

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные железобетонные
нормальные опоры ВЛ 110-330 кВ

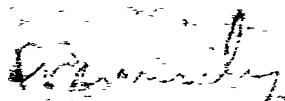
№ 407-4-20

Рабочие чертежи

ТОМ 6

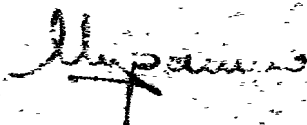
Расчет промежуточных опор
ВЛ 220-330 кВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ИНСТИТУТА



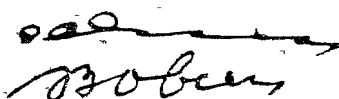
/С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА
ИНСТИТУТА



/М. РЕУТКИЙ/

ГЛАВНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ
ИНСТИТУТА



/Л. ЛЕВИН/

/В. ОБСЕНКО/

№3082тм - Т6

Листов (форматов) 38 (42)

МОСКВА - 1969 г.

МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
Г А А В Т Е Х С Т Р О Й П Р О Е К Т
ВСЕСОЮЗНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
« Э Н Е Р Г О С Е Т Ъ П Р О Е К Т »
СЕВЕРО - ЗАПАДНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ
НОРМАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 110-330 кВ

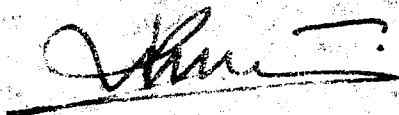
№ 407-4-20

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 6

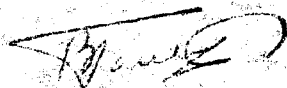
РАСЧЕТ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР
ВЛ 220-330 кВ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР



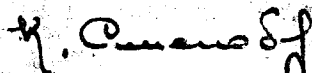
/К. КРЮКОВ/

ЗАМ. НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО
ОТДЕЛА



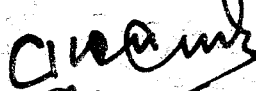
/В. ГАЛЬПЕРИН/

НАЧ. ОТДЕЛА ТИПОВОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ



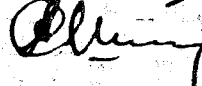
/К. СИНЕЛОБОВ/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ Т.О.



/А. КУРНОСОВ/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА



/С. ШТИН/

ЛЕНИНГРАД 1969 г.

Аннотация

Настоящий том содержит расчеты промежуточных свободностоящих опор ВЛ 220-330 кВ типового проекта "Унифицированные железобетонные нормальные опоры ВЛ 110-330 кВ."

Опоры рассчитаны на подвеску проводов марок АСО-300, АСО-400, 2х АСО-300, 2х АСО-400 в I-IV районах по гололеду и III районе по ветру, с грозозащитным тросом С-70.

Расчеты выполнены по методу предельных состояний.

Формат 630x330 мм, 182-200 1/16-64.

Состав проекта

- Том 1. Пояснительная записка N3082ТМ-Т1
- Том 2. Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 110-150кВ N3082ТМ-Т2
- Том 3. Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 220-330кВ N3082ТМ-Т3
- Том 4. Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 110кВ N3082ТМ-Т4
- Том 5. Расчет промежуточных опор ВЛ 110-150кВ N3082ТМ-Т5
- Том 6. Расчет промежуточных опор ВЛ 220-330кВ N3082ТМ-Т6
- Том 7. Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110кВ N3082ТМ-Т7
- Том 8. Калькуляция стоимости N3082ТМ-Т8
- Том 9. Патентный формуляр (хранится в ПК С.3.0) N3082ТМ-Т9

Размер с 30 эсп Зак 102-200 11/17-88г.

Содержание тома 6

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Титульные листы | N 3082TM-T6, л 1-3 |
| 2. Аннотация | N 3082TM-T6, л 4 |
| 3. Состав проекта | N 3082TM-T6, л 5 |
| 4. Содержание тома | N 3082TM-T6, л 6 |
| 5. Общая часть | N 3082TM-T6, л 7 |
| 6. Исходные данные для
расчета опоры ПБ 220-1
на ЭЦВМ | N 3082TM-T6, л 8-10 |
| 7. Таблица расчетных величин и пролетов
по опорному сечению | N 3082TM-T6, л 11, 22 |
| 8. Нагрузки | N 3082TM-T6, л 23-26 |
| 9. Расчет опоры ПБ 330-1 | N 3082TM-T6, л 12-21 |
| 10. Проверка прочности траверс
и металлических деталей | N 3082TM-T6, л 27-38 |

Регистр с 30 257 Зак 182-200 1/2-82.

Общая часть

Расчеты опор выполнены по методу предельных состояний в соответствии с указаниями ПУЭ-66, требованиями глав СНиП II-А. 10-62, II-А. 11-62, II-В. 1-62, II-В. 3-62*, II-И. 9-62, "Инструкции по расчету железобетонных опор и фундаментов к ним" инв. № 1070 тм и "Инструкцией по расчету стальных опор и фундаментов к ним" инв. № 1562 тм.

Статический расчет опоры ПБ 220-1 выполнен на ЭЦВМ типа М20 по "Программе расчета железобетонной свободностоящей опоры на ЭЦВМ типа М20" инв. № 3002 тм - т 19, алгоритм которой разработан в соответствии с инструкцией № 1070 тм. Пояснения к исходным данным для расчета см. общую часть тома № 3082 тм - т 5.

Портальная опора ПБ 330-1 рассчитана по методу сил. За расчетную схему при работе в нормальных режимах принято один раз статически неопределимая система, приведенная на рис. 2. При работе в аварийных режимах опора рассчитана как свободностоящая портальная конструкция с распределением реакций на стойки при обрыве консольного провода 1.0 и 0.0

Рис. 2. Опоры ПБ 156-100 тм. 1.0 и 0.0

Исходные данные для расчета железобетонной свободностоящей
опоры на ЭЦВМ типа М-20 по программе N3002 тм-т19

Опора ЛБ 220-1 стойка СК-4пр

Таблица N1

Обозначение	Провод	Провод	Провод	Провод	Провод	Провод	Провод	Провод
	АСО-400	АСО-400	АСО-400	АСО-400	АСО-400	АСО-400	АСО-400	АСО-400
	Трос С-50	Трос С-50	Трос С-50	Трос С-50	Трос С-50	Трос С-50	Трос С-50	Трос С-50
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Дн	61,95							
2. Дн	7,25							
3. Дв	39,80							
4. Дв	5,40							
5. Дв	$0,26 \cdot 10^{-2}$							
6. h	100							
7. С	0			1,5	2,0			
8. q ₁₅	$0,5 \cdot 10^{-2}$			$0,14 \cdot 10^{-2}$				
9. В	1							
10. h ₁	0							
11. h ₂	1600				1450			
12. h ₃	2150							
13. h ₄	2400							
14. h ₁	0							
15. h ₂	1750				1600			
16. h ₃	2250							
17. q _т	$0,623 \cdot 10^{-2}$							
18. q _{п1} ^{тп}	0							
19. q _{п2} ^{тп}	150							
20. q _{п3} ^{тп}	70							
21. q _{п1} ^{тп}	0							
22. q _{п2} ^{тп}	70							
23. q _{п3} ^{тп}	0							
24. С _{вес}	34000		34000		27500			
25. q _{пп}	$1,501 \cdot 10^{-2}$							
26. q _{пп}	$1,501 \cdot 10^{-2}$							
27. d _{пп}	2,72							
28. d _{пп}	2,72							
29. d _т	1,1							
30. С _{ветр.}	31500		27000		22500			
31. Р ₄	45							
32. Р _{1п}	0							

Ремонт с 30 сеп 3чк 182-210 11/10/82.

Продолжение таблицы №1

0	1	2	3	4	5	6	7	8
33. $\rho_{2л}$	480							
34. $\rho_{3л}$	280							
35. $\rho_{1л}$	0							
36. $\rho_{2л}$	280							
37. $\rho_{3л}$	0							
38. ν	$0,145 \cdot 10^{-4}$							
39. ν	220кб							
40. $\rho_{г}$	29000		28000		22000			
41. $\lambda_{г}$	240							
42. $\lambda_{т}$	50							
43. $\delta_{г}$	$0,9 \cdot 10^{-3}$							
44. $g_{г}$	90							
45. $K_{лн}$	0,5736							
46. N	0							
47. F_{a}	0							
48. $F_{н}$	21,8							
49. E_{a3}	$1,8 \cdot 10^6$							
50. γ_{a}	28,62							
51. $\gamma_{н}$	28,62							
52. R	500							
53. R_0	375							
54. R_{a}	2100							
55. $R_{н}$	10200							
56. R_{u}	290							
57. $R_{т}$	19,5							
58. R_{ac}	2100							
59. R_{nc}	3600							
60. R_{np}	232							
61. R_{a}^H	16000							
62. R_{p}^H	28							
63. R_{u}^H	440							
64. E_{a}	$2,1 \cdot 10^6$							

Результаты расчетов по Зак. 182-201 от 11.07.2002

Продолжение таблицы №1

0	1	2	3	4	5	6	7	8
65. Eδ	0,38·10 ⁶							
66. Eн	1,8·10 ⁶							
67. S	181,0							
68. S'	1,1							
69. ζ	0,7							
70. β ₁	400							
71. ψδ	0,9							
72. W _{ac}	0,55							
73. α	2,4							
74. C	2,0							
75. m _T	1,0(0,9)							
76. α _x	0,4							
77. R _{ax}	3150							
78. M _K	600000	350000	65200	600000				
79. U	3,0							
80. S _K	1250		1450	1250				
81. H _K	1600	2150	2400	1600				
82. h _з	330							
83. ψ	0,01							

Примечания: 1. Просчитать схемы по коду

а) 11122 с m_T = 1,0

б) 11121 с m_T = 1,0

m_T = 0,9

2. Характеристики верхнего сечения стойки

даны для отметки крепления троса,

стойка условно продлена на 1,3м.

