

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

# ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ НОРМАЛЬНЫЕ  
ОПОРЫ ВЛ 35 110 и 150 кВ

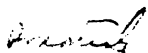
№ 3.407-68/73

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 5

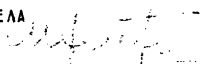
РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР 150 кВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР  
ИНСТИТУТА



/ С. РОКОТЯН /

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА  
ИНСТИТУТА



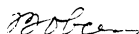
/ М. РЕУТ /

ГЛАВНЫЙ СТРОИТЕЛЬ  
ИНСТИТУТА



/ Л. ЛЕВИН /

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ  
ИНСТИТУТА ПО ВЛ



/ В. ОВСЕЕНКО /

МОСКВА - 1968 г.

№ 3078 ТМ-Т 5	лист
	1 / 30

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

# ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ СТАЛЬНЫЕ НОРМАЛЬНЫЕ  
ОПОРЫ ВЛ 35, 110 и 150 кВ

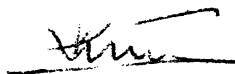
№ 3.407-68/73

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 5

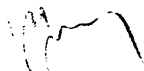
РАСЧЕТЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР 150 КВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР



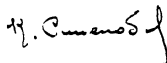
/ К. КРЮКОВ /

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА



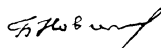
/ Н. РУМЯНЦЕВ /

НАЧ. ОТДЕЛА ТИПОВОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ



/ К. СИНЕЛЮБОВ /

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА



/ Б. НОВГОРОДЦЕВ /

ЛЕНИНГРАД 1968 г.

№ 3078	ТМ-5	Лист
		2/30

## Состав проекта

### Инвентарный

	номер
Том 1. Пояснительная записка.	3078ТМ-Т 1
Том 2. Расчеты промежуточных опор ВЛ 35кВ	3078ТМ-Т 2
Том 3. Расчеты анкерно-угловых опор ВЛ 35кВ	3078ТМ-Т 3
Том 4. Расчеты промежуточных опор ВЛ 110кВ	3078ТМ-Т 4
Том 5. Расчеты промежуточных опор ВЛ 150кВ	3078ТМ-Т 5
Том 6. Расчеты анкерно угловых опор ВЛ 110-150кВ	3078ТМ-Т 6
Том 7. Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 35кВ	3078ТМ-Т 7
Том 8. Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 35кВ	3078ТМ-Т 8
Том 9. Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 110 и 150кВ	3078ТМ-Т 9
Том 10. Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 110-150кВ	3078ТМ-Т 10
Том 11. Нагрузки на фундаменты	3078ТМ-Т 11

## Аннотация

В настоящем томе приводятся расчеты свободностоящих промежуточных опор ВЛ 150 кв. одноцепных - П150-1 и двухцепных - П150-2.

Все опоры рассчитаны на нагрузки III района по ветру; марки проводов по ГОСТ 839-59 и районы по гололеду, принятые в расчетах отдельных типов опор, указаны на листах нагрузок /см. листы 9 ÷ 16 /

Расчеты опор выполнены по методу предельных состояний, согласно нормам ПУЭ - 65; СН и ПД - И.З-62 с учетом изменений некоторых пунктов ПУЭ - 65, утвержденных решением Министерства Энергетики и Электрификации СССР №113 от 7 сентября 1967г, при рассмотрении проекта унифицированных опор.

Секции и элементы рассчитаны на более неблагоприятные условия их применения.

Расчетные листы включены в объем томов расчетов, а также, в объем рабочих чертежей соответствующих опор.

## Содержание тома 5

	Листы
1. Эскизы опор	7÷8
2. Нагрузки на опоры	9÷16
3. Давление ветра на конструкцию опоры.	17÷18
4. Расчет поясов ствола опоры	19÷20
5. Расчет раскосов ствола опоры	21
6. Расчет траверс	22÷24
7. Расчет распорок и диафрагм	25
8. Расчет стыков поясов ствола	26÷30

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

для опоры П 150-1 листы : 4, 7, 9, 10, 11, 12, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27.

для опоры П 150-2 листы : 4, 8, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30.

№ 3078 ТМ-Т 5 6 39

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах столба опоры П150-1

Таблица №5

Сечения, отметки и базы	Схема I; Гр-н гололеда;			Схема I <sup>а</sup> ; Гр-н гололеда;			Схема II; Гр-н гололеда;		
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M <sub>п</sub> и от ветра на конструкцию опоры M <sub>в</sub>		Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M <sub>п</sub>	От ветра на конструкцию опоры M <sub>в</sub>		От нагрузок на провода и трос M <sub>п</sub>	От ветра на конструкцию опоры		II траверс M <sub>вII</sub>	I траверс M <sub>вI</sub>	
3-3 ▽ 18,00 м β = 1,0 м	0,240 × 10,0 = 2,4 0,425 × 7,0 = 2,98 0,425 × 2 × 1,0 = 0,85	0,034 × 7,5 = 0,26 (0,058 + 0,029) × 1,5 = 0,13 0,675 × 5,0 = 3,38	0,215 × 1 = 0,215 0,53 × 3 = 1,59 0,098 × 10 = 0,98	0,17 × 10,0 = 1,7 0,30 × 7,0 = 2,1 0,30 × 2 × 1,0 = 0,6	0,034 × 7,5 = 0,26 (0,058 + 0,029) × 1,5 = 0,13 0,54 × 5,0 = 2,7	0,049 × 7,5 = 0,37 (0,086 + 0,044) × 1,5 = 0,2 0,54 × 5,0 = 2,7	0,215 × 1 = 0,215 0,53 × 3 = 1,59 0,098 × 10,0 = 0,98	0,45 × 10 = 4,5 0,46 × 7,0 = 3,22 0,46 × 2 × 1,0 = 0,92	1,33 × 1 = 1,33 2,055 × 3 = 6,65 0,098 × 10,0 = 0,98
	1,52 M <sub>п</sub> = 6,23 M <sub>н.ч.</sub> = 2,23 Σ M <sub>п</sub> = 8,46	0,796 M <sub>вII</sub> = 3,77	2,79	1,01 M <sub>п</sub> = 4,4 M <sub>н.ч.</sub> = 2,23 Σ M <sub>п</sub> = 6,63	0,661 M <sub>вII</sub> = 3,09	0,719 M <sub>вI</sub> = 3,27	2,79	1,83 M <sub>п</sub> = 8,64 M <sub>н.ч.</sub> = 8,65 17,29 M <sub>вII</sub> = $\frac{3,77}{4,8} = 0,79$	8,48
	$U_3 = \frac{8,46 + 3,77}{2 \times 1,0} + \frac{2,79}{4} = 6,12 + 0,7 = 6,82 \tau$			$U_3 = \frac{6,63 + 3,09 + 3,27}{2 \times 1,0} + \frac{2,79}{4} = 6,5 + 0,7 = 7,2 \tau$			$U_3 = \frac{17,29 + 0,79}{2 \times 1,0} + \frac{8,48}{4} = 11,16 \tau$		
2-2 ▽ 7,00 м β = 2,1 м cos γ = 0,998	8,46 1,52 × 11,0 = 16,72	3,77 0,796 × 11,0 = 8,76 0,660 × 5,5 = 3,63	2,79 0,098 × 11,0 = 1,08	6,63 1,07 × 11,0 = 11,8	3,09 0,661 × 11,0 = 7,27 0,528 × 5,5 = 2,91	3,27 0,719 × 11,0 = 7,91 0,528 × 5,5 = 2,91	2,79 0,098 × 11,0 = 1,08	17,29 1,83 × 11,0 = 20,2	8,48 0,098 × 11,0 = 1,08
	1,52 M <sub>п</sub> = 25,18	1,456 M <sub>вII</sub> = 16,16	3,87	1,07 M <sub>п</sub> = 18,43	1,189 M <sub>вII</sub> = 13,27	1,247 M <sub>вI</sub> = 14,09	3,87	1,83 M <sub>п</sub> = 37,49 M <sub>вII</sub> = $\frac{16,16}{4,8} = 3,36$	9,56
	$U_2 = \frac{25,18 + 16,16}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,87}{4 \times 0,998} = 9,85 + 0,97 = 10,82 \tau$			$U_2 = \frac{18,43 + 13,27 + 14,09}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{3,87}{4 \times 0,998} = 10,9 + 0,97 = 11,87 \tau$			$U_2 = \frac{37,49 + 3,36}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{9,56}{4 \times 0,998} = 12,14 \tau$		
1-1 ▽ 1,0 м β = 2,7 м cos γ = 0,998	25,18 1,52 × 6,0 = 9,11	16,16 1,456 × 6,0 = 8,74 0,495 × 3,0 = 1,48	3,87 0,098 × 6,0 = 0,58	18,43 1,07 × 6,0 = 6,41	13,27 1,189 × 6,0 = 7,13 0,398 × 3,0 = 1,19	14,09 1,247 × 6,0 = 7,48 0,398 × 3,0 = 1,19	3,87 0,098 × 6,0 = 0,59	37,49 1,83 × 6,0 = 11,0	9,56 0,098 × 6,0 = 0,59
	1,52 M <sub>п</sub> = 34,29	1,95 M <sub>вII</sub> = 26,38	4,45	1,07 M <sub>п</sub> = 24,84	1,587 M <sub>вII</sub> = 21,59	1,645 M <sub>вI</sub> = 22,76	4,46	1,83 M <sub>п</sub> = 48,49 M <sub>вII</sub> = $\frac{26,38}{4,8} = 5,49$	10,15
	$U_1 = \frac{34,29 + 26,38}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{4,75}{4 \times 0,998} = 11,3 + 1,13 = 12,49 \tau$			$U_1 = \frac{24,84 + 21,59 + 22,76}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{4,46}{4 \times 0,998} = 12,85 + 1,12 = 13,97 \tau$			$U_1 = \frac{48,49 + 5,49}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{10,15}{4 \times 0,998} = 12,55 \tau$		

