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.

gost.e-ecolog.ru

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.

Состав проекта

		Инвентарный номер
Том 1.	Пояснительная записка.	3078тм-т 1
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.

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

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^a; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От нагрузок на провода и трос M_{II}	Схема I^a; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: ∥ траверс $M_{w_{II}}$	Схема I^a; Iр-н гололеда; Изгибающие моменты (тм): От ветра на конструкцию опоры: ⊥ траверс $M_{w_\perp}$	Схема I^a; 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 $M_{н.у.}$ = 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 $M_{н.у.}$ = 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 $M_{н.у.}$ = 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 $Cos\gamma$ = 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 $Cos\gamma$ = 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. $M_{н.у.}$ обозначает момент от неуравновешенных вертикальных нагрузок. По схеме I – $M_{н.у.} = 0,53\times4,2 = 2,23$ тм
2. Усилие в поясах определяется по формуле:

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

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

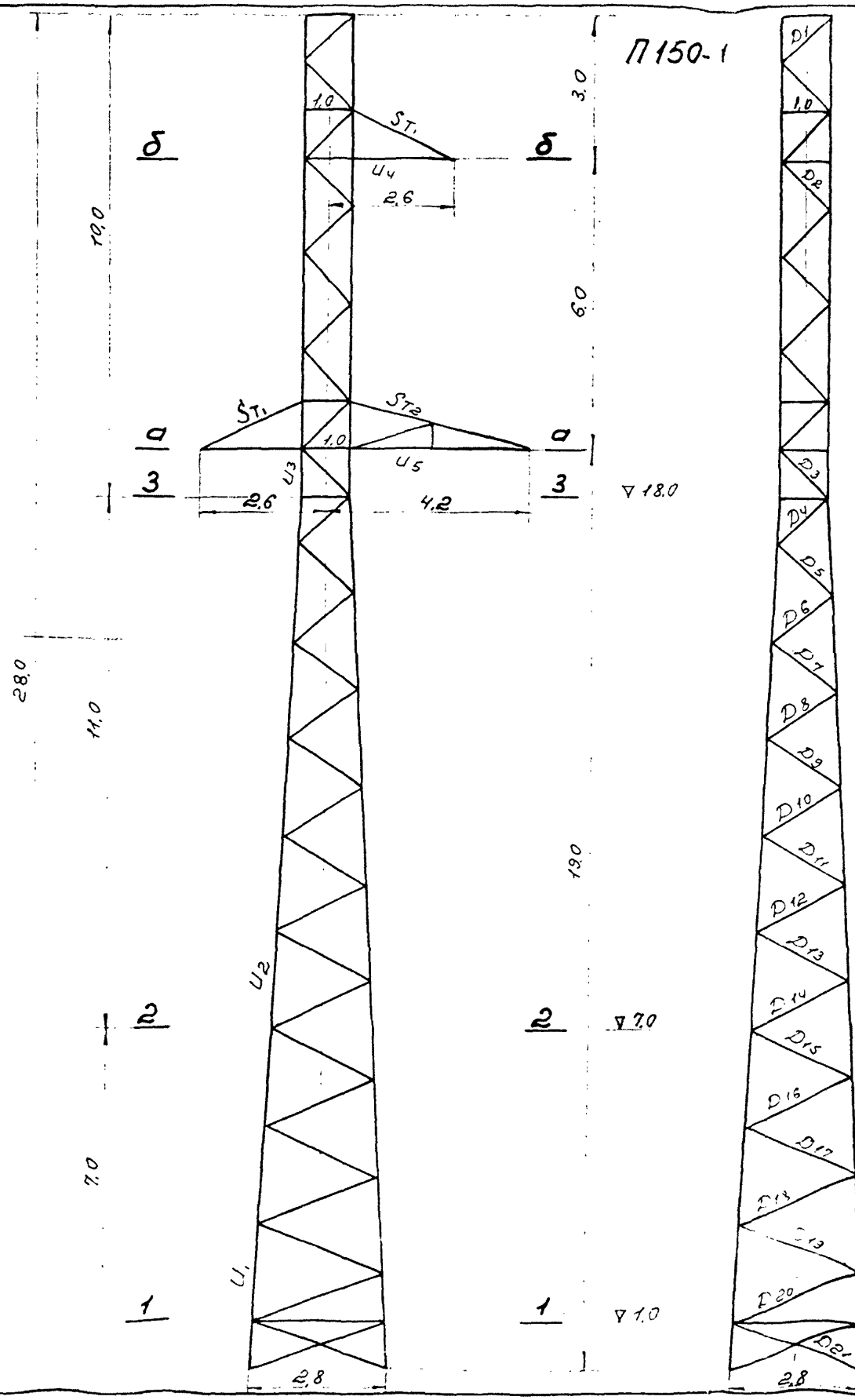
Таблица №6

Сечения, отметки и базы	Схема I; I 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	216 × 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 N_{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				$U_2 = \frac{50,3+6,74}{2\times2,1\times1,998} + \frac{16,66}{4\times0,998} = 17,77$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_{I} = 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	