Рис. 182. 205 1112. 532

Таблица расчетных величин в опорном сечении

Таблица №2

Шифр опоры (провод)	Исхемы в исход- ных данных	Расчетный режим	От нормативных нагрузок			От расчетных	
			M _п	α _т	Δ	M _п	1/ρ
			тм	см	см	тм	—
ПБ 220-1 (АСО - 400)	1	Нормальный режим I II р.г.	34,98	0	93,48	42,81	0,0000611
	3	Нормальный режим I III р.г.	30,94	0	—	37,35	—
	4	Нормальный режим II III р.г.	31,48	0	93,82	44,23	—
	5	Нормальный режим II IV р.г.	30,30	0	86,45	43,79	—
	1	Аварийный режим III (обрыв нижнего провода)	—	0	55,43	23,1	0,0000120
	2	Аварийный режим III (обрыв верхнего провода)	—	0	84,94	31,16	0,0000254
	3	Аварийный режим IV (обрыв троса)	—	0	—	40,4	—

Характеристики железобетонных стоек в опорном сечении

Таблица №3

NN п/п	Шифр стойки	M _{пп}	M _{пт}	Примечание
		тм	тм	
1	СК - 5	47,2	11,07	
2	СК - 5п	43,11	27,18	
3	СК - 5пр			

Форматер СЭО ЭСП Зах 182-250 11/11/88г.

