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.

gost.e-ecolog.ru

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

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 1994г)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ИНСТИТУТА /М. РЕУТ/

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

№ 3082 тм-т7
Листов (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. К РЮКОВ/

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.

3082пч/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 - Т6.

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. [signature] /Иванова/

N 3082 тм-т7				Лист	
литера	а			4	40

Ремайор 030 экз Зак 156-100 экз 19/II-69г.

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

Ремайор СЗО зсл 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

Ремайор СЗО эсп Зак 156-400 экз 19/III-65г.

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.

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

5 Углы поворота траверсы относительно осей y и z.

Расчет угловой 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": $a, d, d_0, \ell, H_0, H, h_0, h_1$ – 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 „у" 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 „у" от весовых нагрузок, $M_д'$ – момент на уровне тяг нижней траверсы от весовых нагрузок.

Ромайор 030 экз Зак 156-100 экз 19/III-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.

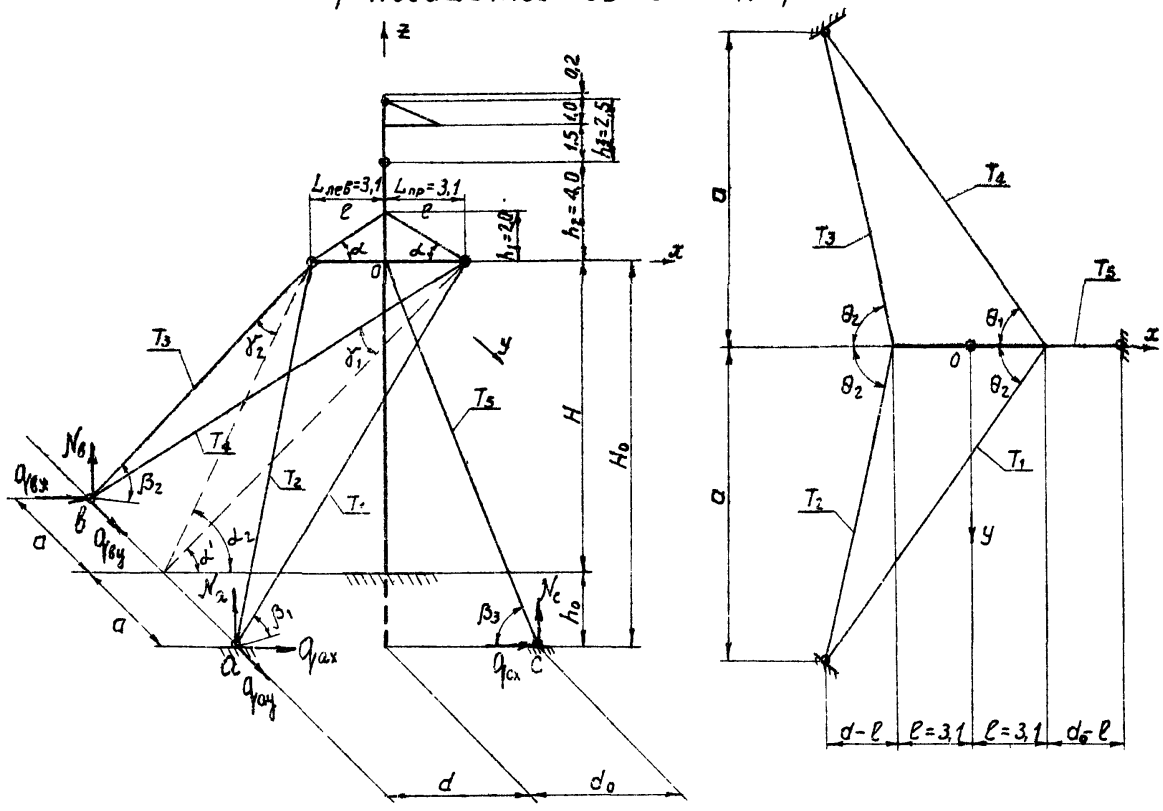
Все расчеты выполнены по методу предельных состояний.

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

Ремонтер 230 экз Зак. 156-100 экз. 19/II-69г.

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 / 0,571	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

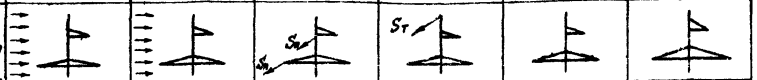
Шифр опоры / Обознач.	УБ 110-1	УБ 110-1+3,7
H	12,50	16,00
h_0	3,00	3,20
a	10,40	12,70
d	6,10	7,50
d_0	6,10	7,50

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.	Среднеэксплуатационный режим I	Среднеэксплуатационный 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	кг см²	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	10000	$M_в'$	-"-	$4,72 \times 10^4$	$1,06 \times 10^4$	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 I 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.

