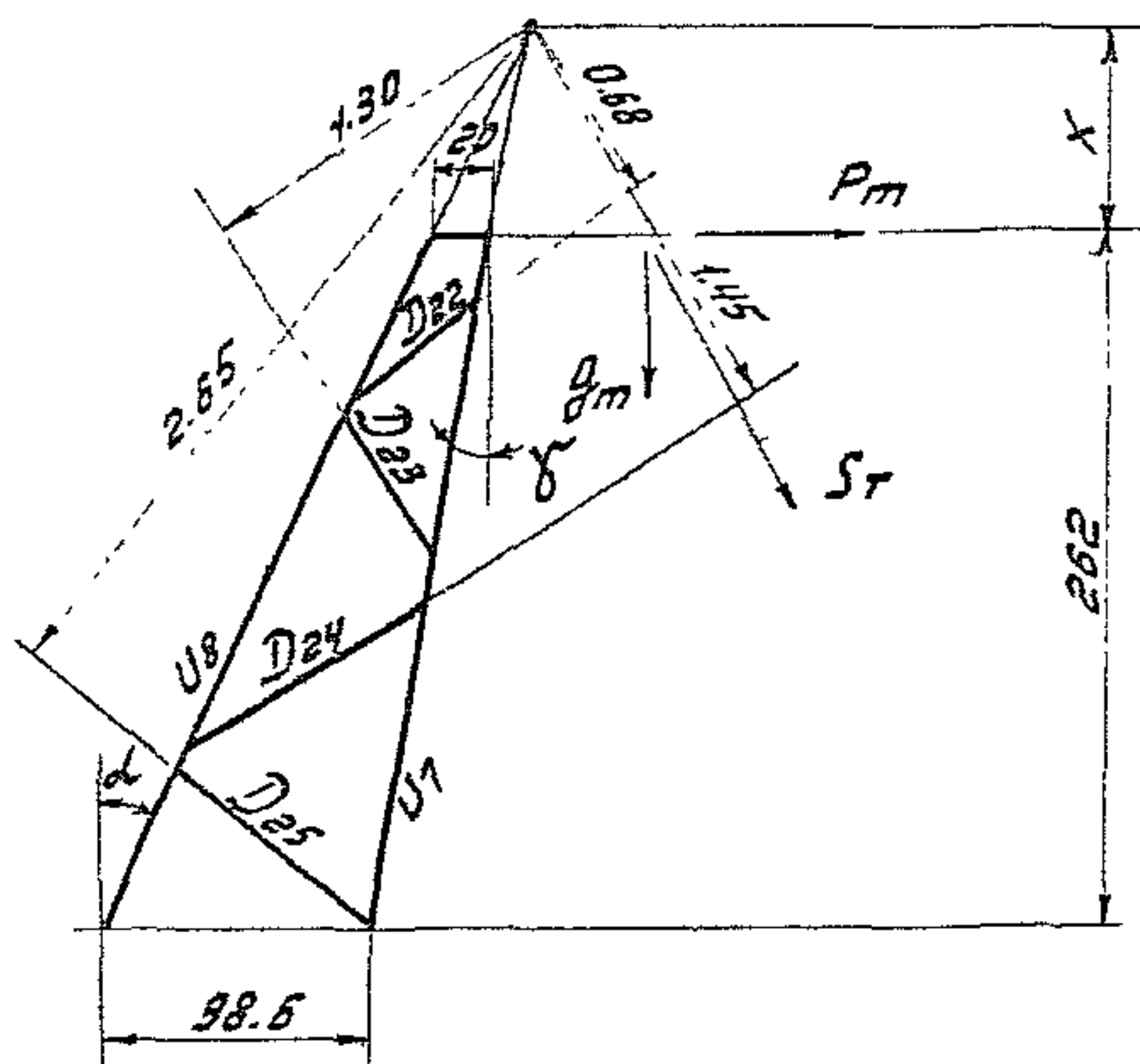
$$D_{21} = \frac{6.69 \cdot 145}{2 \times 140} = 3.44 \text{ м}$$

Схема III (1)

$$Q_2 = 1.25 \text{ м}$$

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

Расчёт тросостойки



$$\tan \gamma = \frac{0.55}{2.62} = 0.211$$

$$\cos \gamma = 0,979$$

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

$$\cos A = 0,887$$

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

Схема II IV р-н гололёда

$$P_m = 0.65m; \quad q_m = 1.945m; \quad G_{mp} = 0.15m$$

$$M_{u3r} = P_T \cdot 2.62 + q_r \times 2.0 = 0.65 \times 2.62 + 1.945 \times 2 = 4.55 \text{ mm}$$

