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

N 407-4-20/75

Рабочие чертежи

ТОМ 7

Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кв

(Корректировка 1974 г)

МОСКВА-1974... г.

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

N 407-4-20/75

Рабочие чертежи

ТОМ 7

Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кв

(Корректировка 1994г)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

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

N 3082 тм-т7
Листов 8 (форм) - 40(46)

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 нормальные опоры ВЛ 110-330кв

N 407-4-20/75

Рабочие чертежи

ТОМ 7

Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кв

(корректировка 1974 г)

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.

3082тм/7

Аннотация

Настоящий том содержит расчет анкерно-угловой опоры ВЛ 110 кв типового проекта „Унифицированные железобетонные нормальные опоры ВЛ 110÷330 кв". Шифр опоры УБ 110-1.

Расчет произведен по методу предельных состояний.

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

В томе приведены также расчеты железобетонных цилиндрических стоек с различными вариантами армирования и расчеты металлических элементов опоры.

Расчёт корректировки не требует

Листу присвоена литера „а" в связи с замечанием о корректировке.

Рук. гр. (Иванова)

N 3082 тм-т7					Лист	
литера	а				4	40

Репрографическая Зак 156-100 экз 19/III-69 г.

Состав проекта

Том 1 Пояснительная записка N3082тм-т1

Том 2 Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 110 ÷ 150 кв N3082тм-т2

Том 3 Рабочие чертежи промежуточных опор ВЛ 220 ÷ 330 кв N3082тм-т3

Том 4 Рабочие чертежи анкерно-угловых опор ВЛ 110 кв N3082тм-т4

Том 5 Расчет промежуточных опор ВЛ 110 ÷ 150 кв N3082тм-т5

Том 6 Расчет промежуточных опор ВЛ 220 ÷ 330 кв N3082тм-т6

Том 7 Расчет анкерно-угловых опор ВЛ 110 кв N3082тм-т7

Том 8 Патентный формуляр (хранится в ПК СЗО) N3082тм-т8

Ротапринт СЗО эсп Зак 156-100 экз. 19/III-69г.

Содержание тома 7

1.	Титульные листы	N3082тм-т7, листы 1÷3
2.	Аннотация	N3082тм-т7, лист 4
3.	Состав проекта	N3082тм-т7, лист 5
4.	Содержание тома	N3082тм-т7, лист 6
5.	Общая часть	N3082тм-т7, листы 7÷9
6.	Расчетный эскиз опоры	N3082тм-т7, лист 10
7.	Таблица исходных данных	N3082тм-т7, лист 11
8.	Результаты статического расчета опоры	N3082тм-т7, лист 12
9.	Эпюра изгибающих моментов и поперечных сил	N3082тм-т7, лист 13
10.	Расчет стойки СЦ-1п	N3082тм-т7, листы 14÷22
11.	Расчет стойки СЦ-1пр	N3082тм-т7, листы 23÷27
12.	Расчет стойки СЦ-1	N3082тм-т7, листы 28÷32
13.	Расчет металлических элементов	N3082тм-т7, листы 33÷40

Ремонтор 030 экз Зак 156-400 экз 19/III-69г.

1 Общая часть

Статический расчет анкерно-угловой опоры УБ 110-1 произведен на ЭЦВМ „Урал 2" по программе расчета одностоечной опоры с двумя расщепленными и одной одиночной оттяжками инв. N 3002 тм - т 6.

В основу программы положена методика расчета, рекомендуемая пособием по расчету опор на оттяжках (инв. N 3004 тм - т 1). 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 две 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.

Ремпиар СЗа эсп Зак 156-100 экз 19/II-69г.

5 Углы поворота траверсы относительно осей y и z.

Расчет условой опоры ведется на нагрузки при изменении углов ВЛ через 10°, при этом нагрузки на опору вычисляются автоматически по общим исходным данным.

Общие исходные данные состоят из двух групп:

Группа „а": a, d, d_0, ℓ, H_0, H, h_0, h_1 – геометрические характеристики опоры, E – модуль упругости оттяжек, F_1, F_2, F_5 – площадь поперечного сечения оттяжек, B_c – жесткость ж. б. стойки, T_{05} – предварительное натяжение одиночной оттяжки, $L_{пр}$, $L_{лев}$, $L_{вер}$, h_2 и h_3 – расстояния, определяющие крепление проводов и троса на опоре, $\ell_в$ – расчетный ветровой пролет.

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', $T_в'$, T_c', T_a'', $T_в''$, T_c'' – тяжения 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, $M_д$ – момент относительно оси „y" от весовых нагрузок, $M_д'$ – момент на уровне тяг нижней траверсы от весовых нагрузок.

Размножено для Зак 156-100 экз. 19/VII-69г.

G – суммарный вес конструкции опоры, проводов и тросов. W – погонная ветровая нагрузка на стойку опоры.

Для статического расчета жесткость стойки B_c принимаем до раскрытия трещин.

Железобетонная стойка опоры разработана в трех вариантах армирования: проволочном, прядевом и стержневом. Расчет железобетонных стоек с различными вариантами армирования 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.

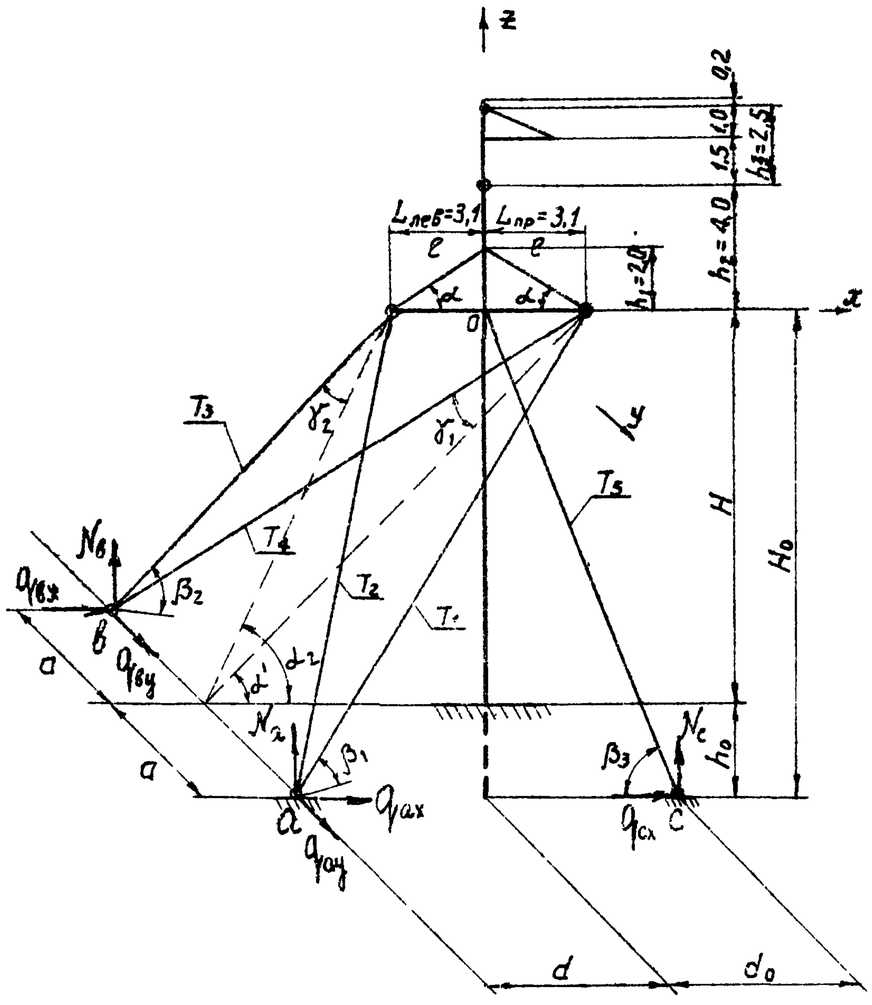
Все расчеты выполнены по методу предельных состояний.

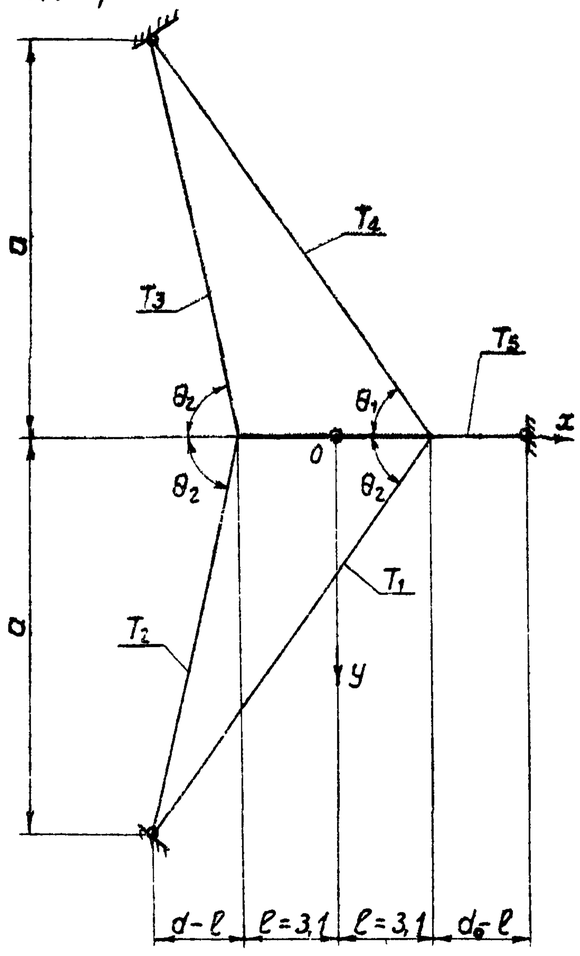
Статический расчет опоры произведен условно для схемы повышенной опоры на нагрузки опоры нормальной высоты.

Ленгипрэнергосетьпроект Зак. 156-100 зка 19/III-69 г.

Расчетный эскиз опоры

/ Нормальной УБ 110-1 /
/ Повышенной УБ 110-1+3,7 /





Тригонометрические характеристики углов

Шифр опоры		УБ 110-1				УБ 110-1+3,7			
Наименование угла	Обознач	Угол в градусах	tg	sin	cos	Угол в градусах	tg	sin	cos
Угол между поясом траверсы и тягой	α	32°54'	0,646	0,543	0,8396	32°54'	0,646	0,543	0,8396
Угол в плане между оттяжками T_1 и T_4 и осью траверсы	θ_1	48°30'	10,4 / 9,2 / 1,13	0,749	0,663	50°12'	12,7 / 10,6 / 1,20	0,768	0,64
Угол в плане между оттяжками T_2 и T_3 и осью траверсы	θ_2	73°54'	10,4 / 3,0 / 3,47	0,961	0,277	70°54'	12,7 / 4,4 / 2,89	0,945	0,327
Угол в плоскости оттяжки T_1 к горизонту	β_1	48°06'	15,5 / 13,9 / 1,115	0,744	0,668	49°21'	19,2 / 16,5 / 1,165	0,759	0,651
Угол в плоскости оттяжки T_2 к горизонту	β_2	55°	15,5 / 10,85 / 1,43	0,819	0,574	54°57'	19,2 / 13,45 / 1,425	0,814	0,581
Угол в плоскости оттяжки T_5 к горизонту	β_3	68°36'	15,5 / 6,1 / 2,55	0,931	0,365	68°42'	19,2 / 7,5 / 2,56	0,932	0,363
Половинный угол между оттяжками T_1 и T_4	γ_1	30°	10,4 / 18,08 / 0,577	0,5	0,866	30°	12,7 / 21,95 / 0,577	0,5	0,866
Половинный угол между оттяжками T_2 и T_3	γ_2	33°18'	10,4 / 15,8 / 0,658	0,549	0,836	33°18'	12,7 / 19,7 / 0,658	0,549	0,836
Угол между проекцией оттяжки T_1 и горизонтом	α_1	59°18'	15,5 / 9,2 / 1,685	0,86	0,511	61°09'	19,2 / 10,6 / 1,815	0,876	0,482
Угол между проекцией оттяжки T_2 и горизонтом	α_2	79°03'	15,5 / 3,0 / 5,17	0,982	0,190	77°07'	19,2 / 4,4 / 4,37	0,975	0,223

Расчетные длины оттяжек [м]

Шифр / Обознач	УБ 110-1	УБ 110-1+3,7
ℓ_{T_1}, ℓ_{T_4}	$\sqrt{10,4^2+9,2^2+15,5^2}=20,8$ м	$\sqrt{12,7^2+10,6^2+19,2^2}=25,35$ м
ℓ_{T_2}, ℓ_{T_3}	$\sqrt{10,4^2+3^2+15,5^2}=18,9$ м	$\sqrt{12,7^2+4,4^2+19,2^2}=23,44$ м
ℓ_{T_5}	$\sqrt{6,1^2+15,5^2}=16,7$ м	$\sqrt{7,5^2+19,2^2}=20,6$ м

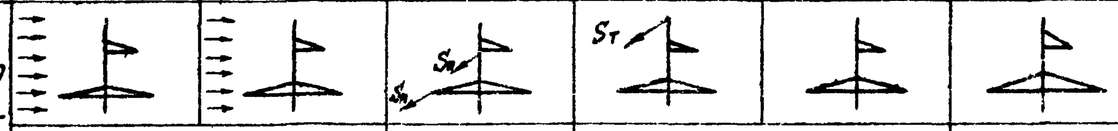
Шифр опоры / Обознач.	УБ 110-1	УБ 110-1+3,7
H	12,50	16,00
h_0	3,00	3,20
a	10,40	12,70
d	6,10	7,50
d_0	6,10	7,50

Таблица исходных данных для расчета опоры УБ 110-1 на ЭЦВМ „Урал 2" по программе N 3002 тм - т 6

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

$\ell_{ветр} = 300$ м, $\ell_{вес} = 450$ м } I и II р.г. $\ell_{ветр} = 230$ м, $\ell_{вес} = 345$ м } III и IV р.г.