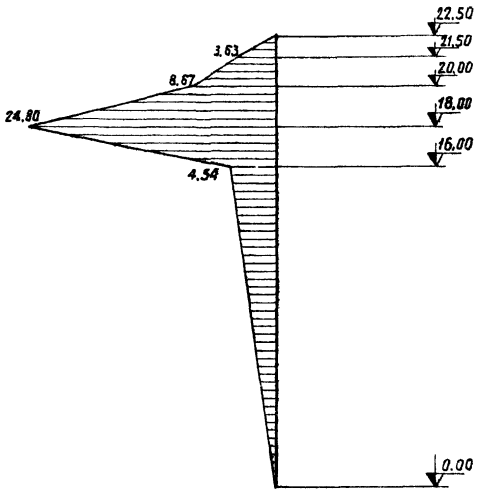
Результаты статического расчета опоры произведенного на ЭЦВМ „Урал 2"

Результаты расчета		Нормальный режим I; q=50 кг/м²; C=0							Нормальный режим II; q=14 кг/м²; C=20мм							Аварийный режим III. Обрыв верхнего и левого проводов АС-150							Аварийный режим IV. Обрыв троса							Среднеэксплуатационный режим I							Среднеэксплуатационный режим II						
Углы поворота ВП		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	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	4006	4953	5890	6810	7705	8657	9939	3776	5072	6354	7612	9121	10948	12694	0	0	388	1006	1628	2264	2905	1346	2338	3336	4330	5316	6285	7287	3066	3805	4639	5261	5967	6651	7307	3065	3465	3861	4251	4632	5001	5335
	T_2	4083	5802	7503	9173	10798	12461	14441	4072	6388	8679	10925	13411	16200	18864	1463	2597	3718	4824	5915	6984	8020	1273	2877	4480	6072	7639	9170	10713	2862	4239	5604	6949	8263	9536	10758	2862	3581	4294	4997	5683	6348	6986
	T_3	4083	5802	7503	9173	10798	12461	14441	4072	6388	8679	10925	13411	16200	18864	4185	5309	6399	7453	8473	9450	10377	4452	6043	7611	9142	10626	12051	13466	2862	4239	5604	6949	8263	9536	10758	2862	3581	4294	4997	5683	6348	6986
	T_4	4006	4953	5890	6810	7705	8657	9939	3776	5072	6354	7612	9121	10948	12694	7652	7624	7935	8398	8821	9200	9533	4784	5763	6721	7551	8547	9400	10264	3066	3805	4639	5261	5967	6651	7307	3065	3465	3861	4251	4632	5001	5335
	T_5	8494	6666	4858	3083	1357	0	0	8674	6197	3747	1345	0	0	0	11056	9131	7742	6638	5560	4516	3573	9993	8216	6452	4715	3018	1374	0	9993	8545	7107	5691	4309	2969	1684	9993	9226	8466	7717	6986	6277	5596
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	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	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
Перемещение оси стойки на уровне пазов траверсы	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	-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	$0{,}91\cdot10^{-2}$	1,95	3,87	5,77	7,62	9,41	11,14	$0{,}9\cdot10^{-2}$	1,03	2,05	8,06	4,03	4,98	5,89
	Δy	$0{,}65\cdot10^{-10}$	$0{,}16\cdot10^{-10}$	$0{,}25\cdot10^{-10}$	$0{,}34\cdot10^{-10}$	$0{,}42\cdot10^{-10}$	$0{,}51\cdot10^{-10}$	$0{,}62\cdot10^{-10}$	$0{,}66\cdot10^{-11}$	$0{,}19\cdot10^{-10}$	$0{,}31\cdot10^{-10}$	$0{,}43\cdot10^{-10}$	$0{,}56\cdot10^{-10}$	$0{,}71\cdot10^{-10}$	$0{,}86\cdot10^{-10}$	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	$0{,}11\cdot10^{-12}$	$0{,}75\cdot10^{-11}$	$0{,}15\cdot10^{-10}$	$0{,}22\cdot10^{-10}$	$0{,}29\cdot10^{-10}$	$0{,}35\cdot10^{-10}$	$0{,}42\cdot10^{-10}$	$0{,}1\cdot10^{-12}$	$0{,}39\cdot10^{-11}$	$0{,}77\cdot10^{-11}$	$0{,}11\cdot10^{-10}$	$0{,}15\cdot10^{-10}$	$0{,}18\cdot10^{-10}$	$0{,}22\cdot10^{-10}$
Углы поворота траверсы	φ	$0{,}45\cdot10^{-10}$	$0{,}37\cdot10^{-3}$	$0{,}77\cdot10^{-3}$	$0{,}12\cdot10^{-2}$	$0{,}16\cdot10^{-2}$	$0{,}19\cdot10^{-2}$	$0{,}21\cdot10^{-2}$	$0{,}25\cdot10^{-3}$	$0{,}79\cdot10^{-3}$	$0{,}13\cdot10^{-2}$	$0{,}18\cdot10^{-2}$	$0{,}22\cdot10^{-2}$	$0{,}25\cdot10^{-2}$	$0{,}27\cdot10^{-2}$	$0{,}18\cdot10^{-2}$	$0{,}93\cdot10^{-3}$	$0{,}71\cdot10^{-3}$	$0{,}105\cdot10^{-2}$	$0{,}14\cdot10^{-2}$	$0{,}17\cdot10^{-2}$	$0{,}20\cdot10^{-2}$	$0{,}31\cdot10^{-4}$	$0{,}27\cdot10^{-3}$	$0{,}51\cdot10^{-3}$	$0{,}74\cdot10^{-3}$	$0{,}97\cdot10^{-3}$	$0{,}12\cdot10^{-2}$	$0{,}14\cdot10^{-2}$	$0{,}31\cdot10^{-4}$	$0{,}38\cdot10^{-3}$	$0{,}74\cdot10^{-3}$	$0{,}11\cdot10^{-2}$	$0{,}14\cdot10^{-2}$	$0{,}17\cdot10^{-2}$	$0{,}21\cdot10^{-2}$	$0{,}31\cdot10^{-4}$	$0{,}20\cdot10^{-3}$	$0{,}37\cdot10^{-3}$	$0{,}53\cdot10^{-3}$	$0{,}69\cdot10^{-3}$	$0{,}84\cdot10^{-3}$	$0{,}99\cdot10^{-3}$