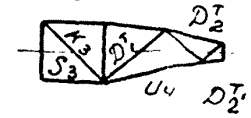
Примечание:

1. Усилие в поясах определяется по формуле:

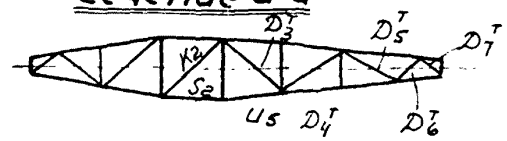
$$U = \frac{\Sigma M}{2 в \cos\gamma} + \frac{\Sigma G}{4 \cos\gamma}$$



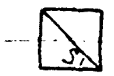
Сечение δ-δ



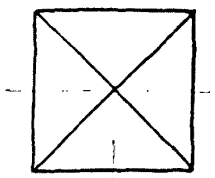
Сечение а-а



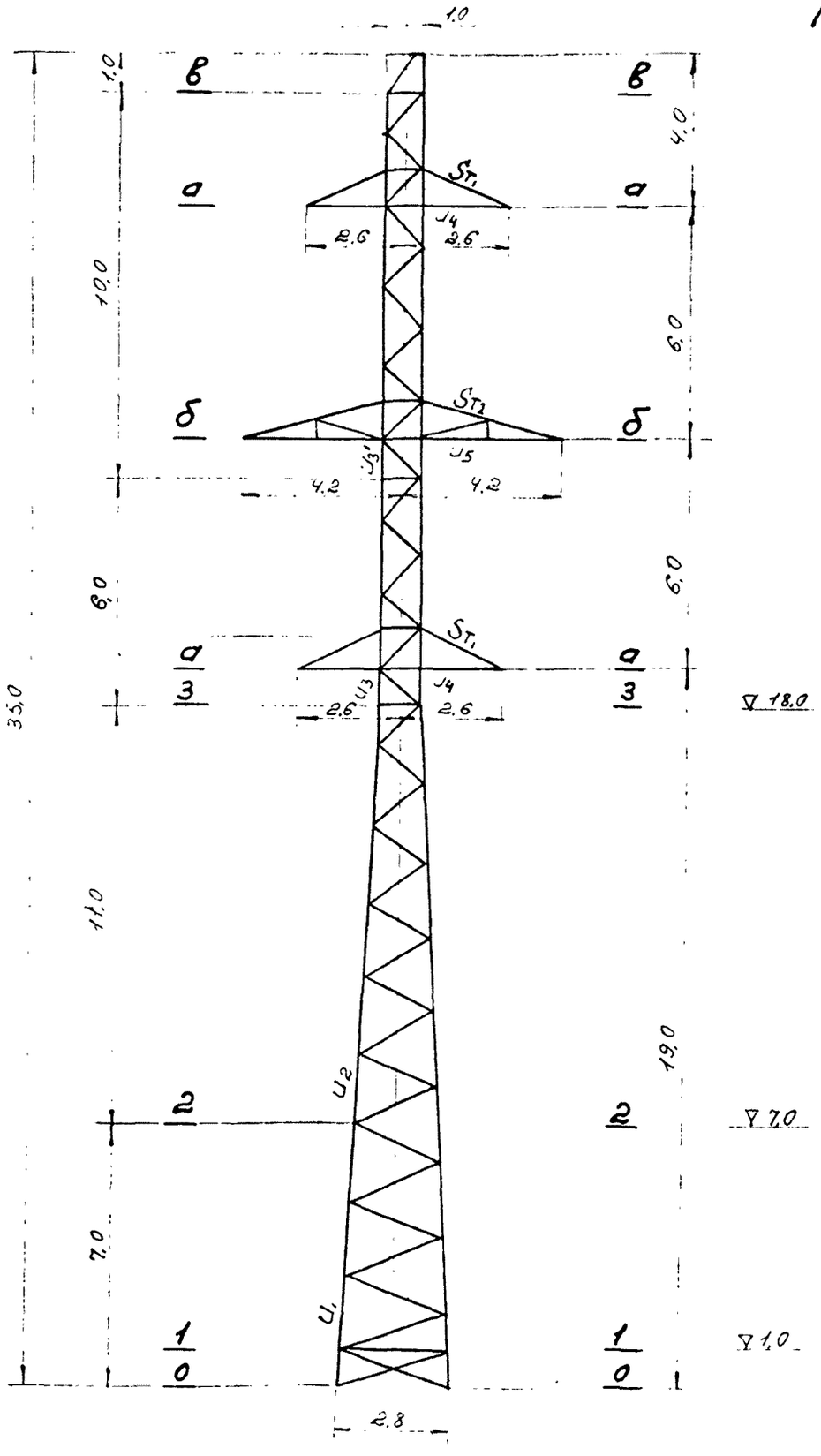
Сечение 3-3

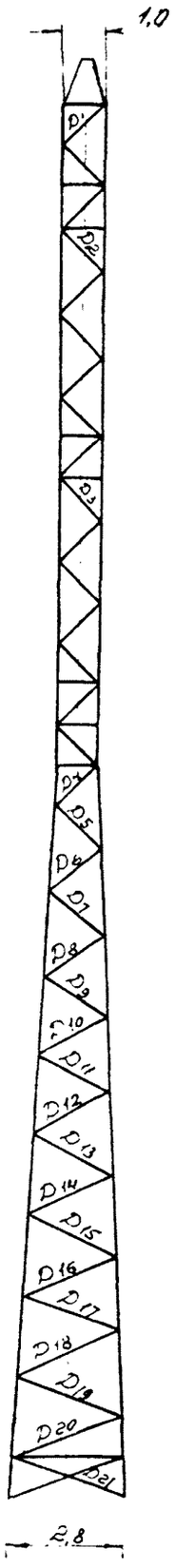


Сечение 1-1

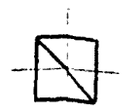


3078тм/5 м. 8/34

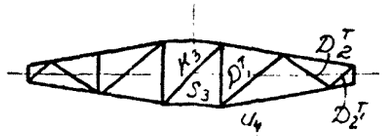




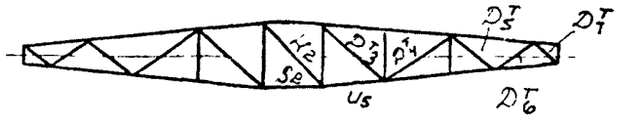
Сечение в-в



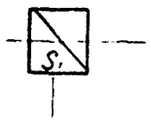
Сечение а-а



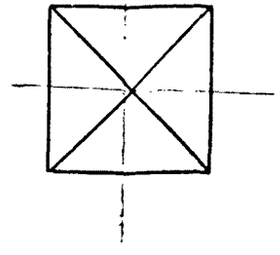
Сечение б-б



Сечение 3-3

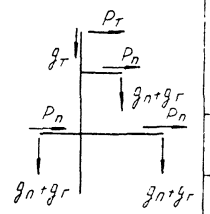
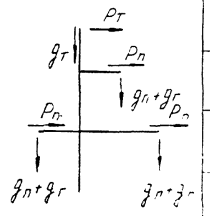
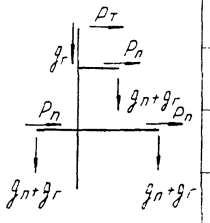


Сечение 1-1



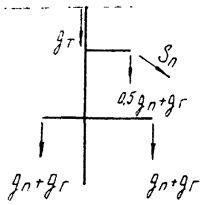