Примечания:

1. M<sub>н.ч.</sub> обозначает момент от несущих вертикальных нагрузок. По схеме I - M<sub>н.ч.</sub> = 0,53 × 4,2 = 2,23 тм
2. Усилия в поясах определяется по формуле:

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

Подсчет изгибающих моментов, вертикальных нагрузок и определение усилий в поясах ствола опоры П150-2

Таблица №6

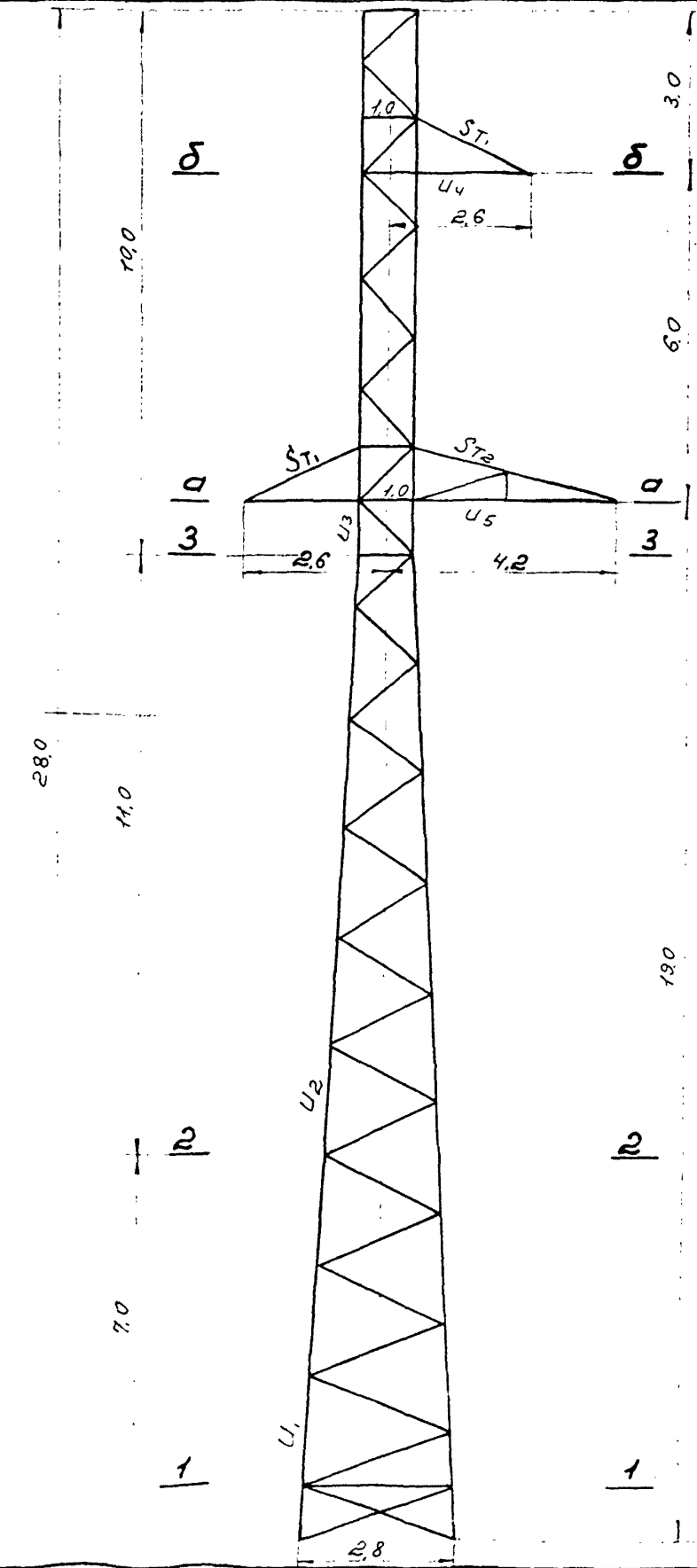
Сечения, отметки и базы	Схема I; I p-н гололеда			Схема I <sup>a</sup> ; I p-н гололеда			Схема II; II p-н гололеда				
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)		
	От нагрузок на провода и трос M <sub>п</sub>	От ветра на конструкцию опоры M <sub>в</sub>		От нагрузок на провода и трос M <sub>п</sub>	От ветра на конструкцию опоры II траверс M <sub>вII</sub>		I траверс M <sub>вI</sub>	От нагрузок на провода и трос M <sub>п</sub>		От ветра на конструкцию опоры M <sub>в</sub>	
4-4 ▽ 24,0 м b = 1,0 м	0,225 × 11,0 = 2,48 0,365 × 2 × 7,0 = 5,11 0,365 × 2 × 1,0 = 0,73 1,685 M <sub>п</sub> = 8,32	0,044 × 2 × 7,5 = 0,66 0,068 × 2 × 1,5 = 0,204 0,778 × 5,5 = 4,28 1,002 M <sub>в</sub> = 5,14	0,215 × 1 = 0,215 0,53 × 4 = 2,12 0,107 × 11,0 = 1,18 3,52	0,044 × 2 × 7,5 = 0,66 0,068 × 2 × 1,5 = 0,20 0,623 × 5,5 = 3,43 0,847 M <sub>вII</sub> = 4,29	0,062 × 2 × 7,5 = 0,93 0,097 × 2 × 1,5 = 0,29 0,623 × 5,5 = 3,43 0,941 M <sub>вI</sub> = 4,65	0,215 × 1 = 0,215 0,53 × 4 = 2,12 0,107 × 11,0 = 1,18 3,52	0,385 × 11,0 = 4,24 0,365 × 2 × 7,0 = 5,11 0,365 × 2 × 1,0 = 0,73 1,845 M <sub>п</sub> = 10,07 M <sub>вII</sub> = $\frac{5,14}{4,8} = 1,07$	1,33 × 1 = 1,33 2,055 × 4 = 8,22 0,107 × 11,0 = 1,18 10,73	U <sub>3</sub> = $\frac{8,32 + 5,14}{2 \times 1,0} + \frac{3,515}{4} = 6,73 + 0,88 = 7,61 \tau$	U <sub>3</sub> = $\frac{5,92 + 4,29 + 4,65}{2 \times 1,0} + \frac{3,52}{4} = 7,43 + 0,88 = 8,31 \tau$	U <sub>3</sub> = $\frac{10,07 + 1,17}{2 \times 1,0} + \frac{10,73}{4} = 8,25 \tau$
3-3 ▽ 18,0 м b = 1,0 м	1,685 × 6,0 = 10,11 0,365 × 2 × 1,0 = 0,73 2,42 M <sub>п</sub> = 19,15	1,002 × 6,0 = 6,01 0,034 × 2 × 1,0 = 0,068 0,408 × 3,0 = 1,23 1,478 M <sub>вII</sub> = 12,45	0,53 × 2 = 1,06 0,107 × 6 = 0,64 5,22	0,847 × 6,0 = 5,08 0,034 × 2 × 1,5 = 0,102 0,328 × 3,0 = 0,985 1,243 M <sub>вII</sub> = 10,46	0,941 × 6,0 = 5,64 0,049 × 2 × 1,5 = 0,147 0,328 × 3,0 = 0,985 1,367 M <sub>вI</sub> = 11,42	0,53 × 2 = 1,06 0,107 × 6 = 0,64 5,22	1,845 × 6,0 = 11,1 0,365 × 2 × 1,0 = 0,73 2,575 M <sub>п</sub> = 21,9 M <sub>вII</sub> = $\frac{12,45}{4,8} = 2,6$	2,055 × 2 = 4,11 0,107 × 6,0 = 0,64 15,48	U <sub>3</sub> = $\frac{19,15 + 12,45}{2 \times 1,0} + \frac{5,215}{4} = 15,8 + 1,3 = 17,1 \tau$	U <sub>3</sub> = $\frac{13,64 + 10,46 + 11,42}{2 \times 1,0} + \frac{5,22}{4} = 17,72 + 1,31 = 19,03 \tau$	U <sub>3</sub> = $\frac{21,9 + 2,6}{2 \times 1,0} + \frac{15,48}{4} = 16,11 \tau$
2-2 ▽ 7,0 м b = 2,1 м Cos γ = 0,998	2,42 × 11,0 = 26,6 2,42 M <sub>п</sub> = 45,75	1,478 × 11,0 = 16,25 0,73 × 5,5 = 4,02 2,208 M <sub>вII</sub> = 32,72	0,107 × 11,0 = 1,18 6,40	1,243 × 11,0 = 13,70 0,584 × 5,5 = 3,21 1,827 M <sub>вII</sub> = 27,37	1,367 × 11,0 = 15,02 0,584 × 5,5 = 3,21 1,951 M <sub>вI</sub> = 29,65	0,107 × 11,0 = 1,18 6,4	2,575 × 11,0 = 28,4 50,3 M <sub>вII</sub> = $\frac{32,37}{4,8} = 6,74$	0,107 × 11,0 = 1,18 16,66	U <sub>2</sub> = $\frac{45,75 + 32,72}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{6,395}{4 \times 0,998} = 18,7 + 1,6 = 20,3 \tau$	U <sub>2</sub> = $\frac{32,54 + 27,37 + 29,65}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{6,4}{4 \times 0,998} = 21,4 + 1,6 = 23,0 \tau$	U <sub>2</sub> = $\frac{50,3 + 57,4}{2 \times 2,1 \times 0,998} + \frac{16,66}{4 \times 0,998} = 17,77 \tau$
1-1 ▽ 1,0 м b = 2,7 м Cos γ = 0,998	2,42 × 6,0 = 14,5 2,42 M <sub>п</sub> = 60,25	2,208 × 6,0 = 13,28 0,51 × 3,0 = 1,53 2,718 M <sub>вII</sub> = 47,53	0,107 × 6,0 = 0,64 7,04	1,827 × 6,0 = 10,97 0,408 × 3,0 = 1,23 2,235 M <sub>вII</sub> = 39,57	1,951 × 6,0 = 11,72 0,408 × 3,0 = 1,23 2,359 M <sub>вI</sub> = 42,60	0,107 × 6,0 = 0,64 7,04	2,575 × 6,0 = 15,47 M <sub>вII</sub> = $\frac{47,53}{4,8} = 9,92$	0,107 × 6,0 = 0,64 17,3	U <sub>1</sub> = $\frac{60,25 + 47,53}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{7,04}{4 \times 0,998} = 20,0 + 1,76 = 21,76 \tau$	U <sub>1</sub> = $\frac{42,84 + 39,57 + 42,60}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{7,04}{4 \times 0,998} = 22,72 + 1,76 = 24,48 \tau$	U <sub>1</sub> = $\frac{65,77 + 1,92}{2 \times 2,7 \times 0,998} + \frac{17,3}{4 \times 0,998} = 18,38 \tau$

