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

N 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-Т5 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

N 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. СИНЕЛОБОВ/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА /Б. НОВГОРОДЦЕВ/

ЛЕНИНГРАД 1968 г.

№ 3078 тм-т 5 | лист 2 | 30

Состав проекта

		Инвентарный номер
Том 1.	Пояснительная записка.	3078тм-т1
Том 2.	Расчеты промежуточных опор ВЛ 35кв	3078тм-т2
Том 3.	Расчеты анкерно-угловых опор ВЛ 35кв	3078тм-т3
Том 4.	Расчеты промежуточных опор ВЛ 110кв	3078тм-т4
Том 5.	Расчеты промежуточных опор ВЛ 150кв	3078тм-т5
Том 6.	Расчеты анкерно угловых опор ВЛ 110-150кв	3078тм-т6
Том 7.	Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 35кв	3078тм-т7
Том 8.	Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 35кв	3078тм-т8
Том 9.	Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 110 и 150кв	3078тм-т9
Том 10.	Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 110-150кв	3078тм-т10
Том 11.	Нагрузки на фундаменты	3078тм-т11

Аннотация

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

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 П II-И.9-62 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.

№ 3078 тм-т 5 4 30

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 П150-1 листы: 4, 7, 9, 10, 11, 12, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27.

для опоры П150-2 листы: 4, 8, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30.

Типовые материалы для проектирования. 3078 тм/5 л. 7/31

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

Таблица N5

Сечения, отметки и базы	Схема I; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры $M_{w_{II}}$	Схема I; Iр-н гололеда; Вертикальные нагрузки G (т)	Схема I^а; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I^а; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: ∥ траверс $M_{w_{II}}$	Схема I^а; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверс $M_{w_{\perp}}$	Схема I^а; Iр-н гололеда; Вертикальные нагрузки G (т)	Схема II; IV р-н гололеда; Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры M_w	Схема II; IV р-н гололеда; Вертикальные нагрузки G (т)
3-3 ▽ 18,00 м в = 1,0 м	0,240×10,0 = 2,4 0,425×7,0 = 2,98 0,425×2×1,0 = 0,85 1,52 M_{II} = 6,23 Мн.у. = 2,23 ΣM_{II} = 8,46	0,034×7,5 = 0,26 (0,058+0,029)×1,5 = 0,13 0,675×5,0 = 3,38 0,796 $M_{w_{II}}$ = 3,77	0,215×1 = 0,215 0,53×3 = 1,59 0,098×10 = 0,98 2,79	0,17×10,0 = 1,7 0,30×7,0 = 2,1 0,30×2×1,0 = 0,6 1,07 M_{II} = 4,4 Мн.у. = 2,23 ΣM_{II} = 6,63	0,034×7,5 = 0,26 (0,058+0,029)×1,5 = 0,13 0,54×5,0 = 2,7 0,661 $M_{w_{II}}$ = 3,09	0,049×7,5 = 0,37 (0,086+0,044)×1,5 = 0,2 0,54×5,0 = 2,7 0,719 $M_{w_{\perp}}$ = 3,27	0,215×1 = 0,215 0,53×3 = 1,59 0,098×10,0 = 0,98 2,79	0,45×10 = 4,5 0,46×7,0 = 3,22 0,46×2×1,0 = 0,92 1,83 M_{II} = 8,64 Мн.у. = 8,65 17,29 $M_{w_{II}} = \frac{3,77}{4,8} = 0,79$	1,33×1 = 1,33 2,055×3 = 6,65 0,098×10,0 = 0,98 8,48
	$U_3 = \frac{8,46+3,77}{2\times1,0} + \frac{2,79}{4} = 6,12 + 0,7 = 6,82$ т			$U_3 = \frac{6,63+3,09+3,27}{2\times1,0} + \frac{2,79}{4} = 6,5 + 0,7 = 7,2$ т				$U_3 = \frac{17,29+0,79}{2\times1,0} + \frac{8,48}{4} = 11,16$ т	
2-2 ▽ 7,00 м в = 2,1 м Cos γ = 0,998	8,46 1,52×11,0 = 16,72 1,52 M_{II} = 25,18	3,77 0,796×11,0 = 8,76 0,660×5,5 = 3,63 1,456 $M_{w_{II}}$ = 16,16	2,79 0,098×11,0 = 1,08 3,87	6,63 1,07×11,0 = 11,8 1,07 M_{II} = 18,43	3,09 0,661×11,0 = 7,27 0,528×5,5 = 2,91 1,189 $M_{w_{II}}$ = 13,27	3,27 0,719×11,0 = 7,91 0,528×5,5 = 2,91 1,247 $M_{w_{\perp}}$ = 14,09	2,79 0,098×11,0 = 1,08 3,87	17,29 1,83×11,0 = 20,2 1,83 M_{II} = 37,49 $M_{w_{II}} = \frac{16,16}{4,8} = 3,36$	8,48 0,098×11,0 = 1,08 9,56
	$U_2 = \frac{25,18+16,16}{2\times2,1\times0,998} + \frac{3,87}{4\times0,998} = 9,85 + 0,97 = 10,82$ т			$U_2 = \frac{18,43+13,27+14,09}{2\times2,1\times0,998} + \frac{3,87}{4\times0,998} = 10,9 + 0,97 = 11,87$ т				$U_2 = \frac{37,49+3,36}{2\times2,1\times0,998} + \frac{9,56}{4\times0,998} = 12,14$ т	
1-1 ▽ 1,0 м в = 2,7 м Cos γ = 0,998	25,18 1,52×6,0 = 9,11 1,52 M_{II} = 34,29	16,16 1,456×6,0 = 8,74 0,495×3,0 = 1,48 1,95 $M_{w_{II}}$ = 26,38	3,87 0,098×6,0 = 0,58 4,45	18,43 1,07×6,0 = 6,41 1,07 M_{II} = 24,84	13,27 1,189×6,0 = 7,13 0,398×3,0 = 1,19 1,587 $M_{w_{II}}$ = 21,59	14,09 1,247×6,0 = 7,48 0,398×3,0 = 1,19 1,645 $M_{w_{\perp}}$ = 22,76	3,87 0,098×6,0 = 0,59 4,46	37,49 1,83×6,0 = 11,0 1,83 48,49 $M_{w_{II}} = \frac{26,38}{4,8} = 5,49$	9,56 0,098×6,0 = 0,59 10,15
	$U_1 = \frac{34,29+26,38}{2\times2,7\times0,998} + \frac{4,75}{4\times0,998} = 11,3 + 1,19 = 12,49$ т			$U_1 = \frac{24,84+21,59+22,76}{2\times2,7\times0,998} + \frac{4,46}{4\times0,098} = 12,85 + 1,12 = 13,97$ т;				$U_1 = \frac{48,49+5,49}{2\times2,7\times0,998} + \frac{10,15}{4\times0,998} = 12,55$ т	

Примечания:

1. Мн.у. обозначает момент от неуравновешенных вертикальных нагрузок. По схеме I – Мн.у. = 0,53×4,2 = 2,23 тм
2. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2b\cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4\cos\gamma};$$