IV район гололедности $C = 20$ мм ; $Q = 50$ кг/м²

Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Числовое значение нагрузок в расчетных режимах: I реж.	II реж.	III-3 реж.	IV реж.	Среднеэксплуат. режим I	Среднеэксплуат. режим II
a	см	1270	$P_в$	кг	1050	262	0	0	0	0
d	-"-	750	$P_п$	кг/м	1,11	1,45	0	0	0	0
d_0	-"-	750	$P_т$	-"-	0,536	1,248	0	0	0	0
ℓ	-"-	310	T_a'	кг	3145	4350	2360	3510	2405	1330
H_0	-"-	1920	$T_в'$	-"-	3145	4350	2360	3510	2405	1330
H	-"-	1600	T_c'	-"-	3145	4350	2360	3510	2405	1330
h_0	-"-	320	$T_т'$	-"-	2420	3065	2450	2450	2120	980
h_1	-"-	200	T_a''	-"-	3145	4350	0	3510	2405	1330
E	кг/см²	$1,5 \times 10^6$	$T_в''$	-"-	3145	4350	2360	3510	2405	1330
F_1	см²	2,82	T_c''	-"-	3145	4350	0	3510	2405	1330
F_2	-"-	2,82	$T_т''$	-"-	2420	3065	2450	0	2120	980
F_5	-"-	2,82	$M_в$	кгсм	$-24,28 \times 10^4$	$-8,16 \times 10^4$	0	0	0	0
B_c	кгсм²	118×10^9	M_g	-"-	$1,909 \times 10^4$	$2,77 \times 10^4$	$1,92 \times 10^4$	$1,91 \times 10^4$	$1,909 \times 10^4$	$1,909 \times 10^4$
T_{05}	кг	10 000	$M_б'$	-"-	$4,72 \times 10^4$	$1,06 \times 10^4$	0	0	0	0
$\ell_в$	м	230	M_g'	-"-	$1,909 \times 10^4$	$2,77 \times 10^4$	$-18,69 \times 10^4$	$1,91 \times 10^4$	$1,909 \times 10^4$	$1,909 \times 10^4$
$L_{пр}$	см	310	G	кг	9993	16175	11354	11448	9993	10456
$L_{лев}$	-"-	310	W	кг/см	0,252	$0,79 \times 10^{-1}$	0	0	0	0
$L_в$	-"-	0	Схема основной нагрузки при $\alpha = 0$ и подвеске проводов марки							
h_2	-"-	400								
h_3	-"-	250			АСО-240		АС-150	АСО-240		АСО-240

Примечания:

1. Максимальное тяжение в тросе $\sigma_{max} = 45$ кг/м².
2. Критические пролеты для троса $\ell_{2к} = 224$ м и $\ell_{2к} = 100$ м (для II и IV р.г. соответственно).
3. Ветровая нагрузка на трос принята по промежуточным опорам с коэффициентами увеличения скоростного напора по высоте $K = 1,08$ ($KQ = 54$ кг/м²)
4. В аварийных режимах нагрузки подсчитаны при условии обрыва двух проводов до АС-150 и одного - при марке провода выше АС-150

Примечание: Обозначение геометрических размеров, характеристик материалов опоры и нагрузок принято по программе инв. N 3002 тм - т 6.

Результаты статического расчета опоры произведенного на ЭЦВМ „Урал 2"

Результаты расчета		Нормальный режим I; q=50 кг/м²; C=0							Нормальный режим II; q=14 кг/м²; C=20мм						
	Углы поворота ВП	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Усилия в оттяжках	T_1	4006	4953	5890	6810	7705	8657	9939	3776	5072	6354	7612	9121	10948	12694
	T_2	4083	5802	7503	9173	10798	12461	14441	4072	6388	8679	10925	13411	16200	18864
	T_3	4083	5802	7503	9173	10798	12461	14441	4072	6388	8679	10925	13411	16200	18864
	T_4	4006	4953	5890	6810	7705	8657	9939	3776	5072	6354	7612	9121	10948	12694
	T_5	8494	6666	4858	3083	1357	0	0	8674	6197	3747	1345	0	0	0
Гор. реакция под стойкой	R_x	-146	-105,7	-65,9	-26,7	11,5	44,8	61,7	-18,20	33,10	87,7	133,3	170,1	190,6	210,2
Перемещен. оси стойки	Δx	2,02	4,46	6,88	9,26	11,57	13,97	17,0	1,77	5,09	8,37	11,59	15,27	19,53	23,60
на уровне подвесов траверсы	Δy	$0,66\cdot10^{-11}$	$0,16\cdot10^{-10}$	$0,25\cdot10^{-10}$	$0,34\cdot10^{-10}$	$0,42\cdot10^{-10}$	$0,51\cdot10^{-10}$	$0,62\cdot10^{-10}$	$0,66\cdot10^{-11}$	$0,19\cdot10^{-10}$	$0,31\cdot10^{-10}$	$0,43\cdot10^{-10}$	$0,56\cdot10^{-10}$	$0,71\cdot10^{-10}$	$0,86\cdot10^{-10}$
Углы поворота траверсы	φ	$0,45\cdot10^{-9}$	$0,37\cdot10^{-3}$	$0,77\cdot10^{-3}$	$0,12\cdot10^{-2}$	$0,16\cdot10^{-2}$	$0,19\cdot10^{-2}$	$0,21\cdot10^{-2}$	$0,26\cdot10^{-3}$	$0,79\cdot10^{-3}$	$0,13\cdot10^{-2}$	$0,18\cdot10^{-2}$	$0,22\cdot10^{-2}$	$0,25\cdot10^{-2}$	$0,27\cdot10^{-2}$
относит. осей Y_1Z	β	$-0,35\cdot10^{-14}$	$-0,83\cdot10^{-14}$	$-0,13\cdot10^{-13}$	$-0,2\cdot10^{-13}$	$-0,22\cdot10^{-13}$	$-0,27\cdot10^{-13}$	$-0,32\cdot10^{-13}$	$-0,34\cdot10^{-14}$	$-0,99\cdot10^{-14}$	$-0,16\cdot10^{-13}$	$-0,23\cdot10^{-13}$	$-0,29\cdot10^{-13}$	$-0,37\cdot10^{-13}$	$-0,45\cdot10^{-13}$
Изг. моменты на уровне пяты	M_c	-88896	-153343	-217152	-279838	-340922	-334207	-421258	-72129	-154079	-235072	-314494	-373375	-406163	-437468
Гор. реакция под стойкой	R_y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Верт. реакция под стойкой	N_n	-30663	-33214	-35737	-38213	-40624	-43527	-48714	-36648	-40100	-43514	-46863	-51968	-59305	-66318
Усилия на анкерные плиты	N_a	6379	8506	10609	12674	14684	16767	19361	6196	9076	11923	14717	17897	21565	25071
	Q_{ax}	2442	3161	3872	4570	5250	5960	6868	2344	3321	4287	5235	6333	7620	8851
	Q_{ay}	-4220	-5626	-7018	-8383	-9713	-11091	-12806	-4099	-6004	-7887	-9735	-11838	-14264	-16584
	N_B	6379	8506	10609	12674	14684	16767	19361	6196	9076	11923	14717	17897	21565	25071
	N_{Bx}	2442	3161	3872	4570	5250	5960	6868	2344	3321	4287	5235	6333	7620	8851
	N_{By}	4220	5626	7018	8383	9713	11091	12806	4099	6004	7887	9735	11838	14264	16584
	N_c	7912	6209	4525	2873	1264	0	0	8080	5772	3491	1252	0	0	0
	Q_{cx}	-3090	-2426	-1768	-1122	-494	0	0	-3156	-2255	-1363	-489	0	0	0

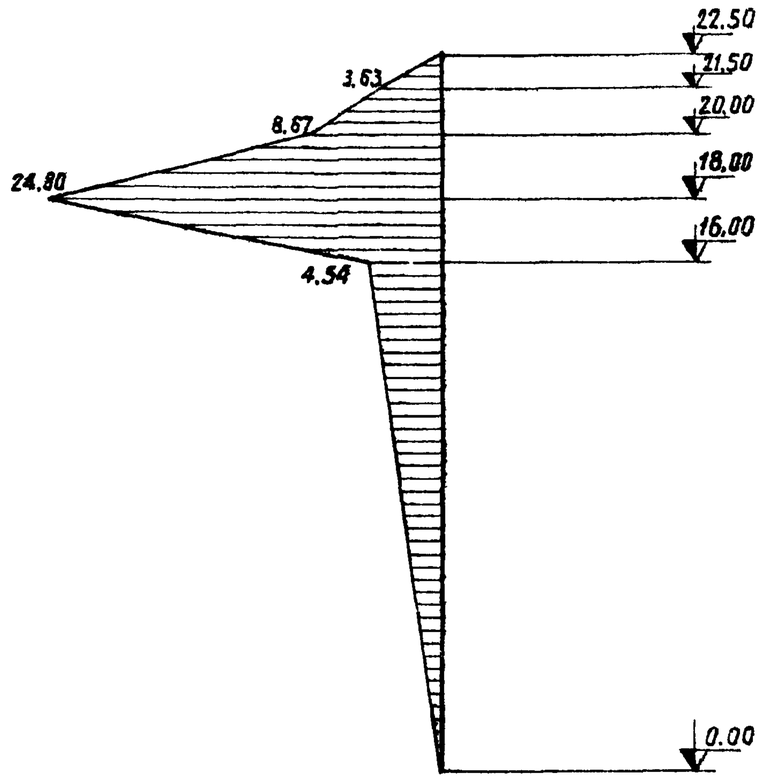
Результаты расчета		Аварийный режим III. Обрыв верхнего и левого проводов АС-150							Аварийный режим IV. Обрыв троса						
	Углы поворота ВП	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Усилия в оттяжках	T_1	0	0	398	1006	1628	2264	2905	1346	2338	3336	4330	5316	6285	7287
	T_2	1463	2597	3718	4824	5915	6984	8020	1273	2877	4480	6072	7639	9170	10713
	T_3	4185	5309	6399	7453	8473	9450	10377	4452	6043	7611	9142	10626	12051	13466
	T_4	7652	7624	7935	8398	8821	9200	9533	4784	5763	6721	7551	8547	9400	10264
	T_5	11056	9131	7742	6638	5560	4516	3573	9993	8216	6452	4715	3018	1374	0
Гор. реакция под стойкой	R_x	238,7	101,0	77,4	111,4	144,7	176,9	207,9	3,18	24,89	46,44	67,6	88,4	108,5	125,4
Перемещен. оси стойки	Δx	-1,41	1,16	3,02	4,60	5,94	7,34	8,68	$0,91\cdot10^{-2}$	2,39	4,75	7,08	9,35	11,55	13,78
на уровне подвесов траверсы	Δy	4,26	3,29	2,93	2,88	2,80	2,70	2,58	1,84	1,93	1,81	1,78	1,73	1,67	1,59
Углы поворота траверсы	φ	$0,18\cdot10^{-2}$	$0,93\cdot10^{-3}$	$0,71\cdot10^{-3}$	$0,105\cdot10^{-2}$	$0,14\cdot10^{-2}$	$0,17\cdot10^{-2}$	$0,20\cdot10^{-2}$	$0,31\cdot10^{-4}$	$0,27\cdot10^{-3}$	$0,51\cdot10^{-3}$	$0,74\cdot10^{-3}$	$0,97\cdot10^{-3}$	$0,12\cdot10^{-2}$	$0,14\cdot10^{-2}$
относит. осей Y_1Z	β	$0,92\cdot10^{-2}$	$0,61\cdot10^{-2}$	$0,51\cdot10^{-2}$	$0,49\cdot10^{-2}$	$0,46\cdot10^{-2}$	$0,47\cdot10^{-2}$	$0,44\cdot10^{-2}$	$0,69\cdot10^{-3}$	$0,69\cdot10^{-3}$	$0,68\cdot10^{-3}$	$0,67\cdot10^{-3}$	$0,66\cdot10^{-3}$	$0,63\cdot10^{-3}$	$0,60\cdot10^{-3}$
Изг. моменты на уровне пяты	M_c	-381962	-161626	-123905	-178384	-231604	-283158	-332655	-5095	-39832	-74305	-108251	-141412	-173535	-200616
Гор. реакция под стойкой	R_y	590	588	581	570	554	534	511	995	991	980	961	935	902	861
Верт. реакция под стойкой	N_n	-32080	-32112	-33166	-34721	-36239	-37710	-39122	-30091	-32546	-34982	-37382	-39725	-41995	-44553
Усилия на анкерные плиты	N_a	1199	2128	3347	4714	6080	7437	8771	2063	4128	6198	8255	10286	12273	14297
	Q_{ax}	275	488	864	1326	1792	2258	2720	802	1518	2236	2951	3658	4350	5059
	Q_{ay}	-793	-1407	-2214	-3118	-4022	-4919	-5802	-1365	-2730	-4099	-5460	-6803	-8118	-9457
	N_B	9226	10125	11253	12468	13624	14712	15724	7271	9317	11327	13286	15180	16994	18808
	N_{Bx}	3987	4185	4520	4912	5280	5622	5935	2837	3545	4240	4916	5570	6194	6821
	N_{By}	6103	6697	7443	8247	9012	9731	10400	4810	6182	7492	8788	10041	11241	12440
	N_c	10297	8504	7211	6183	5179	4207	3273	9308	7652	6010	4392	2811	1280	0
	Q_{cx}	-4027	-3322	-2816	-2415	-2023	-1643	-1278	-3636	-2989	-2347	-1715	-1098	-500	0