относит. осей Yiz	β	$-0{,}35\cdot10^{-10}$	$-0{,}83\cdot10^{-10}$	$-0{,}13\cdot10^{-13}$	$-0{,}2\cdot10^{-13}$	$-0{,}22\cdot10^{-13}$	$-0{,}27\cdot10^{-13}$	$-0{,}32\cdot10^{-13}$	$-0{,}34\cdot10^{-10}$	$-0{,}39\cdot10^{-10}$	$-0{,}16\cdot10^{-13}$	$-0{,}23\cdot10^{-13}$	$-0{,}29\cdot10^{-13}$	$-0{,}37\cdot10^{-13}$	$-0{,}45\cdot10^{-13}$	$0{,}92\cdot10^{-2}$	$0{,}61\cdot10^{-2}$	$0{,}51\cdot10^{-2}$	$0{,}49\cdot10^{-2}$	$0{,}46\cdot10^{-2}$	$0{,}47\cdot10^{-2}$	$0{,}44\cdot10^{-2}$	$0{,}69\cdot10^{-3}$	$0{,}69\cdot10^{-3}$	$0{,}68\cdot10^{-3}$	$0{,}67\cdot10^{-3}$	$0{,}66\cdot10^{-3}$	$0{,}63\cdot10^{-3}$	$0{,}60\cdot10^{-3}$	$-0{,}56\cdot10^{-16}$	$-0{,}39\cdot10^{-14}$	$-0{,}77\cdot10^{-14}$	$-0{,}12\cdot10^{-13}$	$-0{,}16\cdot10^{-13}$	$-0{,}19\cdot10^{-13}$	$-0{,}22\cdot10^{-13}$	$-0{,}56\cdot10^{-16}$	$-0{,}21\cdot10^{-14}$	$-0{,}41\cdot10^{-14}$	$-0{,}6\cdot10^{-14}$	$-0{,}8\cdot10^{-14}$	$-0{,}98\cdot10^{-14}$	$-0{,}12\cdot10^{-13}$
Изг. моменты на уровне пазов	M_c	-88896	-153343	-217152	-279838	-340922	-334207	-421258	-72129	-154079	-235072	-314494	-373375	-406163	-437468	-381962	-161626	-123905	-178384	-231604	-283158	-332655	-5095	-39832	-74305	-108251	-141412	-173535	-200616	-5092	-61236	-116953	-171819	-225415	-277335	-327183	-5092	-31282	-57272	-82865	-107851	-132086	-155339
Гор. реакция под стойкой	R_y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	590	588	581	570	554	534	511	995	991	980	961	935	902	861	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	-32080	-32112	-33166	-34721	-36239	-37710	-39122	-30091	-32546	-34982	-37382	-39725	-41995	-44553	-28636	-30662	-32673	-34653	-36587	-38461	-40260	-29099	-30168	-31229	-32273	-33293	-34281	-35231
Усилия на анкерные плиты	N_a	6379	8506	10609	12674	14684	16767	19361	6196	9076	11923	14717	17897	21565	25071	1199	2128	3347	4714	6080	7437	8771	2063	4128	6198	8255	10286	12273	14297	4667	6355	8030	9679	11290	12851	14349	4667	5559	6443	7314	8165	8989	9780
	Q_{ax}	2442	3161	3872	4570	5250	5960	6868	2344	3321	4287	5235	6333	7620	8851	275	488	864	1326	1792	2258	2720	802	1518	2236	2951	3658	4350	5059	1820	2387	2950	3505	4047	4572	5076	1819	2121	2421	2716	3004	3283	3552
	Q_{ay}	-4220	-5626	-7018	-8383	-9713	-11091	-12806	-4099	-6004	-7887	-9735	-11838	-14264	-16584	-793	-1407	-2214	-3118	-4022	-4919	-5802	-1365	-2730	-4099	-5460	-6803	-8118	-9457	-3087	-4204	-5311	-6402	-7470	-8500	-9491	-3087	-3677	-4262	-4838	-5401	-5946	-6470
	N_B	6379	8506	10609	12674	14684	16767	19361	6196	9076	11923	14717	17897	21565	25071	9226	10125	11253	12468	13624	14712	15724	7271	9317	11327	13286	15180	16994	18808	4667	6355	8030	9679	11290	12851	14349	4667	5559	6443	7314	8165	8989	9780
	N_{Bx}	2442	3161	3872	4570	5250	5960	6868	2344	3321	4287	5235	6333	7620	8851	3987	4185	4520	4912	5280	5622	5935	2837	3545	4240	4916	5570	6194	6821	1820	2387	2950	3505	4047	4572	5076	1819	2121	2421	2716	3004	3283	3552
	N_{By}	4220	5626	7018	8383	9713	11091	12806	4099	6004	7887	9735	11838	14264	16584	6103	6697	7443	8247	9012	9731	10400	4810	6182	7492	8788	10041	11241	12440	3087	4204	5311	6402	7470	8500	9491	3087	3677	4262	4838	5401	5946	6470
	N_c	7912	6209	4525	2873	1264	0	0	8080	5772	3491	1252	0	0	0	10297	8504	7211	6183	5179	4207	3273	9308	7652	6010	4392	2811	1280	0	9308	7959	6620	5302	4013	2766	1568	9308	8594	7885	7188	6507	5847	5213
	Q_{cx}	-3090	-2426	-1768	-1122	-494	0	0	-3156	-2255	-1363	-489	0	0	0	-4027	-3322	-2816	-2415	-2023	-1643	-1278	-3636	-2989	-2347	-1715	-1098	-500	0	-3636	-3109	-2585	-2071	-1568	-1080	-612	-3636	-3357	-3080	-2808	-2541	-2284	-2036

