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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные железобетонные специальные опоры ВЛ 110 220 кв.

N 407-4-25/75

Рабочие чертежи

ТОМ 5

Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кв

(корректировка 1974 г.)

МОСКВА-1974 г

gost.e-ecolog.ru

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные железобетонные специальные опоры ВЛ 110 220 кв.

N 407-4-25/75

Рабочие чертежи

ТОМ 5

Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кв

(корректировка 1974 г.)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ ИНСТИТУТА /Л. ЛЕВИН/
/В. ОВСЕЕНКО/

МОСКВА - 1974 г

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

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

УНИФИЦИРОВАННЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОПОРЫ ВЛ 110-220кв.

N 407-4-25/75

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

ТОМ 5

РАСЧЕТ АНКЕРНО-УГЛОВЫХ ОПОР ВЛ 110 кв.

(корректировка 1974г.)

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-1974 г.

Аннотация

Настоящий том содержит расчет анкерно-угловых опор и концевой опоры ВЛ 110кв типового проекта „Унифицированные железобетонные специальные опоры ВЛ 110 ÷ 220 кв. Шифры опор УСБ 110 - 1, УСБ 110 - 3 и КСБ 110-1

Расчет произведен по методу предельных состояний.

Статический расчет анкерно-угловых опор выполнен на ЭЦВМ „Урал -2" по „Программе расчета одностоечной опоры с двумя расщепленными и одной одиночной оттяжками," инв. N 3002 тм -т6.

Статический расчет концевой опоры также выполнен на ЭЦВМ „Урал -2" по „Программе расчета одностоечной опоры с тремя расщепленными оттяжками на ЭЦВМ „Урал -2" инв. N 3002 тм -т7.

В томе приведены расчеты железобетонной цилиндрической стойки и металлических элементов концевой опоры, а также выполнена проверка габаритов приближения токоведущих частей.

Расчёт корректировки не требует

Листу присвоена литера „а" в связи замечанием о корректировке
Рук. гр. [signature] (Иванова)

N3083тм-Т5				лист	
литера	а			4	4

Состав проекта.

Том 1. Пояснительная записка — N 3083тм-Т1

Том 2. Рабочие чертежи промежуточных и промежуточно-угловых опор ВЛ 110÷220 кВ — N 3083тм-Т2

Том 3. Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ — N 3083тм-Т3

Том 4. Расчет промежуточных и промежуточно-угловых опор ВЛ 110÷220 кВ — N 3083тм-Т4

Том 5. Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ. — N 3083тм-Т5

Том 6 Патентный формуляр (хранится в ПК СЗО) — N 3083тм-Т6

Содержание тома 5.

1.	Титульные листы	N3083тм-Т5, листы 1÷3
2.	Аннотация	N3083тм-Т5, лист 4
3.	Состав проекта	лист 5
4.	Содержание тома	лист 6
5.	Общая часть	листы 7÷9
6.	Расчетный эскиз анкерно-угловых опор	лист 10
7.	Таблица исходных данных для расчета анкерно-угловых опор на ЭЦВМ „Урал-2"	лист 11
8.	Таблицы результатов статического расчета анкерно-угловых опор	листы 12÷14
9.	Расчетный эскиз концевой опоры	лист 15
10.	Таблица исходных данных для расчета концевой опоры на ЭЦВМ „Урал-2"	лист 16
11.	Таблица результатов статического расчета концевой опоры	лист 17
12.	Эпюры изгибающих моментов и перерезывающих сил	лист 18
13.	Расчет железобетонной стойки СЦ-2.	листы 19÷24
14.	Расчет металлических элементов	листы 25÷32
15.	Расчет габаритов приближения к телу опоры.	листы 33-44

Общая часть.

Статический расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110кВ произведен на ЭЦВМ „Урал 2" по программе расчета одностоечной опоры, с двумя расщепленными и одной одиночной оттяжками инв. N 3002тм-Т6, концевой опоры ВЛ 110 кв по программе расчета одностоечной опоры с тремя расщепленными оттяжками инв. N 3002 тм – Т7

В основу программ положена методика расчета рекомендуемая пособием по расчету опор на оттяжках (инв. N 3004 тм – Т1)

В отличие от рекомендуемого в пособии метода сил при расчете статически неопределимых систем в программе решается система уравнений, составленная на основе принципа общности деформации механической системы.

В результате расчета выдаются следующие данные:

1. Усилия в оттяжках
2. Нагрузки на фундаменты, т е вертикальная и горизонтальные силы, ориентированные вдоль соответствующих координатных осей как для подножника под стойку (опорную плиту), так и для анкерных плит
3. Изгибающий момент в стойке опоры на уровне поясов нижней траверсы, действующий в плоскости симметрии опоры (XZ).

4. Перемещения оси стойки ΔX, Δy на уровне поясов нижней траверсы вдоль горизонтальных осей X и y.

5. Углы поворота траверсы относительно осей y и z для анкерно-угловой опоры.

Расчет анкерно-угловой опоры ведется на нагрузки при изменении углов поворота ВЛ через 10°, при этом нагрузки на опору вычисляются автоматически по общим исходным данным. Расчет концевой опоры проведен для трех значений углов поворота 0°, 30° и 60°

Общие исходные данные состоят из двух групп

Группа „а": a, c, d, d_0, e, H, H_0, h_0, h_1, – геометрические характеристики опоры, E – модуль упругости оттяжек, F_1, F_2, F_3, F_5 – площадь поперечного сечения оттяжек, Bc – жесткость железобетонной стойки, T_{01}, T_{02}, T_{05} – предварительное натяжение в оттяжках, $L_{пр}$, $L_{лев}$, $L_в$, h_2 и h_3 – расстояния, определяющие крепление проводов и троса – на опоре, $e_в$ – расчетный ветровой пролет, K – количество проводов в фазе.

Группа „б" $P_в$ – ветровая нагрузка на конструкцию опоры, $P_п$ погонная ветровая нагрузка на провод, $P_т$ – погонная ветровая нагрузка на трос, T_a', $T_в^г$, $T_c^г$, T_a'', $T_в''$, T_c'' – тяжение в проводах, $T_т'$ и $T_т''$ – тяжения в тросе, $M_в$ – момент относительно оси „y" от ветра на конструкцию опоры; $M_в'$ – момент на уровне крепления тяг нижней траверсы к стойке от ветра на верхнюю часть опоры.

M_y - момент относительно оси „y" от весовых нагрузок; M_y' - момент на уровне тяг нижней траверсы от весовых нагрузок; G - суммарный вес конструкции опоры, проводов и троса; W - погонная ветровая нагрузка на стойку опоры:
Q - сосредоточенная горизонтальная сила на стойку опоры; t - расстояние от оси „X" до силы Q.
Для статического расчета жёсткость стойки принята: для концевой опоры - после раскрытия трещин; для анкерно-угловых опор - до раскрытия трещин

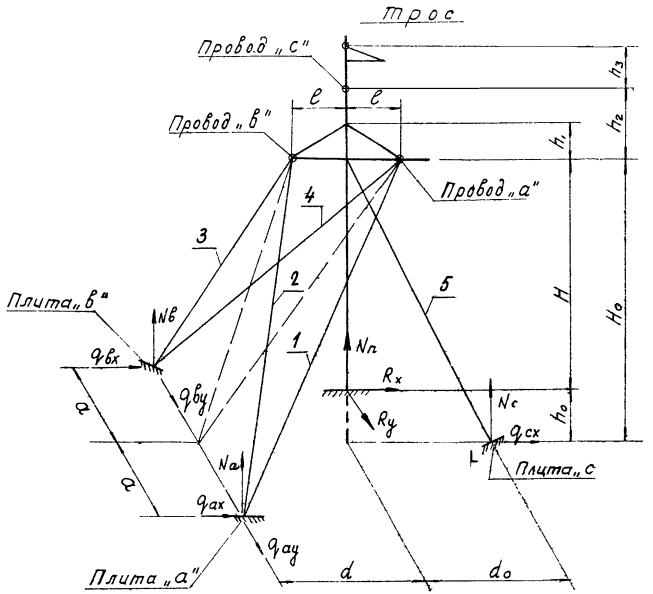
Все расчеты выполнены по методу предельных состояний.

Для анкерно-угловых опор железобетонная стойка разработана в трех вариантах армирования: стержневом, проволочном, прядевом. Для концевой опоры разработана только в стержневом вариант Расчет железобетонных стоек выполнен в соответствии с „Инструкцией по расчету железобетонных опор и фундаментов к ним" инв. N 1070 тм.

Расчет металлических элементов опоры выполнен в соответствии с „Инструкцией по расчету стальных опор и фундаментов к ним" инв. N 1562 тм.

Расчет стоек и металличес ких элементов для анкерно-угловых опор см. инв. N 3082 тм - Т7.

Расчетный эскиз опор УСБ 110-1
/. УСБ 110-3 /



Геометрические характеристики опор

Обозначение	Величина		
	УСБ 110-1	УСБ 110-3 при $H=10{,}5$м	УСБ 110-3 при $H=8{,}5$м
a [см]	1270	810	710
d [см]	750	510	510
d_0 [см]	750	510	510
l [см]	310	310	310
H_0 [см]	1920	1350	1150
H [см]	1600	1250	1050
h_0 [см]	320	100	100
h_1 [см]	200	200	200
h_2 [см]	400	400	400
h_3 [см]	250	200	200

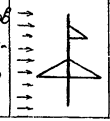
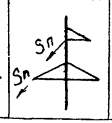
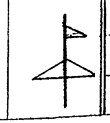
Расчетные длины оттяжек

Обозначение	Величина		
	УСБ 110-1	УСБ 110-3 при $H=10{,}5$м	УСБ 110-3 при $H=8{,}5$м
L от 1, L от 4	$\sqrt{12{,}7^2+19{,}6^2+19{,}2^2}=25{,}35$	$\sqrt{13{,}5^2+8{,}2^2+8{,}1^2}=17{,}75$	$\sqrt{11{,}5^2+8^2+7{,}1^2}=15{,}81$
L от 2, L от 3	$\sqrt{12{,}7^2+4{,}4^2+19{,}2^2}=23{,}44$	$\sqrt{13{,}5^2+2^2+8{,}1^2}=15{,}87$	$\sqrt{11{,}5^2+2+7{,}1^2}=13{,}66$
L от 5	$\sqrt{19{,}2^2+7{,}5^2}=20{,}6$	$\sqrt{13{,}5^2+5{,}1^2}=14{,}43$	$\sqrt{11{,}5^2+1^2}=12{,}58$

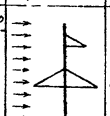
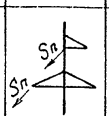
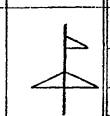
Таблица исходных данных для расчёта опор УСБ 110-1, УСБ 110-3 по программе N 3002 тм-т6 на ЭЦВМ „Урал 2"

Провод АСО-240 (АС-150), трос С-50 (канат ТК 9,1 ГОСТ 3063-66)

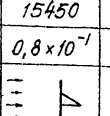
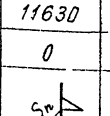
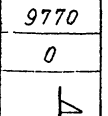
Опора УСБ 110-1

Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Числовое значение		
					II реж.	III режим	Среднеэксплуатационный режим II
a	см	1270	$P_в$	кг	262	0	0
d	—"—	750	$P_п$	кг/м	1,45	0	0
$d_о$	—"—	750	$P_т$	—"—	1,248	0	0
l	—"—	310	T_a'	кг	4350	2360	1330
$H_о$	—"—	1920	$T_в'$	—"—	4350	2360	1330
H	—"—	1600	T_c'	—"—	4350	2360	1330
$h_о$	—"—	320	$T_т'$	—"—	3065	2450	980
h_1	—"—	200	T_a''	—"—	4350	0	1330
E	кг/см²	$1,5\times10^6$	$T_в''$	—"—	4350	2360	1330
F_1	см²	2,82	T_c''	—"—	4350	0	1330
F_2	—"—	2,82	$T_т''$	—"—	3065	2450	980
F_5	—"—	2,82	$M_в$	кгсм	$-8,16\times10^4$	0	0
B_c	кгсм²	118×10^9	M_g	—"—	$2,77\times10^4$	$2,36\times10^4$	$1,91\times10^4$
$T_{о5}$	кг	10000	$M_в'$	—"—	$1,06\times10^4$	0	0
$e_в$	м	230	M_g'	—"—	$2,77\times10^4$	$-28,44\times10^4$	$1,91\times10^4$
$L_{пр}$	см	310	G	кг	16175	12040	10450
$L_{лев}$	—"—	310	W	кг/см	$0,8\times10^{-1}$	0	0
$L_в$	—"—	0	Схема основной нагрузки при $\alpha=0$				
h_2	—"—	400					
h_3	—"—	250					

Опора УСБ 110-3 при H = 10,5м

Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Числовое значение		
					II реж.	III режим	Среднеэксплуатационный режим II
a	см	810	$P_в$	кг	240	0	0
d	—"—	510	$P_п$	кг/м	1,45	0	0
$d_о$	—"—	510	$P_т$	—"—	1,16	0	0
l	—"—	310	T_a'	кг	4350	2360	1330
$H_о$	—"—	1350	$T_в'$	—"—	4350	2360	1330
H	—"—	1250	T_c'	—"—	4350	2360	1330
$h_о$	—"—	100	$T_т'$	—"—	3065	2450	980
h_1	—"—	200	T_a''	—"—	4350	0	1330
E	кг/см²	$1,5\times10^6$	$T_в''$	—"—	4350	2360	1330
F_1	см²	2,82	T_c''	—"—	4350	0	1330
F_2	—"—	2,82	$T_т''$	—"—	3065	2450	980
F_5	—"—	2,82	$M_в$	кгсм	$-0,84\times10^4$	0	0
B_c	кгсм²	118×10^9	M_g	—"—	$2,77\times10^4$	$2,36\times10^4$	$1,91\times10^4$
$T_{о5}$	кг	10000	$M_в'$	—"—	$1,92\times10^4$	0	0
$e_в$	м	230	M_g'	—"—	$2,77\times10^4$	$-28,44\times10^4$	$1,91\times10^4$
$L_{пр}$	см	310	G	кг	15550	11700	9840
$L_{лев}$	—"—	310	W	кг/см	$0,8\times10^{-1}$	0	0
$L_в$	—"—	0	Схема основной нагрузки при $\alpha=0$,				
h_2	—"—	400					
h_3	—"—	200					

Опора УСБ 110-5 при H = 8,5м

Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Числовое значение		
					II реж.	III режим	Среднеэксплуатационный режим II
a	см	710	$P_в$	кг	240	0	0
d	—"—	510	$P_п$	кг/м	1,45	0	0
$d_о$	—"—	510	$P_т$	—"—	1,16	0	0
l	—"—	310	T_a'	кг	4350	2360	1330
$H_о$	—"—	1150	$T_в'$	—"—	4350	2360	1330
H	—"—	1050	T_c'	—"—	4350	2360	1330
$h_о$	—"—	100	$T_т'$	—"—	3065	2450	980
h_1	—"—	200	T_a''	—"—	4350	0	1330
E	кг/см²	$1,5\times10^6$	$T_в''$	—"—	4350	2360	1330
F_1	см²	2,82	T_c''	—"—	4350	0	1330
F_2	—"—	2,82	$T_т''$	—"—	3065	2450	980
F_5	—"—	2,82	$M_в$	кгсм	$2,25\times10^4$	0	0
B_c	кгсм	118×10^9	M_g	—"—	$2,77\times10^4$	$2,36\times10^4$	$1,91\times10^4$
$T_{о5}$	кг	10000	$M_в'$	—"—	$3,15\times10^4$	0	0
$e_в$	м	230	M_g'	—"—	$2,77\times10^4$	$-28,44\times10^4$	$1,91\times10^4$
$L_{пр}$	см	310	G	кг	15450	11630	9770
$L_{лев}$	—"—	310	W	кг/см	$0,8\times10^{-1}$	0	0
$L_в$	—"—	0	Схема основной нагрузки при $\alpha=0$;				
h_2	—"—	400					
h_3	—"—	200					

Примечание

1. Максимальное тяжение в тросе $\sigma_{max} = 45$ кг/мм².
2. В аварийном режиме нагрузки подсчитаны при условии обрыва двух проводов АС-150
3. Нагрузки для повышенной опоры УСБ 110-1 см. расчет N 3082тм-т7 В расчете для нормальной опоры УБ 110-1. были приняты нагрузки по схеме повышенной опоры.