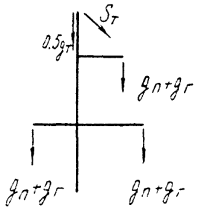
Нагрузки на одноцепную промежуточную опору П 150 – 1

Таблица N1

NN 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					
					l вес	475 м						460 м					
					l габ	380 м						370 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчёт.
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м²; $q_т^н=68$ кг/м²		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^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м²; $q_т^н=69$ кг/м²		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.	$t=-5°C$; $C=5$ мм; $q_n^н=12,5$ кг/м²; $q_т^н=17$ кг/м²; $C=10$ 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	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	$g_n+g_г$, $g_т$	660	—	890	290	—	405	880	—	1340	435	—	700

3078тм/5 л. 10/31

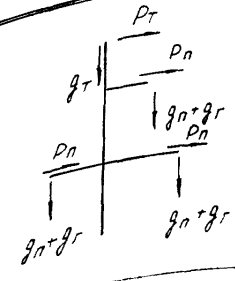
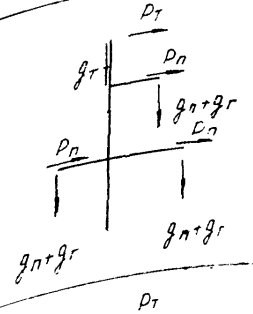
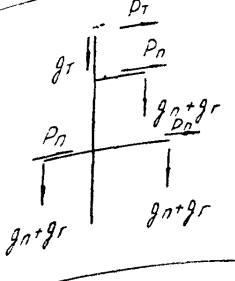
Продолжение таблицы N1