Результаты расчета		Среднеэксплуатационный режим I							Среднеэксплуатационный режим II						
	Углы поворота ВП	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Усилия в оттяжках	T_1	3066	3805	4639	5261	5967	6651	7307	3065	3465	3861	4251	4632	5001	5335
	T_2	2862	4239	5604	6949	8263	9536	10758	2862	3581	4294	4997	5683	6348	6986
	T_3	2862	4239	5604	6949	8263	9536	10758	2862	3581	4294	4997	5683	6348	6986
	T_4	3066	3805	4639	5261	5967	6651	7307	3065	3465	3861	4251	4632	5001	5335
	T_5	9993	8545	7107	5691	4309	2969	1684	9993	9226	8466	7717	6986	6277	5596
Гор. реакция под стойкой	R_x	3,2	38,3	73,09	107,3	140,9	173,3	204,5	3,2	19,6	35,8	51,8	67,4	82,5	97,1
Перемещен. оси стойки	Δx	$0,91\cdot10^{-2}$	1,95	3,87	5,77	7,62	9,41	11,14	$0,9\cdot10^{-2}$	1,03	2,05	3,06	4,03	4,98	5,89
на уровне подвесов траверсы	Δy	$0,11\cdot10^{-12}$	$0,75\cdot10^{-11}$	$0,15\cdot10^{-10}$	$0,22\cdot10^{-10}$	$0,29\cdot10^{-10}$	$0,35\cdot10^{-10}$	$0,42\cdot10^{-10}$	$0,1\cdot10^{-12}$	$0,39\cdot10^{-11}$	$0,77\cdot10^{-11}$	$0,11\cdot10^{-10}$	$0,15\cdot10^{-10}$	$0,18\cdot10^{-10}$	$0,22\cdot10^{-10}$
Углы поворота траверсы	φ	$0,31\cdot10^{-4}$	$0,38\cdot10^{-3}$	$0,74\cdot10^{-3}$	$0,11\cdot10^{-2}$	$0,14\cdot10^{-2}$	$0,17\cdot10^{-2}$	$0,21\cdot10^{-2}$	$0,31\cdot10^{-4}$	$0,20\cdot10^{-3}$	$0,37\cdot10^{-3}$	$0,53\cdot10^{-3}$	$0,69\cdot10^{-3}$	$0,84\cdot10^{-3}$	$0,99\cdot10^{-3}$
относит. осей Y_1Z	β	$-0,56\cdot10^{-16}$	$-0,39\cdot10^{-14}$	$-0,77\cdot10^{-14}$	$-0,12\cdot10^{-13}$	$-0,16\cdot10^{-13}$	$-0,19\cdot10^{-13}$	$-0,22\cdot10^{-13}$	$-0,56\cdot10^{-16}$	$-0,21\cdot10^{-14}$	$-0,41\cdot10^{-14}$	$-0,6\cdot10^{-14}$	$-0,8\cdot10^{-14}$	$-0,98\cdot10^{-14}$	$-0,12\cdot10^{-13}$
Изг. моменты на уровне пяты	M_c	-5092	-61236	-116953	-171819	-225415	-277335	-327183	-5092	-31282	-57272	-82865	-107861	-132086	-155339
Гор. реакция под стойкой	R_y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Верт. реакция под стойкой	N_n	-28636	-30662	-32673	-34653	-36587	-38461	-40260	-29099	-30168	-31229	-32273	-33293	-34281	-35231
Усилия на анкерные плиты	N_a	4667	6355	8030	9679	11290	12851	14349	4667	5559	6443	7314	8165	8989	9780
	Q_{ax}	1820	2387	2950	3505	4047	4572	5076	1819	2121	2421	2716	3004	3283	3552
	Q_{ay}	-3087	-4204	-5311	-6402	-7470	-8500	-9491	-3087	-3677	-4262	-4838	-5401	-5946	-6470
	N_B	4667	6355	8030	9679	11290	12851	14349	4667	5559	6443	7314	8165	8989	9780
	N_{Bx}	1820	2387	2950	3505	4047	4572	5076	1819	2121	2421	2716	3004	3283	3552
	N_{By}	3087	4204	5311	6402	7470	8500	9491	3087	3677	4262	4838	5401	5946	6470
	N_c	9308	7959	6620	5302	4013	2766	1568	9308	8594	7885	7188	6507	5847	5213
	Q_{cx}	-3636	-3109	-2585	-2071	-1568	-1080	-612	-3636	-3357	-3080	-2808	-2541	-2284	-2036

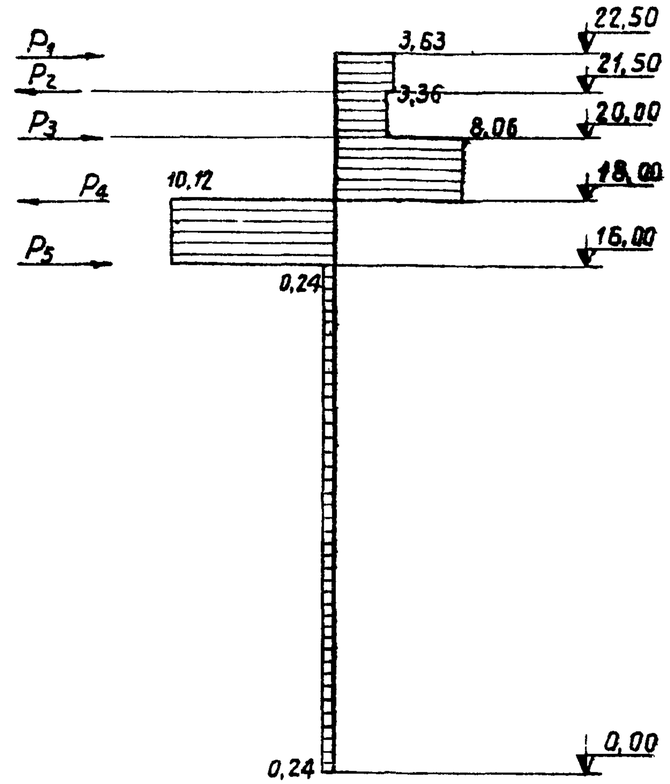
Примечание: Обозначения усилий и перемещений приведенные в таблице соответствуют программе, инв. N3002 тм-т6.

Эпюры изгибающих моментов и перерезывающих сил

Эпюра моментов



Эпюра перерезывающих сил



$M \nabla 22.50 = 0$

$M \nabla 21.50 = 3,63 \times 1,0 = 3,63$ тм

$M \nabla 20.00 = 3,63 \times 2,50 - 0,27 \times 1,5 = 9,07 - 0,40 = 8,67$ тм

$M \nabla 18,00 = 3,63 \times 4,50 - 0,27 \times 3,5 + 4,7 \times 2 = 16,35 - 0,95 + 9,40 = 24,80$ тм

$M \nabla 16.00 = 3,63 \times 6,50 - 0,27 \times 5,5 + 4,7 \times 4 - 18,18 \times 2 =$

$= 23,60 - 1,50 + 18,80 - 36,36 = 4,54$ тм

$M \nabla 0,00 = 3,63 \times 22,5 - 0,27 \times 21,5 + 4,7 \times 20,0 - 18,18 \times 18 + 9,88 \times 16,0 =$

$= 81,8 - 5,8 + 94,0 - 327,0 + 158,0 \cong 0$

$P_1 = P_T + W \times 0,7 + \frac{M_g}{1,0} = 3065 + 1,248 \times 230 + 7,9 \times 0,7 + \frac{277}{1,0} = 3630$ кг $= 3,63$ т

$P_2 = \frac{277}{1} - W \times 1,25 = 277 - 9,8 = 0,27$ т

$P_4 = (V_2 - V_1)\frac{3,1}{2} = (30,90 - 19,20) - 0,0079 \times 2 = 18,20 - 0,02 = 18,18$ т

$V_2 = 2 \times 18,864 \times \frac{19,20}{23,44} = 30,90$ т

$V_1 = 2 \times 12,694 \times \frac{19,20}{25,34} = 19,20$ т

$P_3 = P_n + W \times 1,75 = 4350 + 1,45 \times 230 + 14 = 4,7$ т

$P_5 = 18,20 + 0,02 + 4,68 + 4,68 - 2 \times 12,694 \times \frac{10,6}{25,35} - 2 \times 18,864 \times \frac{4,4}{23,44} =$

$= 18,20 + 0,02 + 4,68 + 4,68 - 10,65 - 7,05 = 9,88$ т

Расчет стойки СЦ-1п
(Архивный N 3082тм-т4-2)

Расчетные характеристики стойки:

$D = 56$ см, $\delta = 6$ см; $r_б = 25$ см; $r_н = 25,6$ см; $r_а = 25,2$ см

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

Материал: Бетон марки „500".

$R_u = \frac{250 \times 1,1}{0,95} = 290$ кг/см^2; $E_б = 3,8 \times 10^5$ кг/см^2.

Продольная арматура класса Вр-II из стальной холоднотянутой проволоки периодического профиля по ГОСТ 8480-63 и стали класса А-I.

$R_н = 10800$ кг/см^2; $E_н = 1,8 \cdot 10^6$ кг/см^2;

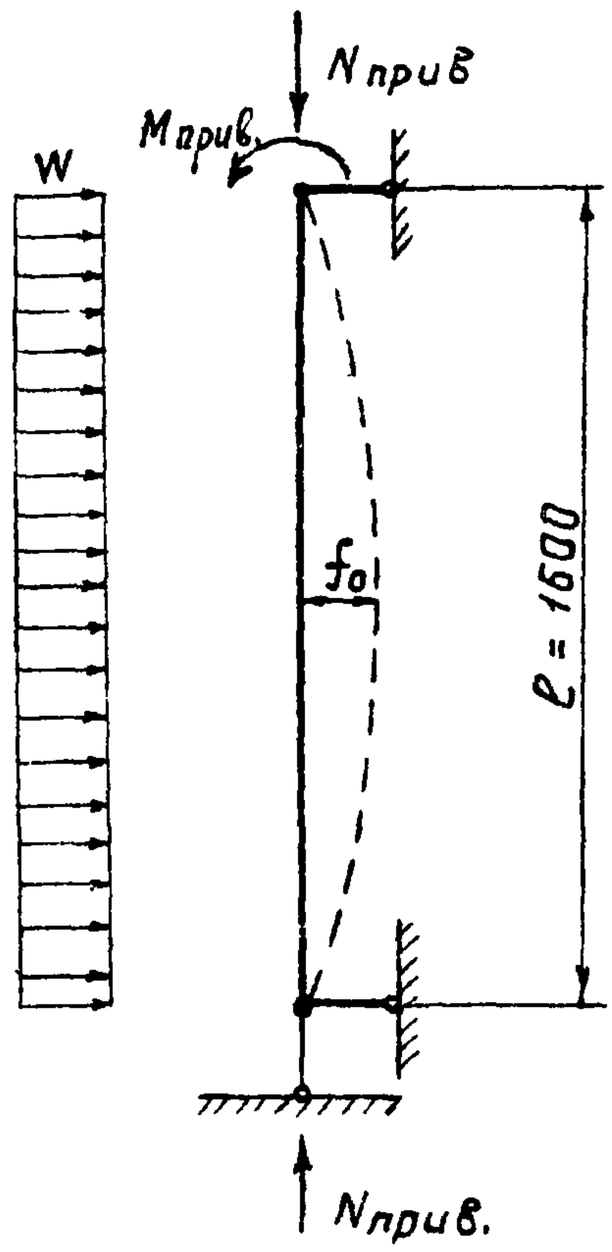
$R_а = 2100$ кг/см^2; $R_{ас} = 2100$ кг/см^2; $E_а = 2,1 \times 10^6$ кг/см^2;

$F_н = 120\ \phi\ 4$ мм $= 120 \times 0,1256 = 15,10$ см^2;

$F_а = 4\ \phi\ 12$ мм $= 4 \times 1,131 = 4,52$ см^2.

А. Расчет на внецентренное сжатие.

По прочности стойка рассчитана как внецентренно-сжатый элемент по нагрузкам „Нормального режима II" с жесткостью до раскрытия трещин с учетом длительности действия нагрузки.