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

Таблица N6

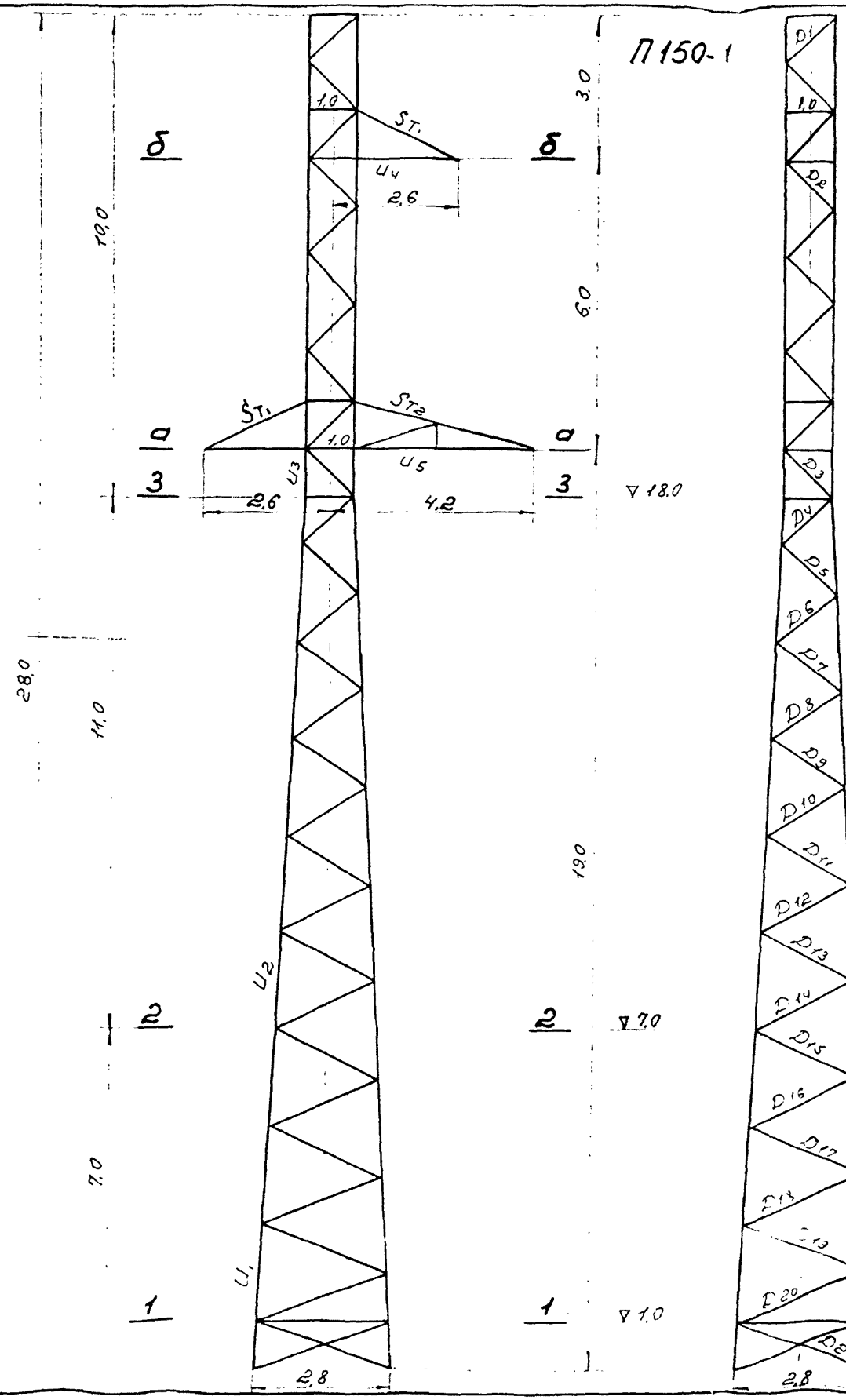
Сечения, отметки и базы	Схема I; I р-н гололеда			Схема I^а; I р-н гололеда				Схема II; IV р-н гололеда	
	Изгибающие моменты (тм)		Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты (тм)			Вертикальные нагрузки G (т)	Изгибающие моменты от нагрузок на провода и трос M_{II} и от ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$ (тм)	Вертикальные нагрузки G (т)
	От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры $M_{W_{II}}$		От нагрузок на провода и трос M_{II}	От ветра на конструкцию опоры: II траверс $M_{W_{II}}$	⊥ траверс $M_{W_{\perp}}$			
4-4 ▽ 24,0 м в = 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_{II} = 8,32	0,044×2×7,5 = 0,66 0,068×2×1,5 = 0,204 0,778×5,5 = 4,28 1,002 $M_{W_{II}}$ = 5,14	0,215×1 = 0,215 0,53×4 = 2,12 0,107×11,0 = 1,18 3,52	0,16×11,0 = 1,76 0,260×2×7,0 = 3,64 0,260×2×1,0 = 0,52 1,2 M_{II} = 5,92	0,044×2×7,5 = 0,66 0,068×2×1,5 = 0,20 0,623×5,5 = 3,43 0,847 $M_{W_{II}}$ = 4,29	0,062×2×7,5 = 0,93 0,097×2×1,5 = 0,29 0,623×5,5 = 3,43 0,941 $M_{W_{\perp}}$ = 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 = 5,1 0,365×2×1,0 = 0,73 1,845 M_{II} = 10,07 $M_{W_{II}} = \frac{5,14}{4,8}$ = 1,07	1,33×1 = 1,33 2,055×4 = 8,22 0,107×11,0 = 1,18 10,73
	$U_3' = \frac{8,32+5,14}{2\times1,0} + \frac{3,515}{4} = 6,73 + 0,88 = 7,61$ т			$U_3' = \frac{5,92+4,29+4,65}{2\times1,0} + \frac{3,52}{4} = 7,43 + 0,88 = 8,31$ т				$U_3' = \frac{10,07+1,07}{2\times1,0} + \frac{10,73}{4} = 8,25$ т	
3-3 ▽ 18,0 м в = 1,0 м	1,685×6,0 = 10,1 (8,32) 0,365×2×1,0 = 0,73 2,42 M_{II} = 19,15	1,002×6,0 = 6,01 (5,14) 0,034×2×1,0 = 0,068 0,408×3,0 = 1,23 1,478 $M_{W_{II}}$ = 12,45	0,53×2 = 1,06 (3,52) 0,107×6 = 0,64 5,22	1,2×6,0 = 7,2 (5,92) 0,260×2×1,0 = 0,52 1,72 M_{II} = 13,64	0,847×6,0 = 5,08 (4,29) 0,034×2×1,5 = 0,102 0,328×3,0 = 0,385 1,243 $M_{W_{II}}$ = 10,46	0,941×6,0 = 5,64 (4,65) 0,049×2×1,5 = 0,147 0,328×3,0 = 0,985 1,367 $M_{W_{\perp}}$ = 11,42	0,53×2 = 1,06 (3,52) 0,107×6 = 0,64 5,22	1,845×6,0 = 11,1 (10,07) 0,365×2×1,0 = 0,73 2,575 M_{II} = 21,9 $M_{W_{II}} = \frac{12,45}{4,8}$ = 2,6	2,055×2 = 4,11 (10,73) 0,107×6,0 = 0,64 15,48
	$U_3 = \frac{19,15+12,45}{2\times1,0} + \frac{5,215}{4} = 15,8 + 1,3 = 17,1$ т			$U_3 = \frac{13,64+10,46+11,42}{2\times1,0} + \frac{5,22}{4} = 17,72 + 1,31 = 19,03$ т				$U_3 = \frac{21,9+2,6}{2\times1,0} + \frac{15,48}{4} = 16,11$ т	
2-2 ▽ 7,0 м в = 2,1 м Cos γ = 0,998	2,42×11,0 = 26,6 (19,15) 2,42 M_{II} = 45,75	1,478×11,0 = 16,25 (12,45) 0,73×5,5 = 4,02 2,208 $M_{W_{II}}$ = 32,72	0,107×11,0 = 1,8 (5,22) 6,40	1,72×11,0 = 18,9 (13,64) 1,72 M_{II} = 32,54	1,243×11,0 = 13,70 (10,46) 0,584×5,5 = 3,21 1,827 $M_{W_{II}}$ = 27,37	1,367×11,0 = 15,02 (11,42) 0,584×5,5 = 3,21 1,951 $M_{W_{\perp}}$ = 29,65	0,107×11,0 = 1,18 (5,22) 6,4	2,575×11,0 = 28,4 (21,9) 50,3 $M_{W_{II}} = \frac{32,37}{4,8}$ = 6,74	0,107×11,0 = 1,18 (15,48) 16,66
	$U_2 = \frac{45,75+32,72}{2\times2,1\times0,998} + \frac{6,395}{4\times0,998} = 18,7 + 1,6 = 20,3$ т			$U_2 = \frac{32,54+27,37+29,65}{2\times2,1\times0,998} + \frac{6,4}{4\times0,998} = 21,4 + 1,6 = 23,0$ т				$U_2 = \frac{50,3+6,74}{2\times2,1\times0,998} + \frac{16,66}{4\times0,998} = 17,77$ т	
1-1 ▽ 1,0 м в = 2,7 м Cos γ = 0,998	2,42×6,0 = 14,5 (45,75) 2,42 M_{II} = 60,25	2,208×6,0 = 13,28 (32,72) 0,51×3,0 = 1,53 2,718 $M_{W_{II}}$ = 47,53	0,107×6,0 = 0,64 (6,40) 7,04	1,72×6,0 = 10,3 (32,54) 1,72 M_{II} = 42,84	1,827×6,0 = 10,97 (27,37) 0,408×3,0 = 1,23 2,235 $M_{W_{II}}$ = 39,57	1,951×6,0 = 11,72 (29,65) 0,408×3,0 = 11,23 2,359 $M_{W_{\perp}}$ = 42,60	0,107×6,0 = 0,64 (6,4) 7,04	2,575×6,0 = 15,47 (50,3) 2,57 M_{II} = 65,77 $M_{W_{II}} = \frac{47,53}{4,8}$ = 9,92	0,107×6,0 = 0,642 (16,66) 17,3
	$U_1 = \frac{60,25+47,53}{2\times2,7\times0,998} + \frac{7,04}{4\times0,998} = 20,0 + 1,76 = 21,76$ т			$U_1 = \frac{42,84+39,57+42,60}{2\times2,7\times0,998} + \frac{7,04}{4\times0,998} = 22,72 + 1,76 = 24,48$ т				$U_1 = \frac{65,77+9,92}{2\times2,7\times0,998} + \frac{17,3}{4\times0,998} = 18,38$ т	