N№ схем	Расчётные схемы	Расчетные 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					
					l вес	475 м						460 м					
					l габ	380 м						370 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	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

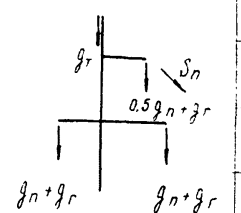
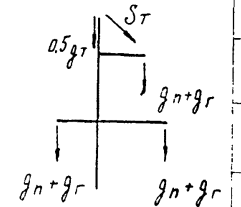
1. Высота центра тяжести троса 21,4 м
   Нормативный скоростной напор $q_т^н = 50 \times 1,39 = 69$ кг/м²
2. Для схем аварийного режима коэффициенты перегрузки умножены на коэффициент сочетания 0,8
3. Максимальное напряжение в трасе принято условно $\sigma_{т\,max} = 54$ кг/мм²
4. Нагрузки округлены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

Продолжение таблицы N1

NN схем	Расчётные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда АСО-240			III р-н гололеда С-50			IV р-н гололёда АСО-240			IV р-н гололёда С-50		
					l ветр	320 м						320					
					l вес	400 м						350 м					
					l габ.	320 м						280 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчетн.
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м²; $q_т^н=69$ кг/м²		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
I^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_n^н=50$ кг/м²; $q_т^н=69$ кг/м²		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 пролёта 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.	$t=-5°C$; $C=15$ мм; $q_n^н=14{,}0$ кг/м²; $q_т^н=17$ кг/м²; $t=5°C$; $C=20$ мм		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	$g_п$ $g_т$	370 620	1,1 2,0	405 1240	165 410	1,1 2,0	180 820	325 825	1,1 2,0	360 1650	145 585	1,1 2,0	160 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

3078 тм/5 л. 12/31

Продолжение таблицы №1

№№ схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					$C_{ветр}$	320 м						320 м					
					$C_{вес}$	400 м						350 м					
					$C_{габ}$	320 м						280 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.
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

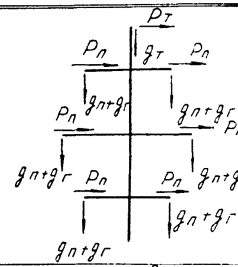
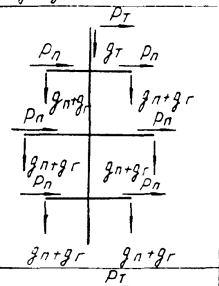
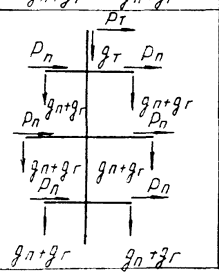
Примечания

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

3078тм/5 л. 13/32

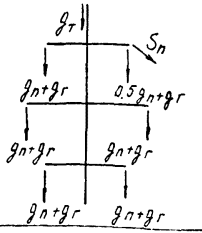
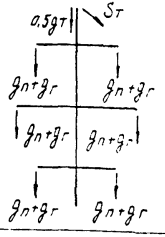
Нагрузки на двухцепную промежуточную опору П150-2

Таблица №2

NN схем	Расчётные 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					
					$l_{вес}$	475 м						460 м					
					$l_{габ}$	380 м						370 м					
						нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчетн.	нормат.	n	расчет.	нормат.	n	расчетн.
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=0$; $q_п^н=53$ кг/м²; $q_т^н=77$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ $P_т$	305	1,2	365	185	1,2	225	305	1,2	365	185	1,2	225
				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
I^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$t=-5°C$, $C=0$; $q_п^н=53$ кг/м²; $q_т^н=77$ кг/м²		Давление ветра на пролет провода, троса.	$P_п$ $P_т$	215	1,2	260	130	1,2	160	215	1,2	260	130	1,2	160
				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
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс.	$t=-5°C$; $C=5$ мм; $q_п^н=13$ кг/м²; $q_т^н=19$ кг/м²; $C=10$ мм;		Давление ветра на пролет провода, троса	$P_п$ $P_т$	150	1,4	210	130	1,4	185	200	1,4	280	205	1,4	290
				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	$g_п+g_г$ $g_т$	660	—	890	290	—	405	880	—	1340	435	—	700