$N_{прив} = N_к + \frac{N_{дл}}{m_{э\,дл}}$;

$M_{прив} = M_к + \frac{M_{дл}}{m_{э\,дл}}$;

Нормальный режим II. $\alpha = 60°$

$M = 4,375$ тм

$N = 66,32$ т

Среднеэксплуатационный режим II.

$\alpha = 60°$. $M_{дл} = 1,554$ тм

$N_{дл} = 35,23$ т

$M_к = M - M_{дл} = 4,375 - 1,554 = 2,821$ тм

$N_к = N - N_{дл} = 66,32 - 35,23 = 31,09$ т

Ремонтный СЭО эсл Ж 156-100 эмз 19/III-69 г.

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

$m_{дл}$ по таблице 21 СНиП II-В.1-62 взависимости от $\frac{\ell}{r}$; $\ell = 1600$ см;

$r = \sqrt{\frac{J_п}{F_п}}$; $F_п = F_б + n_c F_н = F_к - (F_а + F_н) + n_1 F_н + n_2 F_а$;

$n_1 = \frac{1,8 \cdot 10^6}{3,8 \cdot 10^5} = 4,74$; $n_2 = \frac{2,1 \cdot 10^6}{3,8 \cdot 10^5} = 5,52$;

$F_п = 942 - (4,52 + 15,10) + 4,74 \times 15,10 + 5,52 \times 4,52 = 1019$ см^2;

$$J_п = \frac{\pi\delta}{32}(D + d)\cdot(D^2 + d^2) + 0,5(n_1 - 1)\cdot F_н \cdot r_н^2 + 0,5(n_2 - 1)\cdot F_а \cdot r_а^2 =$$

$$= \frac{3,14 \times 6}{32}(56 + 44)(56^2 + 44^2) + 0,5(4,74 - 1)\cdot 15,10 \times 25,6^2 + 0,5(5,52 - 1)\cdot 4,52 \times 25,2^2 =$$

$$= 296\,000 + 18500 + 6500 = 321\,000 \text{ см}^4;$$

$r = \sqrt{\frac{321\,000}{1010}} = 17,8$ см;

$\frac{\ell}{r} = \frac{1600}{17,8} = 90$; $m_{дл} = 0,70$;

$e_{одл} = \frac{M_{дл}}{N_{дл}} = \frac{155400}{35230} = 4,45$ см;

$m_{эдл} = \frac{0,70 + 2\frac{4,45}{56}}{1 + 2\frac{4,45}{56}} = \frac{0,70 + 0,159}{1,0 + 0,159} = 0,745$;

$N_{прив} = 31,09$ т $+ \frac{35,23}{0,745} = 31,09 + 47,21 = 78,3$ т

$M_{прив} = 2,821 + \frac{1,554}{0,745} = 2,821 + 2,089 = 4,91$ тм

$B_c = J_{пр} \cdot E_б = 321\,000 \times 380\,000 = 12,20 \times 10^{10}$ кг см^2

Момент от прогиба стойки.

$$M_0 = N_{прив} \cdot (f_0 + f_w) \cdot \frac{1}{1 - \frac{N_{прив}}{N_{экв}}}$$

f_0 – производственный прогиб стойки 2,5 мм на 1 пм согласно главы СНиП III-А.6-67.

$f_0 = 0,25 \times 16 = 4$ см

Розмiр 230 зм 3ак 156-100 зм 3/ш-65г.

f_w – прогиб от изгибающего момента

$$f_w = \frac{M_{ал} \cdot \ell^2}{16 \cdot E J_{пр}} = \frac{155400 \times 1600^2}{16 \times 12{,}20 \times 10^{10}} = 0{,}3 \text{ см}$$

$$N_э = \frac{\pi^2 \cdot B}{\ell^2} = \frac{\pi^2 \times 12{,}20 \cdot 10^{10}}{1600^2} = 460000 \text{ кг}$$

$$M_0 = 78300 \cdot (4{,}0 + 0{,}3) \frac{1}{1 - \frac{78300}{460000}} = 402000 \text{ кгсм} = 4{,}02 \text{ тм}$$

Действующие изгибающие моменты в сечениях стойки по высоте равны:

$$M^{P}_{прив} = M_{прив} \cdot \frac{\sin \alpha x}{\sin \alpha \ell} + M_0 \sin \frac{\pi}{\ell} \cdot X + w \frac{\ell x - x^2}{2}$$

при этом $\alpha = \sqrt{\frac{N_{прив}}{E J_{пр}}} = \sqrt{\frac{78300}{12{,}20 \cdot 10^{10}}} = 0{,}000764.$

▽ 2,0 м $\quad X = 200$ см

$$M^{P}_{прив} = 4{,}91 \cdot \frac{\sin(200 \times 0{,}000764)}{\sin(1600 \times 0{,}000764)} + 4{,}02 \sin \frac{\pi 200}{1600} + 0{,}5 \times 0{,}079 (1600 \times 200 - 200^2) = 4{,}91 \cdot \frac{0{,}153}{0{,}940} + 4{,}02 \times 0{,}383 + 0{,}110 = 0{,}80 + 1{,}535 + 0{,}11 = 2{,}45 \text{ тм}$$

▽ 4,0 м $\quad X = 400$ см

$$M^{P}_{прив} = 4{,}91 \cdot \frac{\sin(400 \times 0{,}000764)}{\sin(1600 \times 0{,}000764)} + 4{,}02 \cdot \sin \frac{\pi 400}{1600} + 0{,}5 \times 0{,}079 (1600 \times 400 - 400^2) =$$

$$= 4{,}91 \times \frac{0{,}301}{0{,}940} + 4{,}02 \times 0{,}701 + 0{,}14 = 1{,}58 + 2{,}81 + 0{,}14 = 4{,}53 \text{ тм}$$

▽ 6,0 м $\quad X = 600$ см

$$M^{P}_{прив} = 4{,}91 \frac{\sin(600 \times 0{,}000764)}{\sin(1600 \times 0{,}000764)} + 4{,}02 \cdot \sin \frac{\pi 600}{1600} + 0{,}5 \times 0{,}079 (1600 \times 600 - 600^2) =$$

$$= 4{,}91 \cdot \frac{0{,}443}{0{,}94} + 4{,}02 \times 0{,}924 + 0{,}24 = 2{,}32 + 3{,}71 + 0{,}24 = 6{,}27 \text{ тм}$$

▽ 8,0 м $\quad X = 800$ см

$$M^{P}_{прив} = 4{,}91 \cdot \frac{\sin(800 \times 0{,}000764)}{\sin(1600 \times 0{,}000764)} + 4{,}02 \sin \frac{\pi 800}{1600} + 0{,}5 \times 0{,}079 \cdot (1600 \times 800 - 800^2) =$$

$$= 4{,}91 \cdot \frac{0{,}574}{0{,}94} + 4{,}02 + 0{,}26 = 3{,}0 + 4{,}02 + 0{,}26 = 7{,}28 \text{ тм}$$

▽ 10,0 м $x = 1000$ см

$$M^{p}_{прив} = 4{,}91\cdot\frac{\sin(1000\times0{,}000764)}{\sin(1600\times0{,}000764)} + 4{,}02\cdot\sin\frac{\pi\,1000}{1600} + 0{,}5\times0{,}079\cdot(1600\times1000-1000^2) =$$

$$= 4{,}91\,\frac{0{,}694}{0{,}94} + 4{,}02\times0{,}937 + 0{,}24 = 3{,}63 + 3{,}76 + 0{,}24 = 7{,}63 \text{ тм}$$

▽ 12,0 м $x = 1200$ см

$$M^{p}_{прив} = 4{,}91\cdot\frac{\sin(1200\times0{,}000764)}{\sin(1600\times0{,}000764)} + 4{,}02\cdot\sin\frac{\pi\,1200}{1600} + 0{,}5\times0{,}079(1600\times1200-1200^2) =$$

$$= 4{,}91\cdot\frac{0{,}793}{0{,}94} + 4{,}02\times0{,}701 + 0{,}19 = 4{,}16 + 2{,}81 + 0{,}19 = 7{,}16 \text{ тм}$$

▽ 14,0 м $x = 1400$ см

$$M^{p}_{прив} = 4{,}91\,\frac{0{,}878}{0{,}94} + 4{,}02\times0{,}391 + 0{,}15 = 4{,}68 + 1{,}57 + 0{,}15 = 6{,}40 \text{ тм}$$

▽ 16,0 м $x = 1600$ см $M^{p}_{прив} = 4{,}91$ тм

▽ 0,0 м $x = 0$ $M^{p}_{прив} = 0$

Максимальный момент на отметке 10,5 м.

$x = 1050$ см (См. эпюру на листе 18).

$$M^{max}_{прив} = 4{,}91\cdot\frac{\sin(1050\times0{,}000764)}{\sin(1600\times0{,}000764)} + 4{,}02\cdot\sin\frac{\pi\,1050}{1600} + 0{,}5\times0{,}079\cdot(1600\times1050-1050^2) =$$

$$= 4{,}91\cdot\frac{0{,}719}{0{,}94} + 4{,}02\times0{,}883 + 0{,}23 = 3{,}91 + 3{,}54 + 0{,}23 = 7{,}68 \text{ тм}$$

Сечение на отметке 10,5 м является расчетным: $N^{p} = 78{,}3$ т ; $M^{p} = 7{,}68$ тм ;

$F_к = 942$ см^2 ; $F_б = 922$ см^2 ; $F_п = 1019$ см^2 ;

$\sigma_{ок} = 0{,}65\times17000 = 11050$ кг/см^2.

Потери предварительного напряжения в арматуре:

1) от усадки тяжелого бетона

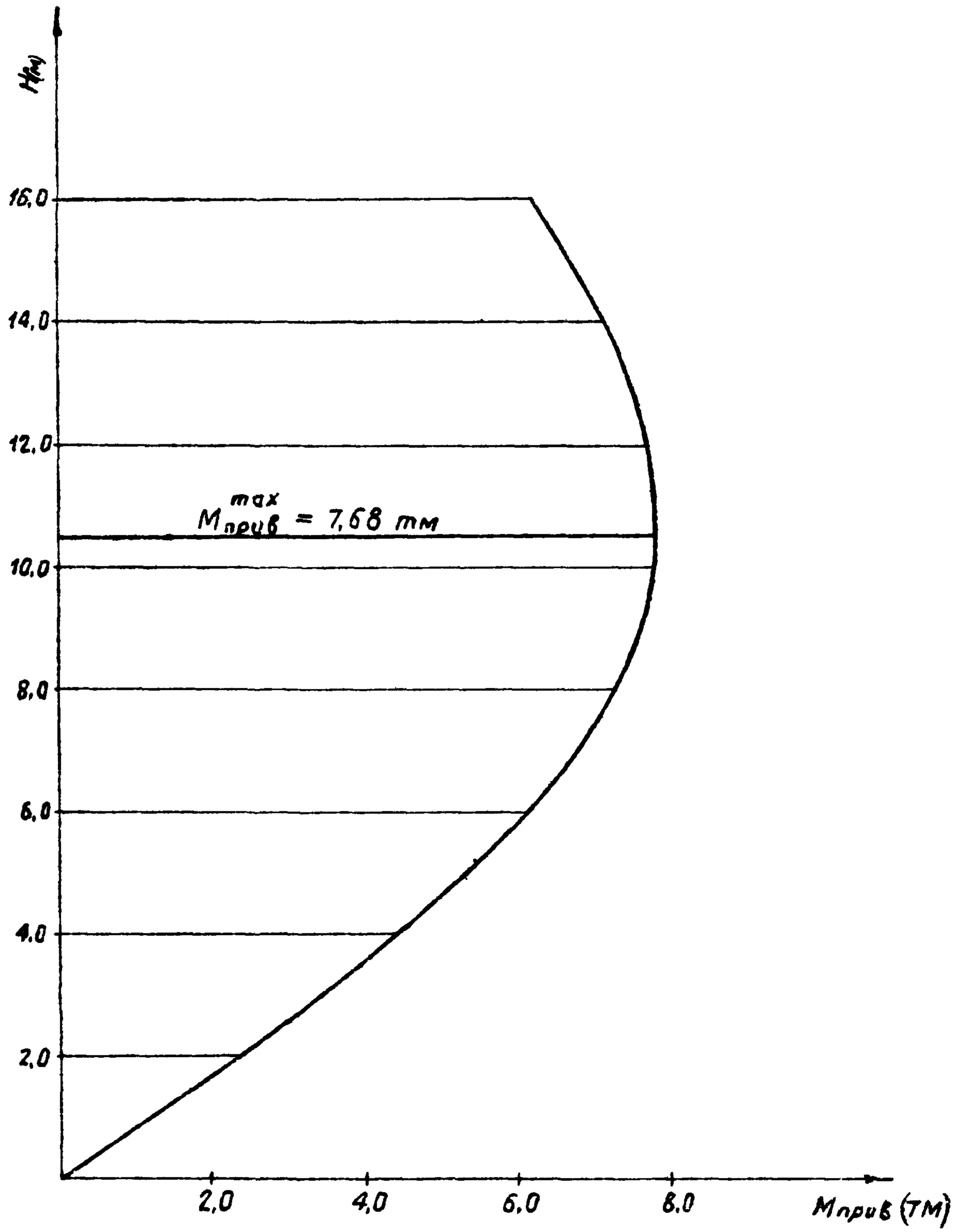
$$\sigma_{ус} = 400 \text{ кг/см}^2$$

2) от релаксации напряжений

$$\sigma_{рл} = \left(0{,}27\,\frac{\sigma_{ок}}{R^{н}_{ц}} - 0{,}1\right)\cdot\sigma_{ок} = \left(0{,}27\,\frac{11050}{17000} - 0{,}1\right)\cdot11050 = 830 \text{ кг/см}^2$$

Розмножер СЗО эсп Зак 156-100 экз. 19/III-69г.