Примечание:

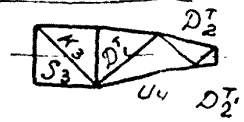
1. Усилие в поясах определяется по формуле:

$$U = \frac{\Sigma M}{2в\cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4\cos\gamma}$$

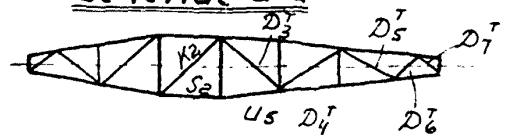
30.78 тм/5 л. 29/31



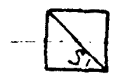
Сечение б-б



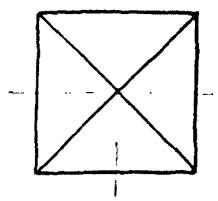
Сечение а-а



Сечение 3-3

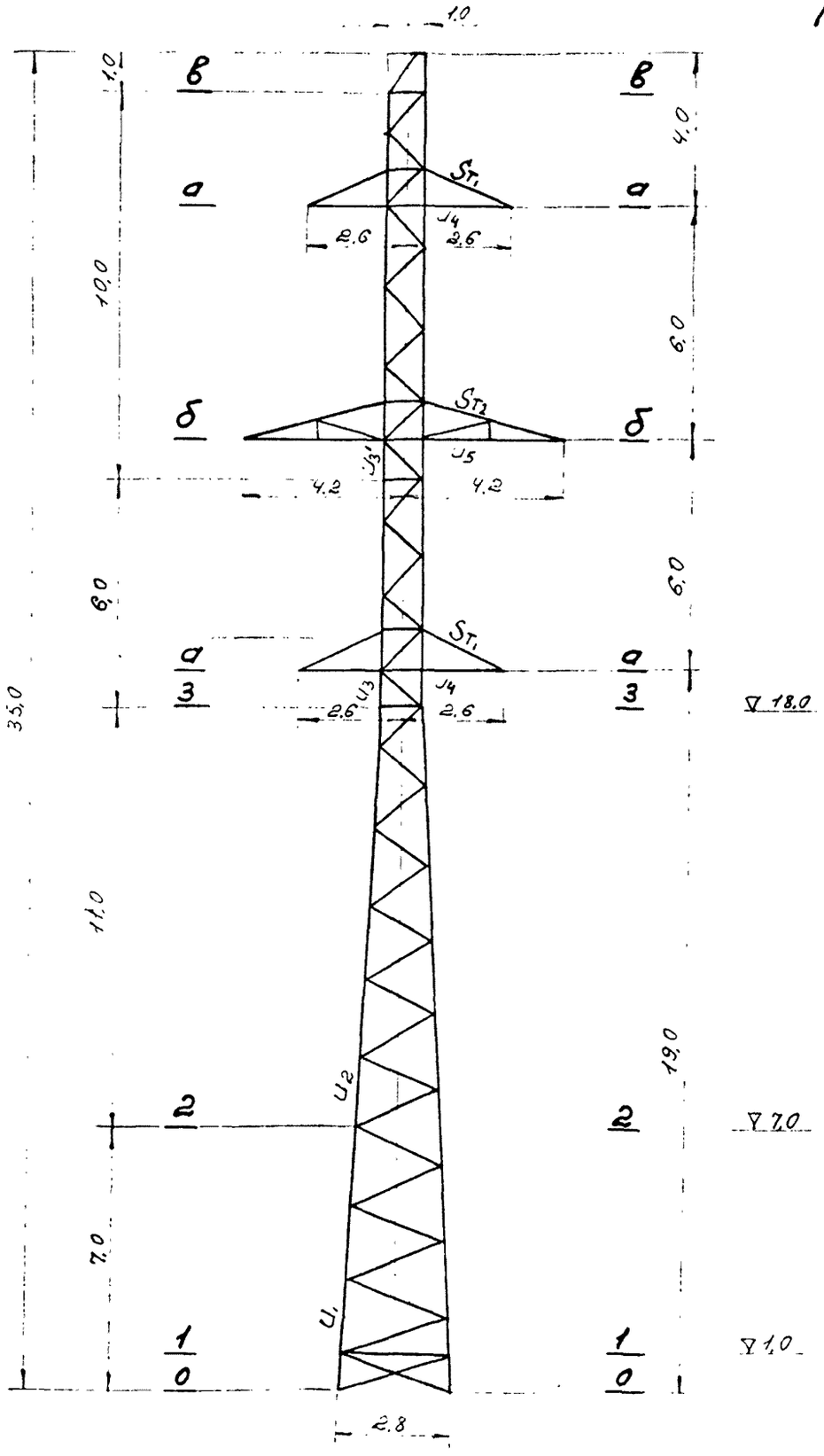


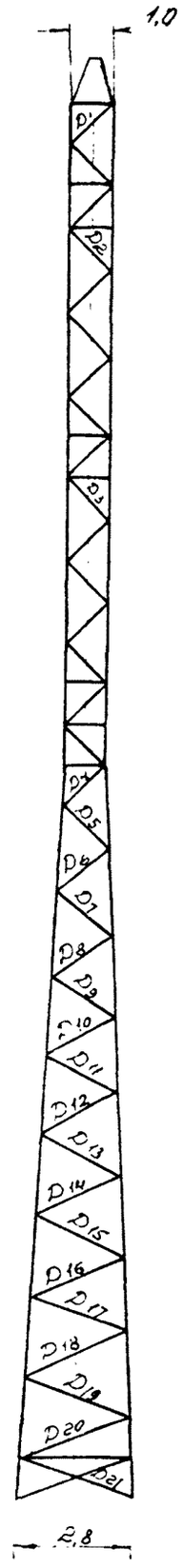
Сечение 1-1



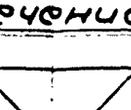
3078тм/5 л. 8/31

П 150-2

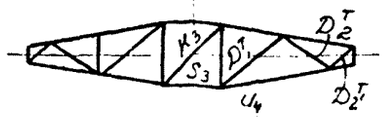




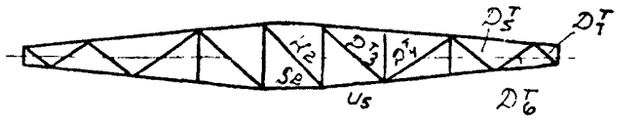
Сечение в-в



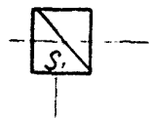
Сечение а-а



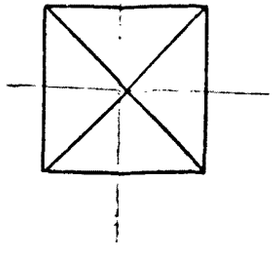
Сечение б-б



Сечение 3-3

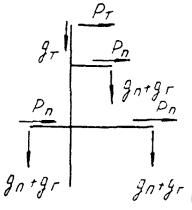
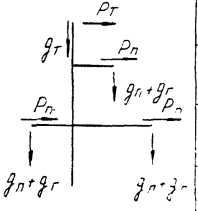
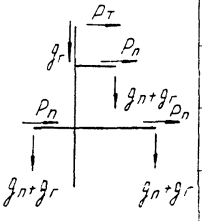


Сечение 1-1



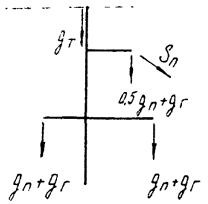
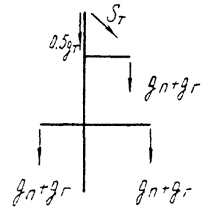
Нагрузки на одноцепную промежуточную опору П150-1

Таблица №1

№№ схем	Расчётные схемы	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда АСО-240			I р-н гололеда С-50			II р-н гололеда АСО-240			II р-н гололеда С-50		
						380 м			380 м			380 м			460 м		
						475 м			475 м			460 м			370 м		
						380 м			380 м			370 м			370 м		
						нормат.	п	расчёт.	нормат.	п	расчёт.	нормат.	п	расчёт.	нормат.	п	расчёт.
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 50$ кг/м², $q_т^н = 68$ кг/м², $C = 0$, $t = -5°C$		Давление ветра на пролет провода, троса	P_n $P_т$	355	1,2	425	200	1,2	240	355	1,2	425	200	1,2	240
				Вес пролета провода, троса	g_n $g_т$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$ $g_т$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