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

Усилия в раскосах

$$M_{UST} = 1.93 \times 0.3 + 0.65 \times 0.67 = 0.58 + 0.45 = 1.03 \text{ mm}$$

$$D_{22} = \frac{1.03}{0.68} = 1.52 \text{ m}$$

$$D_{23} = \frac{1.03}{1.3} = 0,8 \text{ m}$$

$$D_{24} = \frac{1.03}{1.45} = 0,71 \text{ m}$$

$$D_{25} = \frac{1.03}{2.65} = 0,39 \text{ m}$$

Схема IV III р-н гололёда

$$M_{\kappa\rho} = 1.5 \times 0,57 = 0,855 \text{ мм}$$

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

$$M_{y3r} = 3.05 \times 0.87 = 2.67 \text{ mm}$$

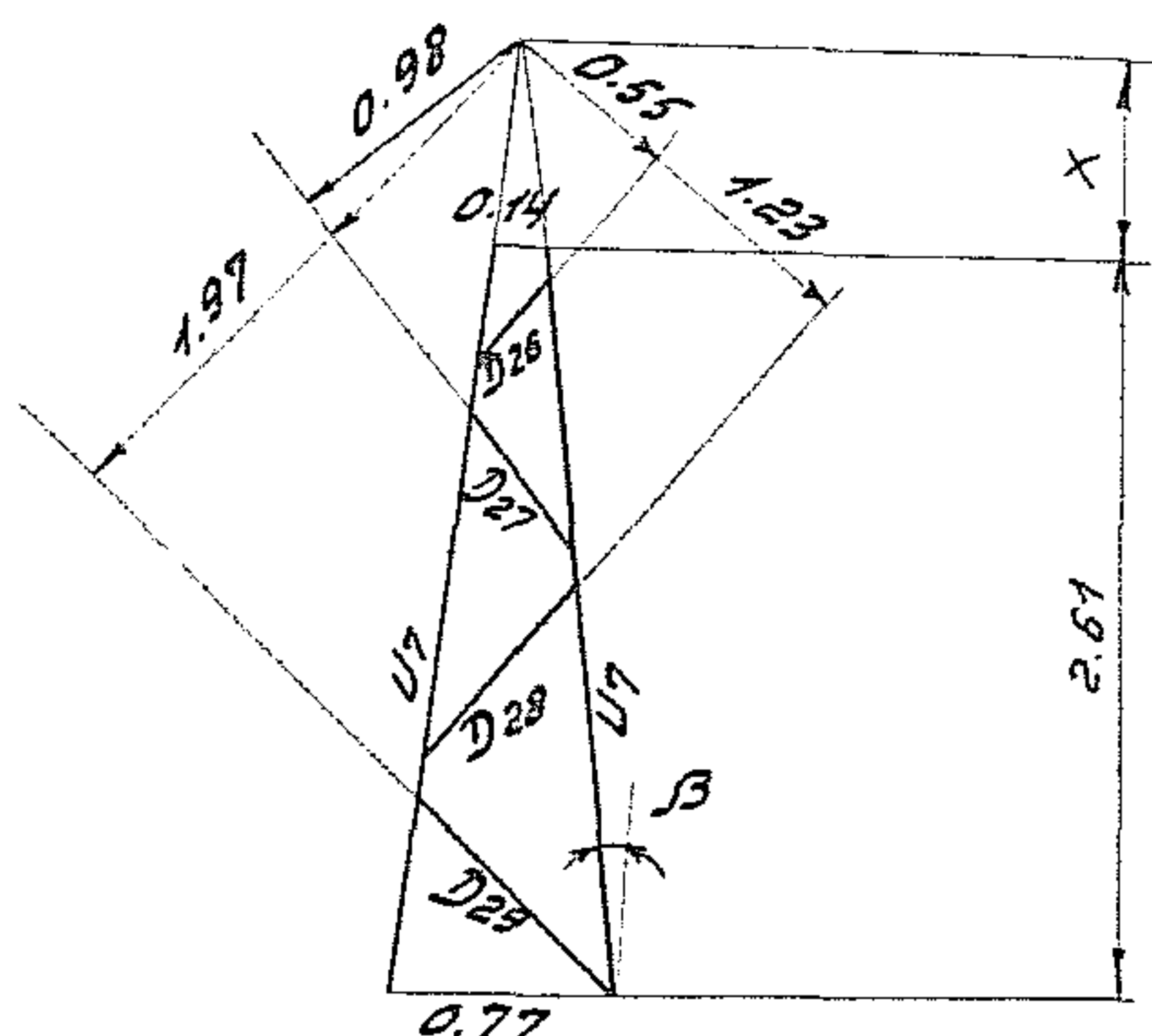
$$D_{22} = \frac{2.67}{0.85} = 3.14 \text{ m}$$