Изгибающие действующие моменты в сечениях стойки СЦ-1п (СЦ-1и СЦ-1пр)



$H_м$	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
$M_{тм}$	0	2,45	4,53	6,27	7,28	7,63	7,16	6,40	4,91

M_{max} = 7,68 тм

на отм. 10,5 м

3. Потери на упорах и форме

$$\sigma_{уп} = 400 \text{ кг/см}^2$$

4. От ползучести бетона:

$$\sigma_{пл} = \frac{K \cdot E_a R}{\sigma_б R_0}\left[\sigma_б + 3R_0\left(\frac{\sigma_б}{R_0} - 0{,}5\right)\right]$$

$$\sigma_б = \frac{F_н \cdot (\sigma_{ок} - \sigma_{уп} - \sigma_{рл})}{F_п} = \frac{15{,}10(11050 - 835 - 400)}{1010} = 146 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{пл} = \frac{1 \times 1{,}8 \cdot 10^6 \times 500 \times 146}{3{,}8 \cdot 10^5 \times 375} = 820 \text{ кг/см}^2$$

$$\Sigma \sigma_п = \sigma_{рл} + \sigma_{уп} + \sigma_{ус} + \sigma_{пл} = 830 + 400 + 400 + 820 = 2450 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_c' = 3600 - 1{,}1\sigma_0 = 3600 - 1{,}1 \times 8600 = -5860 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_0 = \sigma_{ок} - \Sigma\sigma_п = 11050 - 2450 = 8600 \text{ кг/см}^2$$

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

$$= \frac{10800 \times 15{,}10 + 2100 \times 4{,}52 + 78300}{(10800 - 5860)15{,}10 + (2100 + 2100)4{,}52 + 290 \times 922} = \frac{250000}{362000} = 0{,}692$$

так как $\alpha_к = 0{,}692 > 0{,}50$, расчет ведется для 2ᵒᵒ случая внецентреннего сжатия:

$$N \cdot (e_0 + r_н) \leq r_н \cdot [R_{пр} \cdot F + K_a \cdot (R_{ac} F_a + R_{нс} F_н) - m_т \cdot \sigma_0 \cdot F_н]$$

$$e_0 = \frac{M_{max}}{N_{прив}} = \frac{768000}{78300} = 9{,}8 \text{ см} \qquad r_н = 25{,}6 \text{ см}$$

$$R_{пр} = 1{,}1 \times 200 = 220 \text{ кг/см}^2; \qquad F = 922 \text{ см}^2;$$

т. к. $e_0 < r_н$ $\quad K_a = 1 - \frac{e_0}{3r_н} = 1 - \frac{9{,}8}{3 \times 25{,}6} = 1 - 0{,}128 = 0{,}872.$

$$M^p = 25{,}6 \cdot [220 \times 922 + 0{,}872 \cdot (2100 \times 4{,}52 + 3600 \times 15{,}10) - 1{,}1 \times 8600 \times 15{,}10] =$$

$$= 25{,}6 \cdot [203000 + 58000 - 142000] = 3050000 \text{ кгсм} = 30{,}5 \text{ тм}$$

$$M_g = N \cdot (e_0 + r_н) = 78300 \cdot (9{,}8 + 25{,}6) = 2770000 \text{ кгсм} = 27{,}7 \text{ тм}$$

$M_g = 27{,}7$ тм $< M^p = 30{,}5$ тм

Б. Расчет по трещиностойкости

$M_{тр} = \left[\frac{A_1}{2} f_1(\psi) + 2A_2 f_2(\psi)\right] \cdot \delta \cdot r^2 \cdot R_т$ – для изгибаемого элемента,

$M_g^{тр} = \frac{M}{n} = \frac{24{,}80}{1{,}40} = 17{,}70$ тм

$n \cong 1{,}4$ – с учетом коэффициентов перегрузок и указаний п4.16 главы СНиП II-А.9-62 для нормального режима II

$M = 24{,}80$ тм (см. лист 12)

Параметр ψ находим из уравнения

$A_1 f_3(\psi) - A_2 f_4(\psi) - \frac{\pi \cdot N_0}{F_n R_m} = 0$ $\qquad R_m = 19{,}5$ кг/см²;

$A_1 = c(1 + \mu n) = 2{,}0\ (1 + 0{,}0213 \times 5) = 2{,}212$

$c = 2{,}0$; $\quad \mu = \frac{15{,}10 + 4{,}52}{922} = 0{,}0213$; $\quad n = \frac{n_a F_a + n_н F_н}{F_a + F_н} =$

$= \frac{5{,}52 \times 4{,}52 + 4{,}74 \times 15{,}10}{4{,}52 + 15{,}10} = \frac{24{,}8 + 71{,}5}{19{,}52} = 5{,}0$

$A_2 = 1 + \mu n_p' = 1 + 0{,}0213 \times 10{,}0 = 1{,}213$; $\quad n_p' = 2n = 10{,}0$;

$\sigma_{ок} = 0{,}9 \times 0{,}65 \times 17000 = 9950$ кг/см²;

1. Потери от усадки бетона $\sigma_{ус} = 400$ кг/см²;
2. Потери на упорах $\sigma_{уп} = 400$ кг/см²;
3. Потери от релаксации напряжений

$\sigma_{рл} = \left(0{,}27 \cdot \frac{9950}{17000} - 0{,}10\right) \cdot 9950 = 575$ кг/см²;

4. От ползучести бетона

$\sigma_б = \frac{15{,}10 \cdot (9950 - 575 - 400)}{1019} = 134$ кг/см²

$\sigma_{пл} = \frac{1{,}8 \times 10^6 \times 500 \times 134}{3{,}8 \times 10^5 \times 375} = 745$ кг/см²

$\Sigma \sigma_п = 400 + 400 + 575 + 745 = 2120$ кг/см²

Ротапринт ЦЗО ЭСП Зак 156-100 экз 19/III-69 г.

$$\sigma_0 = 9950 - 2120 = 7830 \text{ кг/см}^2,$$

$$N_0 = 7830 \times 15{,}10 - (745 + 400)\, 4{,}52 = 119000 - 5200 = 113800 \text{ кг}$$

$$A_1 f_3(\psi) - A_2 f_4(\psi) - 18{,}10 = 0$$

$$\psi = 136^\circ; \qquad f_3(\psi) = 8{,}559; \qquad f_4(\psi) = 0{,}768$$

$$2{,}212 \times 8{,}559 - 0{,}768 \times 1{,}213 - 18{,}10 \cong 0$$

$$f_1(\psi) = 20{,}476; \qquad f_2(\psi) = 0{,}695$$

$$M_{тр} = \left[\frac{2{,}212}{2} \times 20{,}476 + 2 \times 1{,}213 \times 0{,}695\right] \times 6{,}0 \times 25{,}0^2 \times 19{,}5 =$$

$$= (22{,}7 + 1{,}68) \times 6{,}0 \times 25{,}0^2 \times 19{,}5 = 1780000 \text{ кгсм} = 17{,}8 \text{ тм}$$

$$M_{тр} = 17{,}8 \text{ тм} > M_g^{тр} = 17{,}7 \text{ тм}$$

В. Расчет стойки СЦ-1п на изгиб

$$M^p = \frac{1}{\pi}\left[R_u \cdot F_б \cdot r + (R_н + \sigma_c')\cdot F_н \cdot r_н + (R_a + R_{ac})\, F_a \cdot r_a\right] \sin \pi\alpha_k$$

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

$$= \frac{10800 \times 15{,}10 + 2100 \times 4{,}52}{(10800 - 5860) \cdot 15{,}10 + 4200 \times 4{,}52 + 290 \times 922} = \frac{172000}{362000} = 0{,}476$$

$\sigma_c' = -5860$ кг/см^2 см. лист 19, сечение на отметке тяг траверсы аналогично сечению под поясами траверсы

$$\pi\alpha_k = 85^\circ 30' \qquad \sin \pi\alpha_k = 0{,}997$$

$$M^p = \frac{0{,}997}{3{,}14}\left[290 \times 922 \times 25 + (10800 - 5860)15{,}1 \times 25{,}6 + (2100 + 2100)4{,}52 \times 25{,}2\right] =$$

$$= 0{,}318 \cdot (5680000 + 1910000 + 480000) = 2880000 \text{ кгсм} = 28{,}8 \text{ тм}$$

$$M^p = 28{,}8 \text{ тм} > M_{ст\,18п} = 24{,}8 \text{ тм (см лист 12)}$$

Размножено 230 экз. Зак 156-400 экз. 19/III-69 г.

Г. Расчет на поперечную силу

$Q_{max} = 10,12$ т (см. лист 13)

Главные растягивающие напряжения с учетом предварительного обжатия бетона в сечении

$$\sigma_{гр} = -\frac{\sigma_{бо}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{бо}}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$\tau = \tau_к + \tau_Q$; $\tau_к = 0$ так как $M_{кр} = 0$

$$\tau_Q = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{F_п} \cdot \frac{1+\alpha+\alpha^2}{1+\alpha^2};$$

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{D-2\delta}{D} = \frac{56-2\cdot 6}{56} = 0,785;$$

$$\tau_Q = \frac{4}{3} \cdot \frac{10120}{1019} \times \frac{1+0,785+0,616}{1+0,616} = 19,7 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{бо} = \frac{\sigma_o \cdot F_н - (\sigma_{ус} + \sigma_{пл}) \cdot F_a}{F_п} = \frac{8600 \times 15,10 - (400+820) \cdot 4,52}{1019} = 122 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{гр} = -\frac{122}{2} + \sqrt{\left(\frac{122}{2}\right)^2 + 19,7^2} = -61 + 64,4 = 3,4 \text{ кг/см}^2$$

$\sigma_{гр} = 3,4$ кг/см^2 < $\sigma_p = 14,0$ кг/см^2.

Поперечная арматура ставится конструктивно.

Ленгипроводхоз Зак. 156-100 экз. 19/III-69 г.

Расчет стойки СЦ-1пр

(Архивный номер N3082тм-т 4-3)

Расчетные характеристики стойки:

$D = 56$ см; $\delta = 6$ см; $r_б = 25$ см; $r_н = 25,6$ см; $r_a = 25,6$ см

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

Материал: бетон марки „500".

$R_ц = \frac{250 \times 1,1}{0,95} = 290$ кг/см^2; $R_{пр} = 1,1 \times 200 = 220$ кг/см^2; $R_т = 19,5$ кг/см^2

$E_б = 3,8 \times 10^5$ кг/см^2.

Продольная арматура класса П-7 из стальных семипроволочных прядей по ЧМТУ ЦНИИЧМ 426-61 и стали класса А-I.

$R_н = 10200$ кг/см^2; $E_н = 1,8 \times 10^6$ кг/см^2; $R_{нс} = 3600$ кг/см^2;

$R_a = R_{ac} = 2100$ кг/см^2; $E_a = 3,8 \times 10^5$ кг/см^2;

$F_н = 16\,\phi\,12$ мм $= 14,53$ см^2;

$F_a = 4\,\phi\,12$ мм $= 4,52$ см^2.

А. Расчет на внецентренное сжатие

Жесткость стойки СЦ-1пр

$B = J_п \cdot E = 321\,000 \times 380\,000 = 12,15 \times 10^{10}$ кг/см^2

$$J_п = \frac{\pi\delta}{32}(D+d)(D^2+d^2) + 0,5(n_1 - 1)F_н \cdot r_н^2 + 0,5(n_2 - 1) \cdot F_a\, r_a^2 =$$

$$= \frac{3,14 \times 6}{32}(56+44)(56^2+44^2) + 0,5(4,74-1)14,53 \times 25,6^2 + 0,5(5,52-1)4,52 \times 25,6^2$$

$$= 296\,000 + 18\,000 + 7\,000 = 321\,000 \text{ см}^4$$

Так как жесткость стойки СЦ-1пр ненамного отличается от стойки СЦ-1п для расчета ее принимаем те же действующие нагрузки.