I^а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$q_n^н = 50$ кг/м², $q_т^н = 68$ кг/м², $C = 0$, $t = -5°C$		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n $P_т$	250	1,2	300	140	1,2	170	250	1,2	300	140	1,2	170
				Вес пролета провода, троса.	g_n $g_т$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$ $g_т$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 12{,}5$ кг/м², $q_т^н = 11$ кг/м², $t = -5°C$, $C = 5$ мм, $C = 10$ мм		Давление ветра на пролет провода, троса.	P_n $P_т$	180	1,4	250	150	1,4	210	235	1,4	330	225	1,4	315
				Вес пролета провода, троса.	g_n $g_т$	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
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$ $g_т$	660	—	890	290	—	405	880	—	1340	435	—	700

3078тм/5 л. 10/31

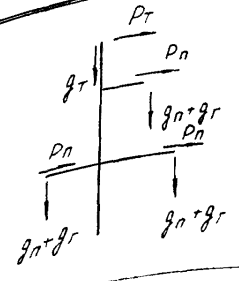
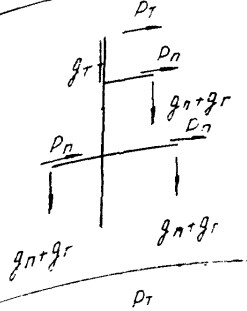
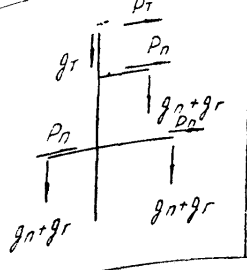
Продолжение таблицы №1

№№ схем	Расчётные схемы	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	I р-н гололеда АСО-240			I р-н гололеда С-50			II р-н гололеда АСО-240			II р-н гололеда С-50		
					$l_{ветр}$	380 м			380 м			380 м			460 м		
					$l_{вес}$	475 м			475 м			460 м			370 м		
					$l_{габ}$	380 м			380 м			370 м			370 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	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1030	1,3×0,8=1,04	1070	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролёта провода троса	$g_п$ $g_т$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролёта провода, троса.	$g_п$ $g_т$	440	1,1	485	195	1,1	275	430	1,1	475	190	1,1	210
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210

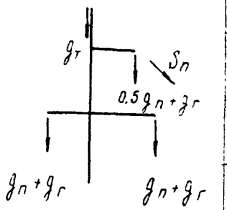
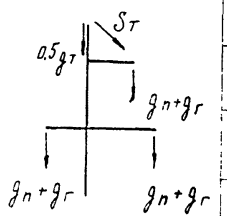
Примечания

1. Высота центра тяжести троса 21,4 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 50 \times 1,39 = 69$ кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в трасе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Продолжение таблицы N1