3078тм/5 л. 14/31

Продолжение таблицы №2

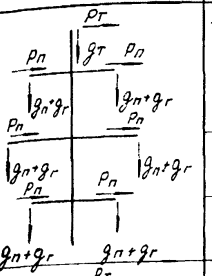
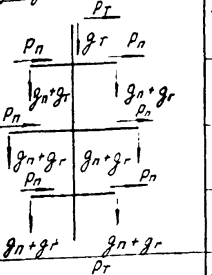
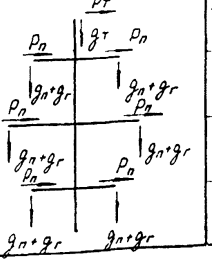
NN схем	Расчетные схемы.	Расчетные климатические условия.	Схемы нагрузок.	Род нагрузок		I р-н гололеда						II р-н гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					$l_{ветр}$	320 м						320 м					
					$l_{вес}$	475 м						460 м					
					$l_{габ}$	380 м						370 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.
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	1,3×0,8=1,04	1100	—	—	—	1250	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	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

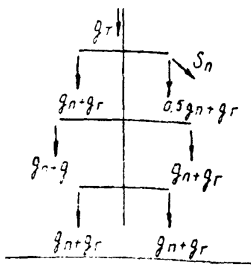
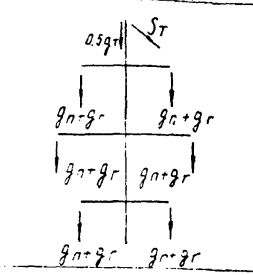
3078 тм/5 л. 13/51

Продолжение таблицы N2

NN схем	Расчетные схемы	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Род нагрузок	Обозначения	III район гололеда						IV район гололеда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					ℓ ветр	320м						320м					
					ℓ вес	400м						350м					
					ℓ гол	320м						280м					
						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.	$q_n^H = 54$ кг/м²; $q_T^H = 77$ кг/м²; $t°$ -5°С; С=0		Давление ветра на пролет провода, троса.	p_n	310	1,2	370	185	1,2	220	310	1,2	370	185	1,2	220
					p_T												
				Вес пролёт провода, троса	g_n	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
					g_T												
				Вес гирлянд изоляторов	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	160
					g_T												
I^a	Провода и трос не оборваны и свободны от гололёда. Ветер направлен под ∠45° к оси траверс.	$q_n^H = 54$ кг/м²; $q_T^H = 77$ кг/м²; $t°$ -5°С; С=0;		Давление ветра на пролёт провода, троса.	p_n	220	1,2	265	130	1,2	155	220	1,2	265	130	1,2	155
					p_T												
				Вес пролета провода, троса	g_n	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
					g_T												
				Вес гирлянд изоляторов.	$g_г$	40	1,1	45	—	—	—	40	1,1	45	—	—	—
				Суммарная вертикальная нагрузка	$g_n+g_г$	410	—	450	165	—	180	365	—	405	145	—	150
					g_T												
II	Провода и трос не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен вдоль оси траверс	$t°$ -5°С; С=15мм; $q_n^H = 114{,}0$ кг/м²; $t°$ -5°С; С=20мм; $q_T^H = 139$ кг/м²		Давление ветра на пролёт провода, троса.	p_n	280	1,4	390	285	1,4	400	330	1,4	460	355	1,4	495
					p_T												
				Вес пролёта провода, троса	g_n	370	1,1	405	165	1,1	180	325	1,1	360	145	1,1	160
					g_T	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	$g_n+g_г$	1030	—	1690	575	—	1000	1190	—	2055	730	—	1330
					g_T												

3078тм/5 л. 16/31

продолжение таблицы №2

№№ схем	Расчётные схемы.	Расчетные климатические условия	Схемы нагрузок	Ряд нагрузок	Обозначения	III р-н гололеда						IV р- гололёда					
						АСО-240			С-50			АСО-240			С-50		
					ℓ вета	320 м						320 м					
					ℓ вес.	400 м						350 м					
					ℓ гор.	320 м						280 м					
						нормат.	n	расчётн.	нормат.	n	расчётн.	нормат.	n.	расчетн.	нормат.	n	расчетн.
III	Оборван один провод дающий наибольший изгибающий или крутящий момент на опору	t=-5°C, C=0; $q^н$=0		Тяжение провода при обрыве	$S_п$	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—	1240	1,3×0,8=1,04	1290	—	—	—
				Вес пролёта 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 пролёта 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 Iª