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

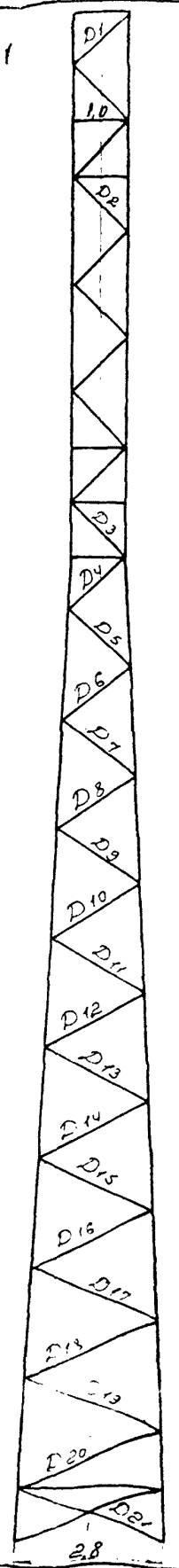
2024/05/01



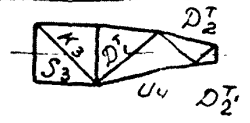
3778ТМ/5 а. 8/31



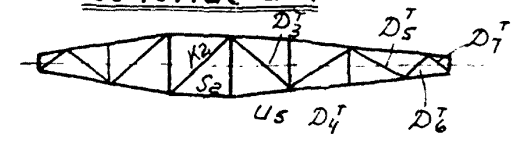
П150-1



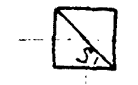
Сечение  $\delta-\delta$



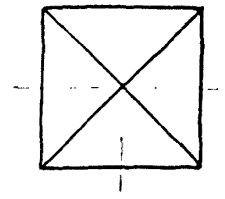
Сечение  $a-a$



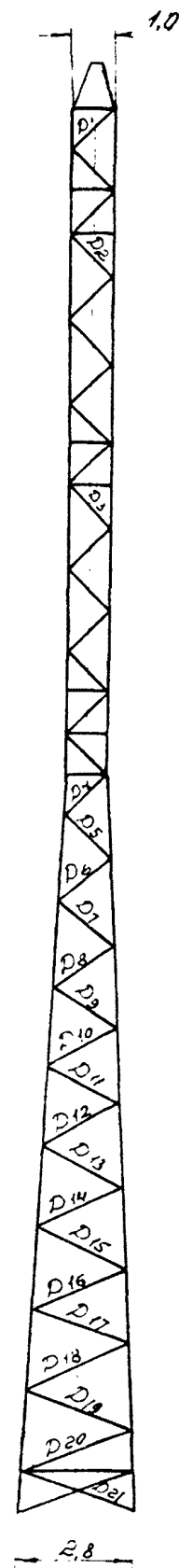
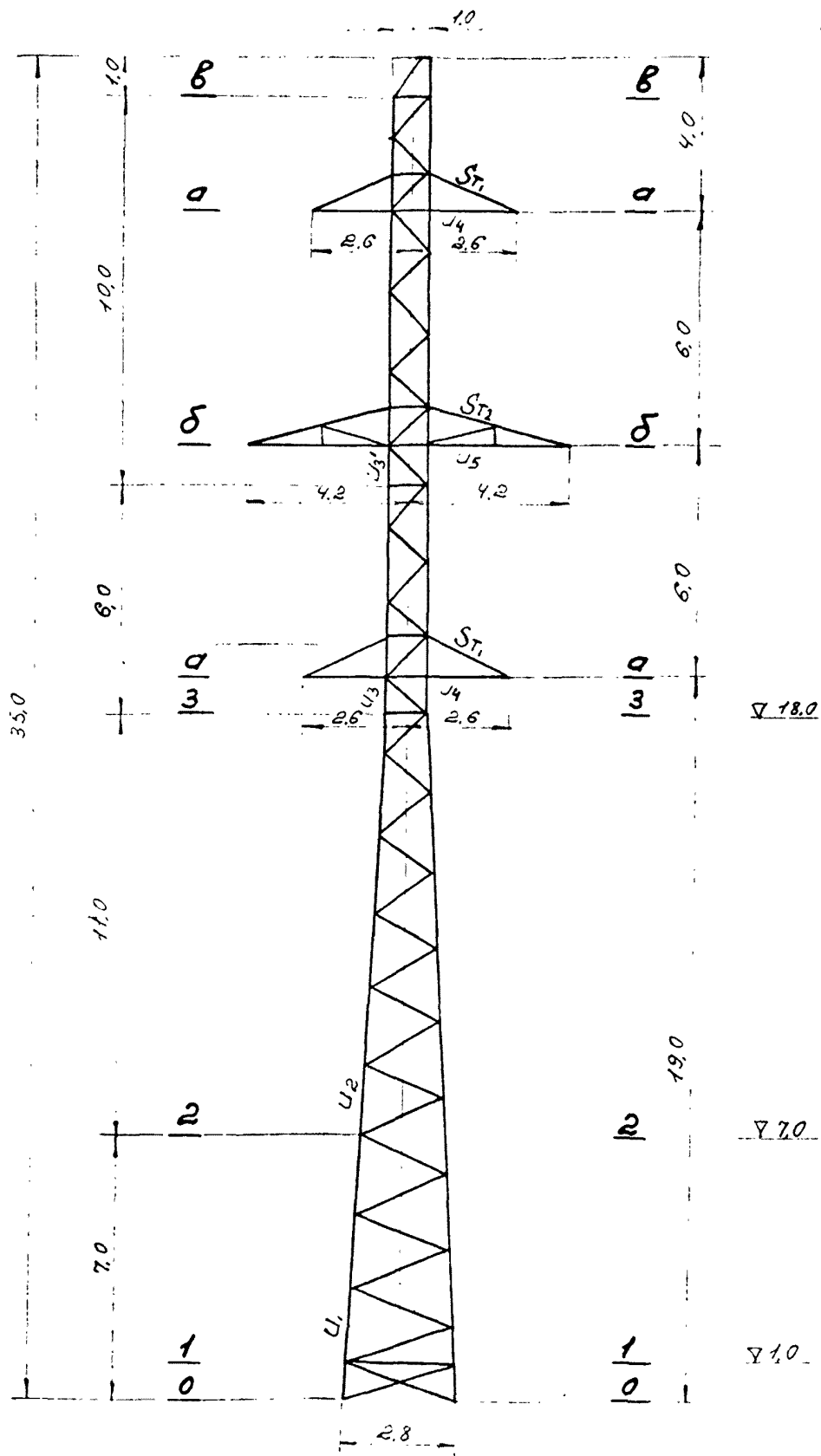
Сечение 3-3