$M = 7,68$ тм; $N = 78,3$ т (см. листы 15 и 18)

Размер 030 экз. 1/м 1/96-100 экз. (ЦНИИ-68г.

$$\sigma_{ок} = 0{,}65 \times 16000 = 10400 \text{ кг/см}^2;$$

Потери предварительного напряжения в арматуре:

1) от усадки бетона

$$\sigma_{ус} = 400 \text{ кг/см}^2$$

2) на упорах $\sigma_{уп} = 400$ кг/см²

3) от релаксации напряжений

$$\sigma_{рл} = \left(0{,}27\,\frac{10400}{16000} - 0{,}1\right) 10400 = 785 \text{ кг/см}^2$$

4) от ползучести бетона

$$F_п = (942 - 14{,}53 - 4{,}52) + 4{,}74 \times 14{,}53 + 5{,}52 \times 4{,}52 = 1016 \text{ см}^2$$

$$\sigma_б = \frac{14{,}53 \cdot (10400 - 785 + 400)}{1016} = 134 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{пл} = \frac{1{,}8 \times 10^6 \times 500 \times 134}{3{,}8 \times 10^5 \times 375} = 845 \text{ кг/см}^2$$

$$\Sigma\,\sigma_п = 785 + 400 + 400 + 845 = 2430 \text{ кг/см}^2; \quad \sigma_0 = 10400 - 2430 = 7970 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_c' = 3600 - 1{,}1\,\sigma_0 = 3600 - 1{,}1 \times 7970 = -5170 \text{ кг/см}^2$$

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

$$= \frac{10200 \times 14{,}53 + 2100 \times 4{,}52 + 78300}{(10200 - 5170) \cdot 14{,}53 + (2100 + 2100) \cdot 4{,}52 + 290 \times 925} = \frac{235400}{360000} = 0{,}654$$

так как $\alpha_к = 0{,}654 > 0{,}50$ расчет ведется для 2-го случая внецентренного сжатия.

$$N(e_0 + z_н) \le z_н\left[R_{пр} \cdot F + K_a\,(R_{ac} F_a + R_{нс} F_н) - m_т \cdot \sigma_0 \cdot F_н\right]$$

$$e_0 = \frac{768000}{78300} = 9{,}8 \text{ см}; \qquad z_н = 25{,}6 \text{ см};$$

$$R_{пр} = 220 \text{ кг/см}^2; \qquad F = 923 \text{ см}^2;$$

т.к. $e_0 < z_н$ $\qquad K_a = 1 - \frac{9{,}8}{3 \times 25{,}6} = 0{,}872$

Чертёж 230 зап Зак 196-1 ТП/ТМ-69

$$M^p = 25{,}6\left[220\times 923 + 0{,}872\left(2100\times 4{,}52 + 3600\times 14{,}53\right) - 1{,}1\times 7970\times 14{,}53\right] =$$

$$= 25{,}6\left[202500 + 54000 - 128000\right] = 3280000 \text{ кгсм} = 32{,}8 \text{ тм}$$

$M^p = 32{,}8$ тм $> M_g = 27{,}7$ тм (см. лист 19)

Б Расчет по трещиностойкости

$$M_{тр} = \left[\frac{A_1}{2}\cdot f_1(\psi) + 2A_2\cdot f_2(\psi)\right]\cdot\delta\cdot r^2\cdot R_T,$$

для изгибаемого элемента, при втором случае внецентреннего сжатия.

Параметр ψ находим из уравнения:

$$A_1\cdot f_3(\psi) - A_2\cdot f_4(\psi) - \frac{\pi N_0}{F_n\cdot R_T} = 0$$

$$\mu = \frac{14{,}53 + 4{,}52}{923} = 0{,}0206$$

$$n = \frac{14{,}53\times 4{,}74 + 4{,}52\times 5{,}52}{14{,}53 + 4{,}52} = 4{,}95; \qquad c = 2{,}0;$$

$$A_1 = 2(1 + 0{,}0206\times 4{,}95) = 2{,}204; \qquad r_p' = 2n = 9{,}90;$$

$$A_2 = 1 + 0{,}0206\times 9{,}90 = 1{,}204;$$

$$\sigma_{ок} = 0{,}9\times 0{,}65\times 16000 = 9360 \text{ кг/см}^2; \qquad F_n = 1016 \text{ см}^2$$

Потери предварительного напряжения:

1. От усадки бетона $\sigma_{ус} = 400$ кг/см^2;
2. На упорах $\sigma_{уп} = 400$ кг/см^2;
3. От релаксации напряжений $\sigma_{рл} = \left(0{,}27\frac{9360}{16000} - 0{,}1\right)\cdot 9360 = 540$ кг/см^2
4. От ползучести бетона

$$\sigma_б = \frac{14{,}53(9360 - 540 - 400)}{1016} = 120 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{пл} = \frac{1{,}8\cdot 10^6\times 500\times 120}{3{,}8\cdot 10^6\times 375} = 760 \text{ кг/см}^2$$

Ремайор СЗО эсп Зак 156-100 экз. 19/III-69г.

$\Sigma \sigma_п = 540 + 400 + 400 + 760 = 2100$ кг/см²; $\sigma_o = 9360 - 2100 = 7260$ кг/см²

$N_o = 7260 \times 14{,}53 - (760 + 400) \cdot 4{,}52 = 108500 - 5200 = 103200$ кг

$$\frac{\pi N_o}{F_п R_т} = \frac{3{,}14 \times 103200}{1016 \times 19{,}5} = 16{,}4$$

$A_1 f_3(\psi) - A_2 f_4(\psi) - 16{,}4 = 0$ $\qquad \psi = 135°$

$2{,}204 \times 8{,}103 - 1{,}204 \times 0{,}785 - 16{,}4 = 17{,}65 - 0{,}97 - 16{,}4 \cong 0$

$f_1(\psi) = 19{,}504$; $\quad f_2(\psi) = 0{,}707$

$M_{тр} = \left[\frac{2{,}204}{2} \times 19{,}504 + 1{,}204 \times 2 \times 0{,}707\right] \times 6{,}0 \times 25^2 \times 19{,}5 = 1740000$ кгсм $= 17{,}4$ тм

$M_{тр} = 17{,}4$ тм $\cong M_g^{тр} = 17{,}7$ тм

В. Расчет стойки на изгиб

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

$$= \frac{10200 \times 14{,}53 + 2100 \times 4{,}52}{(10200 - 5170)\, 14{,}53 + 4200 \times 452 + 290 \times 923} = \frac{158000}{360000} = 0{,}440$$

$\pi \alpha_к = 79° 30'$ $\qquad \sin \pi \alpha_к = 0{,}983$

$\sigma_c' = -5170$ кг/см² (см. лист 24)

$$M^p = \frac{0{,}983}{3{,}14} \cdot \left[290 \times 923 \times 25 + (10200 - 5170) \cdot 14{,}53 \times 25{,}6 + (2100 + 2100) \times \right.$$

$$\left. \times 4{,}52 \times 25{,}6\right] = 0{,}313 \cdot (6690000 + 1870000 + 485000) =$$

$= 2830000$ кгсм $= 28{,}3$ тм

$M^p = 28{,}3$ тм $> M_g = 24{,}80$ тм (см. эпюру моментов лист 13).

Г. Расчет на поперечную силу

$Q = 10{,}12$ т (см. лист 13)

$$\tau_Q = \frac{4}{3}\,\frac{Q}{F_n}\,\frac{1+\alpha+\alpha^2}{1+\alpha^2} = \frac{4}{3}\,\frac{10120}{1016}\,\frac{1+0{,}785+0{,}616}{1+0{,}616} = 19{,}8 \text{ кг/см}^2$$

$$\alpha = \frac{44}{56} = 0{,}785; \qquad F_n = 1016 \text{ см}^2$$

$$\sigma_{бо} = \frac{\sigma_o F_n - (\sigma_{ус} + \sigma_{гр}) F_a}{F_n} = \frac{7970 \times 14{,}53 - (400 + 845)\,4{,}52}{1016} = 109 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{гр} = -\frac{109}{2} + \sqrt{\left(\frac{109}{2}\right)^2 + 19{,}8^2} = -54{,}5 + 58{,}2 = 3{,}7 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{гр} = 3{,}7 \text{ кг/см}^2 < R_p = 14{,}0 \text{ кг/см}^2.$$

Поперечная арматура ставится конструктивно.

Расчет стойки СЦ-1
(Архивный N 3098 тм-т4-2)

Расчетные характеристики стойки:

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

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

Материал: Бетон марки „500".

$R_u = 290$ 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.

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

$F_а = 10\phi 12 = 10 \times 1,131 = 11,31$ см^2; $n = \frac{2,0 \times 10^6}{3,8 \times 10^5} = 5,28.$

А. Расчет на внецентренное сжатие.

Жесткость стойки СЦ-1.

$B = J_п E_б = 331000 \times 380000 = 12,55 \times 10^{10}$ кг/см^2;

$$J_п = \frac{3,14 \times 6}{32}(56 + 44)(56^2 + 44^2) + 0,5(5,28 - 1)(13,57 + 11,31) \times 25,6^2 =$$

$$= 296000 + 35000 = 331000 \text{ см}^4$$

Так как жесткость стойки СЦ-1 ненамного отлична от СЦ-1п принимаем те же действующие нагрузки:

$M = 7,68$ тм; $N = 78,3$ т

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

Потери предварительного напряжения в арматуре:

Размножр. 230 экз. Зак. 156-100 экз. 19/II-63 г.

1. От усадки бетона $\sigma_{ус} = 400$ кг/см².

2. От релаксации напряжений

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

3. От ползучести бетона

$$F_п = (942 - 13{,}57 - 11{,}31) + 5{,}28 \times (13{,}57 + 11{,}31) = 1048 \text{ см}^2.$$

$$\sigma_б = \frac{13{,}57 \cdot (5400 - 310)}{1048} = 66 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{пл} = \frac{2{,}0 \cdot 10^6 \times 500 \times 66 \times 0{,}8}{3{,}8 \cdot 10^5 \times 375} = 370 \text{ кг/см}^2$$

$$\Sigma\,\sigma_п = 400 + 310 + 370 = 1080 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_0 = 5400 - 1080 = 4320 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_c' = 3600 - 1{,}1 \times 4320 = -1150 \text{ кг/см}^2$$

$$\alpha_к = \frac{5100\,(13{,}57 + 11{,}31) + 78300}{(5100 - 1150) \cdot 13{,}57 + (5100 + 3600) \cdot 11{,}31 + 917 \times 290} = \frac{204800}{418000} \cong 0{,}490$$

так как $\alpha_к = 0{,}49 < 0{,}50$

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

$$= 0{,}319\left[290 \times 917 \times 25{,}0 + (5100 - 1150) \cdot 13{,}57 \times 25{,}6 + (5100 + 3600) \cdot 11{,}31 \times 25{,}6\right] =$$

$$= 0{,}315 \cdot (6600000 + 1370000 + 2520000) = 3310000 \text{ кгсм} = 33{,}1 \text{ тм}$$

$$N \cdot e = 78300 \times 9{,}8 = 7{,}68 \text{ тм} < 33{,}10 \text{ тм}$$

Б. Расчет по трещиностойкости

$$M_{тр} \leq \left[\frac{A_1}{2} \cdot f_1 \cdot (\psi) + 2A_2 \cdot f_2 \cdot (\psi)\right] \cdot \delta r^2 R_т$$

при этом ψ определяется из уравнения:

$$A_1 f_3 (\psi) - A_2 f_4 (\psi) - \frac{\pi N_0}{F_п R_т} = 0$$

Ввиду малых эксцентриситетов считаем для изгибаемого элемента

$\mu = \frac{13,57 + 11,31}{917} = 0,0272;$ $\quad n = \frac{2,0 \times 10^6}{3,8 \times 10^5} = 5,28$

$A_1 = 2(1 + 0,0272 \times 5,28) = 2,288$ $\quad A_2 = 1,288$

$\sigma_{ок} = 0,9 \times 0,9 \times 6000 = 4860$ кг/см².

Потери предварительного напряжения:

1. От усадки бетона $\sigma_{ус} = 400$ кг/см²

2. От релаксации напряжений.

$\sigma_{рл} = 0,4\left(0,27 \cdot \frac{4860}{6000} - 0,1\right) 4860 = 230$ кг/см²

3. От ползучести бетона

$\sigma_б = \frac{13,57 \cdot (4860 - 230)}{1048} = 60$ кг/см²

$\sigma_{пл} = \frac{0,8 \times 2 \cdot 10^6 \times 500 \times 60}{3,8 \cdot 10^5 \times 375} = 340$ кг/см²

$\Sigma \sigma_п = 400 + 230 + 340 = 970$ кг/см²

$\sigma_0 = 4860 - 970 = 3890$ кг/см²

$N_0 = 3890 \times 13,57 - (400 + 340) \cdot 11,31 = 52800 - 8400 = 44400$ кг

$\frac{\pi N_0}{F_п R_т} = \frac{3,14 \times 44400}{1048 \times 19,5} = 6,8$

$2,288 f_3(\psi) - 1,288 f_4(\psi) - 6,8 = 0$ $\quad \psi = 118°$

$2,288 \times 3,478 - 1,288 \times 1,082 - 6,8 = 7,98 - 1,39 - 6,8 \cong 0$

$f_1(\psi) = 9,327;$ $\quad f_2(\psi) = 0,883$

$M_{тр} = [1,144 \times 9,327 + 2 \times 1,288 \times 0,883] \times 6 \times 25^2 \times 19,5 =$

$= (10,7 + 2,28) \times 6 \times 25^2 \times 19,5 = 950000$ кгсм $= 9,5$ тм $< 17,7$ тм

Ротапринт СЗО эсп Зак 156-100 экз. 19/III-63г.

Происходит раскрытие трещин.