№№ схем	Расчётные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда АСО-240 нормат.	n	расчётн.	III р-н гололеда С-50 нормат.	n	расчётн.	IV р-н гололёда АСО-240 нормат.	n	расчётн.	IV р-н гололёда С-50 нормат.	n	расчётн.
					$l_{ветр}$	320 м						320					
					$l_{вес}$	400 м						350 м					
					$l_{габ}$	320 м						280 м					
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 50$ кг/м², $q_т^н = 69$ кг/м², $t = -5°C$, $C = 0$;		Давление ветра на пролёт провода, троса	$P_п$, $P_т$	300	1,2	360	170	1,2	205	300	1,2	360	170	1,2	205
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$, $g_т$	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.	$g_п+g_г$, $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
Iа	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$q_n^н = 50$ кг/м², $q_т^н = 69$ кг/м², $t = -5°C$, $C = 0$;		Давление ветра на пролёт провода, троса	$P_п$, $P_т$	210	1,2	250	120	1,2	145	210	1,2	250	120	1,2	145
				Вес пролета провода, троса	$g_п$, $g_т$	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.	$g_п+g_г$, $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_n^н = 14{,}0$ кг/м, $C = 15$ мм, $t = -5°C$; $q_т^н = 17$ кг/м, $C = 20$ мм, $t = 5°C$		Давление ветра на пролёт провода, троса	$P_п$, $P_т$	280	1,4	390	255	1,4	360	330	1,4	460	320	1,4	450
				Вес пролета провода троса	$g_п$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
					$g_т$	620	2,0	1240	410	2,0	820	825	2,0	1650	585	2,0	1170
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$, $g_т$	1030	—	1690	575	—	1000	1190	—	2055	730	—	1330

Продолжение таблицы N1

NN схем	Расчетные схемы	Расчётные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда АСО-240 нормат.	АСО-240 п	АСО-240 расчётн.	С-50 нормат.	С-50 п	С-50 расчётн.	IV р-н гололеда АСО-240 нормат.	АСО-240 п	АСО-240 расчётн.	С-50 нормат.	С-50 п	С-50 расчётн.
					$\ell_{ветр}$	320 м						320 м					
					$\ell_{вес}$	400 м						350 м					
					$\ell_{габ}$	320 м						280 м					
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	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	$g_п+g_г$ $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$,		Тяжение троса при обрыве.	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	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	$g_п+g_г$ $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160

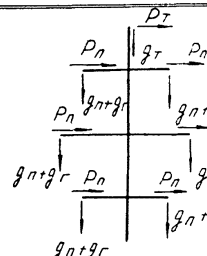
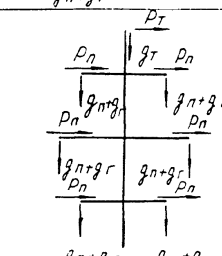
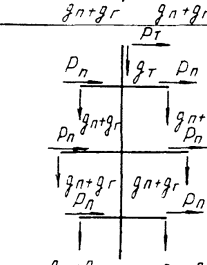
Примечания

1. Высота центра тяжести троса 21,4 м
   Нормативный скоростной напор $q^н = 50 \times 1{,}39 = 69$ кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8.
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{max} = 54$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг.

3078тм/5 л. 13/32

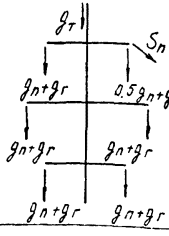
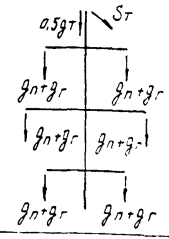
Нагрузки на двухцепную промежуточную опору П150-2

Таблица №2

№№ схем	Расчётные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок		I р-н гололеда АСО-240 нормат.	I р-н гололеда АСО-240 n	I р-н гололеда АСО-240 расчетн.	I р-н гололеда С-50 нормат.	I р-н гололеда С-50 n	I р-н гололеда С-50 расчетн.	II р-н гололеда АСО-240 нормат.	II р-н гололеда АСО-240 n	II р-н гололеда АСО-240 расчетн.	II р-н гололеда С-50 нормат.	II р-н гололеда С-50 n	II р-н гололеда С-50 расчетн.
					$\ell_{вств}$	320 м						320 м					
					$\ell_{Рес}$	475 м						460 м					
					$\ell_{габ}$	380 м						370 м					
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$g_п^н = 53$ кг/м²; $g_т^н = 77$ кг/м²; $t = -5°C$; $C = 0$;		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$	305	1,2	365	185	1,2	225	305	1,2	365	185	1,2	225
					$P_т$												
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
					$g_т$												
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45		—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$	480	—	530	195	—	215	470		520	190	—	210
					$g_т$												
I^а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$g_п^н = 53$ кг/м²; $g_т^н = 77$ кг/м²; $t = -5°C$; $C = 0$;		Давление ветра на пролёт провода, троса.	$P_п$	215	1,2	260	130	1,2	160	215	1,2	260	130	1,2	160
					$P_т$												
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
					$g_т$												
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
					$g_т$												
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололёдом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$g_п^н = 13$ кг/м; $g_т^н = 19$ кг/м²; $t = -5°C$; $C = 5$ мм; $C = 10$ мм;		Давление ветра на пролёт провода, троса	$P_п$	150	1,4	210	130	1,4	185	200	1,4	280	205	1,4	290
					$P_т$												
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
					$g_т$	180	2,0	360	95	2,0	190	410	2,0	820	245	2,0	490
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$	660	—	890	290	—	405	880	—	1340	435	—	700
					$g_т$												

3078тм/5 л. 14/31

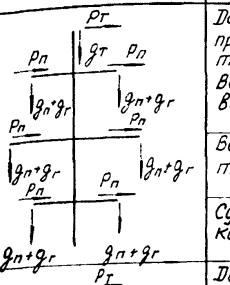
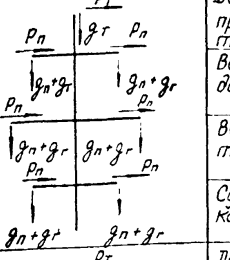
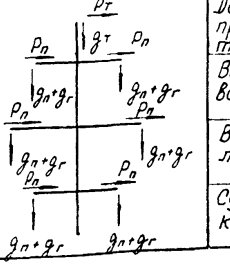
Продолжение таблицы N2

NN схем	Расчетные схемы.	Расчетные климатические условия.	Схемы нагрузок.	Род нагрузок		I р-н гололеда АСО-240			I р-н гололеда С-50			II р-н гололеда АСО-240			II р-н гололеда С-50		
					$l_{ветр}$	320 м			320 м			320 м			460 м		
					$l_{вес}$	475 м			460 м			475 м			460 м		
					$l_{габ}$	380 м			370 м			380 м			370 м		
						нормат.	n	расчёт.	нормат.	n	расчёт.	нормат.	n	расчёт.	нормат.	n	расчёт.
III	Оборван один провод, дающий наибольший изгибающий или крутящий моменты на опору.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве.	$S_п$	1050	1,3x 0,8= 1,04	1100	—	—	—	1250	1,3x 0,8= =1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса.	$g_п$ $g_т$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка.	$g_п+g_г$ $g_т$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	1305	1,3x 0,8= 1,04	1360	—	—	—	1305	1,3x 0,8= =1,04	1360
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	440	1,1	485	195	1,1	215	430	1,1	475	190	1,1	210
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	480	—	530	195	—	215	470	—	520	190	—	210

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса 27,9 м
   Нормативный скоростной напор $q^н = 50 \times 1,53 = 77$ кг/м
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Продолжение таблицы N2