Сечение 1-1



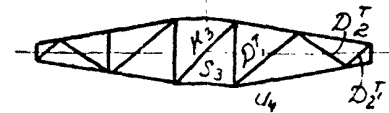
П 150-2



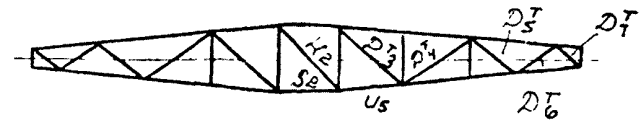
Сечение в-в



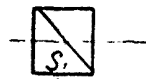
Сечение а-а



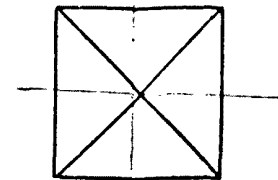
Сечение б-б



Сечение з-з



Сечение 1-1



# Нагрузки на одноцепную промежуточную опору П 150-1

Таблица №1

№ схем	Расчётные схемы.	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Положение цепи	I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
						нормат.	п	расчётн.	нормат.	п	расчётн.	нормат.	п	расчётн.	нормат.	п	расчётн.
I	Провода и тросы не обрваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверса.	$t = -5^{\circ}\text{C}$ , $C = 0$ , $g_n = 50 \text{ кг/м}^2$ , $g_T = 68 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса Вес пролета провода, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	$P_n$ $P_T$ $g_n$ $g_T$ $g_n + g_T$ $g_n + g_T$	355	1,2	425	200	1,2	240	355	1,2	425	200	1,2	240
						440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
						40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
						480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
Iа	Провода и тросы не обрваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под $45^{\circ}$ к оси траверса.	$t = -5^{\circ}\text{C}$ , $C = 0$ , $g_n = 50 \text{ кг/м}^2$ , $g_T = 69 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролет провода, троса Вес пролета провода, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	$P_n$ $P_T$ $g_n$ $g_T$ $g_n + g_T$ $g_n + g_T$	250	1,2	300	140	1,2	170	250	1,2	300	140	1,2	170
						440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
						40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
						480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
II	Провода и тросы не обрваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверса.	$t = -5^{\circ}\text{C}$ , $C = 5 \text{ мм}$ , $g_n = 125 \text{ кг/м}^2$ , $g_T = 117 \text{ кг/м}^2$ , $C = 10 \text{ мм}$		Давление ветра на пролет провода, троса Вес пролета провода, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	$P_n$ $P_T$ $g_n$ $g_T$ $g_n + g_T$ $g_n + g_T$	180	1,4	250	150	1,4	210	235	1,4	330	225	1,4	315
						440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
						180	2,0	360	95	2,0	190	410	2,0	820	245	2,0	490
						40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
						660	—	890	290	—	405	880	—	1340	435	—	700

30874/5 от 10/31

№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Ряд нагрузок	Площадь	I р-н гололеда						II р-н гололеда							
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50				
						нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.		
						ветр	вес	град	ветр	вес	град	ветр	вес	град	ветр	вес	град		
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t = -5^{\circ}\text{C}; \text{C} = 0; \rho^H = 0$		Тяжение провода при обрыве	$S_n$	1030	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	1070	—	—	—	1240	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	1290	—	—	—		
					Вес пролета провода траса	$g_n$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210	
					Вес гирлянд изоляторов.	$g_r$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—	—
					Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n + g_r$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210	
IV	Оборван один трас. Провода не оборваны. Тяжение траса равно половине максимального тяжения.	$t = -5^{\circ}\text{C}; \text{C} = 0; \rho^H = 0$		Тяжение траса при обрыве.	$S_r$	—	—	—	1305	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	1360	—	—	—	1305	$1.3 \times 0.8 = 1.04$	1360		
					Вес пролета проводов, траса.	$g_n$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210	
					Вес гирлянд изоляторов	$g_r$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—	—
					Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_n + g_r$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210	

Примечания

- Высота центра тяжести траса 24,4 м  
Нормативный скоростной напор  $q_n^H = 50 \times 1,39 = 69 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
- Максимальное напряжение в трасе принята условно  $\sigma_{T \max} = 54 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

2078/5 л. 1/31

Продолжение таблицы №1

№№ схем	Расчётные схемы	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололёда			IV р-н гололёда								
						АСО-240		С-50		АСО-240		С-50					
						нормат.	п	расчётн.	нормат.	п	расчётн.	нормат.	п	расчётн.			
					Г ветр	320М						320					
					Г вес	400М						350М					
					Г габ.	320М						280М					
I	Провода и тросы не обёрваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; \rho_n = 50 \text{ кг/м}^3; \rho_n = 69 \text{ кг/м}^3$		Давление ветра на пролёт провода, троса	$P_n$	300	1,2	360	170	1,2	205	300	1,2	360	170	1,2	205
				Вес пролёта провода, троса.	$G_n$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
				Вес гололёда изоляторов	$G_g$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$G_n+G_g$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
Ia	Провода и трос не обёрваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под $45^{\circ}$ к оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 0; \rho_n = 50 \text{ кг/м}^3; \rho_n = 69 \text{ кг/м}^3$		Давление ветра на пролёт провода, троса	$P_n$	210	1,2	250	120	1,2	145	210	1,2	250	120	1,2	145
				Вес пролёта провода, троса	$G_n$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
				Вес гололёда изоляторов	$G_g$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$G_n+G_g$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
II	Провода и трос не обёрваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C = 15 \text{ мм}; \rho_n = 140 \text{ кг/м}^3; \rho_n = 17 \text{ кг/м}^3$		Давление ветра на пролёт провода, троса	$P_n$	280	1,4	390	255	1,4	360	330	1,4	460	320	1,4	450
				Вес пролёта провода, троса	$G_n$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
				Вес гололёда изоляторов	$G_g$	620	2,0	1240	410	2,0	820	825	2,0	1650	585	2,0	1170
				Суммарная вертикальная нагрузка	$G_n+G_g$	1030	—	1690	575	—	1000	1190	—	2055	730	—	1330