$$D_{23} = \frac{2.67}{1.53} = 1.74m$$

$$D_{24} = \frac{2.67}{1.75} = 1.53m$$

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

Роскосы передней грани тросостойки



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

$$\cos \beta = 0.993$$

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

Схема IV, III р-н гололёда

$$S_T = 1500 \text{ кг} \quad g_T = 389 \text{ кг} \quad L_{\text{тр}} = 150 \text{ кг}$$

$$M_{\text{узг}} = 1,5 \times 2.61 + 0.38 \times 0.5 \times 0.5 = 3.92 + 0.1 = 4.02 \text{ тм}$$

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

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

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

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

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

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

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

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)

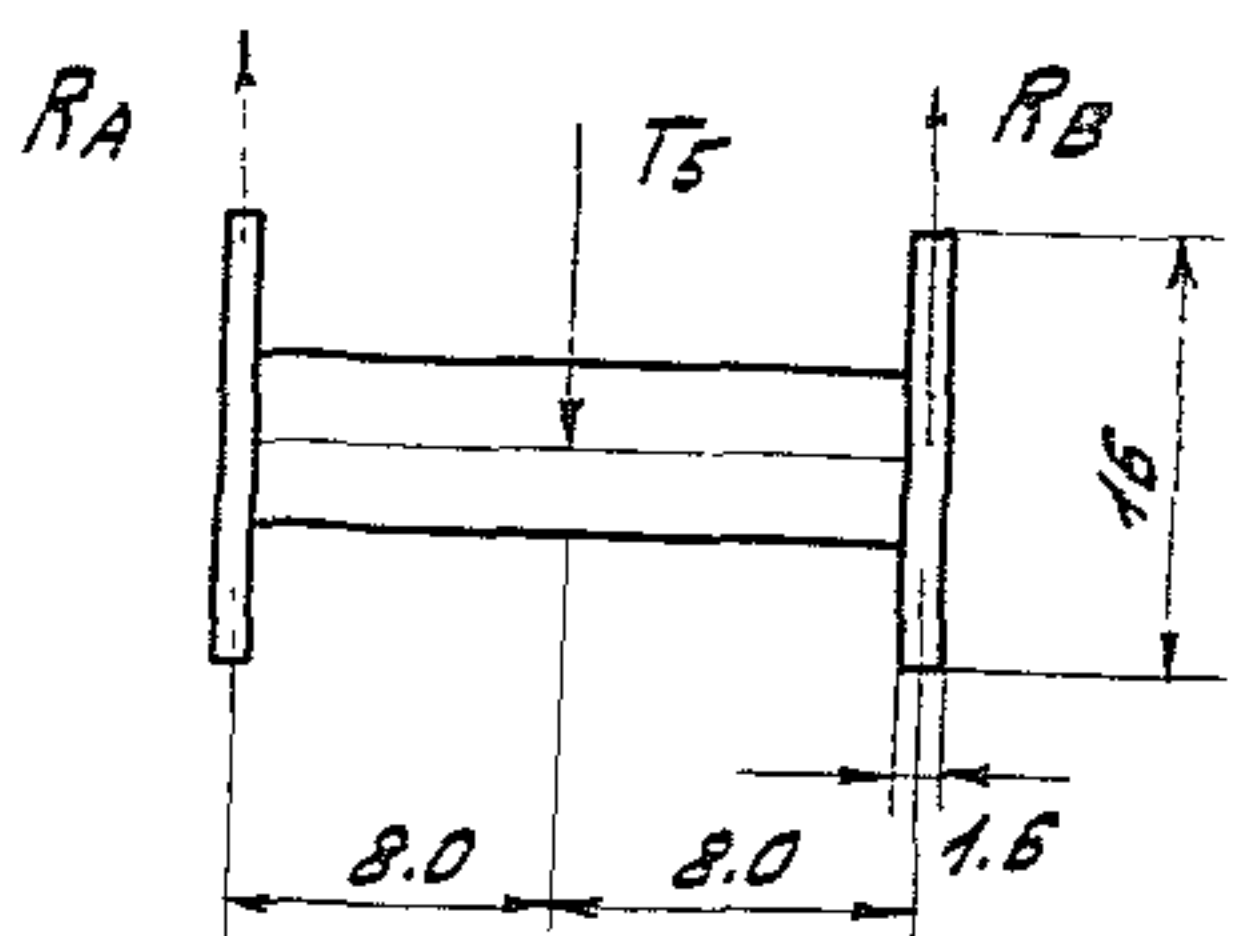
$$m_1 = 0,8; \quad m_2 = 1,0; \quad K = 0,8$$