Результаты статического расчета опоры УСБ 110-1 произведенного на ЭЦВМ „Урал 2"

Результаты расчета / Угол поворота ВЛ		Нормальный режим II, q = 14 кг/м², c = 20 мм							Аварийный режим III, обрыв верхнего и левого провода АС-150							Среднеэксплуатационный режим II						
		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Усилия в оттяжках	T_1	3776	5072	6354	7612	9121	10948	12694	0	0	398	1006	1628	2264	2905	3065	3465	3861	4251	4632	5001	5335
	T_2	4072	6388	8679	10925	13411	16200	18864	1463	259°	3718	4824	5915	6984	8020	2862	3581	4294	4997	5683	6348	6986
	T_3	4072	6388	8679	10925	13411	16200	18864	4185	5303	6399	7453	8473	9450	10377	2862	3581	4294	4997	5683	6348	6986
	T_4	3776	5072	6354	7612	9121	10948	12964	7652	7621	7935	8398	8821	9200	9533	3065	3465	3861	4251	4632	5001	5335
	T_5	8674	6197	3747	1345	0	0	0	11056	913;	7742	6638	5560	4516	3573	9993	9226	8466	7717	6986	6277	5596
Гор реакция под стойкой	R_x	18,20	33,10	87,7	133,3	170,1	190,6	210,2	238,7	101,0	77,4	111,4	144,7	176,9	207,9	3,2	19,6	35,9	51,3	67,4	82,5	97,1
Перенещен оси стойки на уровне низов траверсы	ΔX	1,77	5,09	8,37	11,59	15,27	19,53	23,60	-1,41	1,16	3,02	4,60	5,94	7,34	8,68	$0,9\cdot10^{-2}$	1,03	2,05	8,66	4,03	4,98	5,89
	ΔY	$+0,66\cdot10^{-11}$	$+0,19\cdot10^{-10}$	$+0,31\cdot10^{-10}$	$+0,43\cdot10^{-10}$	$+0,56\cdot10^{-10}$	$+0,71\cdot10^{-10}$	$+0,86\cdot10^{-10}$	4,26	3,29	2,93	2,88	2,80	2,70	2,58	$0,71\cdot10^{-11}$	$0,39\cdot10^{-11}$	$0,77\cdot10^{-11}$	$0,11\cdot10^{-10}$	$0,16\cdot10^{-10}$	$0,18\cdot10^{-10}$	$0,22\cdot10^{-10}$
Угол поворота траверсы относит. осей Y и Z	φ	$0,26\cdot10^{-3}$	$0,79\cdot10^{-3}$	$0,13\cdot10^{-2}$	$0,18\cdot10^{-2}$	$0,22\cdot10^{-2}$	$0,25\cdot10^{-2}$	$0,27\cdot10^{-2}$	$0,18\cdot10^{-2}$	$0,93\cdot10^{-3}$	$0,71\cdot10^{-3}$	$0,105\cdot10^{-3}$	$0,14\cdot10^{-2}$	$0,17\cdot10^{-2}$	$0,20\cdot10^{-2}$	$0,31\cdot10^{-4}$	$0,20\cdot10^{-3}$	$0,37\cdot10^{-3}$	$0,53\cdot10^{-3}$	$0,69\cdot10^{-3}$	$0,84\cdot10^{-3}$	$0,99\cdot10^{-3}$
	β	$-0,34\cdot10^{-13}$	$-0,99\cdot10^{-13}$	$-0,16\cdot10^{-12}$	$-0,23\cdot10^{-12}$	$-0,29\cdot10^{-12}$	$-0,37\cdot10^{-12}$	$-0,45\cdot10^{-12}$	$0,92\cdot10^{-2}$	$0,61\cdot10^{-2}$	$0,51\cdot10^{-2}$	$0,49\cdot10^{-2}$	$0,48\cdot10^{-2}$	$0,47\cdot10^{-2}$	$0,44\cdot10^{-2}$	$0,56\cdot10^{-16}$	$0,21\cdot10^{-14}$	$0,41\cdot10^{-14}$	$0,60\cdot10^{-14}$	$0,80\cdot10^{-14}$	$0,99\cdot10^{-14}$	$0,12\cdot10^{-13}$
Изг. момент на уровне пазов	M_c	-72129	-154079	-235072	-314494	-373375	-406169	-437468	-381962	-16166	-123905	-176384	-231604	-283158	-332655	-5092	-31282	-57272	-82865	-107867	-132086	-155339
Гор. реакция под стойкой	R_y	0	0	0	0	0	0	0	590	588	581	570	554	534	511	0	0	0	0	0	0	0
Верт реакция под стойкой	N_n	-36648	-40100	-43514	-46863	-51968	-59305	-66318	-32080	-321°	-33166	-34721	-36239	-37710	-39122	-29099	-30168	-31229	-32273	-33243	-34281	-35231
Усилия на анкерные плиты	N_a	6196	9076	11923	14717	17897	21565	25071	1199	212₆	3347	4714	6080	7437	8771	4667	5559	6443	7314	8165	8989	9780
	q_{ax}	2344	3321	4287	5235	6333	7620	8851	275	488	864	1326	1792	2258	2720	1819	2121	2421	2716	3004	3283	3552
	q_{ay}	-4099	-6004	7887	-9735	-11838	-14264	16584	-793	-140	-2214	-3118	-4022	-4919	-5802	-3087	-3677	-4262	-4838	-5401	-5946	-6470
	N_B	6196	9076	11923	14717	17891	21565	25071	9226	1014	11253	12468	13624	14712	15724	4667	5559	6443	7314	8165	8989	9780
	N_{Bx}	2344	3321	4287	5235	6333	7620	8851	3987	418	4520	4912	5280	5622	5935	1819	2121	2421	2716	3004	3283	3552
	N_{By}	4099	6004	7887	9735	11838	14264	16584	6103	669	7443	8247	9012	9731	10400	3087	3677	4262	4838	5401	5946	6470
	N_c	8080	5772	3491	1252	0	0	0	10297	850	7211	6183	5179	4207	3273	9308	8594	7885	7188	6507	5847	5213
	q_{cx}	-3156	-2255	-1363	-489	0	0	0	-4027	-332	-2816	-2415	-2023	-1643	-1278	-3636	-3357	-3080	-2808	-2541	-2284	-2036

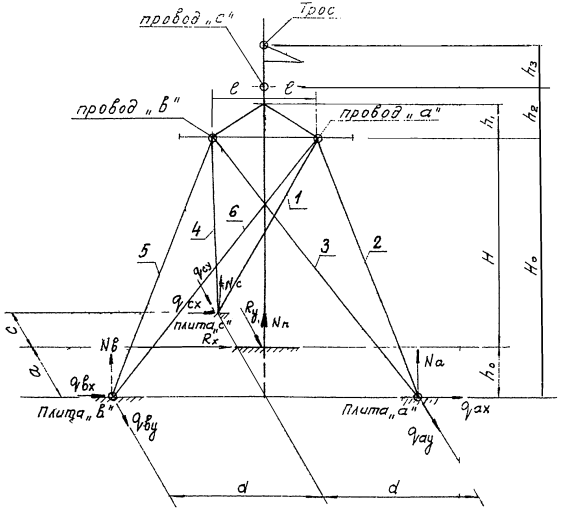
Результаты статического расчета опоры УСБ 110-3 при H=10,5 м произведенного на ЭЦВМ „Урал 2"

Результаты расчета		Нормальный режим II, q_r=14 кг/м², C=20 мм							Аварийный режим III Обрыв верхнего и левого проводов АС-150							Средне эксплуатационный режим IV						
Углы поворота ВЛ		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Усилия в оттяжках	T_1	3827	5272	6701	8104	9835	11819	13716	0	0	99,9	791	1499	2221	2948	3069	3514	3957	4392	4817	5230	5625
	T_2	4040	6435	8803	11127	13757	16612	19342	1242	2386	3532	4676	5804	6940	7983	2772	3515	4253	4979	5689	6376	7036
	T_3	4040	6435	8803	11127	13757	16612	19342	4294	5426	6538	7623	8672	9676	10627	2772	3515	4253	4979	5689	6376	7036
	T_4	3827	5272	6701	8104	9835	11819	13716	8585	8353	8555	9084	9567	10001	10383	3069	3514	3957	4392	4817	5230	5625
	T_5	8651	6109	3596	1130	0	0	0	11865	9707	7670	6535	5425	4351	3319	9991	9204	8424	7655	6904	6177	5478
Гор. реакция под стойкой	R_x	−10,86	22 10	54.70	86,67	99,90	97,33	94,86	470	235	66,29	90,94	115	138	160	3,15	13,84	24,44	34,89	45,09	54,97	64,46
Перемещение оси стойки на уровне тросов грозоверсот	ΔX	1,30	3,75	6,18	8,56	11,36	14,48	17,46	−1,80	0,3	2,25	3,34	4,42	5,45	6,44	$0,88\cdot10^{-2}$	0,8	1,52	2,26	2,98	3,69	4,36
	ΔY	$-0,5\cdot10^{-11}$	$-0,14\cdot10^{-10}$	$-0,23\cdot10^{-10}$	$-0,32\cdot10^{-10}$	$-0,43\cdot10^{-10}$	$-0,54\cdot10^{-10}$	$-0,65\cdot10^{-10}$	4,23	3,3	2,49	2,44	2,38	2,29	2,19	$-0,9\cdot10^{-13}$	$0,3\cdot10^{-11}$	$-0,59\cdot10^{-11}$	$-0,87\cdot10^{-11}$	$-0,11\cdot10^{-11}$	$-0,14\cdot10^{-10}$	$-0,17\cdot10^{-10}$
Углы поворота грозоверсот относительно осей У и Z	φ	$0,17\cdot10^{-3}$	$0,44\cdot10^{-3}$	$0,71\cdot10^{-3}$	$0,97\cdot10^{-3}$	$0,11\cdot10^{-2}$	$0,12\cdot10^{-2}$	$0,12\cdot10^{-2}$	$0,23\cdot10^{-2}$	$0,12\cdot10^{-2}$	$0,37\cdot10^{-3}$	$0,56\cdot10^{-3}$	$0,74\cdot10^{-3}$	$0,91\cdot10^{-3}$	$0,10\cdot10^{-2}$	$0,21\cdot10^{-4}$	$0,1\cdot10^{-3}$	$0,19\cdot10^{-3}$	$0,28\cdot10^{-3}$	$0,36\cdot10^{-3}$	$0,44\cdot10^{-3}$	$0,52\cdot10^{-3}$
	β	$0,64\cdot10^{-14}$	$-0,18\cdot10^{-13}$	$-0,30\cdot10^{-13}$	$-0,41\cdot10^{-13}$	$-0,54\cdot10^{-13}$	$-0,68\cdot10^{-13}$	$-0,82\cdot10^{-13}$	$0,1\times10^{-1}$	$0,7\cdot10^{-2}$	$0,44\cdot10^{-2}$	$0,44\cdot10^{-2}$	$0,42\cdot10^{-2}$	$0,41\cdot10^{-2}$	$0,39\cdot10^{-2}$	$-0,11\cdot10^{-15}$	$0,38\cdot10^{-14}$	$0,74\cdot10^{-10}$	$-0,11\cdot10^{-13}$	$-0,14\cdot10^{-13}$	$-0,18\cdot10^{-13}$	$-0,21\cdot10^{-13}$
Изг. моменты в уровне поясов	Mc	−48919	−90134	−130875	−170830	−187375	184165	−181074	−587910	31°585	−82872	113674	143763	−172011	−200896	−3942	−17301	−30558	−43613	−36366	−68720	−80581
Гор. реакция под стойкой	Ry	0	0	0	0	0	0	0	755	752	744	729	709	684	654	0	0	0	0	0	0	0
Вертреакция под стойкой	Nп	−3634	−40232	−44084	−47863	−53915	−61791	−63320	−34038	−31930	−34024	−35786	−37507	−39174	−40776	−28570	−29777	−30974	−32153	−33305	−34420	−35492
Усилия на анкерные плиты	Na	6347	9483	12585	15628	19183	23120	26885	1056	2829	3081	4579	6078	7567	9034	4692	5663	6627	7576	8503	9401	10263
	Q_{ax}	2277	3246	4205	5146	6277	7553	8774	156	301	491	954	1424	1897	2368	1767	2066	2364	2656	2942	3219	3485
	Q_{ay}	−3808	5690	7551	−9377	−11510	−13872	−16131	−634	−1217	1848	−2747	−3647	−4540	−5420	2815	3398	−3976	−4546	−5102	−5641	−6158
	NB^-	6347	9483	12585	15628	19183	23120	26885	10182	11420	12067	13394	14653	158	16936	4692	5663	6627	7576	8503	9401	10263
	NB_x	2277	3246	4205	5146	6277	7553	8774	4507	4635	4776	5157	5512	5839	6136	1767	2066	2364	2656	2942	3219	3486
	NB_y	3808	5690	7551	9377	11510	13872	16131	6109	6972	7240	8036	8792	9502	10161	2815	3398	3976	4546	5102	5641	6158
	Nc	8093	5715	3364	1056	0	0	0	11099	9081	7175	6113	5075	4070	3105	9346	8610	7880	7161	6459	5778	5125
	Q_{cx}	3057	−2159	−1271	−399	0	0	0	−4193	−3431	−2711	−2309	−1917	−1537	−1173	−3531	−3253	−2977	−2705	−2440	−2183	−1936