3078 тм/5 л. 12/31

Продолжение таблицы №1

№ схем.	Расчетные схемы.	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузки	Область центра	III р-н гололеда						IV р-н гололеда							
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50				
						нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.	нормат.	п	расчетн.		
						г. ветр	г. вес	г. габ.	г. ветр	г. вес	г. габ.	г. ветр	г. вес	г. габ.	г. ветр	г. вес	г. габ.		
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q^{\text{н}}=0$		тяжесть проводов при обрыве	$S_n$	1240	$\frac{13 \times 0.8}{1.04}$	1290	—	—	—	1240	$\frac{13 \times 0.8}{1.04}$	1290	—	—	—		
						$g_n$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160	
						$g_r$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—	—
						$g_n + g_r$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160	
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжесть троса равно половине максимального тяжения	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0; q^{\text{н}}=0$		тяжесть троса при обрыве.	$S_r$	—	—	—	1305	$\frac{1.3 \times 0.8}{1.04}$	1360	—	—	—	1305	$\frac{1.3 \times 0.8}{1.04}$	1360		
						$g_n$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160	
						$g_r$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—	
						$g_n + g_r$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160	

Примечания

- Высота центра тяжести троса 21,4 м  
Нормативный скоростной напор  $q^{\text{н}} = 50 \times 1,39 = 69,5 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
- Максимальное напряжение в тросе принято условно  $\sigma_{\text{т-тх}} = 54 \text{ кг/мм}^2$
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

50187М/5 л. 13/34

# Нагрузки на двухцепную промежуточную опору П150-2

Таблица №2

№ схем	Расчётные схемы	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род напр. 30°	I р-н гололеда						II р-н гололеда						
					АСО-240			С-50			АСО-240			С-50			
					320 м						320 м						
					475 м						460 м						
380 м						370 м											
						нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет	нормат.	п	расчет
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0;$ $q_n = 53 \text{ кг/м}^2$ $q_{\text{л}} = 71 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролёт провода, троса Вес пролёта провода, троса. Вес гирлянд изоляторов. Суммарная вертикальная нагрузка.	$P_n$	305	1,2	365	185	1,2	225	305	1,2	365	185	1,2	225
					$P_t$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
					$g_r$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	
					$g_n+g_r$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под 45° к оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=0;$ $q_n = 53 \text{ кг/м}^2$ $q_{\text{л}} = 77 \text{ кг/м}^2$		Давление ветра на пролёт провода, троса. Вес пролёта провода, троса. Вес гирлянд изоляторов. Суммарная вертикальная нагрузка.	$P_n$	215	1,2	260	130	1,2	160	215	1,2	260	130	1,2	160
					$P_t$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
					$g_r$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	
					$g_n+g_r$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t = -5^{\circ}\text{C}; C=5 \text{ мм};$ $q_n = 13 \text{ кг/м}^2$ $q_{\text{л}} = 19 \text{ кг/м}^2$ $C=10 \text{ мм};$		Давление ветра на пролёт провода, троса. Вес пролёта провода, троса. Вес гирлянд изоляторов. Суммарная вертикальная нагрузка.	$P_n$	150	1,4	210	130	1,4	185	200	1,4	280	205	1,4	290
					$P_t$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
					$g_r$	180	2,0	360	95	2,0	190	410	2,0	820	245	2,0	490
					$g_r$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	
$g_n+g_r$	660	—	890	290	—	405	880	—	1340	435	—	700					

3078тм/С. л. 14/31





№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Общая длина	III район гололеда						IV район гололеда								
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50					
						320 м						320 м								
						400 м						350 м								
320 м						280 м														
						нормат	п	расчёт	нормат	п	расчёт	нормат	п	расчёт	нормат	п	расчёт			
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. ветер направлен вдоль оси траверс.	t = -5°C; C = 0; q <sub>н</sub> = 54 кг/м <sup>2</sup> ; q <sub>т</sub> = 77 кг/м <sup>2</sup>		Давление ветра на пролёт провода, троса. Вес пролёт провода, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	P <sub>н</sub>	310	1,2	370	185	1,2	220	310	1,2	370	185	1,2	220			
					P <sub>т</sub>															
					q <sub>н</sub>	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160			
					q <sub>т</sub>	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—			
					q <sub>н</sub> +q <sub>г</sub>	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160			
I <sup>а</sup>	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. ветер направлен под α 45° к оси траверс.	t = -5°C; C = 0; q <sub>н</sub> = 54 кг/м <sup>2</sup> ; q <sub>т</sub> = 77 кг/м <sup>2</sup>		Давление ветра на пролёт провода, троса. Вес пролета провода, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	P <sub>н</sub>	220	1,2	265	130	1,2	155	220	1,2	265	130	1,2	155			
					P <sub>т</sub>															
					q <sub>н</sub>	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160			
					q <sub>т</sub>	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—				
					q <sub>н</sub> +q <sub>г</sub>	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160			
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. ветер направлен вдоль оси траверс	t = -5°C; C = 15 мм; q <sub>н</sub> = 140 кг/м <sup>2</sup> ; q <sub>т</sub> = 19 кг/м <sup>2</sup>		Давление ветра на пролёт провода, троса. Вес пролёта провода, троса Вес гирлянд изоляторов Суммарная вертикальная нагрузка	P <sub>н</sub>	280	1,4	390	285	1,4	400	330	1,4	460	355	1,4	495			
					P <sub>т</sub>	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160			
					q <sub>н</sub>	620	2,0	1240	410	2,0	820	825	2,0	1650	585	2,0	1170			
					q <sub>т</sub>	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—				
					q <sub>н</sub> +q <sub>г</sub>	1030	—	1690	575	—	1000	1190	—	2055	730	—	1330			

3078 т/5 л. 16/31

№ схем	Расчётные схемы.	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Площадь черной	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
						В.вет						320 м					
						С.вет						400 м					
В.вет						320 м											
						нормат	п	расчётн	нормат	п	расчётн	нормат	п	расчётн	нормат	п	расчётн
III	Оборван один провод дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t = -5^{\circ}\text{C}; \text{C}=0; \rho H=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_{п}$	1240	$\frac{1,3 \times 0,8}{1,04}$	1290	—	—	—	1240	$\frac{1,3 \times 0,8}{1,04}$	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$g_{п}$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
				Вес гирлянд изоляторов	$g_{г}$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_{п+г}$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t = -5^{\circ}\text{C}; \text{C}=0; \rho H=0$		Тяжение троса при обрыве	$S_{т}$	—	—	—	1305	$\frac{1,3 \times 0,8}{1,04}$	1360	—	—	—	1305	$\frac{1,3 \times 0,8}{1,04}$	1360
				Вес пролета провода, троса	$g_{п}$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
				Вес гирлянд изоляторов	$g_{г}$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_{п+г}$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160

Примечания:

- Высота центра тяжести троса 27,8 м  
Нормативный скоростной напор  $q_{т}^H = 1,53 \times 50 = 77 \text{ кг/м}^2$
- Высота центра тяжести провода 16,1 м  
Нормативный скоростной напор  $q_{п}^H = 50 \times 1,077 = 54 \text{ кг/м}^2$
- Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания
- Максимальное напряжение в тросе принято условно  $\sigma_{т max} = 54 \text{ кг/м}^2$
- Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

# Давление ветра на конструкцию опоры П150-1 по схемам I и I<sup>а</sup>

Таблица №3

Наименование сечения	Эквив. средн. отметка сечения (М)	Коэффициент увеличения стат. расчетного напора по высоте	Нормативный скоростной напор $q_0$ (кг/м <sup>2</sup> )	Площадь элементов формы $F_x$ (м <sup>2</sup> )	Площадь по контуру $S$ (м <sup>2</sup> )	Коэффициент загромождения $\psi = \frac{F_x}{S}$	Аэродинамический коэффициент плоской формы $(\psi = C_x, \psi = 1,4 \text{ у при } \frac{b}{h} = 1)$	Аэродинамический коэффициент призматической формы $C_{pr} = C_{pr} (1 + \alpha)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)		Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1,35$ и коэфф. перегрузки $\Pi = 1,2$ (кг)				
									При ветре    траверсе $P = q_0 C_{pr} S$	При ветре под $\angle 45^\circ$	При ветре    траверсе		При ветре под $\angle 45^\circ$		
											$P_{\perp} = 0,8 P$	$P_{\parallel} = 0,8 P$	$P_{\perp} = 0,8 P_{pr}$	$P_{\parallel} = 0,8 P_{pr}$	
Верхняя траверса		1,48	74	0,25	1,05	0,238	0,333	0,783	0,594	21 <sup>2)</sup> (46)	30 <sup>3)</sup>	21 <sup>3)</sup>	34	49	34
Нижняя траверса		1,32	66	0,53	1,85	0,286	0,401	0,700	0,684	36 <sup>2)</sup> (81)	53 <sup>2)</sup>	36 <sup>3)</sup>	58	36	58
Нижняя траверса		1,32	66	0,25	1,05	0,238	0,333	0,783	0,594	18 <sup>2)</sup> (41)	27 <sup>3)</sup>	18 <sup>3)</sup>	29	44	29
Верхняя сеченя		1,42	71	2,34	10,00	0,234	0,328	0,790	0,587	416	333	333	675	540	540
Средняя сеченя		1,00	50	3,10	17,00	0,182	0,255	0,880	0,48	408	326	326	660	528	528
Нижняя сеченя		1,00	50	2,64	17,10	0,155	0,217	0,930	0,419	358	286	286	580	464	464

**Примечания:**

- Опора рассчитана на скоростной напор 50 кг/м<sup>2</sup> на высоте до 15м.
- Ветровые нагрузки на траверсы  $P_{tr}$ ; указанные в скобках определены при направлении ветра  $\perp$  траверсе. При ветре  $\perp$  оси ВЛ ветровая нагрузка составляет  $0,35 P_{tr}$ .
- При ветре под  $\angle 45^\circ$  к оси ВЛ  $P_{\perp} = 0,65 P_{tr}$ ; а  $P_{\parallel} = 0,45 P_{tr}$ .