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия.	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III район гололеда АСО-240 нормат	п	расчёт	III район гололеда С-50 нормат	п	расчёт	IV район гололеда АСО-240 нормат	п	расчёт	IV район гололеда С-50 нормат.	п	расчёт
					$\ell_{ветр}$	320 м						320 м					
					$\ell_{вес}$	400 м						350 м					
					$\ell_{габ}$	320 м						280 м					
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$q_п^н = 54$ кг/м²; $q_т^н = 77$ кг/м²; $t = -5°C$; $C = 0$		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ / $P_т$	310	1,2	370	185	1,2	220	310	1,2	370	185	1,2	220
				Вес пролёт провода, троса	$g_п$ / $g_т$	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	$g_п+g_г$ / $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
I^а	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$q_п^н = 54$ кг/м²; $q_т^н = 77$ кг/м²; $t = -5°C$; $C = 0$		Давление ветра на пролёт провода, троса.	$P_п$ / $P_т$	220	1,2	265	130	1,2	155	220	1,2	265	130	1,2	155
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ / $g_т$	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	$g_п+g_г$ / $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$q_п^н = 114{,}0$ кг/м²; $q_т^н = 19$ кг/м²; $t = -5°C$; $C = 15$ мм; $t = -5°C$; $C = 20$ мм		Давление ветра на пролёт провода, троса.	$P_п$ / $P_т$	280	1,4	390	285	1,4	400	330	1,4	460	355	1,4	495
				Вес пролёта провода, троса	$g_п$	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
					$g_т$	620	2,0	1240	410	2,0	820	825	2,0	1650	585	2,0	1170
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ / $g_т$	1030	—	1690	575	—	1000	1190	—	2055	730	—	1330

продолжение таблицы №2

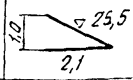
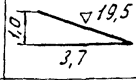
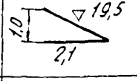
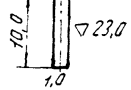
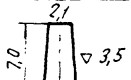
№№ схем	Расчётные схемы.	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда АСО-240 нормат.	АСО-240 п	АСО-240 расчетн.	С-50 нормат.	С-50 п	С-50 расчетн.	IV р-н гололёда АСО-240 нормат.	АСО-240 п.	АСО-240 расчетн.	С-50 нормат.	С-50 п	С-50 расчетн.
					$l_{вет}$	320 м						320 м					
					$l_{вес}$	400 м						350 м					
					$l_{гол}$	320 м						280 м					
III	Оборван один провод дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	$t=-5°C$, $C=0$; $q^н=0$		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	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.	$g_п+g_г$ $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
IV	Оборван один трос. Провода не оборваны. Тяжение троса равно половине максимального тяжения.	$t=-5°C$; $C=0$; $q^н=0$		Тяжение троса при обрыве	$S_т$	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360	—	—	—	1305	1,3×0,8=1,04	1360
				Вес пролета провода, троса	$g_п$ $g_т$	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	4,5	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_п+g_г$ $g_т$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160

Примечания:

1. Высота центра тяжести троса 27,8 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 1,53 \times 50 = 77$ кг/м²;
2. Высота центра тяжести провода 16,1 м
   Нормативный скоростной напор $q_п^н = 50 \times 1,077 = 54$ кг/м²
3. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания
4. Максимальное напряжение в тросе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/м²
5. Нагрузки округлены до значений кратных 5 кг

Давление ветра на конструкцию опоры П150-1 по схемам I и I^а

Таблица №3

Наименование секций	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов фермы F_c (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{F_c}{S}$	Аэродинамический коэфф. плоской фермы $C_ф = C_1 \cdot \varphi = 1{,}4\varphi$	η при $\frac{b}{h} = 1$	Аэродинамический коэфф. пространств. фермы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэфф. перегрузки $n = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta n$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_{\parallel} = 0{,}8P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса		1,48	74	0,25	1,05	0,238	0,333	0,783	0,594	21 2) (46)	30 3)	21 3)	34	49	34
Нижняя траверса		1,32	66	0,53	1,85	0,286	0,401	0,700	0,684	36 2) (81)	53 2)	36 3)	58	36	58
Нижняя траверса		1,32	66	0,25	1,05	0,238	0,333	0,783	0,594	18 2) (41)	27 3)	18 3)	29	44	29
Верхняя секция		1,42	71	2,34	10,00	0,234	0,328	0,790	0,587	416	333	333	675	540	540
Средняя секция		1,00	50	3,10	17,00	0,182	0,255	0,880	0,48	408	326	326	660	528	528
Нижняя секция		1,00	50	2,64	17,10	0,155	0,217	0,930	0,419	358	286	286	580	464	464
									Итого:	1257	1055	1020	2036	1711	1653

Примечания:

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

3078 тм/5 л.18/31

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

Таблица №4

Наименование секции	Эскиз и средн. отметка секции (м)	Коэффициент увеличения скоростного напора по высоте	Нормативный скоростной напор q_0 (кг/м²)	Площадь элементов формы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской формы $C_{пр} = 1{,}49$	η (при $\frac{b}{h}=1$)	Аэродинамический коэффиц. простран. формы $C_{пр} = C_ф(1+\eta)$	Нормативная ветровая нагрузка без учета коэффициента динамики (кг): При ветре ∥ траверсе $P = q_0 C_{пр} S$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_{\parallel} = 0{,}8P$ ∥ траверсе	Расчетная ветровая нагрузка с учетом коэфф. динамики $\beta = 1{,}35$ и коэфф. перегрузки $П = 1{,}8$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta П$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8 P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_{\parallel} = 0{,}8 P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,0; 31,5; 2,1	1,61	81	0,25	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	27²)×2 (59)	38³)×2	27³)×2	44×2	62×2	44×2
Средняя траверса	1,0; 25,5; 3,7	1,48	74	0,53	1,8	0,294	0,411	0,69	0,695	42²)×2 (93)	60³)×2	42³)×2	68×2	97×2	68×2
Нижняя траверса	1,0; 19,5; 2,1	1,32	66	0,25	1,05	0,238	0,333	0,78	0,594	21²)×2 (47)	30³)×2	21³)×2	34×2	49×2	34×2
Верхняя секция	11,0; 29,5; 1,0; 1,0	1,56	78	2,49	10,0	0,249	0,349	0,76	0,615	480	384	384	778	623	623
Верхняя секция	1,0; 6,0; 21,0; 1,0	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; 11,0; 12,5; 2,1; 1,0	1,0	50	3,50	17,00	0,206	0,288	0,84	0,53	450	360	360	730	584	584
Нижняя секция	2,1; 1,0; 3,5; 2,8; 1,0	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 расчитана на скоростной напор 50 кг/м² на высоте до 15 м.
2. Ветровые нагрузки на траверсы $P_{тр}$, указанные в скоб. как, определены при направлении ветра ⊥ траверсе. При ветре - оси ВЛ ветровая нагрузка составляет 0,45 $P_{тр}$.
3. При ветре под ∠45° к оси ВЛ $P_\perp = 0{,}65 P_{тр}$; $P_{\parallel} = 0{,}15 P_{тр}$.