Результаты статического расчета опоры УСБ 110-3 при H=8,5 м произведенного на ЭЦВМ „Урал 2"

Результаты расчета		Нормальный режим II; q=14 кг/м²; C=20 мм							Аварийный режим III, Обрыв верхнего и левого провода АС-150							Средне эксплуатационный режим II						
Угол поворота ВЛ		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Усилия в оттяжках	T_1	3774	5000	6212	7402	8573	10282	11916	0	0	0	425	1045	1679	2326	3135	3513	3888	4257	4617	4967	53,02
	T_2	3927	6123	8296	10427	12515	15119	17608	1142	2208	3279	4341	5387	6414	7412	2738	3420	4097	4764	5415	6046	6651
	T_3	3927	6123	8296	10427	12515	15119	17608	4277	5332	6367	7369	8334	9255	10127	2738	3420	4097	4764	5415	6046	6651
	T_4	3774	5000	6212	7402	8573	10282	11916	8882	8849	8748	9006	9392	9730	10018	3135	3513	3888	4257	4617	4967	5302
	T_5	8785	6522	4284	2088	0	0	0	11883	10045	8173	6905	5916	4957	4036	9991	9291	8596	7911	7242	6595	5973
Гор. реакция под стойкой	R_x	−3,22	24,65	52,19	79,20	104,4	84,51	65,48	583	371	146	95,37	119	142	164	3,75	12,97	22,11	31,11	39,91	48,43	56,60
Перемещение стойки на уровне поясов траверсы	ΔX	0,9	2,55	4,19	5,80	7,38	9,50	11,52	1,38	$-033\cdot10^{-1}$	1,34	2,27	2,99	3,69	4,37	$0,64\cdot10^{-2}$	0,52	0,10	1,53	2,02	2,49	2,95
	ΔY	$-0,81\cdot10^{-11}$	$-0,23\cdot10^{-10}$	$-0,37\cdot10^{-10}$	$-0,52\cdot10^{-10}$	$-0,66\cdot10^{-10}$	$-0,83\cdot10^{-10}$	$-0,1\cdot10^{-9}$	3,87	3,21	2,50	2,25	2,19	2,12	2,02	$-0,15\cdot10^{-12}$	$-047\cdot10^{-11}$	$0,93\cdot10^{-11}$	$-0,13\cdot10^{-10}$	$-0,18\cdot10^{-10}$	$-0,22\cdot10^{-10}$	$-0,26\cdot10^{-10}$
Угол поворота траверсы относительно осей Y и Z	γ	$0,15\cdot10^{-3}$	$0,35\cdot10^{-3}$	$0,56\cdot10^{-3}$	$0,76\cdot10^{-3}$	$0,95\cdot10^{-3}$	$0,97\cdot10^{-3}$	$0,99\cdot10^{-3}$	$0,20\cdot10^{-2}$	$0,13\cdot10^{-2}$	$0,38\cdot10^{-3}$	$0,45\cdot10^{-3}$	$0,59\cdot10^{-3}$	$0,73\cdot10^{-3}$	$0,87\cdot10^{-3}$	$0,19\cdot10^{-4}$	$0,85\cdot10^{-4}$	$0,15\cdot10^{-3}$	$0,21\cdot10^{-3}$	$0,28\cdot10^{-3}$	$0,34\cdot10^{-3}$	$0,4\cdot10^{-3}$
	β	$-0,22\cdot10^{-13}$	$-0,63\cdot10^{-13}$	$-01\cdot10^{-12}$	$-0,14\cdot10^{-12}$	$-0,18\cdot10^{-12}$	$-0,23\cdot10^{-12}$	$-027\cdot10^{-12}$	$093\cdot10^{-2}$	$0,12\cdot10^{-2}$	$0,49\cdot10^{-2}$	$0,42\cdot10^{-2}$	$0,41\cdot10^{-2}$	$0,39\cdot10^{-2}$	$0,38\cdot10^{-2}$	$-0,43\cdot10^{-5}$	$-0,13\cdot10^{-13}$	$-0,25\cdot10^{-13}$	$-0,38\cdot10^{-13}$	$-0,50\cdot10^{-13}$	$-0,61\cdot10^{-13}$	$-0,73\cdot10^{-13}$
Изг. момент на уровне поясов	Mc	−40717	−69981	−98903	−127261	−153720	−132839	−112857	−612780	−390094	−153616	−100141	−125231	−149538	−172869	−3946	−13618	−23218	−32670	−41905	−50850	−59438
Гор. реакция под стойкой	Ry	0	0	0	0	0	0	0	899	896	885	868	845	814	778	0	0	0	0	0	0	0
Вертреакция под стойкой	Nn	−35584	−38996	−42370	−45682	−48993	−55863	−62430	−33515	−13597	−33585	−34660	−36179	−37650	−39063	−28074	−29132	−30181	−31215	−32224	−33202	−34141
Усилия на анкерные плиты	Na	6051	8792	11502	14161	16771	20206	23490	961	1859	2760	3963	5294	6620	7931	4586	5435	6277	7107	7017	8702	9456
	Qax	2533	3490	4437	5366	6279	7547	8759	167	323	480	856	1330	1810	2291	2027	2323	2616	2905	3188	3461	3724
	Qay	−3736	−5428	−7101	−8743	−10354	−12475	−14502	−593	−1147	−1704	−2447	−3269	−4087	−4896	−2831	−3355	−3875	−4387	−4888	−5372	−5838
	Nb	6051	8792	11502	14161	16771	20206	23490	10062	10925	11723	12754	13847	14869	15812	4586	5435	6277	7107	7017	8702	9456
	Nbx	2533	3490	4437	5366	6279	7547	8759	5234	5371	5469	5750	6091	6402	6679	2027	2323	2616	2905	3188	3461	3724
	Nby	3736	5428	7101	8743	10354	12475	14502	6212	6745	7238	7874	8549	9180	9763	2831	3355	3875	4387	4888	5372	5838
	Nc	8031	5962	3916	1909	0	0	0	10862	8183	7471	6312	5407	4531	3689	9133	8493	7858	7232	6621	6028	5460
	Qcx	−3561	−2644	−1737	−846	0	0	0	−4817	−4072	−3313	−2799	−2398	−2009	−1636	−4050	−3766	−3485	−3207	−2936	−2673	−2421

Расчетный эскиз опоры КСБ 110-1



Геометрические характеристики опоры

Обозначение	Величина
a [см]	520
c [см]	1040
d [см]	900
ℓ [см]	310
H_0 [см]	1550
H [см]	1250
h_0 [см]	300
h_1 [см]	200
h_2 [см]	300
h_3 [см]	250

Расчетные длины оттяжек

Обозначение	Величина [м]
$L_{от1}$; $L_{от4}$;	$\sqrt{15{,}5^2+3{,}1^2+10{,}4^2}=18{,}92$
$L_{от2}$; $L_{от5}$;	$\sqrt{15{,}5^2+(9{,}0-3{,}1)^2+5{,}2^2}=17{,}38$
$L_{от3}$; $L_{от6}$;	$\sqrt{15{,}5^2+(9{,}0+3{,}1)^2+5{,}2^2}=20{,}34$

Таблица исходных данных для расчета опоры КСБ 110-1 на ЭЦВМ Урал-2 по программе N 3002 тм-т7

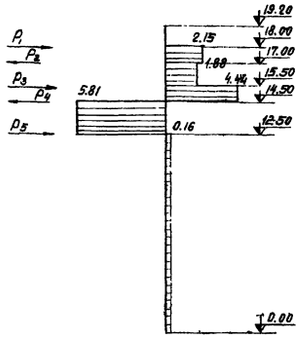
Провод АСО-240, трос ТК-9,1 ГОСТ 3063-66 $\ell_{ветр}$ = 300 м $\ell_{вес}$ = 450 м.

Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Нормальный режим I			Нормальный режим II			Аварийный режим III			Аварийный режим IV			Средне эксплуатационный режим I			Среднеэксплуатационный режим II			Примечание
					$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	
a	см	520	$P_в$	кг	900	3960	6800	270	4460	8320	0	2640	5100	0	2940	5700	0	2410	4660	0	1300	2500	
c	—"—	1040	$P_п$	кг/м	1,11	1,07	0,96	1,44	1,39	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
d	—"—	900	$P_т$	—"—	0,536	0,517	0,47	1,25	1,20	1,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
e	—"—	310	T'_a	кг	3145	3040	2890	4350	4200	3980	0	0	0	3790	3660	3250	2410	2330	2090	1340	1300	1150	
H_o	—"—	1550	$T'_б$	—"—	3145	3040	2890	4350	4200	3980	3790	3660	3250	3790	3660	3250	2410	2330	2090	1340	1330	1150	
H	—"—	1250	T'_c	—"—	3145	3040	2890	4350	4200	3980	3790	3660	3250	3790	3660	3250	2410	2330	2090	1340	1300	1150	
h_o	—"—	300	$T'_т$	—"—	2360	2280	2130	3065	2960	2840	2610	2500	2240	0	0	0	2120	2050	1810	980	940	850	
h_1	—"—	200	$T''a$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$L_{пр}$	—"—	310	$T''б$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$L_в$	—"—	0	$T''c$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$e_в$	м	300	$T''т$	—"—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
h_2	см	300	$M_в$	кгсм	$-11,95\times10^4$	$4,6\times10^5$	$10,01\times10^5$	$-3,79\times10^4$	$7,36\times10^5$	$14,59\times10^5$	0	$6,47\times10^5$	$12,88\times10^5$	0	$2,94\times10^5$	$5,68\times10^5$	0	$4,90\times10^5$	$9,45\times10^5$	0	$2,43\times10^5$	$4,7\times10^5$	
h_3	—"—	250	M_g	—"—	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$2,77\times10^4$	$2,77\times10^4$	$2,77\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	
E	кг/см^2	$1,5\times10^6$	$M_б'$	—"—	$3,73\times10^4$	$3,33\times10^5$	$6,07\times10^5$	$1,25\times10^4$	$4,03\times10^5$	$7,43\times10^5$	0	$3,01\times10^5$	$6,13\times10^5$	0	$0,98\times10^5$	$1,9\times10^5$	0	$2,55\times10^5$	$4,92\times10^5$	0	$1,13\times10^5$	$2,38\times10^5$	
F_1	см^2	2,82	M_g'	—"—	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$2,77\times10^4$	$2,77\times10^4$	$2,77\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$2,05\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	$1,91\times10^4$	
F_2	—"—	2,82	G	кг	9800	9800	9800	14740	14740	14740	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	
F_3	—"—	2,82	W	кг/см	0,25	0,25	0,25	0,08	0,08	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$L_{лв}$	см	310	Q	кг	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T_{oi}	кг	2000	t_1	см	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T_{oe}	—"—	2500																					
B_c	кгсм^2	$3,5\times10^{10}$																					
K		1																					

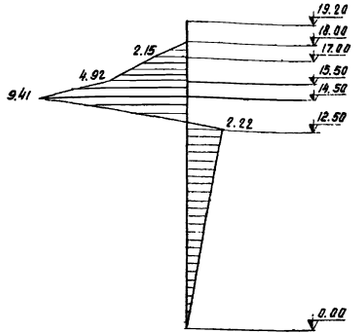
Результаты статического расчёта опоры КСБ 110-1 произведенного на ЭЦВМ „Урал-2"

Результаты расчета		Нормальный режим I			Нормальный режим II			Аварийный режим III			Аварийный режим IV			Среднеэксплуатационный режим I			Среднеэксплуатационный режим II		
		$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$	$\alpha=0°$	$\alpha=30°$	$\alpha=60°$
Усилия в оттяжках [кг]	T_1	13235	14191	14790	17642	18943	19822	9534	9571	9726	11170	12155	12270	9880	10804	10599	5470	5645	5622
	T_2	0	0	0	0	0	0	1727	0	0	0	0	0	0	0	0	427	0	0
	T_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0
	T_4	13672	15441	16780	18267	20663	22510	14590	15096	15608	11186	12706	13253	9895	11368	11999	5482	6074	6334
	T_5	2409	6420	10053	2629	8077	12969	0	1900	5686	28	3526	6750	26,25	3335	6371	455	1757	3365
	T_6	1879	4825	7485	1733	5777	9397	1936	4661	6720	0	2940	5785	0	2260	4446	0	1251	2407
Горизонтальная реакция под стойкой R_x		−196	−233	−266	−120	−172	216	263	−128	−136	7,05	−84	−128	6,6	−58	−82	5,4	−30	−42
Перемещения стойки	ΔX	5,62	9,46	12,8	7,75	12,97	17,52	0,61	6,41	9,18	4,6	6,2	9,1	4,06	5,04	7,58	−0,6	1,45	2,77
	Δy_1	8 02	9,91	10 49	12.73	13 92	14,75	4 09	5,74	6,14	9,48	8,08	8,08	8,39	7,02	7,11	2,87	2,89	2,92
	Δy_2	9,62	10,95	11 94	13.24	15,05	16,44	12,29	11,08	11,22	8,71	8,89	9,43	7,70	7,61	8,02	2,79	3,39	3,56
Изгибающий момент на уровне поясов траверсы M_c [кгсм]		49799	96486	136923	87912	163129	208028	328479	159567	169918	−8815	105673	160381	−8213	72752	102464	−6719	36903	53400
Горизонтальная реакция под стойкой R_y [кг]		793	1733	1631	2393	2310	2205	−2060	1978	1766	909	878	780	1511	1461	1298	753	726	650
Вертикальная реакция под стойкой N_n [кг]		−35421	−43476	−50380	−47820	−58782	−68144	−32577	−35253	−40745	−28139	−35550	−41135	−26022	−32496	−37381	−19558	−21920	−24429
Усилия на анкерные плиты [кг]	N_a	0	0	0	0	0	0	1540	0	0	0	0	0	0	0	0	383	0	0
	Q_{ax}	0	0	0	0	0	0	−586	0	0	0	0	0	0	0	0	−146	0	0
	Q_{ay}	0	0	0	0	0	0	−516	0	0	0	0	0	0	0	0	−128	0	0
	N_b	3580	9402	14669	3665	1605	18727	1475	5246	10192	25	5385	10428	23,0	4697	9069	406	2520	4835
	Q_{bx}	1935	5050	7865	1923	678	9993	1152	3418	5928	9	2946	5733	991	2477	4807	154	1341	2574
	Q_{by}	−1201	−3154	−4921	−1229	−893	−6283	−495	−1760	−3419	−8	−1806	−3498	−8	−1576	−3043	−136	−846	−1622
	N_c	22041	24274	25861	29416	32437	34677	19762	20207	20753	18314	20366	20907	16199	17999	18511	8968	9600	9795
	Q_{bx}	−71,6	−205	−326	−102	280	−440	−828	−905	−964	−2,51	−90	−161	−234	−125	−229	−2,7	−70	−116
	Q_{cy}	14789	16287	17352	19737	22764	23267	13260	13558	13924	12288	13665	14028	10869	12077	12421	6017	6441	6572