Расчет опоры ПБ330-1

Эскиз опоры

Расчетная схема

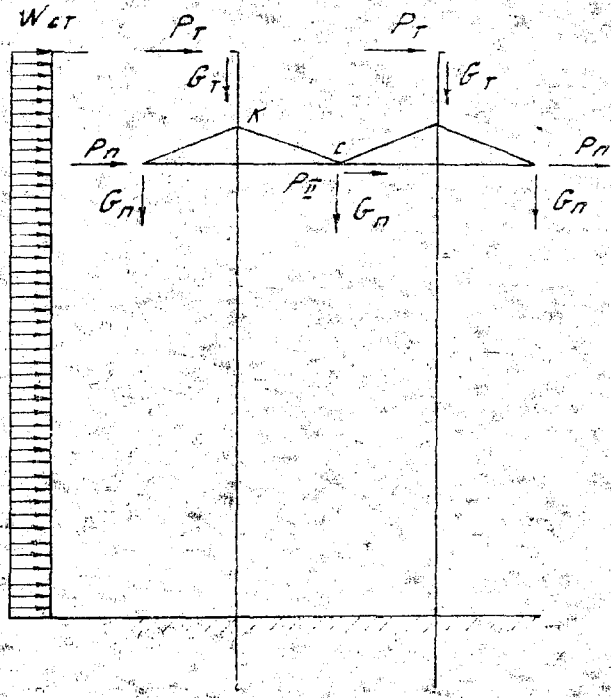


Рис. 1

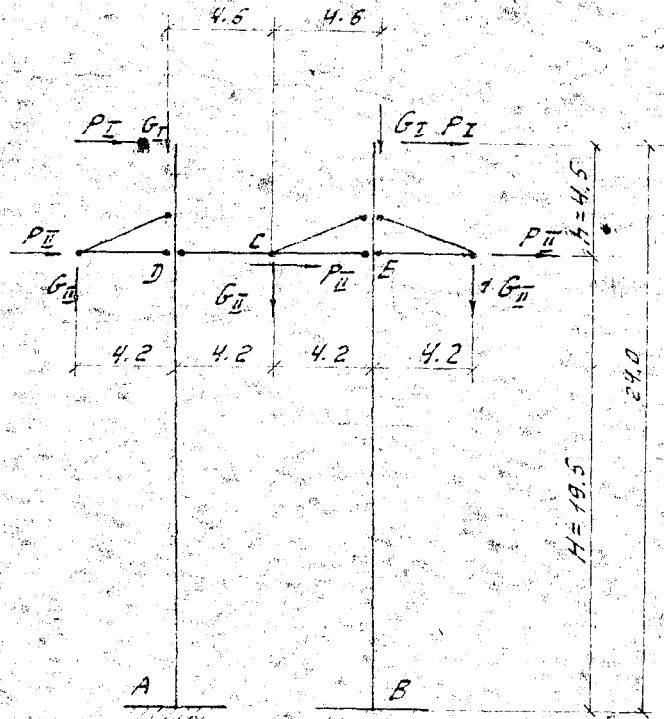


Рис. 2

Загружения основной системы единичными силами

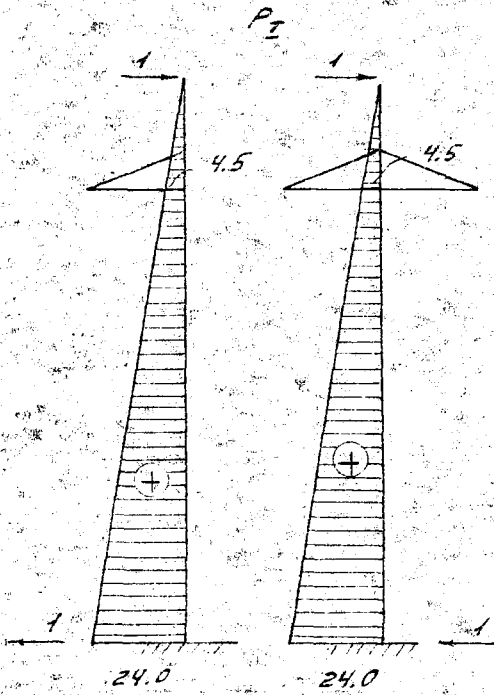


Рис. 3

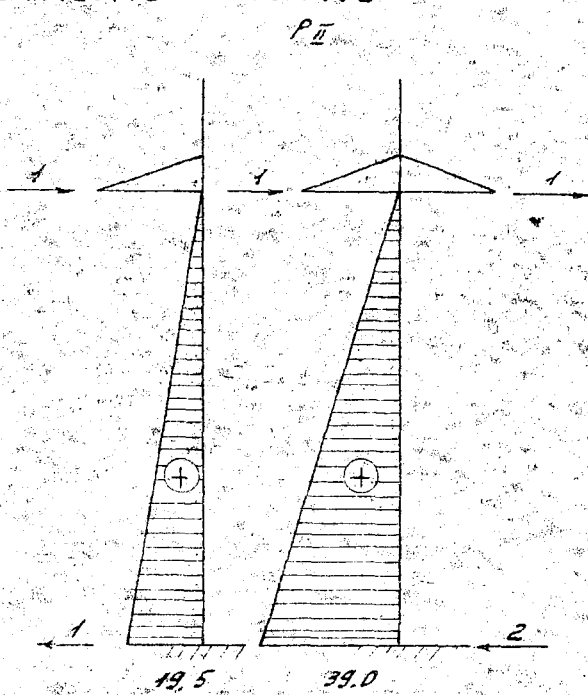


Рис. 4

Рольфс П.30.ЭП.Зак.156-100.22.18/11-65

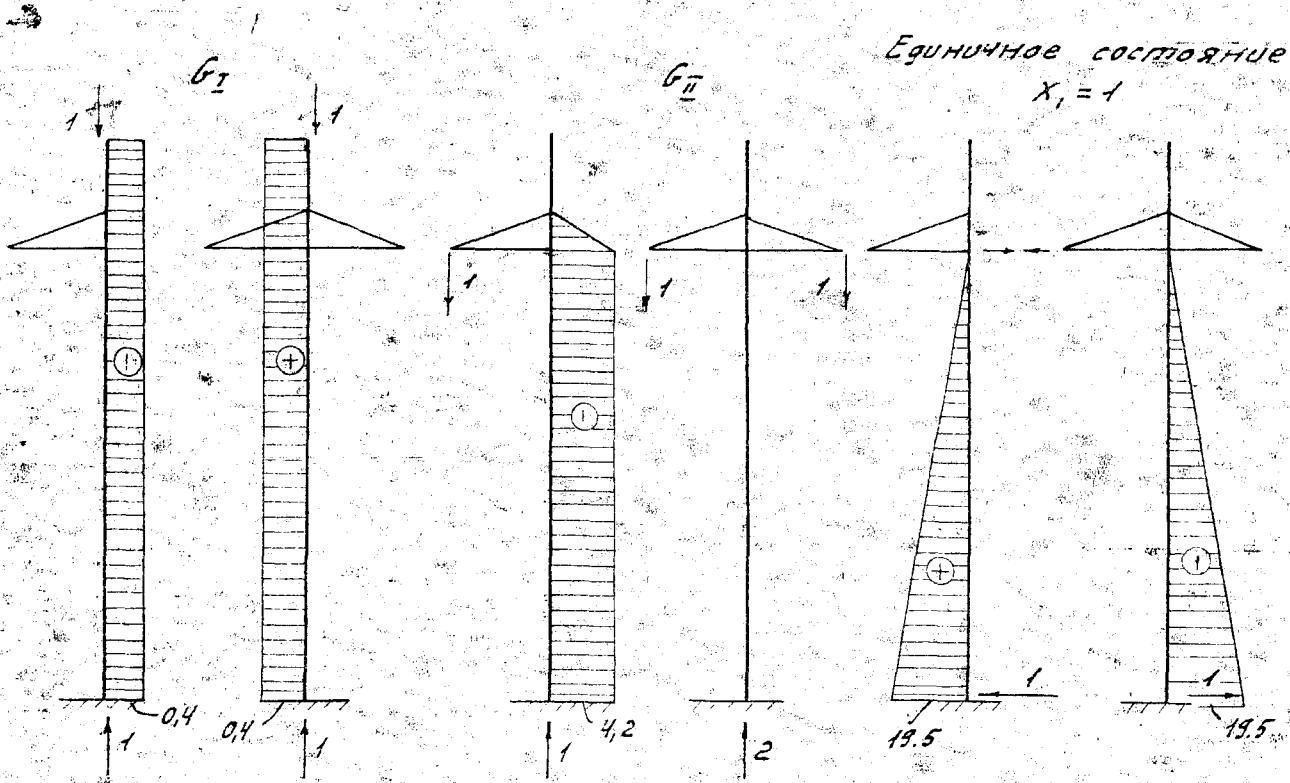


Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

Единичное состояние $X_1 = 1$

Расчетная схема рассматривается под действием приведенных нагрузок:

P_I - приведенная горизонтальная нагрузка в точке крепления троса

G_I - " " " " вертикальная " " "

P_{II} - " " " " горизонтальная нагрузка в точке крепления провода

G_{II} - " " " " вертикальная " " "

Ремонт СЗО вст Зад. 156-100 экз. 19/11/63г.

Основная система получена удалением
лишней связи ДС

Для удобства расчета основная система рас-
сматривается по действием каждой приведен-
ной нагрузки отдельно, а приведенные нагрузки
приняты равными 1 (сп. рис. 3, 4, 5, 6). На рис. 7 изобра-
жено единичное состояние $K_1 = 1$.

В расчете по нормальным схемам принято предпо-
ложение, что элементы траверсы в расчетной
схеме абсолютно жесткие, конечную жесткость
в имеют только стойки.

Коэффициенты канонических уравнений

$$\delta_{11} = \frac{1}{B} \cdot 2 \cdot \frac{19,5}{3} \cdot 19,5^2 = \frac{4946}{B}$$

$$\Delta_{1P1} = 0$$

$$\Delta_{1P2} = \frac{1}{B} \left(\frac{19,5^3}{3} - \frac{19,5^2 \cdot 39}{3} \right) = - \frac{2473}{B}$$

$$\Delta_{16I} = \frac{1}{B} \left(- \frac{19,5^2}{2} \cdot 0,4 \cdot 2 \right) = - \frac{152}{B}$$

$$\Delta_{16II} = \frac{1}{B} \left(- \frac{19,5^2}{2} \cdot 4,2 \right) = - \frac{799}{B}$$

Рисунки ДС 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Значения "лишних" неизвестных

$$X_{PI} = 0$$

$$X_{PII} = \frac{2473}{4946} = 0,5$$

$$X_{GI} = \frac{152}{4946} = 0,0307$$

$$X_{GII} = \frac{799}{4946} = 0,1615$$

Опорные моменты в расчетной схеме
от сил, равных 1

$$M_{AP_I} = 24$$

$$M_{BP_I} = 24$$

$$M_{AP_{II}} = 19,5 + 0,5 \cdot 19,5 = 29,25$$

$$M_{BP_{II}} = 39 - 0,5 \cdot 19,5 = 29,25$$

$$\begin{aligned} M_{AG_I} &= -0,4 + 0,0307 \cdot 19,5 = \\ &= -0,4 + 0,6 = +0,2 \end{aligned}$$

$$M_{BG_I} = 0,4 - 0,0307 \cdot 19,5 = -0,2$$

$$\begin{aligned} M_{AG_{II}} &= -4,2 + 0,1615 \cdot 19,5 = \\ &= -4,2 + 3,15 = -1,05 \end{aligned}$$

$$M_{BG_{II}} = -0,1615 \cdot 19,5 = -3,15$$

Опорные реакции от расчетных приведенных
сил определяются зависимостями

Опорные моменты

$$M_A = 24P_I + 0,2G_I + 29,25P_{II} - 1,05G_{II}$$

$$M_B = 24P_I - 0,2G_I + 29,25P_{II} - 3,15G_{II}$$

Решение 230 эса Заг 156-100 22 19/10-692

Эпюры изгибающих моментов в расчетной схеме от единичных приведенных сил

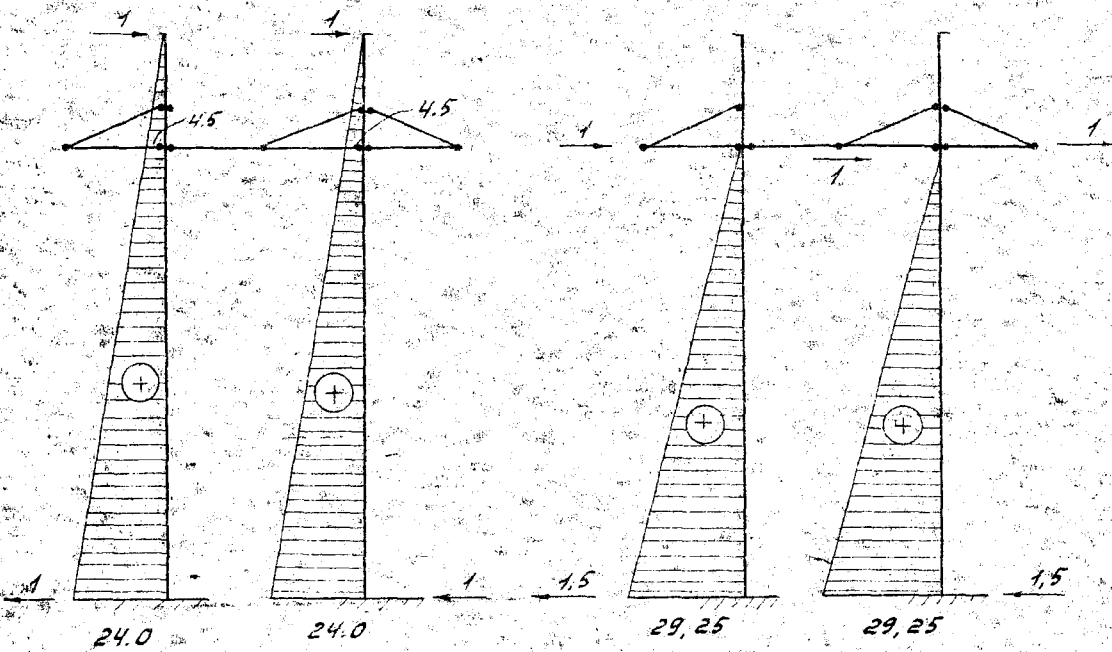
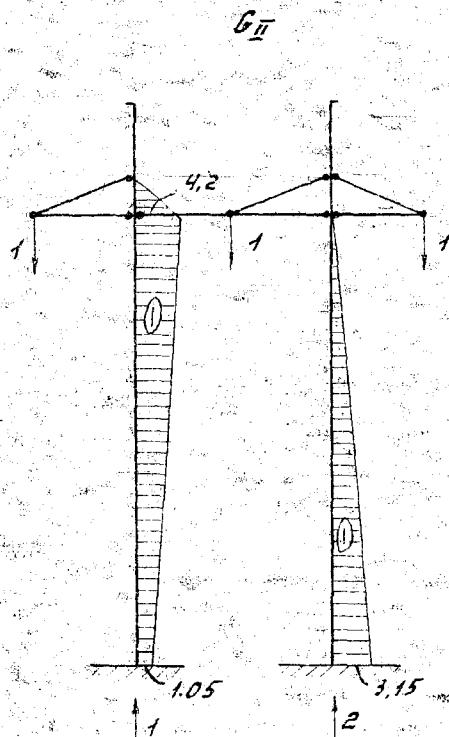
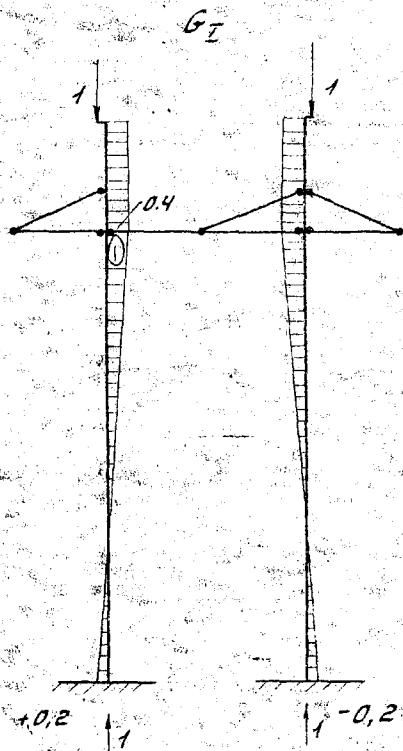