Расчет усилий в раскосах ствола опор

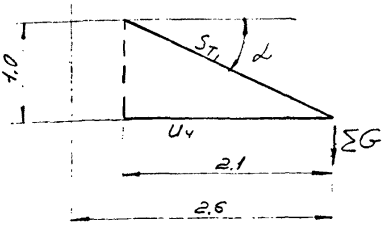
Таблица 7

	П150-1	П150-2
Мкр	1.224 тм	
D_1	1,83	1,83
D_2	1,83	1,83
Мкр	3,35 тм	
D_2	3,28	3,28
Мкр	5,418 тм	
D_3	4,74	4,74
D_4	4,34	3,83
D_5	3,80	3,35
D_6	3,38	2,98
D_7	3,04	2,68
D_8	2,75	2,43
D_9	2,53	2,23
D_{10}	2,33	2,06
D_{11}	2,17	1,91
D_{12}	2,02	1,78
D_{13}	1,90	1,67
D_{14}	1,79	1,58
D_{15}	1,69	1,49
D_{16}	1,6	1,41
D_{17}	1,52	1,34
D_{18}	1,45	1,28
D_{19}	1,39	1,22
D_{20}	1,33	1,17
D_{21}	1,27	1,12

Расчет раскосов выполнен на машине на основании исходной формулы. $D = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из}}{b} tg\gamma}{\cos(\beta+\gamma)} + \frac{M_{кр}}{2b\cos(\beta+\gamma)}$

Расчет траверс

1. Траверса $C = 2.6$ м; опор П150-1 и П150-2



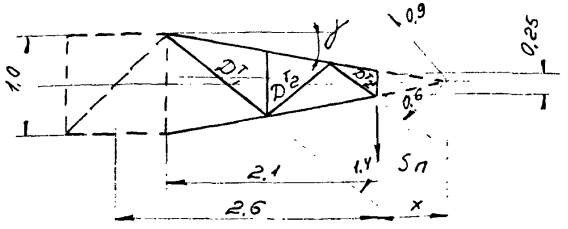
$$tg\alpha = \frac{1.0}{2.1} = 0.476$$

$$\cos\alpha = 0.903$$

$$tg\gamma = \frac{1.0 - 0.25}{2 \times 2.1} = 0.178$$

$$\cos\gamma = 0.984$$

$$X = \frac{0.25}{2\, tg\gamma} = 0.7\text{ м};$$



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

$S_n = 1.29$ т; $g_n = 0.405$ т, $g_г = 0.045$ т, $g_л = 0.15 \times 1.1 = 0.165$ т

$G_{тр} \cong 0.07 \times 1.1 = 0.08$ т

$\Sigma G = 0.25 g_n + 0.5 g_г + 0.5 g_л + 0.25 G_{тр} = 0.25 \times 0.405 + 0.5 \times 0.045 +$

$+ 0.5 \times 0.165 + 0.25 \times 0.08 = 0.101 + 0.023 + 0.082 + 0.02 = 0.23$ 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) Усилие в раскосах нижней грани. Схема III; IV р-н гололеда

$S_n = 1.29$ т $X = 0.7$ м; $M_{из} = 1.29 \times 0.7 = 0.903$ тм;

$$D_1^T = \frac{0.903}{1.4} = 0.64\text{ т}; \qquad D_2^T = \frac{0.903}{0.6} = 1.5\text{ т}$$

$$D_2^T = \frac{0.903}{0.9} = 1.0\text{ т}$$

№3078 тм-т5 22 30

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

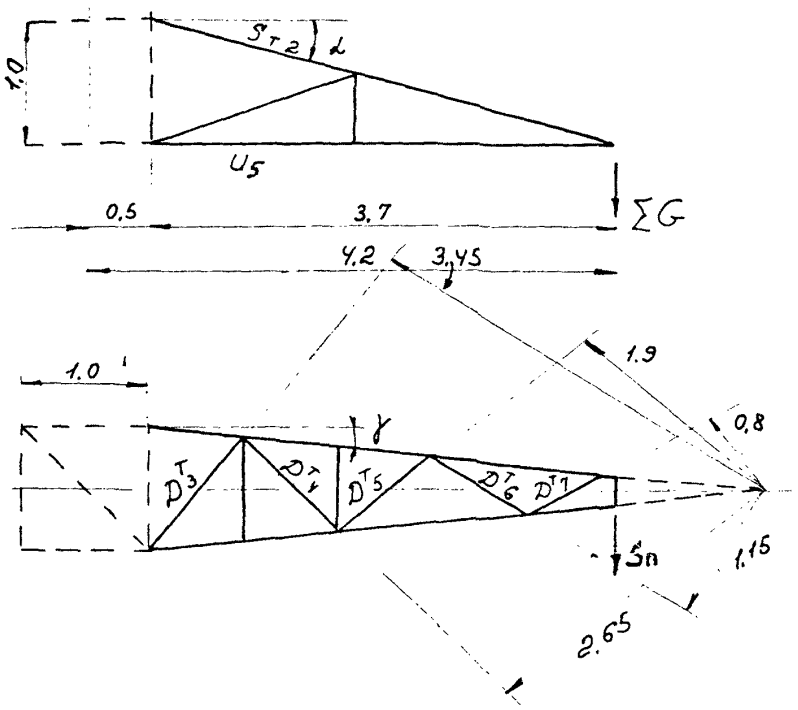
$g_п = 2{,}01$ т; $g_г = 0{,}045$ т; $G_{тр} \cong 0{,}07 \times 1{,}1 = 0{,}08$ т

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

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

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

2. Траверса $e = 4{,}2$ м опор П150-1 и П150-2



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

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

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

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

$S_п = 1{,}29$ т; $g_п = 0{,}405$ т; $g_г = 0{,}045$ т; $g_л = 0{,}15 \times 1{,}1 = 0{,}165$ т.

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

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

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

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

Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; IV р-н гололеда;

$S_п = 1{,}29т$; $X = 1{,}24м$; $M_{из} = 1{,}29 \times 1{,}24 = 1{,}6 тм$;

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

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

$D_6^т = \frac{1{,}6}{1{,}9} = 0{,}84 т$

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

$q_п = 2{,}01т$; $q_г = 0{,}045 т$; $G_{тр} \cong 0{,}11 \times 1{,}1 = 0{,}12 т$

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

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

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

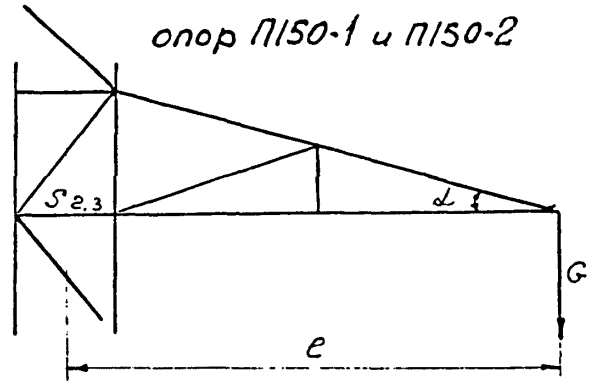
Расчет распорок и диафрагм

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

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

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

опор П150-1 и П150-2



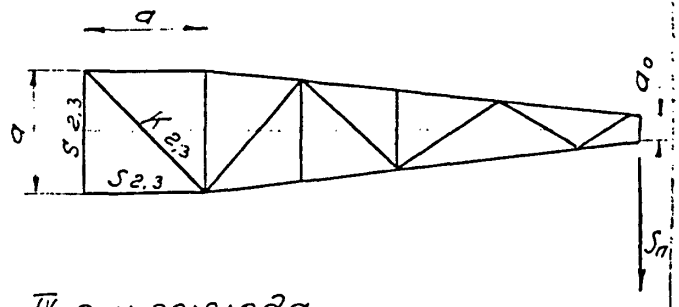


Схема III; $S_n = 1{,}29$ т; IV р-н гололеда

а) Траверса $l = 2{,}6$ м; $a = 1{,}0$ 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 $l = 4{,}2$ м; $a = 1{,}0$ м;