Эпюра перерезывающих сил



Эпюра моментов



$P_1 = P_T + W \cdot 1,7 + \frac{M_\phi}{1,0} = 3065 \times 0,5 + 1,08 \times 300 + 8 \cdot 1,7 + \frac{2,77}{1,0} \cong 2150$ кг

$P_2 = \frac{M_\phi}{1} - W \times 1,25 = 2,77 - 10 = 267$ кг

$P_3 = P_\Pi + W \times 1,25 = 4350 \times 0,5 + 125 \times 300 + 8 \times 1,25 = 2560$ кг

$P_4 = \left(V_2 - V_1\right) \frac{3,1}{2} = (30000 - 23400) \frac{3,1}{2} = -10250$ кг

$V_1 = 19,82 \frac{15,5}{18,02} + 9,40 \frac{15,5}{20,34} = 16250 + 7150 = 23400$ кг

$V_1 = 22,51 \frac{15,5}{18,92} + 12,97 \frac{15,5}{17,38} = 18450 + 11550 = 30000$ кг

$P_5 = 10250 + 2550 + 2550 + 22,51 \frac{3,1}{18,92} - 19,82 \frac{3,1}{18,92} - 9,40 \frac{12,1}{20,34} - 12,97 \frac{5,9}{17,38} + 8 \cdot 8,75 =$

$= 10250 + 2550 + 2550 + 70 + 3690 - 3260 - 5580 - 4400 = 5970$ кг

$M_\nabla 18,0 = 0$

$M_\nabla 17,0 = 2,15 \times 1,0 = 2,15$ тм

$M_\nabla 15,5 = 2,15 \times 2,5 \quad 0,267 \times 1,5 = 4,92$ тм

$M_\nabla 14,6 = 2,15 \times 3,5 - 0,267 \times 2,5 + 2,56 \times 1,0 = 9,41$ тм

$M_\nabla 12,5 = 2,15 \times 6,5 - 0,267 \times 4,5 + 2,56 \times 3 + 10,25 \times 2 =$

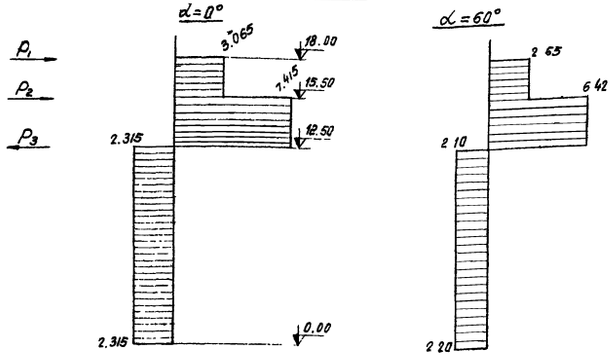
$= 11,8 - 1,2 + 7,68 - 20,5 = -2,22$ тм

$M_\nabla 0 = 2,15 \times 18,0 - 0,267 \times 17 + 2,56 \times 15,5 - 10,25 \times 14,5 + 5,88 \times 12,5 =$

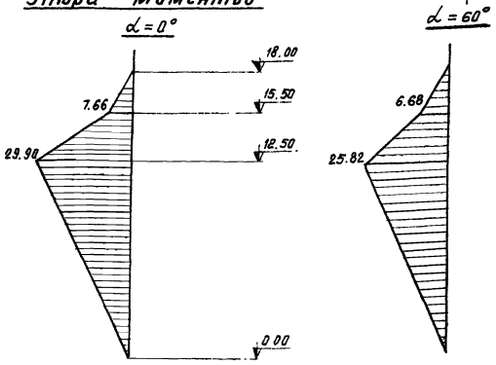
$= 38,7 - 4,5 + 39,7 - 148,5 + 73,5 \cong 0$

Вдоль траверсы, Нормальный режим II, $\alpha = 60°$

Эпюра перерезывающих сил



Эпюра моментов



$\alpha = 0°$

$P_1 = P_T = 3065$ кг

$P_2 = P_\Pi = 4350$ кг

$P_3 = 2 P_\Pi = -\left(18,27 + 17,66\right) \frac{10,4}{18,92} + 2,63 \frac{5,2}{17,38} + 1,73 \frac{5,2}{20,34} =$

$= 8700 - 19750 + 880 + 440 = -9730$ кг

$\alpha = 60°$

$P_1 = 3065 \times 0,866 = 2650$ кг

$P_2 = 4350 \times 0,866 = 3770$ кг

$P_3 = 2 \times 4350 \times 0,866 - \left(19,82 + 22,51\right) \frac{10,4}{18,92} + 12,97 \frac{5,2}{17,38} + 9,40 \frac{5,2}{20,34} =$

$= 7540 - 22400 + 3880 + 2410 = -8570$ кг

$\alpha = 0°$

$M_\nabla 18,0 = 0$

$M_\nabla 15,5 = P_1 \cdot 2,50 = 3,065 \times 2,5 = 7,662$ тм

$M_\nabla 12,5 = P_1 \cdot 5,50 + P_2 \cdot 3,0 = 3,065 \cdot 5,5 + 4,35 \times 3 =$

$= 16,85 + 13,05 = 29,90$ тм.

$M_\nabla 0,0 = P_1 \times 18,0 + P_2 \times 15,5 - P_3 \times 12,5 =$

$= 55,2 + 67,5 - 122,5 \cong 0.$

$\alpha = 60°$

$M_\nabla 18,0 = 0$; $M_\nabla 15,5 = 2,65 \times 2,50 = 6,68$ тм

$M_\nabla 12,5 = 2,55 \times 5,5 + 3,77 \times 3 = 14,02 + 11,3 = 25,82$ тм

$M_\nabla 0,0 = 2,65 \times 18,0 + 3,77 \times 15,5 - 8,57 \times 12,5 = 48,0 + 58,5 - 106,5 = 0$

Поперек траверсы; Нормальный режим II; $\alpha = 0°$ и $\alpha = 60°$

Расчет стойки СЦ-2

(Архивный N 3083 тм-ТЭ-4)

Расчетные характеристики стойки:

$D = 56$ см; $\delta = 6$ см; $r_8 = 25$ см; $r_н = 25,6$ см; $r_а = 25,6$ см.

$$F_к = 3,14 \times 6(56-6) = 942 \text{ см}^2.$$

Материал: Бетон марки „500"; $R_и = 290$ кг/см^2;

$R_{пр} = 220$ кг/см^2; $R_т = 19,5$ кг/см^2; $E_б = 3,8 \times 10^5$ кг/см^2

$$R_и = \frac{250 \times 1,1}{0,95} = 290 \text{ кг/см}^2.$$

1,1 - коэффициент, учитывающий заводское изготовление

0,95 - коэффициент условия работы бетона марки „500" в железобетонных конструкциях, который для центрифугированных стоек согласно решению ученого совета НИИЖБ'а не учитывается

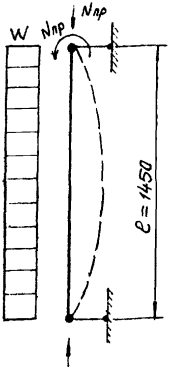
Продольная арматура класса А-IV из стали марки 20ХГ2Ц по ГОСТ 5058-65.

$R_н = R_а = 5100$ кг/см^2; $R_{нс} = R_{ас} = 3600$ кг/см^2; $E_а = 2,0 \times 10^6$ кг/см^2;

$F_н = 12\phi 12 = 12 \times 1,131 = 13,57$ см^2; $F_а = 14\phi 12 = 14 \times 1,131 = 15,85$ см^2

$$n = \frac{2,0 \times 10^6}{3,8 \times 10^5} = 5,28$$

А. Расчет на внецентренное сжатие



$$N_{пр} = N_к + \frac{N_{дл}}{m_{эдл}};$$

$$M_{пр} = M_к + \frac{M_{дл}}{m_{эдл}};$$

Нормальный режим II $\alpha = 60°$.

$$M = \sqrt{25,82^2 + 2,22^2} = 26,1 \text{ тм}.$$

$N = 68;14$ т.

Среднеэксплуатационный режим II-$\alpha = 60°$

$N_{дл} = 24,43$ т.

$M_{дл} = 9,90$ тм.

$M_к = 26,1 - 9,9 = 16,2$ тм.

$N_к = 68,14 - 24,43 = 43,71$ т.

$$m_{эдл} = \frac{m_{дл} + 2\frac{e_{0дл}}{D}}{1 + 2\frac{e_{0дл}}{D}};$$

$m_{дл}$ = по таблице 21 СН и П II-В.1-62 в зависимости от $\frac{e}{r}$ $\quad e = 1650$ см; $\quad r = \sqrt{\frac{J_n}{F_n}}$;

$$F_n = 942 + (13,57 + 15,85)(5,28 - 1) = 942 + 126 = 1068 \text{ см}^2$$

$$J_n = \frac{3,14 \times 6}{32}\left(56+44\right)\left(56^2+44^2\right) + 0,5\left(5,28-1\right)29,42 \times 25,6^2 =$$

$$= 296000 + 41000 = 337000 \text{ см}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{337000}{1068}} = 17,8 \text{ см}^3; \quad \frac{e}{r} = \frac{1650}{17,8} = 93,0; \quad m_{дл} = 0,687;$$

$$e_{сдл} = \frac{M_{дл}}{N_{дл}} = \frac{9,90}{24,43} = 4,05 \text{ см};$$

$$m_{эдл} = \frac{0,687 + 2\frac{4,05}{56}}{1 + 2\frac{4,05}{56}} = \frac{0,687 + 0,145}{1,0 + 0,145} = 0,728;$$

$$N_{пр} = 43,71 + \frac{24,43}{0,728} = 43,71 + 33,59 = 77,3 \text{ т}$$

$$M_{пр} = 16,20 + \frac{9,90}{0,728} = 16,20 + 13,60 = 29,8 \text{ тм}.$$

$B_c = J_{пр} \cdot E_B = 337000 \times 380000 = 12,80 \times 10^{10}$ кгсм^2 до открытия трещин

После раскрытия трещин $B_c = \frac{E_a}{\psi} \phi F_a \cdot r_a^2$

$$B_c = \frac{2 \cdot 10^6}{0,85} \cdot 1,79 \times 29,42 \times 25,6^2 = 3,58 \times 10^{10} \text{ кгсм}^2$$

Момент от прогиба стойки:

$$M_o = N_{прив}\left(f_o + f_w\right)\frac{1}{1 - \frac{N_{дл\,прив}}{N_{экв}}};$$

$f_o = 0,25 \times 16,5 = 4,1$ см – производственный прогиб.

Согласно главы СН и П III – И.6-62.

$$f_w = \frac{M_{дл} \cdot e^2}{16\, E\, J_{пр}} = \frac{990000 \times 16,50^2}{16 \times 3,58 \times 10^{10}} = 4,7 \text{см};$$

$$N_э = \frac{\pi^2 B}{e^2} = \frac{\pi^2 \times 3,58 \times 10^{10}}{1650^2} = 130000 \text{ кг}.$$

$$M_o = 77300\left(4,1 + 4,7\right)\frac{1}{1 - \frac{77300}{13000}} = 16,8 \text{ тм}.$$

Действующие изгибающие моменты в сечениях стойки по высоте равны:

$$M^p_{прав} = M_{прив}\frac{\sin \alpha x}{\sin \alpha e} + M_o \sin\frac{\pi}{e}x + W\frac{ex - x^2}{2};$$

при этом $\alpha = \sqrt{\frac{N_{прив}}{E J_{пр}}} = \sqrt{\frac{77300}{3,58 \times 10^{10}}} = 0,000464$

∇ 4.0 м $\quad X = 400$ см.

$$M^{p}_{прив} = 28,90\,\frac{\sin\left(400 \times 0,000464\right)}{\sin\left(1650 \times 0,000464\right)} + 16,80 \sin\frac{\pi 400}{1650} + 0,5 \times 0,08\left(1650 \times 400 - 400^2\right) =$$

$$= 28,90\,\frac{0,182}{0,695} + 16,80 \times 0,688 + 0,17 = 7,58 + 11,55 + 0,17 = 19,30 \text{ тм}.$$

∇ 8,0 м $\quad X = 800$ см.

$$M^{p}_{прив} = 28,90\,\frac{\sin\left(800 \times 0,000464\right)}{\sin\left(1650 \times 0,000464\right)} + 16,80 \sin\frac{\pi 800}{1650} + 0,5 \times 0,08\left(1650 \times 800 - 800^2\right) =$$

$$= 28,90\,\frac{0,365}{0,695} + 16,8 \times 0,999 + 0,21 = 15,2 + 16,75 + 0,21 = 32,16 \text{ тм}.$$

∇ 12,0 м $\quad X = 1200$ см.

$$M^{p}_{прив} = 28,90\,\frac{\sin\left(1200 \times 0,000464\right)}{\sin\left(1650 \times 0,000464\right)} + 16,80 \sin\frac{\pi \cdot 1200}{1650} + 0,5 \times 0,08\left(1650 \times 1200 - 1200^2\right) =$$

$$= 28,90\,\frac{0,530}{0,695} + 16,8 - 0,643 + 0,12 = 22,0 + 10,88 + 0,12 = 33,00 \text{ тм}.$$

∇ 15,0 м

$$M^{p}_{прив} = 28,90\,\frac{\sin\left(15000 \times 0,000464\right)}{\sin\left(1650 \times 0,000464\right)} + 16,8 \sin\frac{\pi 1500}{1650} + 0,5 \times 0,08\left(1650 \times 1500 - 1500^2\right) =$$

$$= 28,9\,\frac{0,643}{0,695} + 16,8 \times 0,375 + 0,09 = 26,7 + 6,3 + 0,09 = 33,09 \text{ тм}.$$

∇ 16,5м. $\quad M_{пр} = 28,9$ тм.