Рис. 8

Рис. 9



Рисунки 8-10 по стр. 15-16, 18-19, 21-22

Вертикальные опорные реакции

$$N_A = (G_I + G_{II}) + \frac{G_{оп}}{2}$$

$$N_B = (G_I + 2G_{II}) + \frac{G_{оп}}{2}$$

Горизонтальные опорные реакции

$$Q_A = P_I + 1,5P_{II} + 0,0307 \cdot G_I + 0,1615G_{II} + W \frac{H}{2} + Wh \left(1 - \frac{H + \frac{h}{2}}{H+h}\right)$$

$$Q_B = P_I + 1,5P_{II} - 0,0307 G_I - 0,1615 G_{II} + W \frac{H}{2} + Wh \left(1 - \frac{H + \frac{h}{2}}{H+h}\right)$$

Изгибающие моменты под траверсой

$$M_{Атр} = +4,5P_I + 0 \cdot P_{II} - 0,4G_I - 4,26P_{II}$$

$$M_{Втр} = +4,5P_I + 0 \cdot P_{II} + 0,4G_I + 0,6P_{II}$$

Приведенные нагрузки *

$$P_I = P_T + W_{ст} h \frac{H + \frac{h}{2}}{H+h} = P_T + W_{ст} \cdot 4,5 \cdot \frac{21,75}{24,0} = P_T + 4,08 W_{ст}$$

$$P_{II} = P_n + \frac{1}{3} P_{тр} + \frac{2}{3} W \frac{H}{2} = P_n + \frac{1}{3} P_{тр} + 6,5 W$$

$$G_{II} = g_n + g_r + 0,3$$

$$G_I = g_T$$

Нормальный режим I, II р. г.

провод 2х АСО - 400, трос С-70

$$P_T = 220 \text{ кг} \quad P_n = 935 \text{ кг} \quad W_{ст} = 16,8 \text{ кг/мм}$$

$$g_T = 290 \text{ кг} \quad g_n + g_r = 1635 \text{ кг} \quad P_{тр} = 60 \text{ кг}$$

$$P_I = 220 + 16,8 \cdot 4,08 = 220 + 69 = 289 \text{ кг}$$

$$P_{II} = 935 + \frac{60}{3} + 6,5 \cdot 16,8 = 935 + 20 + 109 = 1064 \text{ кг}$$

$$G_{II} = 1635 + 3,00 = 1935 \text{ кг}$$

$$G_I = 290 \text{ кг}$$

* Приведенные нагрузки получены по моменту в опорном сечении.

$$M_A = 24 \cdot 0,289 + 0,2 \cdot 0,29 + 29,25 \cdot 1,064 - 1,05 \cdot 1,935 =$$

$$= 6,94 + 0,058 + 31,15 - 2,03 = 35,12 \text{ мМ}$$

$$M_B = 24 \cdot 0,289 - 0,2 \cdot 0,29 + 29,25 \cdot 1,064 - 3,15 \cdot 1,935 =$$

$$= 6,94 - 0,058 + 31,15 - 6,1 = 31,93 \text{ мМ}$$

$$G_{on} \approx 15,0 \text{ м}$$

$$N_A = (0,29 + 1,935) + \frac{15,0}{2} = 2,225 + 7,5 = 9,725 \text{ м}$$

$$N_B = (0,29 + 2 \cdot 1,935) + \frac{15,0}{2} = 4,26 + 7,5 = 11,76 \text{ м}$$

$$Q_A = 0,289 + 1,5 \cdot 1,064 + 0,0307 \cdot 0,29 + 0,1615 \cdot 1,935 + \frac{0,0168 \cdot 19,5}{2} +$$

$$+ 0,0168 \cdot 4,5 \left(1 - \frac{19,5 + \frac{4,5}{2}}{19,5 + 4,5} \right) =$$

$$= 0,289 + 1,6 + 0,009 + 0,312 + 0,164 + 0,0072 = 2,38 \text{ м}$$

$$Q_B = 0,289 + 1,6 - 0,009 - 0,312 + 0,164 + 0,0072 = 1,74 \text{ м}$$

Нормальный режим II, IV р.г.

провод 2х АСО - 400, трос С-70

$$P_T = 355 \text{ кг}$$

$$P_n = 930 \text{ кг}$$

$$W_{ст} = 3,5 \text{ кг/мм}$$

$$g_T = 1485 \text{ кг}$$

$$g_n + g_T = 5210 \text{ кг}$$

$$P_{тр} = 15 \text{ кг}$$

$$P_I = 355 \text{ кг} + 4,08 \cdot 3,5 = 355 + 14 = 369 \text{ кг}$$

$$P_{II} = 930 + \frac{15}{3} + 6,5 \cdot 3,5 = 930 + 5 + 23 = 958 \text{ кг}$$

N3082ГМ-Т 6			Лист	
Литера			18	38

$$G_{II} = 5210 + 300 = 5510 \text{ кг}$$

$$G_I = 1485 \text{ кг}$$

$$M_A = 24 \cdot 0,369 + 0,2 \cdot 1,485 + 29,25 \cdot 0,958 - 1,05 \cdot 5,510 =$$

$$= 8,85 + 0,297 + 28,1 - 5,79 = 31,46 \text{ м}$$

$$M_B = 8,85 - 0,297 + 28,1 - 17,4 = 19,25 \text{ м}$$

$$N_A = 1,485 + 5,51 + 7,5 = 14,5 \text{ т}$$

$$N_B = 1,485 + 11,02 + 7,5 = 20,0 \text{ т}$$

$$Q_A = 0,369 + 1,5 \cdot 0,958 + 0,0307 \cdot 1,485 + 0,1615 \cdot 5,51 +$$

$$+ 0,0035 \cdot \frac{19,5}{2} + 0 = 0,369 + 1,44 + 0,0455 + 0,89 + 0,034 + 0 =$$

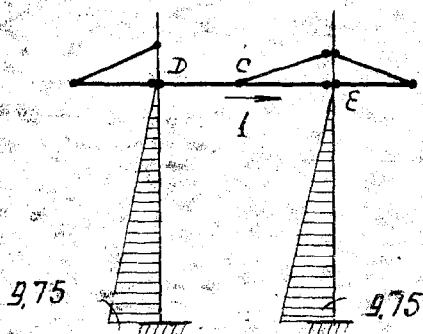
$$= 2,78 \text{ т}$$

$$Q_B = 0,369 + 1,44 - 0,0455 - 0,89 + 0,034 + 0 = 0,91 \text{ т}$$

Расчетным для опоры является нормальный режим I.