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_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_ф = C_i \varphi = 1{,}4\varphi$	η при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. простран. 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 $П = 1{,}2$ (кг): При ветре ∥ траверсе $P_p = q_0 C_{пр} S \beta \eta$	При ветре под ∠45°: $P_\perp = 0{,}8P_p$ ⊥ траверсе	При ветре под ∠45°: $P_\parallel = 0{,}8P_p$ ∥ траверсе
Верхняя траверса	1,0; ▽25,5; 2,1	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	1,0; ▽19,5; 3,7	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	1,0; ▽19,5; 2,1	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	1,0; 10,0; ▽23,0; 1,0	1,42	71	2,34	10,00	0,234	0,328	0,790	0,587	416	333	333	675	540	540
Средняя секция	1,0; 11,0; ▽12,5; 2,1	1,00	50	3,10	17,00	0,182	0,255	0,880	0,48	408	326	326	660	528	528
Нижняя секция	2,1; 7,0; ▽3,5; 2,8	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 Iа

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 фермы f_i (м²)	Площадь по контуру S (м²)	Коэффициент заполнения $\varphi = \frac{f_i}{S}$	Аэродинамический коэффиц. плоской фермы $C_{ф} = C_{ф}\varphi = 1{,}4\varphi$	η (при $\frac{b}{h} = 1$)	Аэродинамический коэффиц. простран. 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 $П = 1{,}2$ (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	1,56	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	11,0; 1,0; ▽12,5; 2,1	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; 7,0; ▽3,5; 2,8	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 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 $P_{\perp} = 0{,}65 P_{тр}$; $P_{\parallel} = 0{,}15 P_{тр}$.

3078тм/5 л. 19/31

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

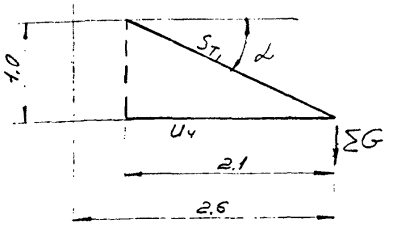
Расчет раскосов выполнен на машине на основании исходной формулы.

$$D = \frac{\frac{Q}{2} - \frac{M_{из}}{b} tg\gamma}{Cos(\beta+\gamma)} + \frac{M_{кр}}{2b\,Cos(\beta+\gamma)}$$

3078тм/5 л.№ 31

Расчет траверс

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



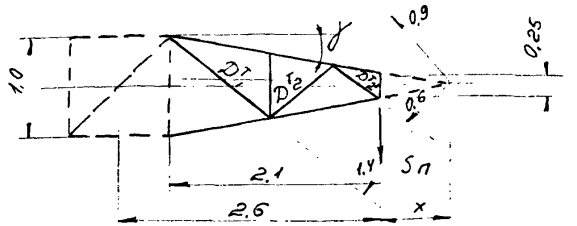
$$tg\alpha = \frac{1.0}{2.1} = 0.476$$

$$\cos\alpha = 0.903$$

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

$$\cos\gamma = 0.984$$

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



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

$S_П = 1.29$т; $g_П = 0.405$ т, $g_Г = 0.045$т, $g_Л = 0.15 \times 1.1 = 0.165$т

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

$$\Sigma G = 0.25 g_П + 0.5 g_Г + 0.5 g_Л + 0.25 G_{тр} = 0.25 \times 0.405 + 0.5 \times 0.045 +$$

$$+ 0.5 \times 0.165 + 0.25 \times 0.08 = 0.101 + 0.023 + 0.082 + 0.02 = 0.23\text{т}$$

$$U_П = \frac{1.29 \times 2.1}{1.0 \times 0.984} + \frac{0.23 \times 2.1}{1.0 \times 0.984} = 2.75 + 0.49 = 3.24\text{ т};$$

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

$S_П = 1.29$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

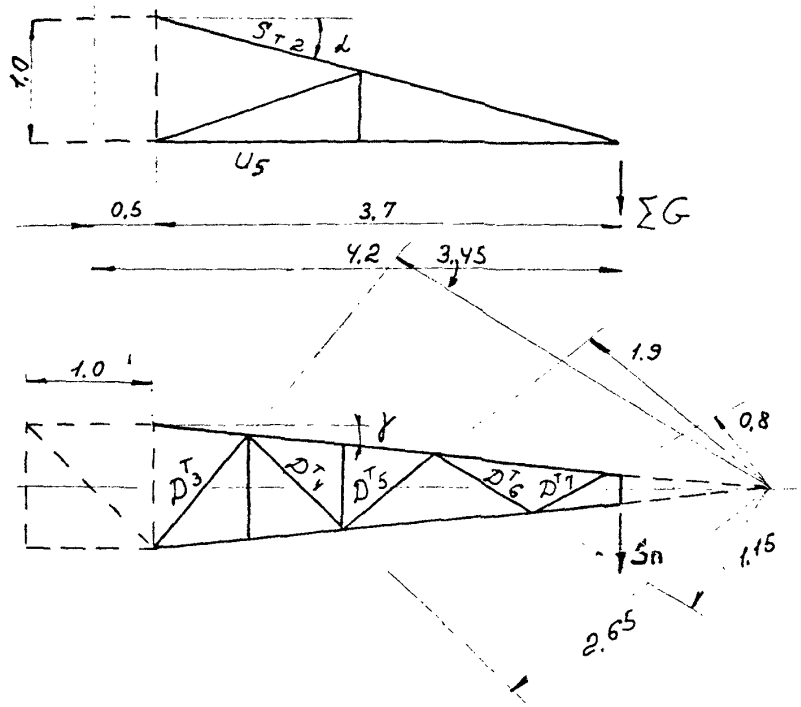
$g_п = 2{,}01$ т; $g_г = 0{,}045$ т; $G_{тр} \cong 0{,}07 \times 1{,}1 = 0{,}08$ т