Расчетным является сечение на отметке 14,5 м. на уровне поясов нижней траверсы:

$M_{прив} = 33,09$ тм. $\quad N_{прив} = 77,30$ т.

$F_к = 942$ см^2; $\quad F_б = 913$ см^2; $\quad F_п = 1068$ см^2.

$$\sigma_{ок} = 0,9 \times 6000 = 5400 \text{ кг/см}^2;$$

Потери предварительного напряжения в арматуре:

1. От усадки бетона $\quad \sigma_{ус} = 400$ кг/см^2;
2. От релаксации напряжений

$$\sigma_{рл} = 0,4\left(0,27\,\frac{5400}{6000} - 0,1\right) 5400 = 310 \text{ кг/см}^2;$$

3. От ползучести бетона

$$\sigma_б = \frac{13,57\left(5400 - 310\right)}{1068} = 65 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{пл} = \frac{2 \times 10^6 \times 500 \times 65 \times 0,8}{3,8 \times 10^5 \times 375} = 365 \text{ кг/см}^2$$

$$\Sigma \sigma_n = 400 + 310 + 365 = 1075 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_o = 5400 - 1075 = 4325 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_c' = 3600 - 1{,}1 \times 4325 = -1150 \text{ кг/см}^2$$

$$\alpha_к = \frac{R_н F_н + R_a F_a + N_{прив}}{(R_н + \sigma_c') F_н + (R_a + R_{ac}) F_a + R_u F_б} =$$

$$= \frac{5100(13{,}57 + 15{,}85) + 77300}{(5100 - 1150)13{,}57 + (6100 + 3600)15{,}85 + 290 \times 913} = \frac{227300}{457000} = 0{,}498$$

так как $\alpha_к = 0{,}498 < 0{,}50$

$$M = \frac{1}{\pi}\left[R_u \cdot F \cdot z + (R_н + \sigma_c') F_н \cdot z_н + (R_a + R_{ac}) F_a \cdot z_a\right] \sin \pi\alpha_к =$$

$$= 0{,}318\left[290 \times 913 \times 25 + (5100 - 1150)13{,}57 \times 25{,}6 + (5100 + 3600)15{,}85 \times 25{,}6\right] =$$

$$= 0{,}318\left(6600000 + 1370000 + 3520000\right) = 3570000 \text{ кгсм} = 35{,}7 \text{ тм}$$

$N \cdot e = 33{,}03$ тм. $< M = 35{,}7$ тм.

б Расчет на изгиб.

$$M_p = \frac{1}{\pi}\left[R_u F_б \, 2 + (R_a + R_{нс}) F_a \cdot z_a + (R_н + \sigma_c') F_н \, z_н\right] \sin \pi\alpha_к$$

$$\alpha_к = \frac{R_н \cdot F_н + R_a F_a}{(R_н + \sigma_c') F_н + (R_a + R_{ac}) F_a + R_u F_б} =$$

$$= \frac{5100(13{,}57 + 15{,}85)}{(5100 - 1150)13{,}57 + (5100 + 3600)15{,}85 + 290 \times 913} = \frac{150000}{457000} = 0{,}328;$$

$\pi\alpha_к = 59°$ $\sin \pi\alpha_к = 0{,}857.$

$$M_p = \frac{0{,}857}{3{,}14}\left[290 \times 913 \times 25 + (5100 + 3600)15{,}85 \times 25{,}6 + (5100 - 1150)13{,}57 \times 25{,}6\right]$$

$$= 0{,}273\left(6600000 + 1370000 + 3520000\right) =$$

$$= 3140000 \text{ кгсм} = 31{,}4 \text{ тм}.$$

Действующий изгибающий момент $M_д = 29{,}9$ тм (см. эпюру моментов при $\alpha = 0°$ вдоль ВЛ).

$M_д = 29{,}9$ тм $< M = 31{,}4$ тм

В. Расчет по трещиностойкости.

$$M_{тр} = \left[\frac{A_1}{2}\varphi_1(\psi) + 2A_2\varphi_2(\psi)\right]\cdot\delta\cdot z^2\cdot R_m$$

при этом ψ определяется из уравнения:

$$A_1\varphi_3(\psi) - A_2\varphi_4(\psi) - \frac{\pi N_0}{F_n R_T} = 0$$

$R_T = 19{,}5$ кг/см^2; $A_1 = C(1+\mu n)$; $A_2 = 1+\mu n_p'$

$C = 2{,}0$, $\mu = \frac{13{,}57+15{,}85}{918} = 0{,}032$; $n = 5{,}28$; $n_p' = 10{,}56$;

$A_1 = 2(1+0{,}032\cdot 5{,}28) = 2{,}34$ $A_2 = 1+0{,}032\times 10{,}56 = 1{,}34$;

$$\sigma_{ок} = 0{,}9\times 0{,}9\times 6000 = 4860 \text{ кг/см}^2,$$

Потери предварительного напряжения:

1. От усадки бетона $\sigma_{ус} = 400$ кг/см^2:
2. От релаксации напряжений

$$\sigma_{рл} = 0{,}4\left(0{,}27\frac{4860}{6000} - 0{,}1\right)4860 = 230 \text{ кг/см}^2.$$

3. От ползучести бетона

$$\sigma_{б} = \frac{13{,}57\cdot(4860-230)}{1068} = 58{,}5 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{пл} = \frac{0{,}8\times 2\cdot 10^6\times 500\times 58{,}5}{3{,}8\times 10^5\times 375} = 330 \text{ кг/см}^2$$

$\Sigma\sigma_п = 400+230+330 = 960$ кг/см^2

$\sigma_0 = 4860-960 = 3900$ кг/см^2;

$N_0 = 3900\times 13{,}57 - (400+330)15{,}85 = 53000 - 11500 = 41500$ кг

$$\frac{\pi N_0}{F_n R_T} = \frac{3{,}14\times 41500}{1068\times 19{,}5} = 6{,}25$$

$2{,}34\varphi_3(\psi) - 1{,}34\varphi_4(\psi) - 6{,}25 = 0$ $\psi = 117°$

$2{,}34\times 3{,}30 - 1{,}34\times 1{,}1 - 6{,}25 = 0$

$\varphi_1(\psi) = 8{,}962$; $\varphi_2(\psi) = 0{,}891$

$$M_{тр} = \left[\frac{2{,}34}{2}\cdot 8{,}962 + 2\times 0{,}891\times 1{,}34\right]\times 6\times 25^2\times 19{,}5 = 9{,}4 \text{ тм}.$$

Г. Расчет на поперечную силу.

Площадь поперечного сечения однозаходной спирали, отнесенная на один метр длины элемента от действия поперечной силы определяется по формуле:

$$F_{c,a} = \frac{Q^2 \cdot 100}{4 Q'_\delta R_{ax}};$$

$Q = 7415$ кг; $R_{ax} = 1700$ кг/см^2; $R_a = 290$ кг/см^2; $\delta = 6$см; $r_a = 25{,}6$см

$$Q'_\delta = 0{,}3 \cdot \delta \cdot (y_a + r)^2 \cdot R_u$$

$$y_a = \frac{\frac{1}{2}(\pi - \theta) - \frac{1}{4}\sin 2\theta}{\sin\theta + (\pi - \theta)\cos\theta} \cdot r_a; \qquad r_a = 25{,}6\text{см}.$$

$$tg\,\theta - \theta = \pi\mu n' = 3{,}14 \times 0{,}20 = 0{,}628; \qquad \theta = 59°$$

$$\mu n' = \frac{F_a \cdot E_a + F_H \cdot E_H}{0{,}85\, E\delta F} = \frac{2 \times 10^6 (13{,}57 + 15{,}85)}{0{,}85 \times 3{,}8 \times 10^5 \times 913} = 0{,}20$$

$$y_a = \frac{0{,}5(3{,}14 - 1{,}03) - 0{,}25 \times 0{,}951}{0{,}857 + (3{,}14 - 1{,}03)\ 0{,}515} \times 25{,}6 =$$

$$= \frac{(1{,}055 - 0{,}237)\ 25{,}6}{0{,}857 + 1{,}083} = \frac{20{,}9}{1{,}94} = 10{,}75\text{ см};$$

$$Q'_\delta = 0{,}3 \times 6 \times (10{,}75 + 25{,}0)^2 \times 290 = 662000\ \text{кгсм}$$

$$F_{c,a} = \frac{7415 \times 7415 \times 100}{4 \times 662000 \times 1700} = \frac{5{,}5 \cdot 10^9}{4{,}5 \cdot 10^9} = 1{,}22\ \text{см}^2$$

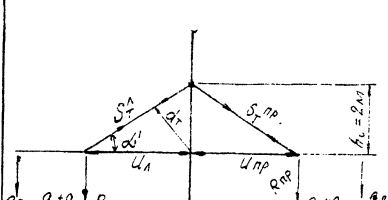
$F_c = f_x \cdot n$ Спираль ϕ 4 мм $f_x = 0{,}1256$ см^2;

$$n = \frac{1{,}22}{0{,}1256} \cong 10\ \text{шт.}$$ Шаг спирали 100 мм.

Расчет металлических элементов

Расчет нижней траверсы.

Расчетная схема.



Расчетные данные:

$tg\,\alpha' = \frac{2,0}{3,1} = 0,646$

$\alpha' = 32°54'$

$\sin\alpha' = 0,543$

$d_m = m\sin\alpha' = 3,1 \cdot 0,543 =$

$= 1,68\,м;$

Нормальный режим II

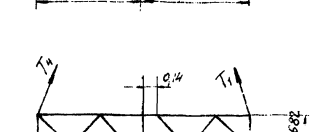
Угол поворота ВЛ $\alpha = 60°$

$T_1 = 19,82\,т \quad T_2 = T_3 = 0.$

$T_4 = 22,51\,т; \quad T_5 = 12,97\,т.$

$T_6 = 9,40\,т;$

$g_п = 1,71\,т; \quad g_г = 0,20\,т$



1. Расчет тяг траверсы.

$$R_л = T_4\frac{15,50}{18,92} + T_3\frac{15,50}{20,34} + T_5\frac{15,50}{17,38} = 22,51\frac{15,50}{18,92} + 0 + 12,97\frac{15,50}{17,38} =$$

$$= 18,4 + 11,55 = 29,95\,т.$$

$$R_{пр} = T_1\frac{15,50}{18,92} + T_6\frac{15,50}{20,34} + T_2\frac{15,50}{17,38} = 19,82\frac{15,50}{18,92} + 9,40\frac{15,50}{20,34} + 0 =$$

$$= 16,2 + 7,17\,т = 23,37\,т.$$

$$S_T^л = \frac{R_л \times b + (g_п + g_г)\,b}{2d_T \cdot m_к} = \frac{(29,95 + 1,71 + 0,20)\,3,10}{2 \times 1,68 \times 0,9} = 32,60\,т.$$

$$S_T^{пр} = \frac{(R_{пр} + g_п + g_г)\,b}{2d_T \cdot m_к} = \frac{(23,87 + 1,71 + 0,20)\,3,1}{2 \times 1,68 \times 0,9} = 26,0\,т.$$

$m_к = 0,9$ – коэффициент условий работы узла.

Тяги траверсы принимаем из ∠ 125×8.

$F_{бр} = 19{,}7 см^2$; $F_{нт} = 19{,}7 - 2{,}5 = 17{,}2 см$ при болтах ф 30 мм

$$\sigma = \frac{S_T^{\wedge}}{F_{нт}} = \frac{32600}{17{,}2} = 1890 кг/см^2 < 2100 кг/см^2;$$

Болты крепежные в узле — 4 ф 30 мм.

$N_{ср} = 8{,}16 \times 4 = 32{,}64 т > 32{,}6 т.$

$N_{см} = 9{,}18 \times 4 = 36{,}72 т > 32{,}6 т$

Площадь фасонки тяги:

$$F = \frac{S_T^{\wedge}}{R} = \frac{32600}{2100} = 15{,}6 см^2$$

При толщине фасонки $\delta = 16$ мм и ширине 170 мм с учетом сквозного болта ф 56 мм.

$$F_{нт} = (17{,}0 - 5{,}7) \times 1{,}6 = 18 см^2 > 15{,}6 см^2;$$

Сквозной болт узла „стойка – тяга" принят ф 56 мм по $S_T^{\wedge}$

$$N_{\Sigma} = S_T^{пр'} + S_T^{л'} = 14{,}4 + 18{,}1 = 32{,}5 т < S_T^{\wedge} = 32{,}6 т.$$

N_{Σ} – геометрическая равнодействующая.

$S_T^{пр'}$ и $S_T^{л'}$ – проекции составляющих усилий на равнодействующую

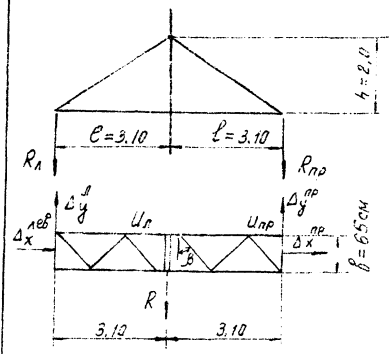
$$\tau_{ср} = \frac{32600}{24{,}63} = 1320 кг/см^2 < 1500 кг/см^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{32600}{5{,}6 \times 1{,}6} = 3640 кг/см^2 < 3800 кг/см^2;$$

2. Расчет поясов траверсы.