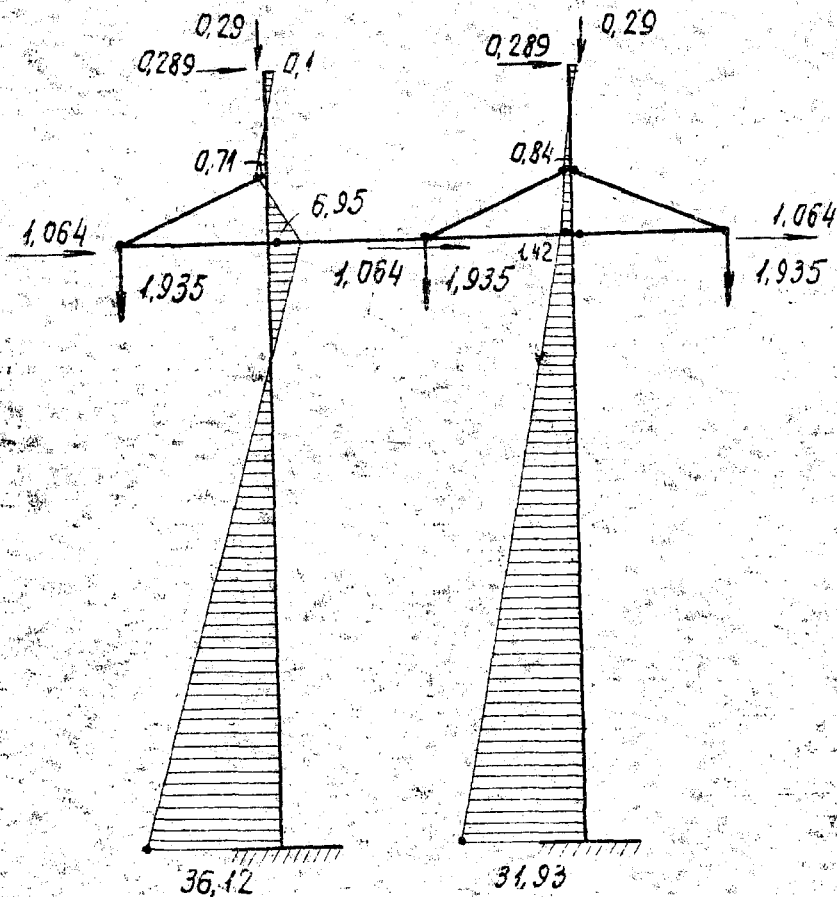
Определение горизонтального перемещения точки С (D и E) от нагрузок I^{го} нормального режима.

Единичное состояние.



N3082TM-T6				Лист	
Литера				19	38

Состояние загрузки нагрузками
нормального режима I



$$\Delta_{Pc} = \frac{1}{B_3} \left\{ \frac{19.5}{6} [2(36.12 \cdot 9.75 - 6.95 \cdot 0) + 0 - 6.95 \cdot 9.75] + \right.$$

$$\left. + \frac{19.5}{6} [2(31.93 \cdot 9.75 + 0) + 9.75 \cdot 1.42 + 0] \right\} =$$

$$= \frac{1}{B} (2020 + 2080) = \frac{4100}{B_3}$$

При $B_3 = 4 \cdot 10^3 \text{ тм}^2$ $\Delta_{Pc} \approx 1.0 \text{ м}$

Вес стойки на отметке траверсы условно
принят $G_{ст. прив} = 3.5 \text{ т}$.

Дополнительный момент для левой стойки

$$\Delta M_A \approx 3.5 \cdot 1.0 + (1.935 + 0.29) \cdot 1.0 = 3.5 + 2.225 = 5.73 \text{ тм}$$

То же для правой

$$\Delta M_B = 3.5 \cdot 1.0 + (2 \cdot 1.935 + 0.29) \cdot 1.0 = 3.5 + 4.16 = 7.66 \text{ тм}$$

Р-1000 230 50л 30л 156-100 323 19/11-69

N 3082 тм т б				Лист	
литера				20	38

Тогда

$$M_A = 36,12 + 5,73 = 41,85 \text{ тм} < M_{\text{лп}} = 43,11 \text{ тм}$$

$$M_B = 31,93 + 7,66 = 39,59 \text{ тм} < M_{\text{лп}} = 43,11 \text{ тм}$$

Эти моменты при уточнении за счет перемещения траверсы практически не изменяются и не превышают предельных для стойки

Аварийный режим III

Обрыв консольного провода, $S_{\text{л}} = 2080 \text{ кг}$

С учетом деформации опоры при обрыве консольного провода распределение обрывного усилия по стойкам принято 1,0 и 0,0, что

обеспечивает некоторый запас по прочности.

В этом случае изгибающий момент в опорном сечении равен

$$M_{\text{изг}} = 2,08 \cdot 1,0 \cdot 19,5 = 40,6 \text{ тм} < 43,11 \text{ тм}$$

Аварийный режим IV

Обрывное усилие по тросу $S_T = 1510 \text{ кг}$

Изгибающий момент в опорном сечении равен

$$M_{\text{изг}} = 1,51 \cdot 24,0 = 36,2 \text{ тм} < 43,11 \text{ тм}$$

Раммер, с. 66 Зак. 156-100 3/13 19/11-68г.

N 3082 ТМ-Т 6				Лист	
литера				21	38

Таблица расчетных пролетов для опор ВЛ 220 ÷ 330 кВ

Таблица № 4

Напряжение ВЛ [кВ]	Шифр опоры	Высота опоры [М]	Стрела провеса провода [М]	Пролеты	Марки проводов															
					АСО - 300				АСО - 400				2х АСО - 300				2х АСО - 400			
					Районы по гололеду															
					I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
220	ПБ220-1	16,0	6,6	ℓ _{зад.}	290	290	260	230	290	290	280	—	—	—	—	—	—	—		
				ℓ _{ветр.}	360	360	280	230	315	315	270	—	—	—	—	—	—	—		
				ℓ _{вес.}	360	360	325	285	360	360	340	—	—	—	—	—	—	—		
		14,5	5,1	ℓ _{зад.}	—	—	—	—	—	—	—	220	—	—	—	—	—	—		
				ℓ _{ветр.}	—	—	—	—	—	—	—	225	—	—	—	—	—	—		
				ℓ _{вес.}	—	—	—	—	—	—	—	275	—	—	—	—	—	—		
330	ПБ330-1	19,5	8,6	ℓ _{зад.}	—	—	—	—	—	—	—	—	335	335	295	265	335	335	300	285
				ℓ _{ветр.}	—	—	—	—	—	—	—	—	360	360	340	305	335	335	320	295
				ℓ _{вес.}	—	—	—	—	—	—	—	—	420	420	370	330	420	420	375	355

№3082ТМ-ТБ
 Лист 22/38

Нагрузки на опоры от проводов и тросов

Таблица № 5

№ схем	Характеристики схем	Расчетные климатич. условия	Схема нагрузок	Род нагрузок	Обозначение
I	Провода и тросы не оборваны и свободны от гололеда. Ветер направлен перпендикулярно оси ВЛ	$q = 50 \text{ кг/м}^2$ $t = -5^\circ\text{C}$ $C = 0$		Давление ветра на пролет провода	P_n
				Давление ветра на пролет троса	P_T
				Вес пролета провода	q_n
				Вес гирлянды изоляторов	q_r
				Вес пролета троса	q_T
II	Провода и тросы не оборваны и покрыты гололедом. Ветер направлен перпендикулярно оси ВЛ	$t = -5^\circ$ $q = 12,5 \text{ кг/м}^2$ $C = 5-10 \text{ мм}$ $q = 14 \text{ кг/м}^2$ $C = 15-20 \text{ мм}$		Давление ветра на пролет провода	P_n
				Давления ветра на пролет троса	P_T
				Вес пролета провода	q_n
				Вес гирлянды изоляторов	q_r
				Вес пролета троса	q_T
III	Оборваны провода одной фазы, дающие наибольший изгибающий и крутящий моменты на опору. Трос не оборван	$q = 0$ $t = -5^\circ\text{C}$ $C = 0$		Тяжения провода при обрыве	S_n
				Вес пролета провода	q_n
				Вес гирлянды изоляторов	q_r
				Вес пролета троса	q_T
IV	Оборван трос, провода не оборваны.	$q = 0$ $t = -5^\circ$ $C = 0$		Тяжение троса при обрыве	S_T
				Вес пролета провода	q_n
				Вес гирлянды изоляторов	q_r
				Вес пролета троса	q_T

Ремонт с. 30 стр. 344. 182-200 1/12-68.

Определение σ_7 для троса С-70

$d = 11 \text{ мм}$

$S = 72,58 \text{ мм}^2$

$g = 0,623 \text{ кг/мм}$

(ГОСТ 3063-66)

Таблица № 8

Шифр опоры	Провод, район, до гололёду	Габарит до земли Г [М]	$f_{пр}$ [М]	$\ell_{заб}$ [М]	h_{77} [М]	$f_{тр}^*$ [М]	$h_{у, тяж. троса}$ [М]	$h_{т}$	$g_{н}$ кг/м	$kg_{н}$ кг/мм	P_1 кг/мм	$P_2 = 0,9 \cdot \pi \cdot (d+c) \cdot 10^{-3}$ кг/мм	$P_3 = P_1 + P_2$	$P_5 = 1,2 \cdot 0,25 \cdot kg_{н} \cdot (d+2c) \times 10^2$ кг/мм	$P_7 = \sqrt{P_3^2 + P_5^2}$	$\sigma_7 = \frac{P_7}{S}$
ПБ 220-1	АСО-400 IV	7,0	6,6	250	4,7	$23,8 - (7,0 + 5,5 + 4,7) = 6,6$	$7,0 + 5,5 + 4,7 + \frac{6,6}{3} = 19,4$	1,34		68,0				$1,2 \cdot 14 \cdot 1,34 \cdot (11+40) \cdot 10^{-3} = 1,148$	$\sqrt{2,376^2 + 1,148^2} = 2,639$	$\frac{2,639}{72,58} = 0,0363$
			3,48	170	3,52	$17,0 - (7,0 + 3,0 + 3,52) = 3,48$	$7,0 + 3,0 + 3,52 + \frac{3,48}{3} = 14,08$	1,0	50		0,623	$0,9 \cdot \pi \cdot 20 \cdot (11+20) \cdot 10^{-3} = 1,753$	2,376	$1,2 \cdot 14 \cdot 1,148 \cdot 10^{-3} = 0,855$	$\sqrt{2,376^2 + 0,855^2} = 2,52$	$\frac{2,52}{72,58} = 0,0347$
ПБ 330-1	АСО-400 IV	7,5	8,6	285	5,25	$23,8 - (7,5 + 5,25) = 11,05$ Принято $f_{пр} = 8,6 \text{ м}$	$7,5 + 7,7 + \frac{8,6}{3} = 18,07$	1,25		62,5				$1,2 \cdot 1,25 \cdot 14 \cdot (11+40) \cdot 10^{-3} = 1,07$	$\sqrt{2,376^2 + 1,07^2} = 2,606$	$\frac{2,606}{72,58} = 0,03595$