В. Расчет стойки СЦ-1 на изгиб

$$M_p = \frac{1}{\pi}\left[R_u \cdot F_б \cdot r + (R_н + \sigma_c')\cdot F_н \cdot r_н + (R_a + R_{ac})\cdot F_a \cdot r_a\right]\cdot \sin \pi\alpha_к$$

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

$\sigma_c' = -1150$ кг/см² (см. лист 29).

$$\alpha_к = \frac{5100 \times 13{,}57 + 5100 \times 11{,}31}{(5100-1150)13{,}57 + (5100+3600)\,11{,}31 + 917 \times 290} = \frac{127\,000}{418\,000} = 0{,}304$$

$\pi\alpha_к = 55°$ $\sin \pi\alpha_к = 0{,}819$

$$M_p = \frac{0{,}819}{3{,}14}\cdot\left[290 \times 917 \times 25 + (5100-1150)\cdot 13{,}57 \times 25{,}6 + (5100+3600)\cdot 11{,}31 \times 25{,}6\right]$$

$$= 0{,}261\cdot(6600\,000 + 1370\,000 + 2520\,000) =$$

$$= 2760\,000 \text{ кгсм} = 27{,}6 \text{ тм}$$

$M_p = 27{,}6$ тм $> M_g = 24{,}8$ тм (см. лист 13)

Размножено ЦЗО эсп Зак 156-100 экз. 19/III-69г.

Г. Расчет на поперечную силу.

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

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

$Q = 10120$ кг; $R_{ax} = 1700$ кг/см²;

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

$R_u = 290$ кг/см²; $\delta = 6$ см; $r = 25$ см;

$$y_a = \frac{\frac{1}{2}\cdot(\pi - \theta) - \frac{1}{4}\sin 2\theta}{\sin\theta + (\pi - \theta)\cdot\cos\theta} \cdot r_a ;$$

$r_a = 25{,}6$ см; $tg\,\theta - \theta = \pi \mu n'$

$$\mu n' = \frac{F_a \cdot E_a + F_н \cdot E_н}{0{,}85 \cdot E_б \cdot F} = \frac{2{,}0 \cdot 10^6 \cdot (13{,}57 + 11{,}31)}{0{,}85 \times 3{,}8 \cdot 10^5 \times 917} = 0{,}168$$

$tg\,\theta - \theta = 3{,}14 \times 0{,}168 = 0{,}528$; $\theta = 56°30'$

$$y_a = \frac{\frac{1}{2}(3{,}14 - 0{,}985) - 0{,}25 \cdot \sin 113°}{\sin 56°30' - (3{,}14 - 0{,}985)\cdot\cos 56°30'} \times 25 =$$

$$= \frac{(1{,}078 - 0{,}25 \times 0{,}920) \times 25}{0{,}834 + 2{,}155 \times 0{,}552} = \frac{0{,}848 \times 25}{2{,}024} = 10{,}5 \text{ см} ;$$

$Q'б = 0{,}3 \times 6 \times (10{,}5 + 25{,}0)^2 \times 290 = 658\,000$ кгсм

$$F_{c,a} = \frac{1010 \times 10120 \times 100}{4 \times 658\,000 \times 1700} = \frac{10{,}2 \times 10^9}{4{,}48 \times 10^9} = 2{,}29 \text{ см}^2 ;$$

$F_c = f_x \, n$ Спираль ф4мм $f_x = 0{,}1256$ см²

$n = \frac{2{,}29}{0{,}1256} = 18$ Шаг спирали $a = \frac{1000}{18} \cong 56$ мм

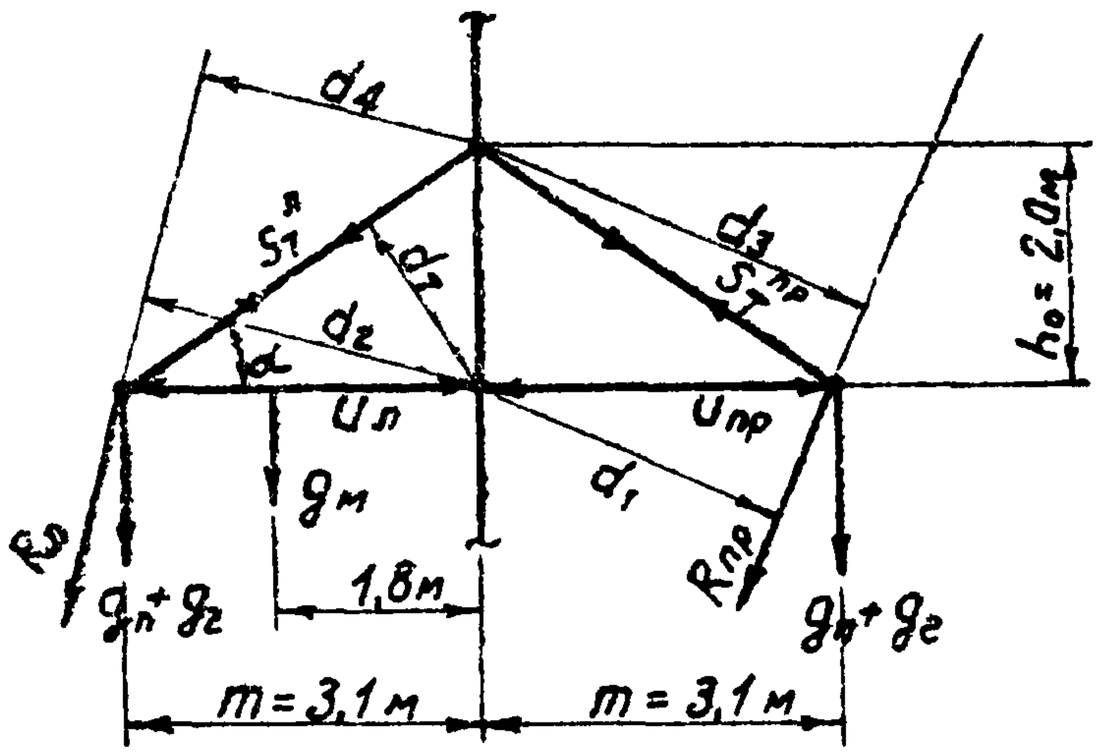
Принят шаг спирали 50 мм.

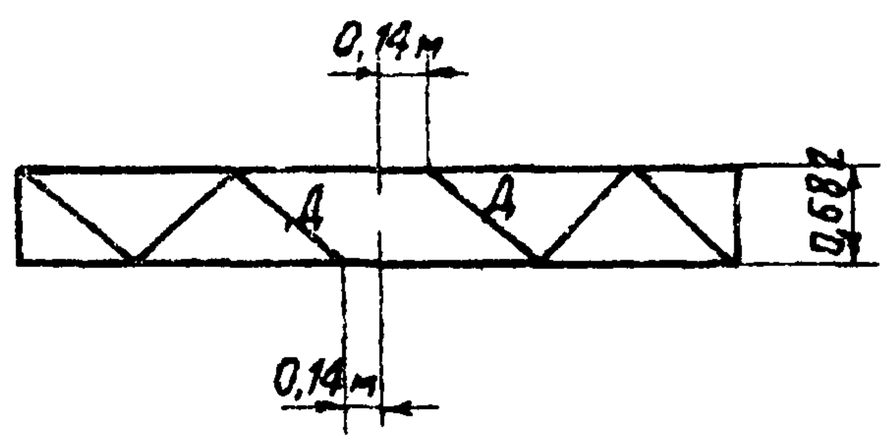
Размножен Зак 156-100 экз. 19/III-69г.

Расчет металлических элементов

Расчет нижней траверсы

Расчетная схема





Расчетные данные:

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

$\alpha = 32°54'$

$\sin\alpha = 0,543$

$d_т = m\cdot\sin\alpha = 3,1 \times 0,543 =$

$= 1,68$ м

$d_1 = m\sin\alpha_1 = 3,1\times0,876 = 2,72$ м

$d_2 = m\sin\alpha_2 = 3,1\times0,975 = 3,02$ м

$\ell_т = \sqrt{m^2+h^2} = \sqrt{3,1^2+2^2} =$

$= 3,69$ м

$d_3 = \ell_т\cdot\sin(180°-\alpha-\alpha_1) =$

$= 3,69\sin 85°57' = 3,69\times0,9975 = 3,68$ м

$d_4 = \ell_т\cdot\sin(\alpha_2-\alpha) = 3,69\times\sin 45°13' = 3,69\times0,71 = 2,62$ м

1. Расчет тяг траверсы

Расчетным для тяг является нормальный режим II, $\Delta S = 0$, $\alpha = 60°$.

Усилия в оттяжках

$T_1 = T_4 \cong 12,69$ т; $T_2 = T_3 = 18,86$ т,

$R_л = (T_2+T_3)\cdot\cos\gamma_2 = 2\times18,86\times0,836 = 31,6$ т.

$R_пр = (T_1+T_4)\cdot\cos\gamma_1 = 2\times12,69\times0,866 = 22,0$ т

$$S_T^{л} = \frac{R_л \cdot d_2 + (g_п + g_г) m}{2 \cdot d_T} = \frac{31,6 \times 3,02 + (1,97 + 0,33) 3,1}{2 \times 1,68} = 30,6\ т$$

$$S_T^{пр} = \frac{R_п \cdot d_1 + (g_п + g_г) \cdot m}{2 \cdot d_m} = \frac{22,0 \times 2,72 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 1,68} = 20,1\ т$$

При 4 болтах ф30мм в тяге

$N_{см} = 4 \times 8,16 = 32,64\ т > 30,6\ т$

$N_{ср} = 4 \times 9,18 = 36,72\ т > 30,6\ т$

Тяга из ∠ 125×8

$F_{бр} = 19,7\ см^2$; $F_{нт} = 19,7 - 2,5 = 17,2\ см^2$

$$\sigma = \frac{30600}{17,2} = 1780\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2.$$

Сквозной болт узла „стойка - тяга"

принят ф 56 мм $F_{бр} = 24,63\ см^2$

$$N = \sqrt{(S_T^{пр})^2 + (S_T^{лев})^2} = \sqrt{30,6^2 + 20,1^2} = 36,6\ т;$$

$$\tau_{ср} = \frac{36600}{24,63} = 1480\ кг/см^2 < 1500\ кг/см^2;$$

$$\sigma_{см} = \frac{30600}{5,6 \times 1,6} = 3420\ кг/см^2 < 3800\ кг/см^2.$$

Расчетная площадь фасонки тяги

$$F = \frac{S_T^{лев}}{R} = \frac{30600}{2100} = 14,60\ см^2.$$

При толщине фасонки б=16мм и ширине 170мм

$F_{нт} = (17,0 - 5,70) \cdot 1,6 = 18\ см^2 > 14,6\ см^2.$

Ремонтер 630 экз Зак 156-100 экз. 19/III-69г.

2. Расчет поясов

Схема II Нормальный режим II; $\alpha = 60°$;

Усилие на один пояс траверсы

$$U_л = \frac{R_л \cdot d_4 + (g_п + g_г) \cdot m}{2h_0} = \frac{31,6 \times 2,62 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 2} = 22,4 т$$

$$U_п = \frac{R_{пр} \cdot d_3 + (g_п + g_г) \cdot m}{2h_0} = \frac{22,0 \times 3,68 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 2} = 22,3 т$$

Пояс принят из L 140 × 9

$F = 24,7$ см^2; $r_x = 4,34$ см; $W = \frac{J_x}{z_0} = \frac{466}{3,78} = 120,5$ см^3;

$\ell_п = 310$ см; $\lambda = \frac{\ell_п}{r_x} = \frac{310}{4,34} = 72$; $\varphi = 0,798$;

Изгибающий момент от веса ободной гирлянды $g_г = 49,5 + 8,24 \cong 58$ кг

$$M = 0,5 \times 0,058 \times \frac{1,8}{3,1} \times 1,3 = 0,0219 тм$$

$$\sigma = \frac{U}{\varphi F} + \frac{M}{W} = \frac{22400}{0,798 \times 24,7} + \frac{2190}{120} = 1130 + 18 = 1148 кг/см^2 < 2100 кг/см^2$$

Схема 4. Аварийный режим IV; $\alpha = 60°$;

Усилия в оттяжках

$T_1 = 7,29$ т; $T_2 = 10,71$ т; $T_3 = 13,46$ т; $T_4 = 10,26$ т;

$$R_л^{\perp} = (10,71 + 13,46) \cdot 0,836 = 20,30 т$$

$$R_{пр}^{\perp} = (7,29 + 10,26) \cdot 0,866 = 15,2 т$$

Усилие на один пояс траверсы от поперечных нагрузок:

$$U_л = \frac{R_л^{\perp} \cdot d_4 + (g_п + g_г) m}{2h_0} = \frac{20,3 \times 2,62 + (1,97 + 0,33) 3,1}{2 \times 2} = 14,8 т$$

$$U_п = \frac{R_п^{\perp} d_3 + (g_п + g_г) m}{2h_0} = \frac{15,2 \times 3,68 + (1,97 + 0,33) 3,1}{2 \times 2} = 15,7 т$$

Размножено ЦБО зап Зак 156-100 экз. 19/III-65г.