$R_л = 29,65 + 1,71 \cdot 0,20 = 31,86$ т

$R_{пр} = 23,37 + 1,71 \cdot 0,20 = 25,28$ т



$$\Delta y^{лев} = T_4 \frac{10,4}{18,92} - T_5 \frac{5,2}{17,38} - P_{пров.\,y} = 22,51 \frac{10,4}{18,92} - 12,97 \frac{5,2}{17,38} - 3,98 = 4,49\,т$$

$$\Delta y^{пр} = T_1 \frac{10,4}{18,92} - T_6 \frac{5,2}{20,34} - P_{пров\,y} = 19,82 \frac{10,4}{18,92} - 9,40 \frac{5,2}{20,34} - 3,98 = 4,51\,т.$$

$$\Delta x^{лев} = T_4 \frac{3,1}{18,92} + P_{пров\,x} - T_5 \frac{5,9}{17,38} = 22,51 \frac{3,1}{18,92} + 2,18 - 12,97 \frac{5,9}{17,38} = 1,46\,т.$$

$$\Delta x^{пр} = -T_1 \frac{3,1}{18,92} + P_{пров\,x} - T_6 \frac{12,1}{20,34} = -19,82 \frac{3,1}{18,92} + 2,18 - 9,40 \frac{12,1}{20,34} = 3,25 + 2,18 + 5,6 = 6,61$$

Усилия в поясах траверсы.

$$U_{лев} = \frac{R_л \cdot l}{2 n_0 \cdot m_к} + \frac{\Delta y^{лев} \cdot e}{в} + \frac{\Delta x^{лев}}{2} =$$

$$= \frac{31,86 \times 3,1}{2 \times 2 \cdot 0,9} + \frac{4,49 \times 3,1}{0,65} + \frac{1,46}{2} = 27,4 + 21,4 + 0,73 = 49,53\,т.$$

$$U_{пр} = \frac{R_{пр} \cdot l}{2 n_0 \cdot m_к} + \frac{\Delta y^{пр} \cdot e}{в} - \frac{\Delta x^{пр}}{2} = \frac{25,28 \times 3,1}{2 \times 2 \cdot 0,9} + \frac{4,51 \cdot 3,1}{0,65} + \frac{6,67}{2} =$$

$$= 21,85 + 21,50 + 3,34 = 46,69\,т.$$

Принимаем $\angle 160 \times 10$ $F = 31,4\,см^2$; $r_x = 4,96$ см;

$l_п = 310$ см; $\lambda = \frac{310}{4,96} = 62,5$; $\varphi = 0,85$

$\sigma = \frac{49530}{\ldots} = 1855\,кг/см^2 < 2100\,кг/см^2$

3. Расчет раскосов.

Нормальный режим II; $\alpha = 60°$

Реакция в узле „стойка – пояс"

$$R = \frac{T_m(H + h_2 + h_3)}{H} + \frac{T_n(H + h_2)}{H} =$$

$$= \frac{3{,}065(12{,}5+3+2{,}5)}{12{,}5} + \frac{4{,}35(12{,}5+3)}{12{,}5} = 4{,}40 + 5{,}40 = 9{,}8\,т.$$

$$D = \frac{Q}{\cos\beta \cdot m} \qquad Q = \frac{R}{2};$$

Усилие в раскосе $D = \frac{R}{2\cos\beta} = \frac{9{,}8}{2 \cdot 0{,}616 \cdot 0{,}8} = 7{,}95\,т$

Раскосы из $\angle 90 \times 7$

$F = 12{,}3\,см^2$; $r_{min} = 1{,}78\,см$; $l_{пан} = 110\,см$;

$\lambda = \frac{110}{1{,}78} = 62$; $\varphi = 0{,}85$

$$\sigma = \frac{D}{\varphi \cdot F} = \frac{7950}{0{,}85 \times 12{,}3} = 760\,кг/см^2 < 2100\,кг/см^2$$

Проверка болта „пояс-раскос"

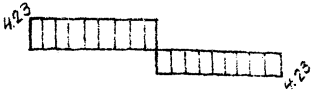
Болт Ф 30 мм $F = 7{,}06\,см^3$

$$\tau_{ср} = \frac{7950}{7{,}06} = 1125\,кг/см^2 < 1500\,кг/см^2$$

$$\sigma_{см} = \frac{7950}{3{,}0 \times 0{,}7} = 3780\,кг/см^2 < 3800\,кг/см^2$$

Ленинград Сва эсп Зак 182-200 №№ 68г

Аварийный режим III $\alpha = 0°$



$$\Delta y_{лев} = T_4 \frac{10,4}{18,92} - P_{пров} =$$

$$= 14,59 \frac{10,4}{18,92} - 3,79 = 8,02 - 3,79 = 4,23 т.$$

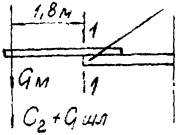
$$R = \frac{2,61 \cdot 18}{12,5} + \frac{3,79 \times 15,5}{12,5} = 3,76 + 4,70 = 8,46 т.$$

$$\Delta y_{пр} = T_1 \frac{10,4}{18,92} - T \frac{5,2}{17,38} T_6 \frac{5,2}{20,34} = 9,53 \frac{10,4}{18,92} - 1,73 \frac{5,2}{17,38} - 1,94 \frac{5,2}{20,34} =$$

$$= 5,25 - 0,52 - 0,50 = 4,23 т.$$

$$Q = 4,23 т < Q_{норм.реж.} = 4,90 т.$$

4. Расчет консолей для обводного шлейфа.



$G_м = 1,3 \times 200 = 260$ кг

$G_г = 1,1 \times 40 \cong 45$ кг

$G_{шл} = 5,28 \times 8 \cong 45$ кг

$$M_{1-1} = (G_м + G_г + G_{шл}) \times 1,8 = 350 \times 1,8 = 630 кгм.$$

Консола из $\angle 125 \times 8$

$$W = \frac{J_x}{b - Z_0} = \frac{294}{12,5 - 3,36} = 32,1 см^3$$

$$\sigma = \frac{M_{1-1}}{W} = \frac{63000}{32,1} = 1960 кг/см^2 < 2100 кг/см^2$$

Ремонтер изо зал. Зак. 182-200 11/IV-68г.

5. Расчет оттяжек

$T_4 = 22{,}51\,т \quad T_5 = 12{,}97\,т.$

Для оттяжек 1 и 4 принимаем двойной канат ф 18,5 мм (18,5 – Г – В – СС – Р – 140 по ГОСТ 3064-66г).

Разрывное усилие каната в целом $T_р = 2 \times 23{,}45 = 46{,}9\,т.$

$N = T_р \cdot к \cdot m \cdot m_к > T_4$; по условию прочности

$к = 0{,}8$ – коэффициент однородности.

$m = 0{,}8$ – коэффициент условий работы материала в конструкции.

$m_к = 0{,}8$ – коэффициент условий работы оттяжки в анкерно-угловых опорах.

$N = 46{,}9 \times 0{,}8 \times 0{,}8 \times 0{,}8 = 23{,}5\,т > 22{,}51\,т = T_4.$

Для оттяжек 2, 3, 5, 6 принимаем двойной канат ф 15,5 мм (15,5 – Г – В – СС – Р – 140 по ГОСТ 3064-66г)

$T_р = 2 \times 16{,}7 = 33{,}4\,т.$

$N = 33{,}4 \times 0{,}8 \times 0{,}8 \times 0{,}8 = 17{,}05\,т > 12{,}97\,т = T_5.$

Болт „планки-оттяжка" принят ф 36 мм.

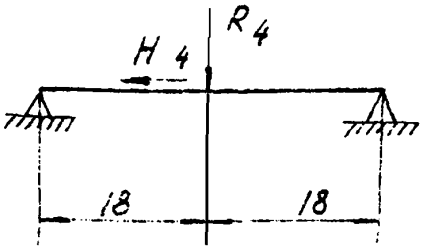
$F = 10{,}18\,см^2;\ \tau_{ср} = \frac{22510}{2 \times 10{,}18} = 1105\,кг/см < 1500\,кг/см^2;$

Смятие при толщине планки $\delta = 10$ мм.

$\sigma_{см} = \frac{22510}{2 \times 1 \times 3{,}6} = 3130\,кг/см^2 < 3800\,кг/см^2.$

6. Проверка детали крепления оттяжек

Расчетная схема



$$R_4 = T_4 \frac{18,67}{18,92} = 22,51 \frac{18,67}{18,92} = 22,2\,т.$$

$$H = T_4 \frac{3,1}{18,92} = 22,51 \frac{3,1}{18,92} = 3,69\,т.$$

Проверка детали на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{22510}{2 \times 12,55} = 900\ кг/см^2 < 1500\ кг/см$$

Проверка на смятие $\angle 160 \times 10$.

$$\sigma_{см} = \frac{22510}{2 \times 4 \times 1} = 2820\ кг/см^2 < 3800\ кг/см^2$$

Проверка детали на изгиб.

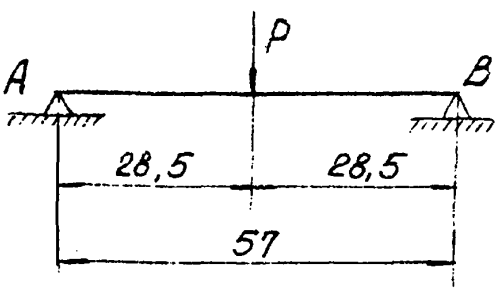
Сечение 18×4 см. $\quad M_{max} = 22,51 \frac{0,18}{2} = 203000$ кгсм.

$F = 72\ см^2$; $\quad W = \frac{bh^2}{6} = \frac{4 \times 18^2}{6} = 216\ см^3$.

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} + \frac{H_5}{F} = \frac{203000}{216} + \frac{3690}{72} = 940 + 51 = 991\ кг/см^2$$

Проверка опорных уголков ($\angle 160 \times 10$)

Расчетная схема.



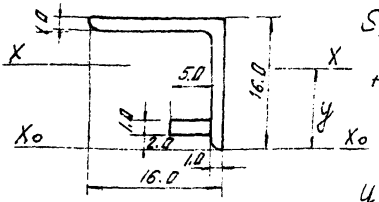
$$P = T_4 \frac{15,50}{18,92} + T_5 \frac{15,50}{17,38} =$$

$$= 22,51 \frac{15,50}{18,92} + 12,97 \frac{15,50}{17,38} =$$

$$= 18,45 + 11,55 = 30,0\ т.$$

$$M = \frac{Pe}{4} = \frac{30 \times 57}{4} = 428\ тсм = 428000\ кгсм.$$

Сечение балки



$S_{x_0-x_0} = 16{,}0\times1{,}0\times15{,}5+1{,}0\times15\times7{,}5+$

$+1{,}0\times5\times2{,}5 = 248+112{,}5+12{,}5=373\,см^3$

$F=16\times1+15\times1+5\times1 = 36\,см^2;$

$$y=\frac{S_{x_0-x_0}}{F}=\frac{373}{36}=10{,}4\,см.$$

$$J_{x-x}=\frac{16\times1^3}{12}+16\times1\times5{,}1^2+\frac{1\times15^3}{12}+1\times15\times2{,}9^2+\frac{5\times1^3}{12}+5\times1\times7{,}9^2=$$

$$=1{,}3+416+281+126+0{,}4+312=1137\,см^4$$

$$W_{x-x}=\frac{J_{x-x}}{y}=\frac{1137}{10{,}4}=109\,см^3;$$

$$\sigma=\frac{M}{2W_{x-x}}=\frac{428\,000}{2\times109}=1965\,кг/см^2<2100\,кг/см^2$$

с учётом горизонтального воздействия вертлюга max напряжение в уголке не превышает 2100 кг/см²

7. Проверка фасонки узла „пояс-тяга"

$\delta=1см$; Болты диаметром Ф 30 мм – 4 шт.

Усилие в тяге 32,6 т.

$$\sigma_{см}=\frac{32600}{3\times1\times4}=2710\,кг/см^2<3400\,кг/см^2;$$

При смятии, усилиями в оттяжках:

$N=\frac{P}{2}=\frac{30}{2}=15т$ болты Ф 30 мм – 2 шт.

$$\sigma_{см}=\frac{15000}{3\times1\times2}=2500\,кг/см^2<3400\,кг/см^2$$

Расчет габаритов приближения к телу опоры

А. Анкерно-угловая опора УБ 110-1

Провод АС-95, IV р.г Пролет 160 м по работе 1950 тм-т8; $t = +15°C$; $C = 0$; $q = 6{,}25$ кг/м²

$\sigma = 1{,}85$ кг/мм², $f = 6{,}22$ м.

1. Определяем провисание конца натяжной гирлянды.

$\lambda_{гирл} = 1{,}68$ м; $G_{гирл} \cong 53$ кг (см. 1571 тм-т3)

$$f_г = \frac{\lambda_г (\ell - \lambda_г)}{2\sigma_р \cdot \ell}\left[\frac{G_{гирл}}{\omega} + (\ell_р - \lambda_г)\cdot P \cdot 10^{-3}\right];$$

$P = 3{,}59 \times 10^{-3}$ кг/мм²; $\omega = 111{,}3$ мм²;

$$f_г = \frac{1{,}68(160-1{,}68)}{2\times 1{,}85 \times 160}\left[\frac{53}{111{,}3} + (160-1{,}68)\times 3{,}59\times 10^{-3}\right] =$$

$$= 0{,}45(0{,}476 + 0{,}568) = 0{,}47 \text{ м};$$

С учетом болтового зажима $f_г \cong 0{,}57$ м;

2. Длина гирлянды (натяжной) с учетом провисания $\lambda'_г = 1{,}65$ м;

3. Отклонение средины пролета; $tg\alpha = \frac{P}{g}$;

$$a = 2f \cdot \sin\alpha = 2 \times 6{,}22 \times 0{,}252 = 3{,}14 \text{ м};$$

$P = 0{,}101$ кг/м – ветер на провод без гололеда

$g = 0{,}386$ кг/м – вес провода АС-95.

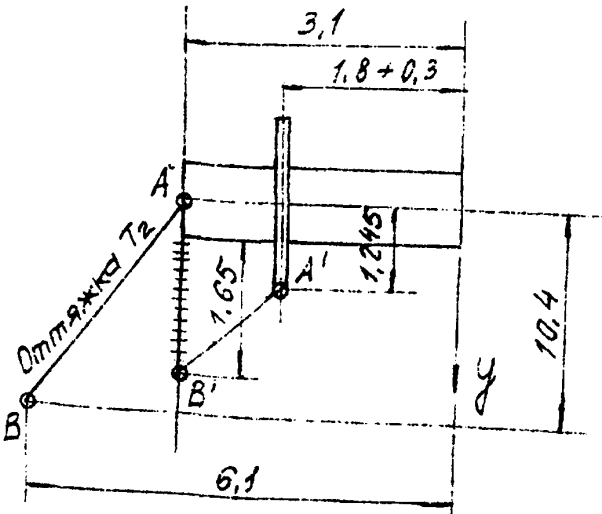
$tg\alpha = \frac{0{,}101}{0{,}386} = 0{,}261$; $\alpha = 14°36'$; $\sin\alpha = 0{,}252$;

4. Отклонение конца гирлянды: $\frac{\lambda_г}{\frac{\ell}{2}} = \frac{X}{a}$;

$$X = \frac{\lambda'_г \cdot a}{\frac{\ell}{2}} = \frac{1{,}65 \times 3{,}14}{80} \cong 0{,}07 \text{ м}$$

5. Отклонение подвесной гирлянды принимаем 30 см.