* $f_{тр} = h_{те} - (Г + \alpha + h_{77})$, $h_{у, тяж. троса} = Г + \alpha + h_{77} + \frac{f_{тр}}{3}$, где Г - габарит до земли; α - расстояние между траверсами; h_{77} - расстояние между проводом и тросом в пролете по ПУЭ-66.
 ** При $f_{тр} > f_{пр}$ принимается $f_{тр} = f_{пр}$, а $h_{77} = h_{т} = 7,7$

Определение σ_{max} в тросе

Таблица № 9

Задаются проектировщиком										Вычисляются											
Шифр опоры	Провод	Трос	Пролет $\ell_{заб}$ [М]	Район по гололёду	Стрела провеса провода $t = +15^\circ$, $c=0, g=0$ [М]	Наибольшая приближенная нагрузка на трос $\sigma_{т} \cdot 10^3$ кг/мм ²	Превышение троса над верхним проводом на опоре $h_{т}$ [М]	Превышение троса над верхним проводом в пролете h_{77} [М] (по ПУЭ п. 5-77)	$\Delta f = 9 - 8$	$f_{т} = 5 - 10$	$A = 5,34 \cdot \frac{f_{т}^2}{\rho^2} - 10,6 \cdot \frac{\rho^2}{f_{т}} - 4,8$	$B = 8,34 \cdot \sigma_{т}^2 \cdot 10^6 \cdot \rho^2$	$\sigma_{т}^2$	$8,34 \cdot \sigma_{т}^2$	$B = \sigma_{т}^2 (6 + A)_{max}$	$\sigma_{т, max}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ПБ 220-1	АСО-400	С-70	250	IV	5,99	36,3	10,2	4,7	0	5,99	35,85	6,25	5,74	30,6	10,45	11,09	14,71	1319	11000	68700	36,6
Ан.чш			170	V	2,5	31,7	3,5	3,52	0	4,25	18,1	4,41	4,1	21,9	1,04	11,21	6,11			48540	38,6
ПБ 330-1	АСО-400		285	IV	8,0	35,95	7,7	5,25	0	8,00	64,00	8,13	7,88	42,1	1,017	10,79	26,51	1292	10780	31800	32,4
																				29000	37,1

Примечание: * При $\Delta f < 0$, принимается $\Delta f = 0$

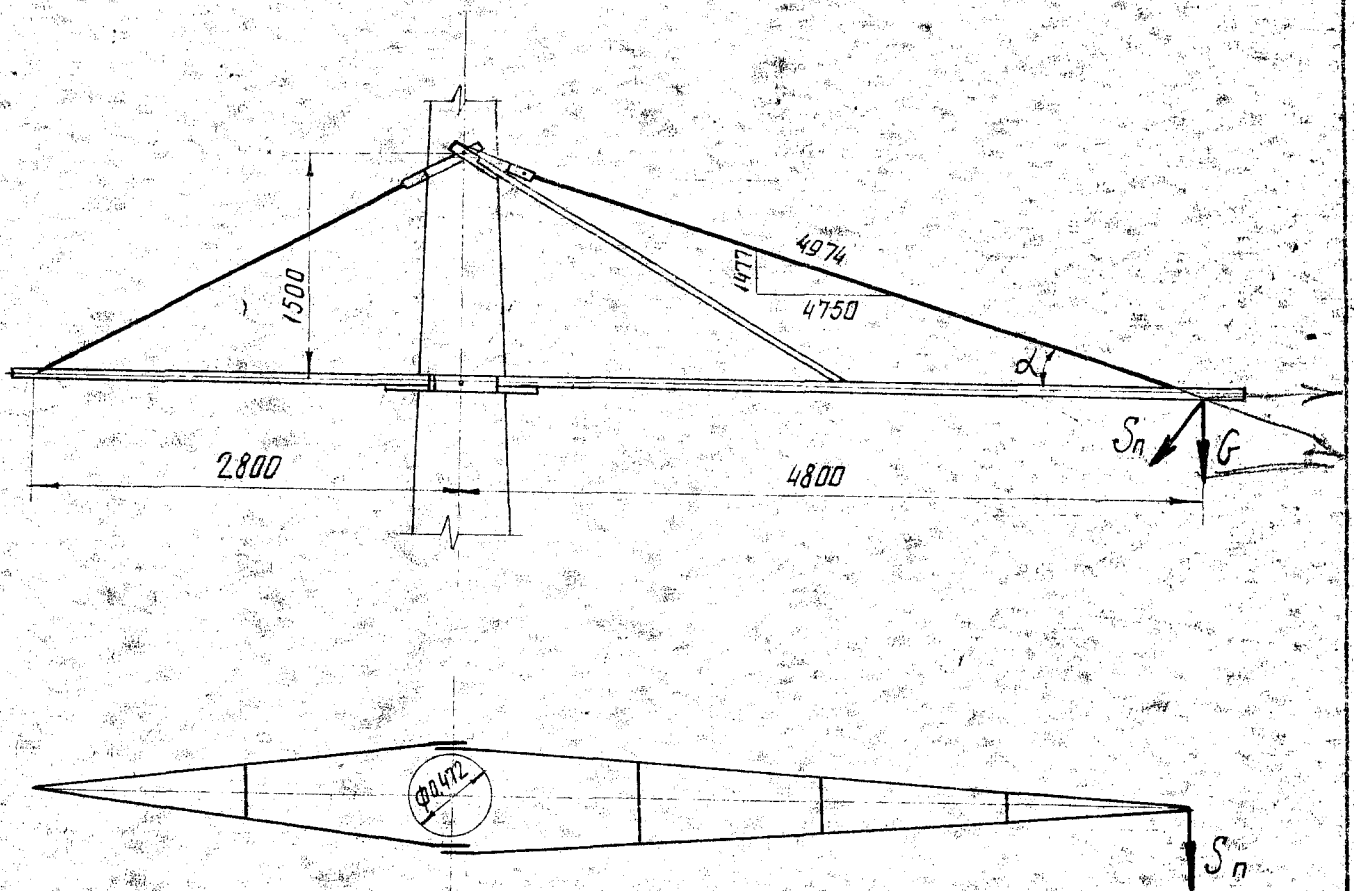
σ_{max} принято для обеих опор 40 кг/мм^2

Проверка прочности траверс и
металлических деталей

Рамы для зак. 155-100 эл. 19/11-69г

N 3082 _{TM-T6}				Лист	
Литера				27	38

Траверса Б 12 (опора ПБ 220-1)



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1477}{4750} = 0,3105 \quad \alpha = 17^{\circ} 15' \quad \operatorname{Sin} \alpha = 0,2966 \quad \operatorname{Cos} \alpha = 0,9551$$

Расчет тяг траверсы

Расчетным для тяг траверсы является нормальный режим II, IV р.г, провод АСО-400

$$G_{\text{тр}} = 170 \text{ кг} \quad g_n = 6,991 \text{ кг/м} \quad L_{\text{вес}} = 310 \text{ м} \quad g_{\Gamma} = 95 \text{ кг}$$

Усилие в тяге

$$S_{\Gamma} = \frac{85 + 6,991 \cdot 310 + 95}{0,2966} = \frac{180 + 2165}{0,2966} = 7910 \text{ кг}$$

Контур 330 эсг. Лист 182-220 4/17-684

N3082ТМ ТБ			Лист	
Литера			28	38

Тяга выполнена из $\phi 24$ мм $F = 4,524 \text{ см}^2$

$$\sigma = \frac{7910}{4,524} = 1750 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Марка Б 331 выполнена из $\phi 24$ мм

Площадь ослабленного сечения (по резьбе)

$$F_{нт} = 3,09 \text{ см}^2$$

$$\sigma = \frac{7910}{2 \cdot 3,09} = 1280 \text{ кг/см}^2 < 1700 \text{ кг/см}^2$$