Реакция в узле „стойка-пояс"

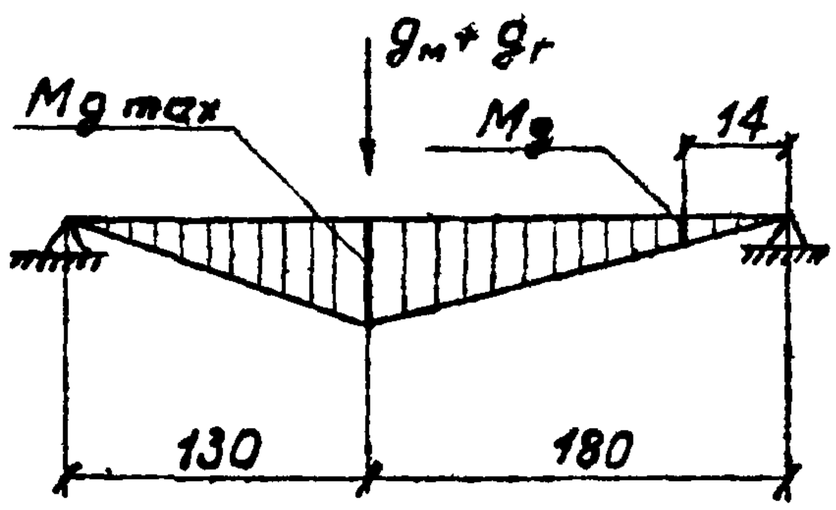
$$R'' = S_T \frac{H + h_2 + h_1}{H} = 2{,}45 \cdot \frac{12{,}5 + 4 + 2{,}5}{12{,}5} = 3{,}70 \text{ т}$$

Усилие на один пояс траверсы от продольных нагрузок:

в I панели $U = \frac{R'' \cdot m}{2b_0} = \frac{3{,}70 \times 3{,}1}{2 \times 0{,}68} = 8{,}50$ т

во II панели $U = \frac{R'' \cdot 2{,}02}{2b_0} = \frac{3{,}70 \times 2{,}02}{2 \times 0{,}68} = 5{,}50$ т

Изгибающий момент от веса обводной гирлянды и монтера.

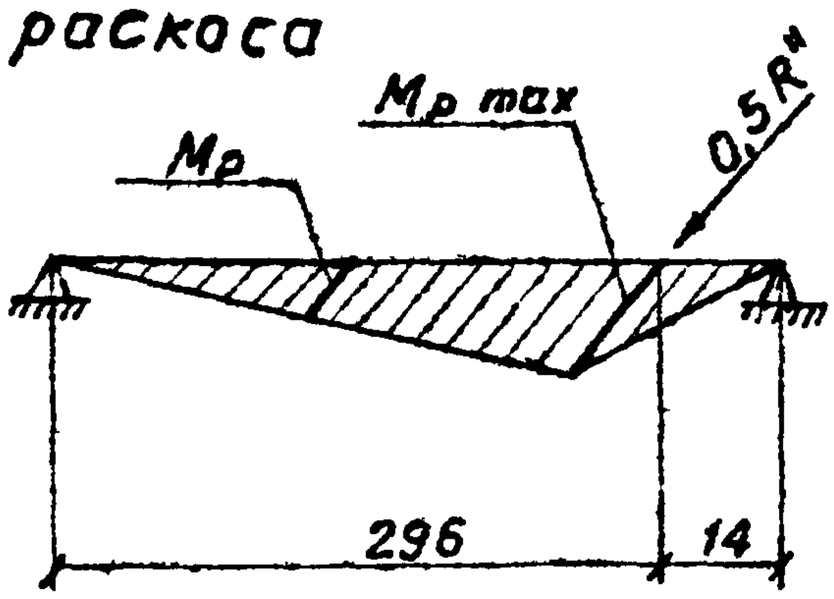


$g_м = 250$ кг; $g_г = 58$ кг

$$M_{g\,max} = 0{,}5(250 + 58)\frac{180}{310} \times 130 = 12000 \text{ кгсм}$$

$$M_g = \frac{12000 \times 14}{180} = 935 \text{ кгсм}$$

Изгибающий момент от расцентровки раскоса



$$M_{p\,max} = 0{,}5 \times 3700 \frac{296}{310} \times 14 = 24700 \text{ кгсм}$$

$$M_p = \frac{24700 \times 130}{296} = 10850 \text{ кгсм}$$

Напряжение в поясе:

в I панели $\sigma = \frac{(15700 + 8500)}{0{,}798 \times 24{,}7} = 1230$ кг/см² < 2100 кг/см²

во II панели $\sigma = \frac{15700 + 5500}{0{,}798 \times 24{,}7} + \frac{24700 + 935}{120{,}5} =$

$= 1080 + 215 = 1295$ кг/см² < 2100 кг/см²

Ремпифер 630 экз Зак 156-100 экз 19/II-69г.

Сквозной болт крепления узла „стойка-пояс" принят ф 48 мм. $F_б = 18,1$ см².

Усилие в пятой оттяжке 11,06 т.

Разница усилий правого и левого поясов

$22,4 - 22,3 = 0,1$ т

тогда $\tau_{ср} = \frac{11060}{18,1} = 640$ кг/см² < 1500 кг/см².

$\sigma_{см} = \frac{11060}{4,8 \times 0,9} = 2720$ кг/см² < 3800 кг/см².

3. Расчет раскосов.

Расчетным для раскосов является аварийный режим IV, $\alpha = 60°$.

Реакция в узле „стойка-пояс" $R'' = 3,70$ т

Усилие в раскосе $D = \frac{R''}{\cos\beta} = \frac{3700}{0,616} = 5,44$ т

∠ 80 × 6; $\ell = 120$ см; $r_{min} = 1,58$; $F = 9,38$ см²;

$\lambda = \frac{\ell}{r_{min}} = \frac{120}{1,58} = 76$; $\varphi = 0,699$;

$\sigma = \frac{5440}{0,699 \times 9,38} = 830$ кг/см² < 2100 кг/см².

Проверка раскоса на вес монтера.

$g_м = 130$ кг; $M = 0,5 \times 130 \times 60 = 3900$ кгсм;

$W_{min} = \frac{57,0}{8,0 - 2,19} = 9,82$ см³;

$\sigma = \frac{M}{W_{min}} = \frac{3900}{9,82} = 400$ кг/см² < 2100 кг/см².

Проверка болта „пояс-раскос".

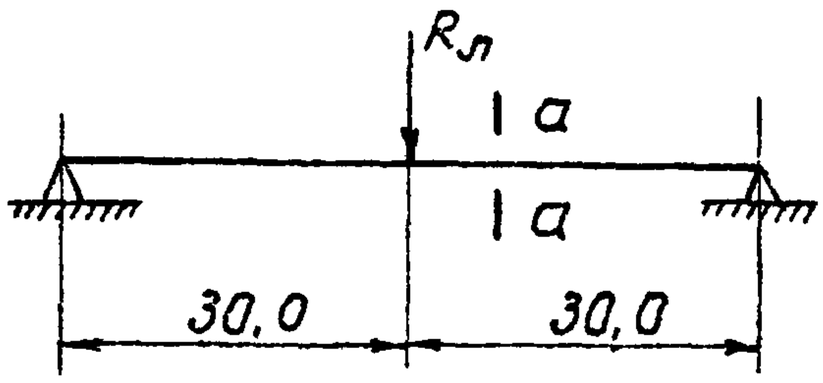
Болт ф 24 мм. $F = 4,52$ см².

$\tau_{ср} = \frac{5440}{4,52} = 1205$ кг/см² < 1500 кг/см²;

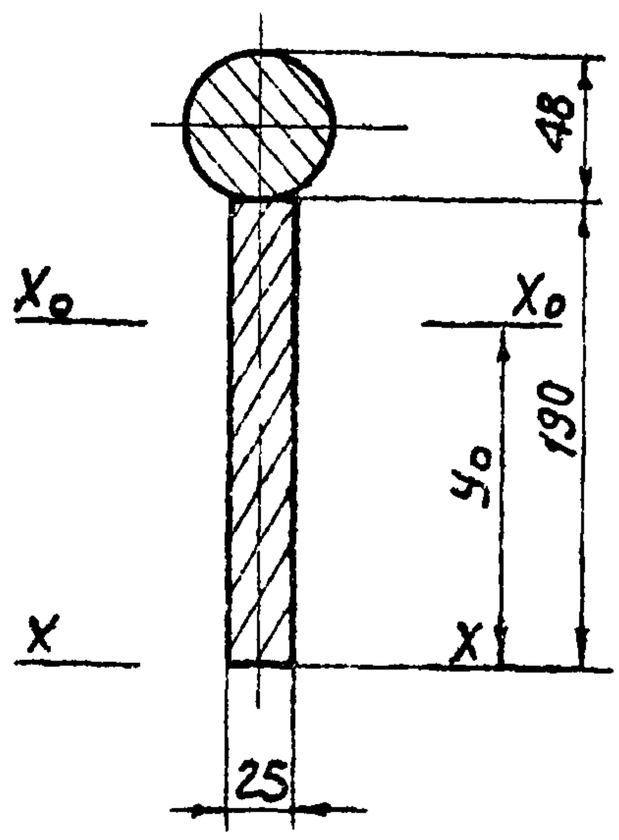
$\sigma_{см} = \frac{5440}{24 \times 0,5} = 3780$ кг/см² < 3800 кг/см²

4. Проверка детали крепления оттяжек.

Расчетная схема



Сечение по а-а



$R_л = 31,6$ т.

Проверка детали на срез.

$$\tau_{ср} = \frac{31600 \times 0,5}{0,15 \times 18,1} = 1170 \text{ кг/см}^2;$$

$$M_{max} = \frac{R_л}{2} \cdot 30 = \frac{31600}{2} \times 30 =$$

$$= 475000 \text{ кгсм};$$

$$F = \pi \times 2,4^2 + 2,5 \times 19 =$$

$$= 18,1 + 47,5 = 65,6 \text{ см}^2;$$

$$S_{x-x} = 18,1 \times 21,4 + 47,5 \times 9,5 =$$

$$= 387 + 452 = 839 \text{ см}^3;$$

$$y_0 = \frac{S_{x-x}}{F} = \frac{839}{65,6} = 12,8 \text{ см};$$

$$J_{x_0-x_0} = \frac{\pi \times 4,8^4}{64} + 18,1 \times (2,4 + 6,2)^2 + \frac{2,5 \times 19,0^3}{12} + 47,5(12,8 - 9,5)^2 =$$

$$= 25,0 + 1335 + 1425 + 514 = 3300 \text{ см}^4;$$

$$W_{min} = \frac{J_{x-x_0}}{y_0} = \frac{3300}{12,8} = 258 \text{ см}^3;$$

$$\sigma = \frac{M}{W_{min}} = \frac{475000}{258} = 1840 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2.$$

5. Проверка фасонки узла „пояс-тяга".

$\delta = 1$ см. Болты диаметром ϕ 30 мм.

$$\sigma_{см} = \frac{31600}{3 \times 1 \times 4} = 2640 \text{ кг/см}^2 < 3400 \text{ кг/см}^2.$$

При смятии усилием в оттяжках:

$$\sigma_{см} = \frac{R_л}{2 \times 4,8 \times 1} = \frac{31600}{9,6} = 3300 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2.$$

6. Расчет оттяжек.

$T_2 = T_3 = 18,84$ т – нормальный режим II. $\alpha = 60°$.

$N = R \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \geqslant T_2$

N – предельное расчетное усилие (несущая способность).

Для оттяжек принят двойной канат 17 – Г – В – СС – Р – 140 по ГОСТ 3064 – 66.

R – временное сопротивление разрыву каната в целом;

$R = 2 \times 19,9 = 39,8$ т;

$m_1 = 0,8$ – коэффициент однородности;

$m_2 = 0,8$ – коэффициент условий работы материала в конструкции;

$m_3 = 0,8$ – коэффициент условий работы оттяжки в анкерно – угловых опорах;

$N = 39,8 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,8 = 20,3$ т $> 18,84$ т $= T_2$.

7. Расчет вилки биссекторной оттяжки.

$T_5 = 11,06$ т – аварийный режим III. $\alpha = 0°$.

Ремайор СЗО эсп Зак 156-100 экз. 19/III-65 г.

Принимаем вилку $б = 1$ см; $в = 13$ см;

$F_{нт} = 1 \times 13 - 1 \times 4,9 = 8,1$ см^2;

$$\sigma = \frac{T_s}{F_{нт}} = \frac{11060}{8,1} = 1370 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{см} = \frac{T_s}{1 \times 4,9} = \frac{11060}{4,9} = 2250 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2.$$

Болт вилка - оттяжка принимаем

$\phi 36$ мм; $F = 10,18$ см^2;

$$\tau_{ср} = \frac{T_s}{F} = \frac{11060}{10,18} = 1090 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{см} = \frac{T_s}{2 \times 1 \times 3,6} = \frac{11060}{7,2} = 1560 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2.$$

8. Расчет фасонки для крепления провода.

$T = 4150$ кг

$$l_{шв} = \frac{T}{1300 \times 0,7 \times 0,8} = \frac{4150}{1300 \times 0,7 \times 0,8} = 6 \text{ см.}$$

Принят шов $h = 8$ мм.

Расчёт выполнен /В. Соловаров/.

Ленинград СЭО ЭСИ Зак. 156-100 экз. 19/II-69 г.