Левый габарит.



Координаты точек двух прямых при $\alpha = 0°$

$A(x_1 = -3,1;\ y_1 = 0;\ z_1 = 0)$

$B(x_2 = -6,1;\ y_2 = 10,4;\ z_2 = -15,5)$

$A_1 = (x_1' = -(1,8+0,3);\ y_1' = 1,245;\ z_1' = -1,43;)$

$B_1 = (x_2' = -(3,1+0,07);\ y_2' = 1,65+0,49 = 2,14;\ z_2' = -0,57;)$

$$\delta = \frac{\pm \begin{vmatrix} x_1 - x_1' & y_1 - y_1' & z_1 - z_1' \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_2' - x_1' & y_2' - y_1' & z_2' - z_1' \end{vmatrix}}{\sqrt{\begin{vmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_2' - x_1' & y_2' - y_1' \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ y_2' - y_1' & z_2' - z_1' \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} z_2 - z_1 & x_2 - x_1 \\ z_2' - z_1' & x_2' - x_1' \end{vmatrix}^2}}$$

δ – наикратчайшее расстояние между шлейфом и оттяжками 2 и 3.

$x_1 - x_1' = -1,0;\quad y_1 - y_1' = -1,245;\quad z_1 - z_1' = 1,43;$

$x_2 - x_1 = -3,0;\quad y_2 - y_1 = 10,4;\quad z_2 - z_1 = -15,5;$

$x_2' - x_1' = -1,07;\quad y_2' - y_1' = 0,895;\quad z_2' - z_1' = 0,86;$

$$\begin{array}{ccccc} -1,0 & -1,245 & 1,43 & -1,0 & -1,245 \\ -3,0 & +10,4 & -15,5 & -3,0 & +10,4 \\ -1,07 & +0,895 & +0,86 & -1,07 & +0,895 \end{array}$$

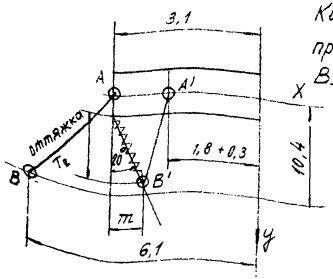
$D = -8,95 - 20,65 - 3,85 + 15,90 - 13,85 - 3,20 = -|34,6|$

$[-3,0 \times 0,895 + 10,4 \times 1,07]^2 + [10,4 \times 0,86 + 15,5 \times 0,895]^2 + [15,5 \times 1,07 + 3,0 \times 0,86]^2 =$

$= 8,45^2 + 22,85^2 + 19,2^2 = 72 + 522 + 368 = 962$

$|D'| = \sqrt{962} = 31,1 \qquad \delta = \frac{|D|}{|D|'} = \frac{34,6}{31,1} = 1,11\,м > [1,0\,м]$

См. табл. II-5-12 ПУЭ 65 для изоляторов серии „ПМ"



Координаты точек двух прямых при угле поворота ВЛ $\alpha = 40°$ с одной подвесной гирляндой

$A = (X_1 = -3{,}1;\ y_1 = 0;\ z_1 = 0;)$

$B = (X_2 = -6{,}1;\ y_2 = 10{,}4;\ z_2 = -15{,}5;)$

$A' = (X_1' = -(1{,}8 + 0{,}3);\ y_1' = 0;$

$z_1' = 1{,}43$

$B' = (X_2' = -(3{,}1 - 0{,}5 + 0{,}07)\ y_2' = 1{,}55 + 0{,}49 = 2{,}04$

$z_2' = -0{,}57)$

$m = \lambda_r' \sin 20° - X = 1{,}65 \times 0{,}342 - 0{,}07 = 0{,}57 - 0{,}07 = 0{,}5$ м.

$n = \lambda_r' \cos 20° = 1{,}65 \times 0{,}94 = 1{,}55$ м.

$X_1 - X_1' = -1{,}0;\quad y_1 - y_1' = 0;\quad z_1 - z_1' = 1{,}43,$

$X_2 - X_1 = -3{,}0;\quad y_2 - y_1 = 10{,}4;\quad z_2 - z_1 = -15{,}5;$

$X_2' - X_1' = -0{,}57;\quad y_2' - y_1' = 2{,}04;\quad z_2' - z_1' = 0{,}86;$

~~-1,0~~	~~0~~	~~1,43~~	~~-1,0~~	~~0~~
~~-3,0~~	~~10,4~~	~~-15,5~~	~~-3,0~~	~~10,4~~
~~-0,57~~	~~2,04~~	~~0,86~~	~~-0,57~~	~~2,04~~

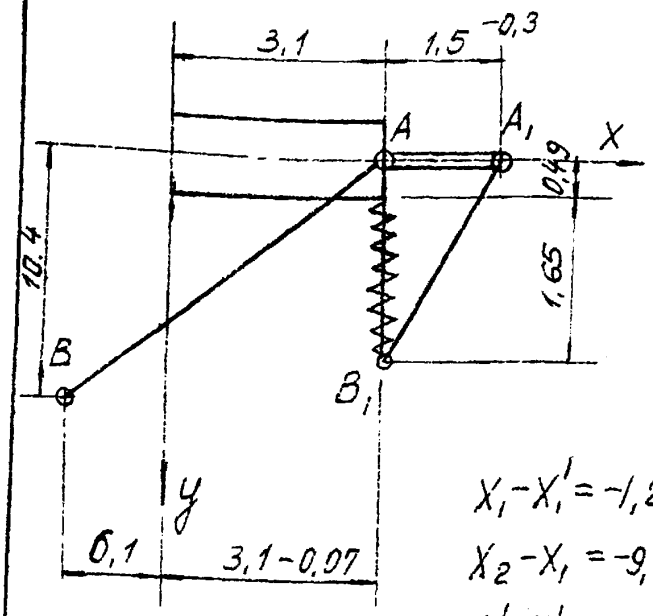
$D = -9{,}05 - 8{,}85 + 8{,}25 - 31{,}65 = -|41{,}3|$

$|D'| = \sqrt{(-3{,}0 \times 2{,}04 + 10{,}4 \times 1{,}07)^2 + (10{,}4 \times 0{,}36 + 15{,}5 \times 2{,}04)^2 + (15{,}5 \times 0{,}57 + 5{,}0 \times 0{,}86)^2} =$

$= \sqrt{5^2 + 40{,}65^2 + 11{,}2^2} = \sqrt{1752} = 41{,}8$

$\delta = \dfrac{|D|}{|D'|} = \dfrac{41{,}3}{41{,}8} = 0{,}99$ м $\cong [1{,}0$ м$]$

Правый габарит



Координаты точек двух прямых при $\alpha = 0°$

$A(X_1 = 3,1;\ y_1 = 0;\ Z_1 = 0)$

$B(X_2 = -6,1;\ y_2 = 10,4;\ Z_2 = -15,5)$

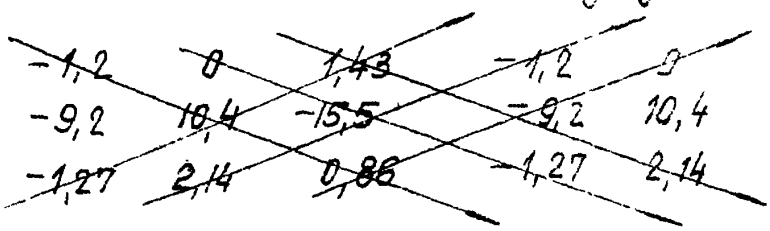
$A_1(X_1' = 4,3;\ y_1' = 0;\ Z_1' = -1,43)$

$B_1(X_2' = 3,03;\ y_2' = 2,14;\ Z_2' = -0,57)$

$X_1 - X_1' = -1,2;\ y_1 - y_1' = 0;\ Z_1 - Z_1' = 1,43$

$X_2 - X_1 = -9,2;\ y_2 - y_1 = 10,4;\ Z_2 - Z_1 = -15,5;$

$X_2' - X_1' = -1,27;\ y_2' - y_1' = 2,14;\ Z_2' - Z_1' = 0,86$



$$D = -10,7 - 27,9 + 18,9 - 39,8 = -59,5$$

$$|D'| = \sqrt{(-9,2 \times 2,14 + 10,4 \times 1,27)^2 + (10,4 \times 0,86 + 15,5 \times 2,14)^2 + (15,5 \times 1,27 + 9,2 \times 0,86)^2} =$$

$$= \sqrt{-6,3^2 + 42,1^2 + 27,5^2} = \sqrt{2565} = 50,9$$

$$\delta = \frac{59,5}{50,9} = 1,17\,м > [1,0\,м]$$

Координаты точек двух прямых при $\alpha = 40°$ без обводной консоли

$A(X_1 = 3,1;\ y_1 = 0;\ Z_1 = 0)$

$B(X_2 = -6,1;\ y_2 = 10,4;\ Z_2 = -15,5)$

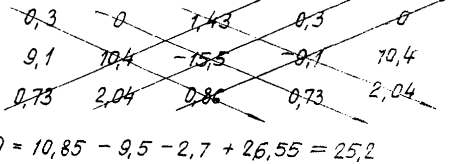
$A_1(X_1' = 2,8;\ y_1' = 0;\ Z_1' = -1,43)$

$B_1(X_2' = 3,53;\ y_2' = 2,04;\ Z_2' = -0,57)$

$X_1 - X_1' = 0,3$; $y_1 - y_1' = 0$; $z_1 - z_1' = 1,43$;

$X_2 - X_1 = -9,1$; $y_2 - y_1 = 10,4$ $z_2 - z_1 = -15,5$;

$X_2' - X_1' = 0,73$; $y_2' - y_1' = 2,04$; $z_2' - z_1' = 0,86$;



$D = 10,85 - 9,5 - 2,7 + 26,55 = 25,2$

$$|D'| = \sqrt{(-9,1 \times 2,04 + 10,4 \times 0,73)^2 + (10,4 \times 0,86 + 15,5 \times 2,04)^2 + (15,5 \times 1,27 + 9,1 \times 0,86)^2} =$$

$$= \sqrt{-10,9^2 + 40,6^2 + 27,5^2} = 50,2$$

$$\delta = \frac{25,2}{50,2} = 0,5 < 1,0 \text{ м.}$$

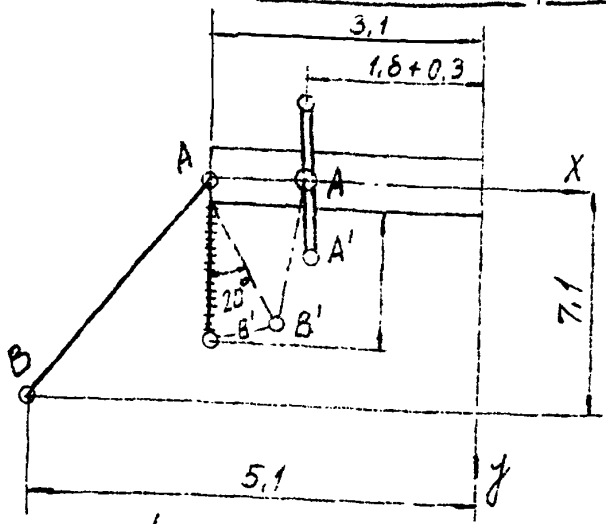
Значит: обводная консоль необходима на всех углах поворота линии.

Б. Анкерно-угловая опора УСБ 110-3. при H=8,5м

Расчет проводим для условий опоры УБ 110-1

Левый габарит

Угол поворота ВЛ $\alpha = 0°$



$A\ (X_1 = -3,1;\ y_1 = 0;\ Z_1 = 0)$

$B\ (X_2 = -5,1;\ y_2 = 7,1;\ Z_2 = -11,5)$

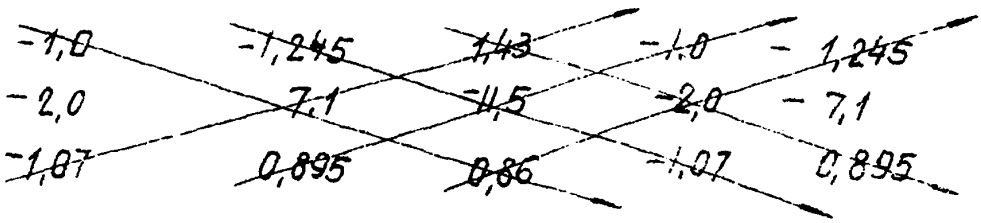
$A_1\ (X_1' = -2,1;\ y_1' = 1,245;\ Z_1' = -1,43)$

$B_1\ (X_2' = -3,17;\ y_2' = 2,14;\ Z_2' = -0,57)$

$X_1 - X_1' = -1,0;\quad y_1 - y_1' = -1,245;\quad Z_1 - Z_1' = 1,43;$

$X_2 - X_1 = -2,0;\quad y_2 - y_1 = 7,1;\quad Z_2 - Z_1 = -11,5;$

$X_2' - X_1' = -1,07;\quad y_2' - y_1' = 0,895;\quad Z_2' - Z_1' = 0,86;$



$$D = -6,1 - 15,35 - 2,55 + 10,85 - 10,3 - 2,15 = -25,6$$

$$D' = \sqrt{(-2 \times 0,895 + 7,1 \times 1,07)^2 + (7,1 \times 0,86 + 11,5 \times 0,895)^2 + (11,5 \times 1,17 + 2,0 \times 0,86)^2} =$$

$$= \sqrt{5,8^2 + 17,4^2 + 14,0^2} = \sqrt{532} = 23,1$$

$$\delta = \frac{25,6}{23,1} = 1,11\,м > [1,0\,м]$$

Угол поворота ВЛ $\alpha = 40°$; Подвесная гирлянда одна

$A\ (X_1 = -3,1;\ y_1 = 0;\ Z_1 = 0;)$

$B\ (X_2 = -5,1;\ y_2 = 7,1;\ Z_2 = -11,5)$

$A_1\ (X_1' = -2,1;\ y_1' = 0;\ Z_1' = -1,43)$

$B_1\ (X_2' = -2,67;\ y_2' = 2,04;\ Z_2' = -0,57)$

$X_1 - X_1' = -1,0$; $y_1 - y_1' = 0$; $z_1 - z_1' = +1,43$;