$$R_p = 16,7 \text{ т}$$

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

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 вала

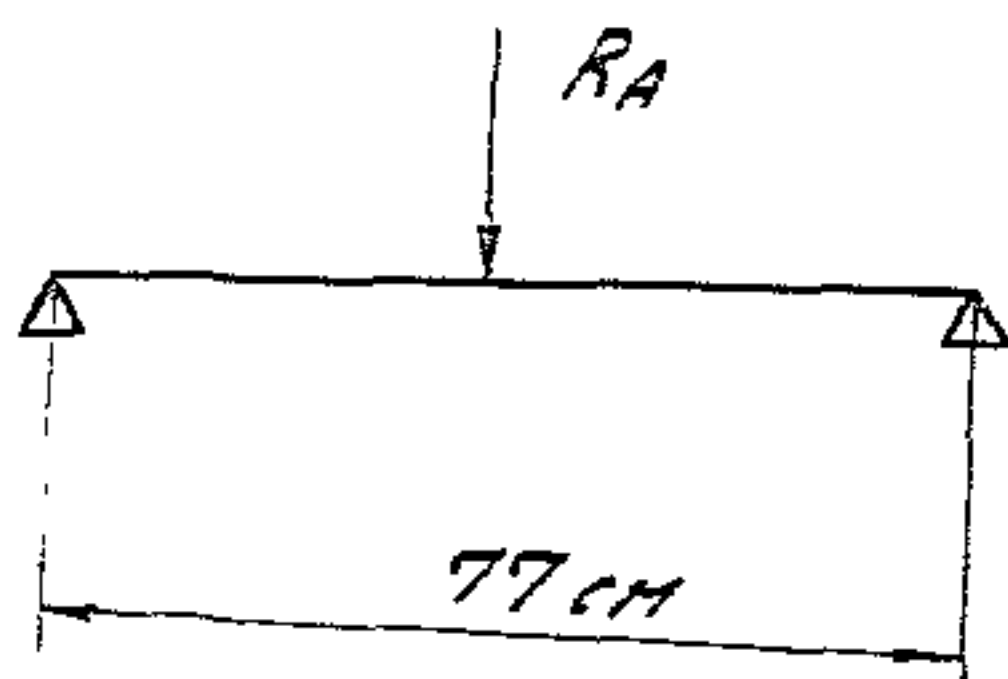
$$M = \frac{T_5 \cdot l}{4} = \frac{13960 \times 16}{4} = 55840 \text{ кг см}$$

Вал $\phi 8 \text{ см}$

$$W = 0.1 d^3 = 51.2 \text{ см}^3$$

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

Схема работы ребра-балки



Для ребра-балки $M = \frac{R_d \cdot 77}{4} = \frac{6980 \times 77}{4} = 134000 \text{ кг см}$

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

$$\sigma = \frac{134000}{68.3} = 1965 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

2. Узел крепления оттяжек 3, 4 (1, 6)

Расчет скобы $\phi 30 \text{ мм}$

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

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

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

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

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

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

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

Редер-балка Схема III (2)

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

$$M = \frac{6.120 \times 7.7}{4} = 120\,000 \text{ кг см}; \quad W = 68.3 \text{ см}^3;$$

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

Расчёт фундамента под стойку на местное
сжатие

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

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

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

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

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

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

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

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

$$F_{cm} = (4.5 + 2 \times 1 \times 2.5) \times (2 \times 16.5 + 2 \times 1 \times 2.5) = 9.5 \times 38.0 = 361 \text{ см}^2$$

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

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

$$[N] = 144 \times 361 = 52.0 \text{ т}$$

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

Расчёт опоры П 330-5

выполнили рук. группы *Ромашин* / В. Соловаров /
Ривет / В. Иванова /

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