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

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

$$S_{т_1} = \frac{1{,}04 \times 2{,}1}{1{,}0 \times 0{,}903 \times 0{,}984} = 2{,}57 \text{ т}$$

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



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

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

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

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

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

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

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

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

Усилия в раскосах нижней грани

Схема III; IV р-н гололеда;

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

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

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

$$D_8^т = \frac{1,6}{1,9} = 0,84т$$

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

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

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

$$S_{т2} = \frac{1,06 \times 3,7}{1,0 \times 0,965 \times 0,994} = 4,08т;$$

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

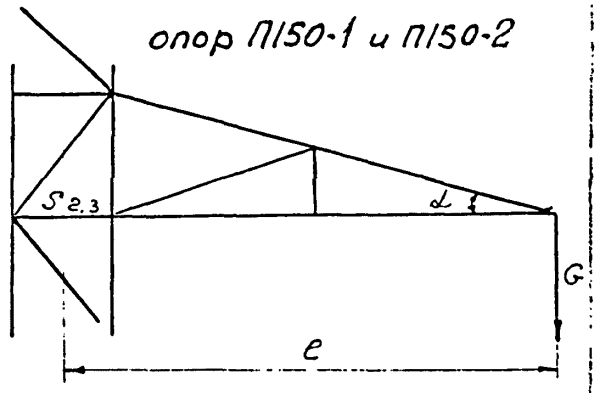
Расчет распорок и диафрагм

опор П150-1 и П150-2

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

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

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



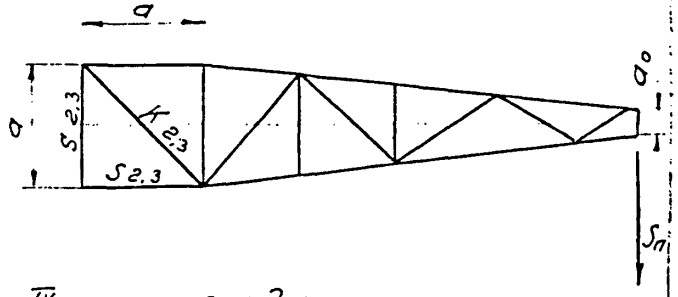


Схема III; $S_n = 1{,}29$ т; IV р-н гололеда

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

$$S_2' = \frac{1{,}29 \times 4{,}2}{2 \times 1{,}0} = 2{,}71 \text{ т}$$

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

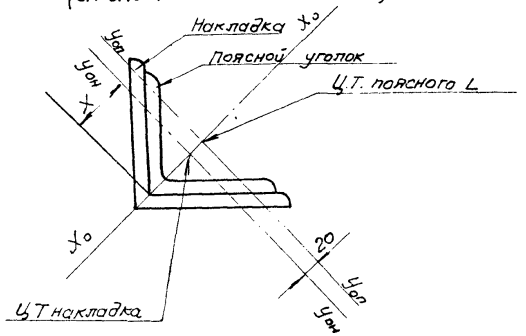
$$K_2 = \frac{1{,}29 \times 4{,}2}{1{,}64 \times 1{,}0} = 3{,}3 \text{ т}$$

*) 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 $\eta = 1,0$ $\quad m = \ell \frac{FX}{J_{yo}}$

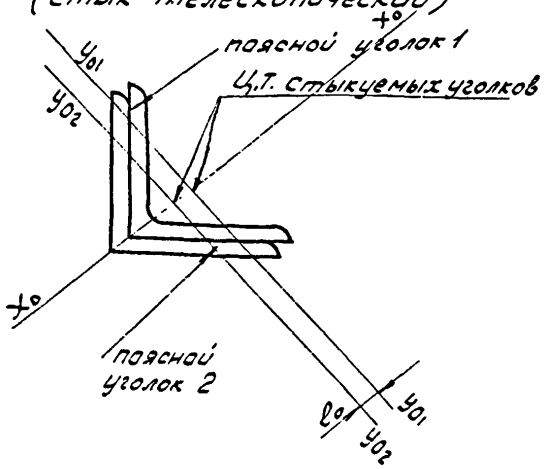
$$X = \frac{1,94}{0,707} = 2,74 \text{ см}; \quad J_{yo} = 15,5 \text{ см}^2$$