**Итого:**    1257    1055    1020    2036    1711    1653

30.7.8 тм/5 л. 18/31

# Давление ветра на конструкцию опоры П150-2 по схемам I и Ia

Таблица №4

Наименование секции	Эскиз и средняя отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скорости ветра по высоте	Нормативная скорость по высоте $v_0$ (кг/м <sup>2</sup> )	Площадь элементарной формы $f_i$ (м <sup>2</sup> )	Площадь по контуру $S$ (м <sup>2</sup> )	Коэффициент заполнения $\mu = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамические коэффициенты плоской формы $C_{x1}, C_{x2}, C_{y1}, C_{y2}$	2 (при $\frac{b}{n} = 1$ )	Аэродинамические коэффициенты пространственной формы $C_{sp} = C_{\varphi} (1+\mu)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг)				Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1,35$ и коэфф. перегрузки $\eta = 1,8$ (кг)			
										При ветре $\perp$ траверсе		При ветре под $45^\circ$ к траверсе		При ветре $\perp$ траверсе		При ветре под $45^\circ$ к траверсе	
										$P_L = 9,0 \cdot \mu \cdot P$	$P_H = 0,8 P$	$P_L = 0,8 P$	$P_H = 0,8 P$	$P_L = 9,0 \cdot \mu \cdot P \cdot \beta \cdot \eta$	$P_H = 0,8 P \cdot \beta \cdot \eta$	$P_L = 9,0 \cdot \mu \cdot P \cdot \beta \cdot \eta$	$P_H = 0,8 P \cdot \beta \cdot \eta$
Верхняя траверса		1,61	81	0,65	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	$27^3 \times 2$ (59)	$38^3 \times 2$	$27^3 \times 2$	$44 \times 2$	$62 \times 2$	$44 \times 2$		
Средняя траверса		1,48	74	0,53	1,8	0,294	0,411	0,69	0,695	$42^3 \times 2$ (93)	$60^3 \times 2$	$42^3 \times 2$	$68 \times 2$	$97 \times 2$	$68 \times 2$		
Нижняя траверса		1,32	66	0,25	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	$21^3 \times 2$ (47)	$30^3 \times 2$	$21^3 \times 2$	$34 \times 2$	$49 \times 2$	$34 \times 2$		
Верхняя секция		1,56	78	2,49	10,0	0,249	0,349	0,76	0,615	480	384	384	778	623	623		
Верхняя секция		1,37	69	1,47	6,0	0,245	0,343	0,77	0,608	252	202	202	408	328	328		
Средняя секция		1,0	50	3,50	17,00	0,206	0,288	0,84	0,53	450	360	360	730	584	584		
Нижняя секция		1,0	50	2,73	17,10	0,160	0,224	0,2	0,43	368	294	294	595	476	476		
Итого:										1730	1496	1420	2803	2427	2303		

**Примечания:**

1. Опора рассчитана на скоростной напор  $50 \text{ кг/м}^2$  на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы  $P_{tr}$  указаны в % экв. как определены при направлении ветра  $\perp$  траверсе. При ветре по оси ВЛ ветровая нагрузка составляет  $1,15 P_{tr}$ .
3. При ветре под  $45^\circ$  к оси ВЛ  $P_L = 0,65 P_{tr}$ ;  $P_H = 0,15 P_{tr}$ .

3078 TM / 5 л. 19/31

Расчет усилий в раскосах ствола опор  
Таблица 7

	П150-1	П150-2
Мкр	1,224 тм	
D <sub>1</sub>	1,83	1,83
D <sub>2</sub>	1,83	1,83
Мкр	3,35 тм	
D <sub>2</sub>	3,28	3,28
Мкр	5,418 тм	
D <sub>3</sub>	4,74	4,74
D <sub>4</sub>	4,34	3,83
D <sub>5</sub>	3,80	3,35
D <sub>6</sub>	3,38	2,98
D <sub>7</sub>	3,04	2,68
D <sub>8</sub>	2,75	2,43
D <sub>9</sub>	2,53	2,23
D <sub>10</sub>	2,33	2,06
D <sub>11</sub>	2,17	1,91
D <sub>12</sub>	2,02	1,78
D <sub>13</sub>	1,90	1,67
D <sub>14</sub>	1,79	1,58
D <sub>15</sub>	1,69	1,49
D <sub>16</sub>	1,6	1,41
D <sub>17</sub>	1,52	1,34
D <sub>18</sub>	1,45	1,28
D <sub>19</sub>	1,39	1,22
D <sub>20</sub>	1,33	1,17
D <sub>21</sub>	1,27	1,12

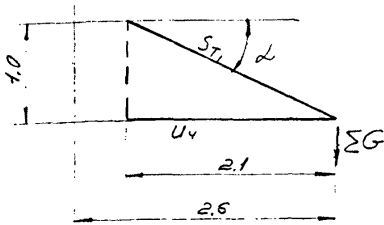
5,018 тм / 3,35 тм / 1,224 тм

Расчет раскосов выполнен на машине на основании исходной формулы.

$$D = \frac{Q}{2} - \frac{M_{из} \operatorname{tg} \gamma}{6 \cos(\beta + \gamma)} + \frac{M_{кр}}{2B \cos(\beta + \gamma)}$$

## Расчет траверсы

1. Траверса  $c = 2,6$  м; опоры П150-1 и П150-2



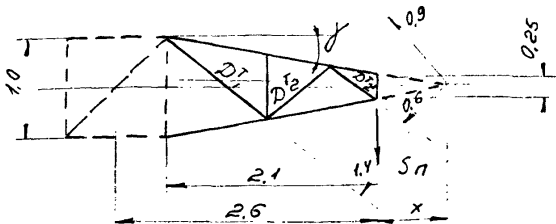
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{2,1} = 0,476$$

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

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1,0 - 0,25}{2 \times 2,1} = 0,178$$

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

$$x = \frac{0,25}{2 \operatorname{tg} \gamma} = 0,7 \text{ м}$$



а) Усилия в поясе. Схема III; IV р-н гололеда;

$$S_n = 1,29 \text{ т}; g_n = 0,405 \text{ т}, g_r = 0,045 \text{ т}, g_\lambda = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$$

$$G_{\text{тр}} \approx 0,07 \times 1,1 = 0,08 \text{ т}$$

$$\Sigma G = 0,25 g_n + 0,5 g_r + 0,5 g_\lambda + 0,25 G_{\text{тр}} = 0,25 \times 0,405 + 0,5 \times 0,045 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,08 = 0,101 + 0,023 + 0,082 + 0,02 = 0,23 \text{ т}$$

$$U_n = \frac{1,29 \times 2,1}{1,0 \times 0,984} + \frac{0,23 \times 2,1}{1,0 \times 0,984} = 2,75 + 0,49 = 3,24 \text{ т}$$