Болт в узле "тяга - стойка" $\phi 30$ мм $F = 7,069 \text{ см}^2$

$$\sigma = \frac{7910}{2 \cdot 7,069 \cdot 0,75} = 746 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2$$

Расчет поясов траверсы

Для поясов траверсы расчетным является аварийный режим III (обрыв провода), провод АСО-400, III район по гололеду

$$S_n = 1300 \text{ кг} \quad g_n = 1,651 \text{ кг/мм} \quad g_r = 95 \text{ кг} \quad G_{тр} = 170 \text{ кг}$$

$$L_{врс} = 350 \text{ м} \quad G_{ляльки} = 150 \cdot 1,1 = 165 \text{ кг}$$

Усилие в поясе

$$U_n = \frac{1300 \cdot 4,8}{0,492} + \frac{(0,5 \cdot 1,651 \cdot 350 + 95 + 85 + 165) \cdot 4,8}{4,75 \cdot 2 \cdot 0,3105} =$$

$$= 12700 + 1030 = 13730 \text{ кг}$$

Пояс выполнен из $L 90 \times 7$ $F = 12,3 \text{ см}^2$

$$z_x = 2,77 \text{ см}$$

$$z_{\min} = 1,78 \text{ см}$$

$$l_n = 240 \text{ см}$$

$$l_n' = 120 \text{ см}$$

$$\lambda = \frac{240}{2,77} \approx 87$$

$$\lambda' = \frac{120}{1,78} \approx 67$$

$$\psi = 0,708$$

$$\psi' = 0,825$$

$$\sigma = \frac{13730}{0,708 \cdot 12,3} = 1580 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Болты в узле крепления „пояс - тяга“

3 болта $\phi 24 \text{ мм}$

на срез $F_{\sigma} = 4,524 \text{ см}^2$

$$\sigma = \frac{13730}{3 \cdot 4,524} = 1010 \text{ кг/см}^2 < 1300 \text{ кг/см}^2$$

Болт в узле крепления „пояс - стойка“

$\phi 36 \text{ мм}$ $F = 10,18 \text{ см}^2$

на срез $\sigma = \frac{13730}{10,18} = 1350 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2$

Проверка поясов траверсы в нормальном режиме II, IV р.э

Усилие в поясе

$$N = \frac{(180 + 2165) \cdot 4,8}{2 \cdot 0,3105 \cdot 4,75} = \frac{2345 \cdot 4,8}{2 \cdot 0,3105 \cdot 4,75} = 3820 \text{ кг}$$

$$\lambda' = \frac{0,5 \ell_{\text{тр}}}{z_{\text{мин}}} = \frac{240}{1,78} = 135 \angle 150 \quad \psi = 0,38$$

$$\sigma = \frac{3820}{0,38 \cdot 12,3} = 816 \text{ кг/см}^2 < 0,5 \cdot 2400 = 1050 \text{ кг/см}^2$$

Траверса Б 10

$$\tan \alpha = \frac{977}{2800} = 0,3495 \quad \alpha = 19^\circ 16' \quad \sin \alpha = 0,331 \quad \cos \alpha = 0,944$$

Расчет тяг траверсы

Расчетным для тяг траверсы является нормальный режим II, IV район по гололеду, провод АСО-400

$$G_{\text{тр}} = 80 \text{ кг} \quad g_n = 6,991 \text{ кг/м} \quad \ell_{\text{вес}} = 310 \text{ м} \quad g_r = 95 \text{ кг}$$

Усилие в тяге

$$S_T = \frac{40 + 6,991 \cdot 310 + 95}{0,331} = \frac{135 + 2165}{0,331} = 6950 \text{ кг}$$

Рисунки С.30 Сеп. 3ав. 156-100 3ав. 19/10-69

N3082ТМ-ТБ				Лист	
литера				31	38

Тяга выполнена из $\phi 24$ мм $F = 4,524 \text{ см}^2$

$$\sigma = \frac{6950}{4,524} = 1535 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Болт в узлах "стойка - тяга" и "тяги - пояс"
 $\phi 24$ мм $F = 4,524 \text{ см}^2$

$$\sigma_{\text{среза}} = \frac{6950}{2 \cdot 4,524} = 768 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2$$

Расчет поясов траверсы

Для поясов траверсы расчетным является аварийный режим III (обрыв провода), провод АСО-400, III район по гололеду

$$S_n = 1300 \text{ кг} \quad g_n = 1,651 \text{ кг/мм} \quad g_r = 95 \text{ кг} \quad \sigma_{\text{тр}} = 80 \text{ кг}$$
$$P_{\text{вес}} = 350 \text{ кг} \quad g_{\text{ляльки}} = 165 \text{ кг}$$

Усилие в поясе

$$C_n = \frac{1300 \cdot 2,8}{0,421} + \frac{0,5 \cdot 1,651 \cdot 350 + 95 + 40 + 165}{2 \cdot 0,3495} =$$
$$= 8630 + 842 = 9472 \text{ кг}$$

Пояс выполнен из $\angle 80 \times 6$ $F = 9,38 \text{ см}^2$

$$z_x = 2,47 \text{ см} \quad z_{\text{min}} = 1,58 \text{ см}$$

$$\lambda = \frac{280}{2,47} = 113$$

$$\lambda' = \frac{140}{1,58} \approx 89$$

$$\varphi = 0,499$$

$$\varphi' = 0,696$$

N 3082 ТМ-ТБ				Лист	
литера				32	38

Результат 030 Зен 300 456-100 303 19/10-682

$$\sigma = \frac{9472}{0,499 \cdot 9,38} = 2030 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Болты в узле „пояс-тяга“

3 болта ϕ 20 мм $F = 3,142 \text{ см}^2$

$$\sigma = \frac{9472}{3 \cdot 3,142} = 1005 \text{ кг/см}^2 < 1300 \text{ кг/см}^2$$

Проверка болта в узле „пояс-стойка“

ϕ 36 мм $F = 10,18 \text{ см}^2$

на срез $\sigma = \frac{9472}{10,18} = 930 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2$

Проверка поясов траверсы в нормальном режиме

Усилие в поясе

$$U = \frac{(135 + 2165) \cdot 2,8}{2 \cdot 0,3495 \cdot 2,75} = 3350 \text{ кг}$$

$$\lambda = \frac{0,75 \cdot 280}{1,78 \cdot 1,58} = 118$$

$$\varphi = 0,464$$

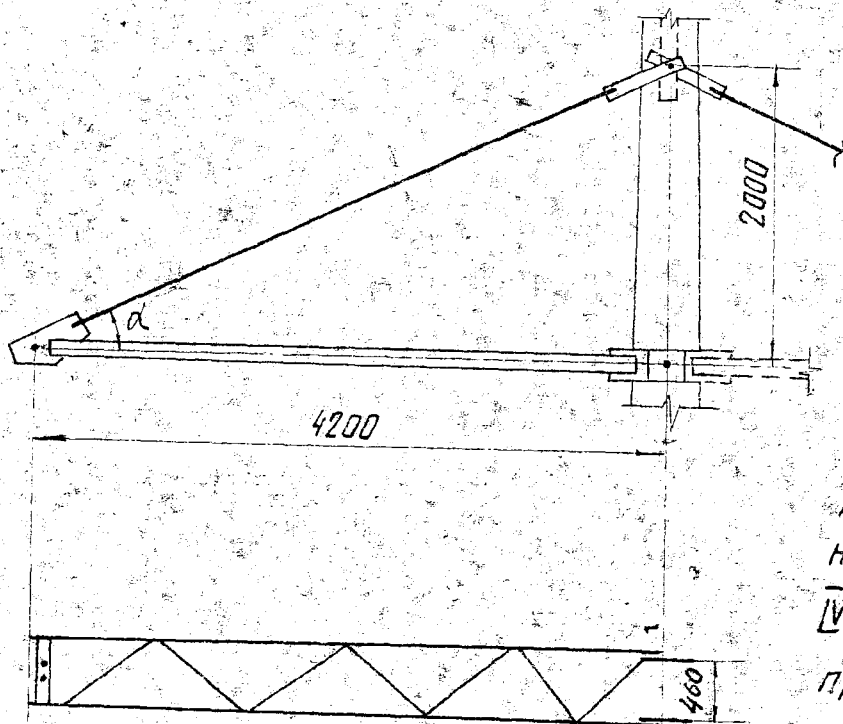
$$\sigma = \frac{3350}{0,464 \cdot 12,3} = 588 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

$$\lambda' = \frac{140}{1,78} \approx 79$$

$$\varphi = 0,756$$

$$\sigma = \frac{3350}{0,756 \cdot 12,3} = 360 \text{ кг/см}^2 < 0,5 \cdot 2100 = 1050 \text{ кг/см}^2$$