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

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

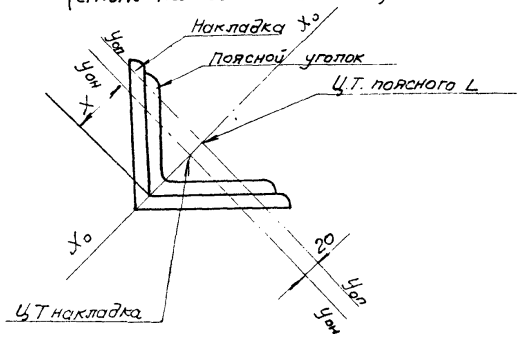
$$K_2 = \frac{1{,}29 \times 4{,}2}{1{,}64 \times 1{,}0} = 3{,}3 \text{ т}$$

*) См. расчет соответствующей траверсы

Расчет стыков

опоры П150-1

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



$$\sigma = \frac{N}{\Pi_1 \varphi_{вп} F};$$

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

$N = 11{,}16$ т; $\Pi_1 = 0{,}95$; $F = 8{,}15$ см²

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

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1{,}0$ $\quad m = \ell \frac{FX}{J_{y0}}$

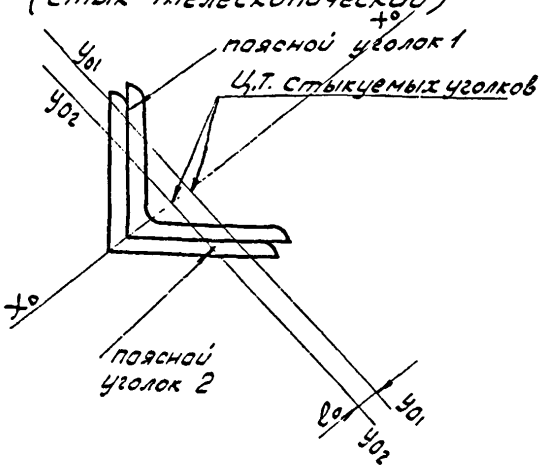
$X = \frac{1{,}94}{0{,}707} = 2{,}74$ см; $\quad J_{y0} = 15{,}5$ см²

$\ell = 0{,}5\ell_0 \quad \ell_0 = \frac{(1{,}94 + 0{,}7) - 2{,}19}{0{,}707} = 0{,}24$ см.

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

$\varphi_{вп} = 0{,}781 \quad \sigma = \frac{11160}{0{,}95 \times 0{,}781 \times 8{,}15} = 1850$ кг/см² $< [2100]$ кг/см²

2. Стык средней и нижней секций (стык телескопический)



$$\sigma = \frac{N}{\eta_1 \varphi_{вп} F};$$

∠ 80×6 – поясной ∠ 1
∠ 90×7 – поясной ∠ 2

$N = 12{,}14$ т; $\eta_1 = 1{,}0$; $F = 9{,}38$ см²

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

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

$J_{y_0} = 23{,}5$ см⁴; $\quad x = \frac{2{,}19}{0{,}707} = 3{,}1$ см

$\ell = 0{,}5 \ell_0 \qquad \ell_0 = \frac{(2{,}19 + 0{,}7) - 2{,}47}{0{,}707} = 0{,}594$ см

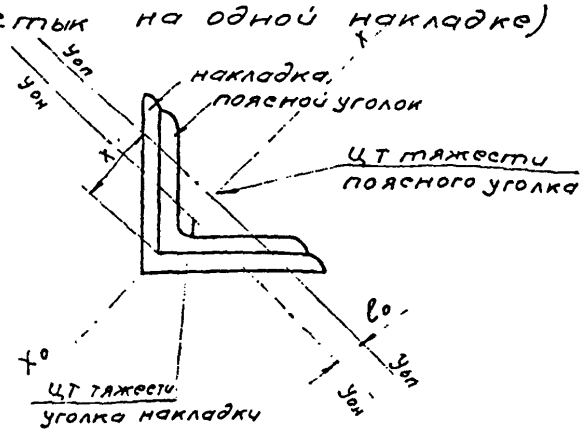
$m = 0{,}297 \; \frac{9{,}38 \times 3{,}1}{23{,}5} = 0{,}37 \qquad m_1 = 0{,}37$

$\varphi_{вп} = 0{,}618 \qquad \sigma = \frac{12140}{1{,}0 \times 9{,}38 \times 0{,}618} = 2090$ кг/см² < [2100] кг/см²

Расчет стыков опоры П150-2

1. Стык верхних секций

(стык на одной накладке)



$$\sigma = \frac{N}{m_1 \varphi_{вп} F}; \qquad N = 8{,}74\ т;$$

$\angle 70\times6$ - поясной
$\angle 90\times7$ - накладка

$m_1 = 0{,}95$; $F = 8{,}15\ см^2$

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

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

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

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

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

$m = 0{,}12 \times \frac{8{,}15 \times 2{,}74}{15{,}5} = 0{,}173$ $\quad m_1 = 1{,}0 \times 0{,}173 = 0{,}173$

$$\varphi_{вп} = 0{,}769$$

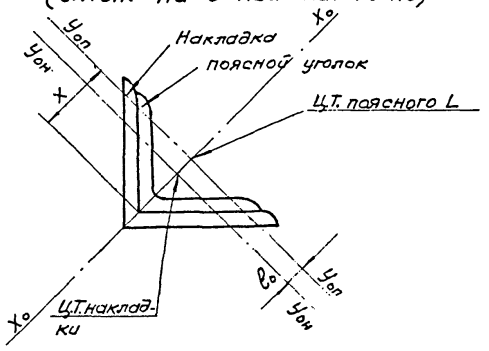
$$\sigma = \frac{8740}{0{,}95 \times 0{,}769 \times 8{,}15} = 1470\ кг/см^2 < [2100]\ кг/см^2$$

3078тм/5 л.29/37

№ 3078 тм-т5 29 3

2. Стык верхней и средней секции

(стык на одной накладке)



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

L 90×7 — поясной
L 110×8 — накладка

$N = 20{,}11\,т$; $\quad n_1 = 0{,}95 \quad F = 12{,}3\,см^2$

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

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

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

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

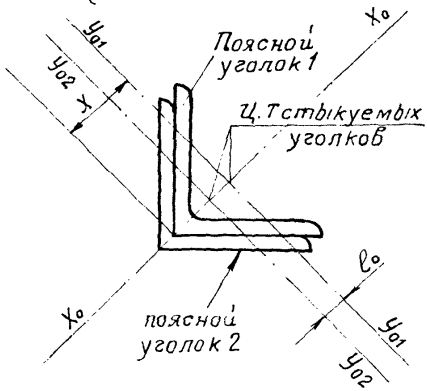
$$\ell = 0{,}5 \times 0{,}38 = 0{,}19\,см$$

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

$$\varphi_{вп} = 0{,}82$$

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

3. Стык средней и нижней секций
(стык телескопический)



L 110×8 – поясной №1

L 110×8 – поясной №2

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

$N = 24{,}1\,т$; $n_1 = 1{,}0$ $F = 17{,}2\,см^2$

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

$n_1 = \eta m$; где $\eta = 1{,}0$ $m = l \frac{Fx}{J_{y_0}}$

$J_{y_0} = 81{,}8\,см^4$ $x = \frac{3{,}00}{0{,}707} = 4{,}25\,см$

$l_0 = \frac{0{,}8}{0{,}707} = 1{,}13\,см$ $l = 0{,}5 \times 1{,}13 = 0{,}565\,см.$

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

$\varphi_{вп} = 0{,}65$

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

Рассчитал: /Шокарева/
/Проверил: /Герасимова/