б) Усилия в раскосах нижней грани. Схема III; IV р-н гололеда

$$S_n = 1,29 \text{ т} \quad x = 0,7 \text{ м}; \quad M_{\text{из}} = 1,29 \times 0,7 = 0,903 \text{ тм};$$

$$D_1^T = \frac{0,903}{1,4} = 0,64 \text{ т}; \quad D_2^T = \frac{0,903}{0,6} = 1,5 \text{ т}$$

$$D_2^T = \frac{0,903}{0,9} = 1,0 \text{ т}$$

силы в тяге; Схема II \*) IV р-н гололеда

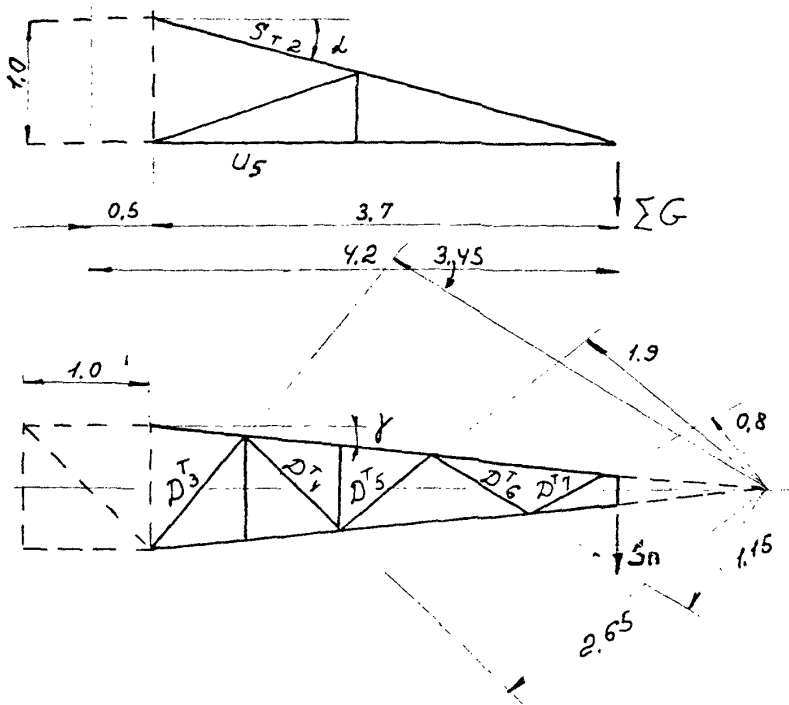
$$q_n = 2,01 \text{ т}; q_r = 0,045 \text{ т}; G_{тр} \approx 0,07 \times 1,1 = 0,08 \text{ т}$$

$$\Sigma G = 0,5 \times 2,01 + 0,5 \times 0,045 + 0,25 \times 0,08 =$$

$$= 1,00 + 0,023 + 0,02 = 1,04 \text{ т}$$

$$S_{T_1} = \frac{1,04 \times 2,1}{1,0 \times 0,903 \times 0,984} = 2,57 \text{ т}$$

2. Пролет  $e = 4,2 \text{ м}$  опор П150-1 и П150-2



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,0}{3,7} = 0,27 \quad \cos \alpha = 0,965$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{0,75}{2 \times 3,7} = 0,101 \quad \cos \gamma = 0,994$$

$$x = \frac{0,25}{2 \operatorname{tg} \gamma} = \frac{0,25}{2 \times 0,101} = 1,24 \text{ м};$$

а) Усилия в поясе. Схема III; IV р-н гололеда;

$$S_n = 1,29 \text{ т}; q_n = 0,405 \text{ т}; q_r = 0,045 \text{ т}; q_\lambda = 0,15 \times 1,1 = 0,165 \text{ т}$$

$$G_{тр} \approx 0,11 \times 1,1 = 0,12 \text{ т}$$

$$= 0,25 \times 0,405 + 0,5 \times 0,045 + 0,5 \times 0,165 + 0,25 \times 0,12 =$$

$$= 0,101 + 0,023 + 0,082 + 0,03 = 0,24 \text{ т}$$

$$U_5 = \frac{1,29 \times 3,7}{1,0 \times 0,994} + \frac{0,24 \times 3,7}{1,0 \times 0,994} = 4,99 + 0,89 = 5,88 \text{ т}$$

Усилия в раскосах нижней грани  
Схема III; IV р-н гололеда;

$$S_n = 1,29 \text{ т}; \quad X = 1,24 \text{ м}; \quad M_{u3} = 1,29 \times 1,24 = 1,6 \text{ тм};$$

$$D_3^T = \frac{1,6}{3,45} = 0,46 \text{ т} \quad D_6^T = \frac{1,6}{1,15} = 1,4 \text{ т};$$

$$D_4^T = \frac{1,6}{2,68} = 0,60 \text{ т} \quad D_7^T = \frac{1,6}{0,8} = 2,0 \text{ т};$$

$$D_8^T = \frac{1,6}{1,9} = 0,84 \text{ т}$$

в) Усилия в тяге. Схема II; \*) IV р-н гололеда;

$$g_n = 2,01 \text{ т}; \quad g_r = 0,045 \text{ т}; \quad G_{тр} \approx 0,11 \times 1,1 = 0,12 \text{ т}$$

$$\Sigma G = 0,5 \times 2,01 + 0,5 \times 0,045 + 0,25 \times 0,12 = 1,06 \text{ т}$$

$$S_{T2} = \frac{1,06 \times 3,7}{1,0 \times 0,965 \times 0,994} = 4,08 \text{ т};$$

\*) Монтажный режим, с учетом удвоенного веса проводов, не является расчетным.



## Расчет распорок и диафрагм

$$S'_1 = \frac{S_n l}{2a}$$

$$S = \frac{S_n l}{a} + \frac{G}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

$$K = \frac{S_n l}{2 \cos \beta a}$$

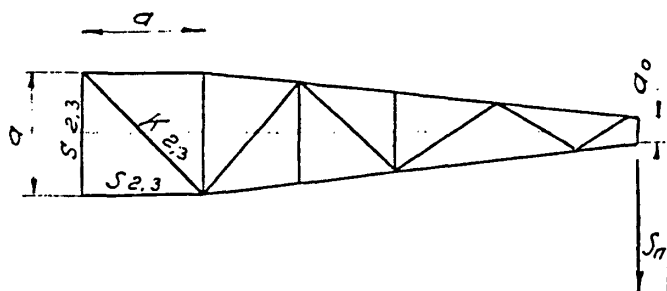
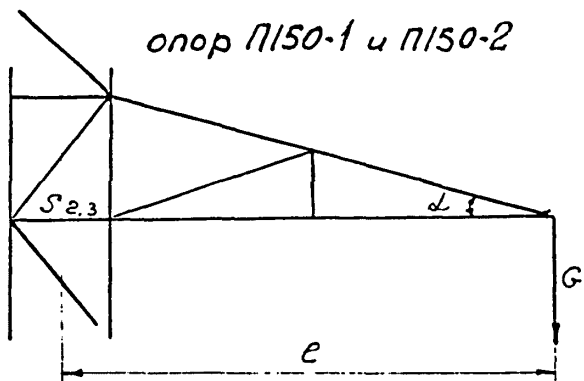


Схема III;  $S_n = 1,29 \text{ т}$ ; IV р-н гололеда

а) Траверса  $l = 2,6 \text{ м}$ ;  $a = 1,0 \text{ м}$ ;

$$S'_3 = \frac{1,29 \times 2,6}{2 \times 1,0} = 1,68 \text{ т}$$

$$S_3 = \frac{1,29 \times 2,6}{1,0} + 0,49^*) = 3,85 \text{ т}$$

$$K_3 = \frac{1,29 \times 2,6}{1,64 \times 1,0} = 2,05 \text{ т}$$

б) Траверса  $l = 4,2 \text{ м}$ ;  $a = 1,0 \text{ м}$ ;

$$S'_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{2 \times 1,0} = 2,71 \text{ т}$$

$$S_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{1,0} + 0,86^*) = 5,42 + 0,89 = 6,31 \text{ т}$$

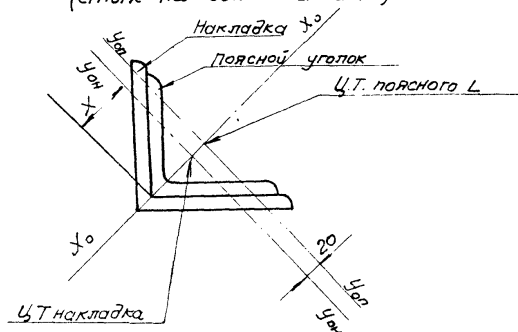
$$K_2 = \frac{1,29 \times 4,2}{1,64 \times 1,0} = 3,3 \text{ т}$$

\*) См. расчет соответствующей траверсы

# Расчет стыков

опоры П150-1

1. Стык верхней и средней секций  
(стык на одной накладке)