Траверса Б 13



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2,0}{4,2} = 0,476$$

$$\alpha = 25^{\circ} 27'$$

$$\cos \alpha = 0,9022$$

$$\sin \alpha = 0,4297$$

Расчет тяг
траверсы

Расчетным является
нормальный режим II,
IV район по гололеду,
провод 2x АСО-400

$$G_{тр} = 200 \text{ кг}$$

$$G_n + G_r = 5210 \text{ кг}$$

Усилие в тяге

$$S_T = \frac{5210 + 0,5 \cdot 200}{2 \cdot 0,4297} = \frac{5310}{0,8594} = 6200 \text{ кг}$$

Тяга выполнена из $\phi 20 \text{ мм}$ $F = 3,142 \text{ см}^2$

$$\sigma = \frac{6200}{3,142} = 1970 \text{ кг/см}^2 < 2400 \text{ кг/см}^2$$

Болт в узле "тяга - стойка" $\phi 36 \text{ мм}$ $F = 10,18 \text{ см}^2$

$$\tau_{ср} = \frac{6200}{10,18} = 610 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2$$

Расчет поясов траверсы

Расчетным является аварийный режим III
(обрыв 2x АСО-400), II р. г.

$$S = 2080 \text{ кг} \quad 0,5 G_n + G_r = 940 \text{ кг}$$

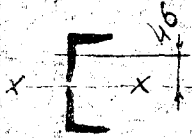
$$G_{тр} = 200 \text{ кг}$$

N3082ТМ-Т Б				Лист	
литера				34	38

Ремонт СЭП ЗСК Зав. 156-100 ЭЭ. №11-692

$$U_n = \frac{2080 \cdot 4,2}{0,460} + \frac{940 + 0,5 \cdot 200}{2 \cdot 0,9022} = 19000 + 576 = 19576 \text{ кг}$$

Пояс выполнен из 2^х уголков $\angle 63 \times 5$ $F = 2 \cdot 6,13 = 12,26 \text{ см}^2$



$$J_{x-x} = 2 \cdot 23,1 + 2 \cdot 6,13 \cdot 4,6^2 = 46,2 + 260 = 306,2 \text{ см}^4$$

$$z_x = \sqrt{\frac{J_{x-x}}{F}} = \sqrt{\frac{306,2}{12,26}} = 5,0 \text{ см} \quad (\eta_n = 1,14 \text{ (т.к. раскосы крепятся к поясу одним болтом)})$$

$$\lambda = \frac{356}{5,0} \cdot 1,14 = 81 \quad \varphi = 0,744$$

$$\sigma = \frac{19576}{0,744 \cdot 12,26} = 2100 \text{ кг/см}^2 = 2100 \text{ кг/см}$$

Болт в узле "пояс - стойка" $\phi 42 \text{ мм}$

$$F = 13,85 \text{ см}^2$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{19576}{13,85} = 1410 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2$$

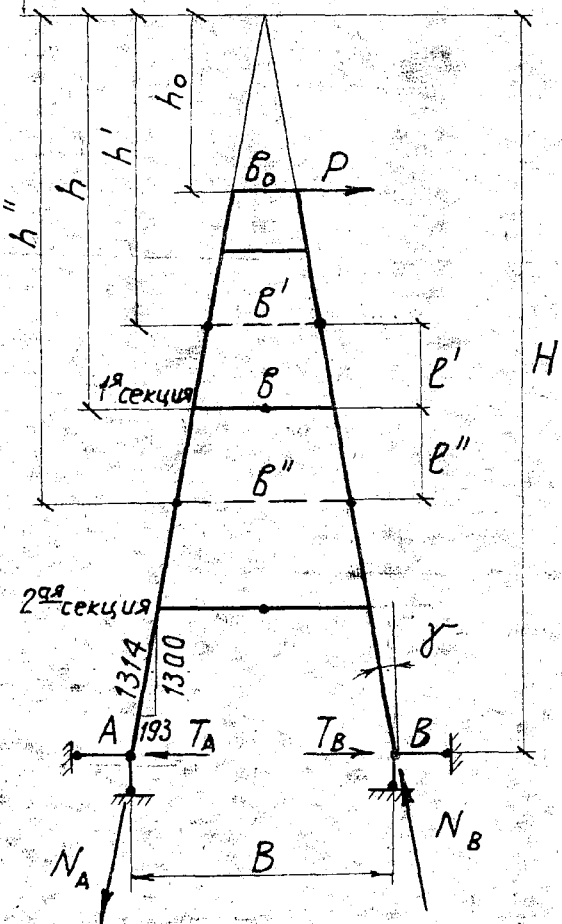
$$\sigma_{\text{см}} = \frac{19576}{4,2 \cdot 1,6} = 2920 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2$$

Результат от 3082 ТМ-ТБ 19/10-67.

Протостойка Б36

Аварийный режим IV (обрыв троса С-70)

$$S_T = 1510 \text{ кг}$$



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

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

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

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

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

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

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

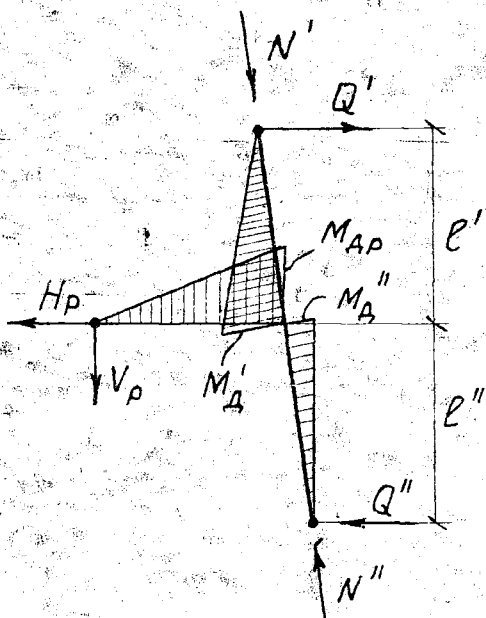
$$M_A' = \frac{P}{2} b_0 \frac{e'}{b'}$$

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

$$|N_A| = |N_B| = P \left(\frac{h_0}{b_0} - \frac{h_0}{B} \right)$$

$$T_A = T_B = \frac{P b_0}{2 B}$$

$$\cos \gamma = \frac{1300}{1314} = 0,989$$



Результат 030 эск 3лн 150 об эск 1314-692

Таблица усилий в элементах тросостойки

$h_0 = 30 \text{ см}$ $b_0 = 9,0 \text{ см}$ $\frac{h_0}{b_0} = 3,34$ $P = 1,51 \text{ т}$

Таблица №10

Секция	b'	e'	b''	e''	$\frac{h_0}{b'}$	N'	$\frac{b_0}{b'}$	Q'	$\frac{h_0}{b''}$	N''	$\frac{b_0}{b''}$	Q''	H_p	$\frac{e'}{b'}$	$\frac{e''}{b''}$	b	$\frac{b_0}{b}$	V_p	M_{Ap}	M_A'	M_A''
	см	см	см	см	-	т	-	т	-	т	-	т	т	-	-	см	-	т	кгсм	кгсм	кгсм
1	18,3	20,0	31,6	25,0	1,64	2,62	0,49	0,37	0,95	3,65	0,29	0,22	0,15	1,09	0,79	24,2	0,37	1,05	12800	7400	5370
2	31,6	25,0	47,6	28,5	0,95	3,65	0,29	0,22	0,63	4,15	0,19	0,14	0,07	0,79	0,6	39,1	0,23	0,95	9450	5370	4080

Пояса и распорки выполнены из $\Gamma 12$ $F = 13,3 \text{ см}^2$ $W_y = 8,52 \text{ см}^3$ $\gamma_y = 1,53 \text{ см}$

Проверка пояса в 1^{ой} секции (Верх)

$M_d = 7400 \text{ кгсм}$ $N' = 2620 \text{ кг}$ $e = 40 \text{ см}$ $\lambda = \frac{40}{1,53} = 26$ $\gamma = 0,938$

$\sigma = \frac{2620}{13,3 \cdot 0,938} + \frac{7400}{8,52} = 210 + 880 = 1090 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$

Напряжение в распорке $\sigma_p = \frac{12800}{8,52} = 1500 \text{ кг/см}^2$

№ 3082 ГМ-ТВ
Лист
37 38

Нормальный режим II, IV район по гололеду.

$$P = 355 \text{ кг} = P_T; \quad q_T = 1485 \text{ кг}; \quad l_T = 0,4 \text{ м}$$

Изгибающий момент, действующий на тросостойку $M_{изг}$

$$M_{изг} = 355 \cdot 150 + 1485 \cdot 40 = 53250 + 59500 = 112750 \text{ кг см}$$

Швеллер С12 $W_x = 50,6 \text{ см}^3$

$$\sigma = \frac{112750}{2 \cdot 50,6} = 1115 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$$

Расчет выполнил

В.И.Иванова

Решение 230 эл. 30к. 198-100 эл. 13/1-6524