$X_2 - X_1 = -2,0$; $y_2 - y_1 = 7,1$; $z_2 - z_1 = -11,5$;

$X_2' - X_1' = -0,57$; $y_2' - y_1' = 2,04$; $z_2' - z_1' = 0,86$;

-1,0	0	1,43	-1,0	0
-2,0	7,1	-11,5	-2,0	7,1
-0,57	2,04	0,86	-0,57	2,04

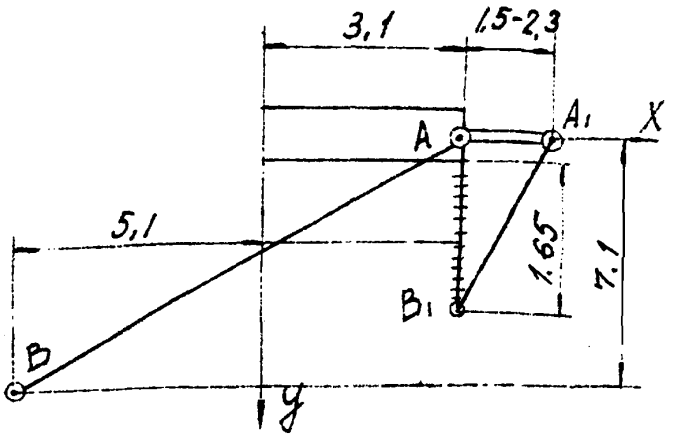
$$D = -6,1 - 5,85 + 5,8 - 23,5 = -29,65$$

$$|D'| = \sqrt{(-2\times2,04 + 7,1\times0,57)^2 + (7,1\times0,86 + 11,5\times2,04)^2 + [-2,0\times0,86 + (-11,5\times0,57)]^2} =$$

$$= \sqrt{0 + 29,1^2 + 7,4^2} = 29,9$$

$$\delta = \frac{29,65}{29,9} \cong 1,0\ м \cong [1,0\ м]$$

Правый габарит



Угол поворота ВЛ $\alpha = 0°$

$A(X_1 = 3,1;\ y_1 = 0;\ Z_1 = 0;)$

$B(X_2 = -5,1;\ y_2 = 7,1;\ z_2 = -11,5)$

$A_1 = (x_1' = 4,3;\ y_1' = 0;\ Z_1' = -1,43;)$

$B_1 = (X_2' = 3,03;\ y_2' = 2,14;\ z_2 = -0,57)$

$X_1 - X_1' = -1,2$; $y_1 - y_1' = 0$; $Z_1 - Z_1' = 1,43$;

$X_2 - X_1 = -8,2$; $y_2 - y_1 = 7,1$; $Z_2 - Z_1 = -11,5$;

$X_2' - X_1' = -1,27$; $y_2' - y_1' = 2,14$; $Z_2' - Z_1' = 0,86$;

-1,2	0	1,43	-1,2	0
-8,2	7,1	-11,5	-8,2	7,1
-1,27	2,14	0,86	-1,27	2,14

$$D = -7,30 - 25,1 + 12,9 - 29,5 = -49,0$$

$$|D'| = \sqrt{(-8,2\times2,14+1,27\times7,1)^2+(7,1\times0,86+11,5\times2,14)^2+(11,5\times1,27+8,2\times0,86)^2} =$$

$$= \sqrt{(-17,55+9,0)^2+(6,1+24,6)^2+(14,6+7,1)^2} =$$

$$= \sqrt{73+938+472} = \sqrt{1483} = 38,6$$

$$\delta = \frac{49,0}{38,6} = 1,27\,м > [1,0м]$$

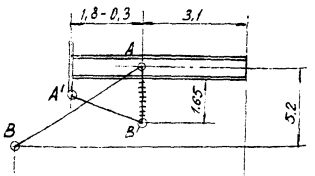
В. Концевая угловая опора КС5 110-1

Провод АС-95, IV р.г; пролет 160 м по работе 1950 тм-т8; $t = +15°C$; $C = 0$; $q = 6,25$ кг/м²;
$\sigma = 1,85$ кг/мм²; $f = 6,22$ м;

1. Определяем провисание конца натяжной гирлянды
   $\lambda_{гирл} = 1,68$ м; $Q_{гирл} \approx 53$ кг (см. 1571 тм-т3)
   $f_г = 0,47$ м см. расчет УБ110-1.
   с учетом болтового зажима $f_г = 0,57$ м;
2. Длина гирлянды с учетом провисания $\lambda_{гирл} = 1,65$ м.
3. Отклонение конца натяжной гирлянды 0,07 м
4. Отклонение подвесной гирлянды принимаем 30 см.

Левый (правый) габарит.

Угол поворота 0°



Координаты точек

$A\ (X_1 = -3,1;\ Y_1 = 0;\ Z_1 = 0;)$
$B\ (X_2 = -9,0)\ Y_2 = 5,2;\ Z_2 = -15,5;)$
$A_1\ (X_1' = -4,6;\ Y_1' = 1,245;\ Z_1' = -1,43;)$
$B_1\ (X_2' = -3,03;\ Y_2' = 2,14;\ Z_2' = -0,5;)$

$X_1 - X_1' = 1,50$; $Y_1 - Y_1' = -1,245$; $Z_1 - Z_1' = 1,43$;
$X_2 - X_1 = -5,9$; $Y_2 - Y_1 = 5,2$ $Z_2 - Z_1 = 15,5$;
$X_2' - X_1' = +1,57$; $Y_2' - Y_1' = 0,895$; $Z_2' - Z_1' = 0,86$;

1,5	-1,245	1,43	1,5	-1,245
-5,9	5,2	-15,5	-5,9	5,2
+1,57	0,895	0,86	+1,57	0,895

$D = 6,7 + 30,3 - 7,6 - 11,7 + 20,8 - 6,3 = 32,2$

$$D' = \sqrt{(-5{,}9\cdot 0{,}895 - 1{,}57\cdot 5{,}2)^2 + (5{,}2\cdot 0{,}86 + 15{,}5\times 0{,}895)^2 + (-5{,}9\cdot 0{,}86 + 1{,}57\cdot 15{,}5)^2} =$$

$$= \sqrt{13{,}5^2 + 18{,}4^2 + 19{,}2^2} = \sqrt{887} = 29{,}9$$

$$\delta = \frac{D}{D'} = \frac{32{,}2}{29{,}9} = 1{,}08\ м > [1{,}0\ м]$$

<u>Угол поворота ВЛ $\alpha = 60°$</u>

Координаты точек

$A\,(X_1 = -3{,}1;\quad y_1 = 0;\quad z_1 = 0,)$

$B\,(X_2 = -9{,}0;\quad y_2 = 5{,}2;\quad z_2 = -15{,}5;)$

$A_1\,(X_1' = -4{,}6;\quad y_1' = 1{,}245;\quad z_1' = -1{,}43;)$

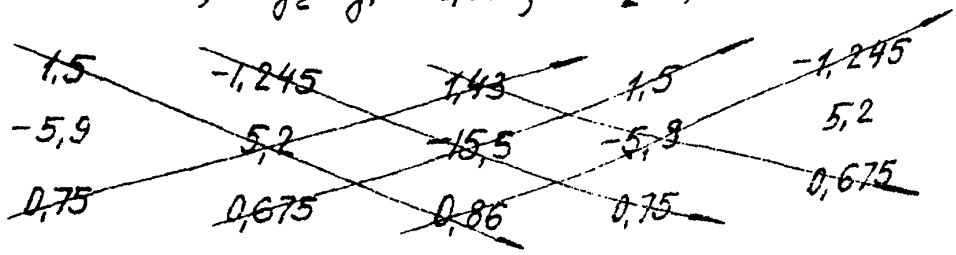
$B_1\,(X_2' = -3{,}85;\quad y_2' = 1{,}92;\quad z_2' = -0{,}57;)$

$X_1 - X_1' = 1{,}5;\quad y_1 - y_1' = -1{,}245;\quad z_1 - z_1' = 1{,}43;$

$X_2 - X_1 = -5{,}9;\quad y_2 - y_1 = 5{,}2;\quad z_2 - z_1 = -15{,}5;$

$X_2' - X_1' = 0{,}75;\quad y_2' - y_1' = +0{,}675;\quad z_2' - z_1' = 0{,}86,$

~~1,5~~	~~-1,245~~	~~1,43~~	~~1,5~~	~~-1,245~~
-5,9	~~5,2~~	~~-15,5~~	~~-5,9~~	5,2
~~0,75~~	~~0,675~~	~~0,86~~	~~0,75~~	~~0,675~~



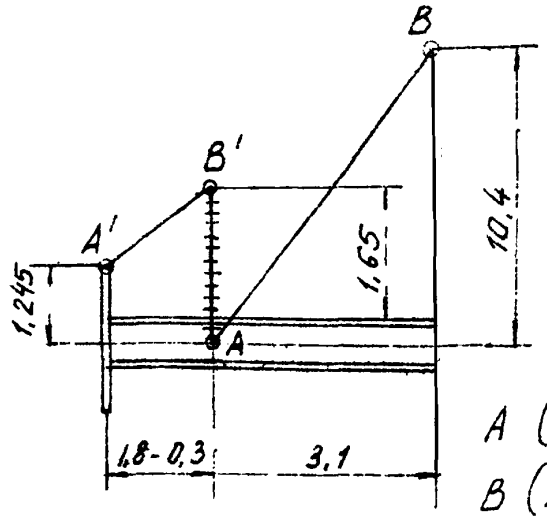
$$D = 6{,}7 + 14{,}5 - 5{,}7 - 5{,}6 + 15{,}7 - 6{,}3 = 19{,}3$$

$$D' = \sqrt{(-0{,}675\cdot 5{,}9 + 0{,}75\cdot 5{,}2)^2 + (5{,}2\cdot 0{,}86 + 0{,}675\cdot 15{,}5)^2 + (-5{,}9\cdot 0{,}86 + 15{,}5\cdot 0{,}75)^2} =$$

$$= \sqrt{7{,}9^2 + 15{,}8^2 + 6{,}6^2} = \sqrt{356} = 18{,}9$$

$$\delta = \frac{D}{D'} = \frac{19{,}3}{18{,}9} = 1{,}02\ м > [1{,}0\ м]$$

N2088 тм-т5 1 лист 42



Проверка габаритов приближения к оттяжкам со стороны портала.

Угол поворота ВЛ $\alpha = 0°$

Координаты точек

$A\ (X_1 = -3,1;\ Y_1 = 0;\ Z_1 = 0)$

$B\ (X_2 = 0;\ Y_2 = -10,4;\ Z_2 = -15,5)$

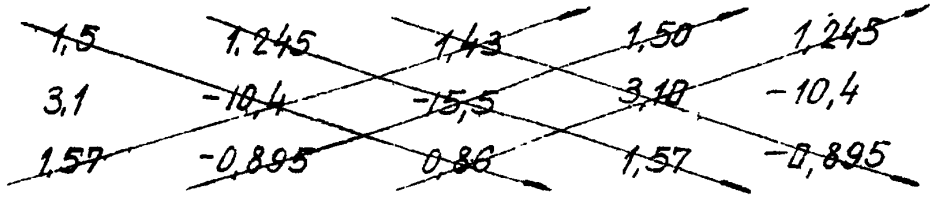
$A'\ (X_1' = -4,6;\ Y_1' = -1,245;\ Z_1' = -1,43)$

$B'\ (X_2' = -3,03;\ Y_2' = -2,14;\ Z_2' = -0\ 57)$

$X_1 - X_1' = 1,5;\quad Y_1 - Y_1' = 1,245;\quad Z_1 - Z_1' = 1,43;$

$X_2 - X_1 = 3,1;\quad Y_2 - Y_1 = -10,4;\quad Z_2 - Z_1 = -15,5;$

$X_2' - X_1' = 1,57;\quad Y_2' - Y_1' = -0,895;\quad Z_2' - Z_1' = 0,86$



$D = -13,4 - 30,3 - 4,0 + 23,4 - 20,8 - 3,3 = -48,4;$

$D' = \sqrt{(-3,1 \cdot 0,895 + 1,57\ 10,4)^2 + (-10,4 \cdot 0,86 - 15,5 \cdot 0,895)^2 + (3,1 \cdot 0,86 + 1,57 \cdot 15,5)^2} =$

$= \sqrt{13,5^2 + 22,8^2 + 27,0^2} = \sqrt{1425} = 37,8$

$\delta = \frac{48,4}{37,8} = 1,28 > [1,0\ м]$

Угол поворота ВЛ $\alpha = 60°$

Координаты точек:

$A(X_1 = -3,1;\ Y_1 = 0;\ Z_1 = 0)$

$B(X_2 = 0;\ Y_2 = -10,4;\ Z_2 = -15,5)$

$A_1(X_1' = -4,6;\ Y_1' = -1,245;\ Z_1' = -1,43)$

$B_1(X_2' = -2,31;\ Y_2' = -1,92;\ Z_2' = -0,57)$

$X_1 - X_1' = 1,5;\quad y_1 - y_1' = 1,245;\quad z_1 - z_1' = 1,43;$

$X_2 - X_1 = 3,1;\quad y_2 - y_1 = -10,4;\quad z_2 - z_1 = -15,5;$

$X_2' - X_1' = 2,29;\quad y_2' - y_1' = -0,675;\quad z_2' - z_1' = 0,86;$

1,5	1,245	1,43	1,5	1,245
3,1	−10,4	−15,5	3,1	−10,4
2,29	−0,675	0,86	2,29	−0,675

$$D = -13,4 - 44,3 - 3,0 + 33,0 - 15,7 - 3,3 = -46,7$$

$$D' = \sqrt{(-3,1\cdot 0,675 + 10,4\times 2,29)^2 + (-10,4\times 0,86 - 15,5\cdot 0,675)^2 + (3,1\cdot 0,86 + 15,5\times 2,29)^2} =$$

$$= \sqrt{21,7^2 + 19,4^2 + 37,2^2} = \sqrt{2224} = 47,2$$

$$\delta = \frac{46,7}{47,2} = 0,992\ м \cong 1,0\ м.$$

Расчёт выполнил рук. группы [signature] / В. Соловаров /
26/XI - 1969 г.

gost.e-ecolog.ru