$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \eta_{\text{обл}} F}$$

поясной уголок — L 70 × 6  
накладка — L 90 × 7

$$N = 11,16 \tau; \quad \eta_1 = 0,95; \quad F = 8,15 \text{ см}^2$$

$$A = \frac{100}{1,38} = 72$$

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

$$X = \frac{1,94}{0,707} = 2,74 \text{ см}; \quad J_{y_0} = 15,5 \text{ см}^2$$

$$l = 0,5 l_0 \quad l_0 = \frac{(1,94 + 0,7) - 2,19}{0,707} = 0,24 \text{ см.}$$

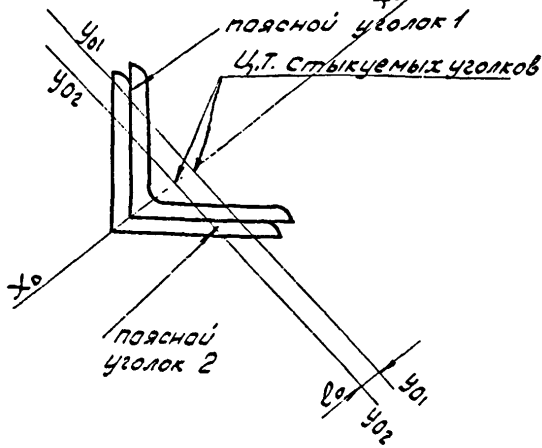
$$m = 0,12 \times \frac{8,15 \times 2,74}{15,5} = 0,144 \quad m_1 = 1,0 \times 0,144 = 0,144$$

$$f_{\text{обл}} = 0,781 \quad \sigma = \frac{11160}{0,95 \times 0,781 \times 8,15} = 1850 \text{ кг/см}^2 < [2100] \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

СОРТМ/5 д. 4/31

## 2. Стык средней и нижней секций

(стык телескопический)



$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{bn} F};$$

L 80x6 - поясной L 1  
L 90x7 - поясной L 2

$$N = 12147; \quad n_1 = 1,0; \quad F = 9,38 \text{ см}^2$$

$$A = \frac{200 \times 1,14}{2,47} = 92$$

$$m_1 = \eta m, \quad \text{где } \eta = 1,0 \quad m = \rho \frac{F \chi}{J_{yo}};$$

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

$$\rho = 0,5 \rho_0 \quad \rho_0 = \frac{(2,19 + 0,7) - 2,47}{0,707} = 0,594 \text{ см}$$

$$m = 0,297 \quad \frac{9,38 \times 3,1}{23,5} = 0,37 \quad m_1 = 0,37$$

$$\varphi_{bn} = 0,618$$

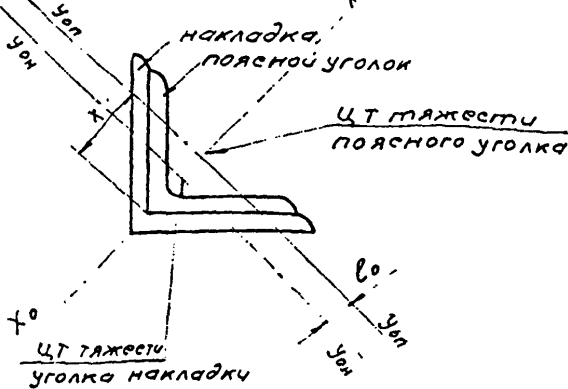
$$\sigma = \frac{12140}{1,0 \times 9,38 \times 0,618} = 2090 \text{ кг/см}^2 < [2100] \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

Всего листов 3 шт. 3 шт. 120-200 мм-ств. 3078ТМ/5-д. 28/31

# Расчет стыков опоры П150-2

## 1. Стык верхних секций

(стык на одной накладке)



$$\sigma = \frac{N}{n \cdot \varphi_{\sigma} F}; \quad N = 8,74 \text{ Т};$$

L 70x6 - поясной  
L 90x7 - накладка

$$n_1 = 0,95; \quad F = 8,15 \text{ см}^2$$

$$A = \frac{100}{1,38} = 72$$

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

$$J_{y_0} = 15,5 \text{ см}^4 \quad x = \frac{1,94}{0,707} = 2,74 \text{ см};$$

$$1,94 + 0,7 = 2,64 \text{ см} \quad 2,64 - 2,47 = 0,17 \text{ см}$$

$$e_0 = \frac{0,17}{0,707} = 0,24 \text{ см} \quad e = 0,5 \times e_0 = 0,5 \times 0,24 = 0,12 \text{ см}$$

$$m = 0,12 \times \frac{8,15 \times 2,74}{15,5} = 0,173$$

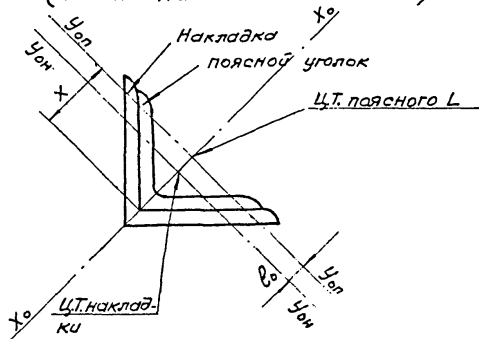
$$m_1 = 1,0 \times 0,173 = 0,173$$

$$\varphi_{\sigma} = 0,769$$

$$\sigma = \frac{8740}{0,95 \times 0,769 \times 8,15} = 1470 \text{ кг/см}^2 < [2100] \text{ кг/см}^2$$

## 2. Стык верхней и средней секции

(стык на одной накладке)



$$\sigma = \frac{N}{h, \varphi_{8n} F};$$

L 90 x 7 — поясной  
L 110 x 8 — накладка

$$N = 20,11 \text{ Т}; \quad \eta_1 = 0,95 \quad F = 12,3 \text{ см}^2$$

$$\lambda = \frac{100}{1,78} = 56$$

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

$$x = \frac{2,47}{0,707} = 3,49 \text{ см}; \quad J_{y_0} = 38,9 \text{ см}^4$$

$$\ell = 0,5 \ell_0 \quad \ell_0 = \frac{(2,47 + 0,8) - 3,0}{0,707} = 0,38 \text{ см}$$

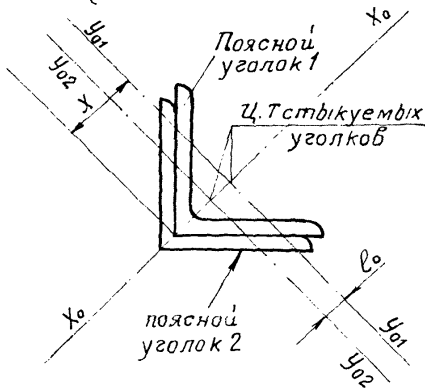
$$\ell = 0,5 \times 0,38 = 0,19 \text{ см}$$

$$m = 0,19 \times \frac{12,3 \times 3,49}{38,9} = 0,21 \quad m_1 = 1,0 \times 0,21 = 0,21$$

$$\varphi_{8n} = 0,82$$

$$\sigma = \frac{20110}{0,95 \times 0,820 \times 12,3} = 2100 \text{ кг/см}^2 < [2100] \text{ кг/см}^2$$

3. Стык средней и нижней секций.  
(стык телескопический)



L 110×8 - поясной №1

L 110×8 - поясной №2

$$\sigma = \frac{N}{\rho_1 \varphi_{bn} F}$$

$N = 24,1 \tau$ ;  $\rho_1 = 1,0$   $F = 17,2 \text{ см}^2$

$$\lambda = \frac{200 \times 1,14}{3,39} = 67$$

$\rho_1 = \eta m$ ; где  $\eta = 1,0$   $m = e \frac{Fx}{J_{y0}}$

$J_{y0} = 81,8 \text{ см}^4$   $x = \frac{3,00}{0,707} = 4,25 \text{ см}$

$e_0 = \frac{0,8}{0,707} = 1,13 \text{ см}$   $e = 0,5 \times 1,13 = 0,565 \text{ см}$

$m = 0,565 \times \frac{17,2 \times 4,25}{81,8} = 0,5$   $m_1 = 0,5$

$\varphi_{bn} = 0,65$

$$\sigma = \frac{24100}{1,0 \times 17,2 \times 0,65} \approx 2100 \text{ кг/см}^2 \leq [2100] \text{ кг/см}^2$$

Рассчитал: *М. М. Карева* / Проверял: *С. М. Герасимова*