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

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

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

2. Стык средней и нижней секций
(стык телескопический)



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

$\angle 80\times6$ – поясной $\angle 1$
$\angle 90\times7$ – поясной $\angle 2$

$N = 12{,}14\,т$; $n_1 = 1{,}0$; $F = 9{,}38\,см^2$

$$\Lambda = \frac{200\times1{,}14}{2{,}47} = 92$$

$m_1 = \eta m$, где $\eta = 1{,}0$ $\quad m = l\frac{F x}{J_{y0}}$;

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

$l = 0{,}5 l_0 \qquad l_0 = \frac{(2{,}19+0{,}7) - 2{,}47}{0{,}707} = 0{,}594\,см$

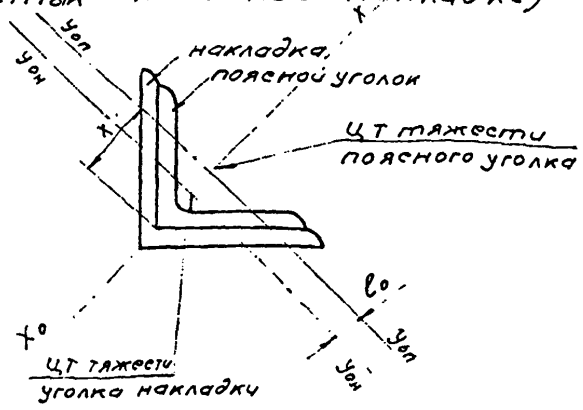
$m = 0{,}297 \quad \frac{9{,}38\times3{,}1}{23{,}5} = 0{,}37 \qquad m_1 = 0{,}37$

$\varphi_{вп} = 0{,}618 \qquad \sigma = \frac{12140}{1{,}0\times9{,}38\times0{,}618} = 2090\,кг/см^2 < [2100]\,\frac{кг}{см^2}$

Расчет стыков опоры П150-2

1. Стык верхних секций

(стык на одной накладке)



$$\sigma = \frac{N}{n_1 \varphi_{вп} F}; \qquad N = 8{,}74\ т;$$

$\angle 70 \times 6$ - поясной
$\angle 90 \times 7$ - накладка

$n_1 = 0{,}95$; $F = 8{,}15\ см^2$

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

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

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

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

$l_0 = \frac{0{,}17}{0{,}707} = 0{,}24\ см$ $\qquad e = 0{,}5 \times l_0 = 0{,}5 \times 0{,}24 = 0{,}12\ см$

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

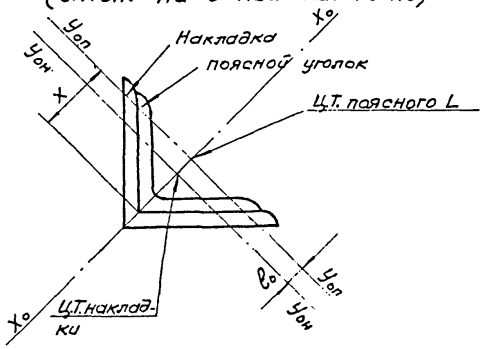
$$\varphi_{вп} = 0{,}769$$

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

3078 тм/5 л.29/31

№ 3078 тм-т5 283

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

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

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

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

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

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

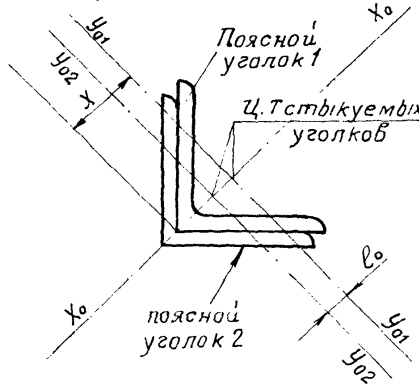
$\ell = 0{,}5 \times 0{,}38 = 0{,}19 см$

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

$\varphi_{вп} = 0{,}82$

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

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



L 110×8 – поясной №1

L 110×8 – поясной №2

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

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

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

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

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

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

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

$f_{вп} = 0{,}65$

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

Рассчитал: /Шокарева/
/Проверил: /Герасимова/

gost.e-ecolog.ru