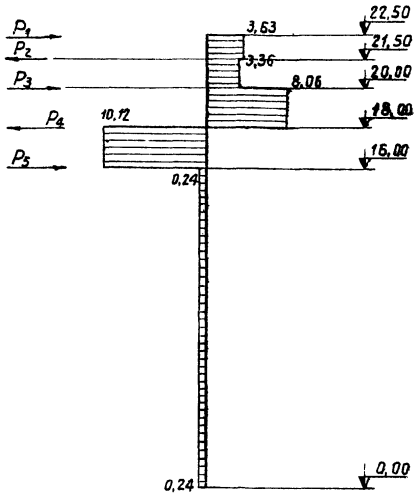
Примечание: Обозначения усилий и перемещений приведенные в таблице соответствуют программе, инв. N3002 тм-т6.

Эпюры изгибающих моментов и перерезывающих сил

Эпюра моментов



Эпюра перерезывающих сил



$M \triangledown 22,50 = 0$

$M \triangledown 21,50 = 3,63 \times 1,0 = 3,63$ тм

$M \triangledown 20,00 = 3,63 \times 2,50 - 0,27 \times 1,5 = 9,07 - 0,40 = 8,67$ тм

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

$M \triangledown 16,00 = 3,63 \times 6,50 - 0,27 \times 5,5 + 4,7 \times 4 - 18,18 \times 2 =$

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

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

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

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

$P_2 = \frac{277}{1} - W \times 1,25 = 277 - 3,8 = 0,27$ 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 № 3082тм-т 4-2)

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".

$R_и = \frac{250 \times 1,1}{0,95} = 290$ 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;

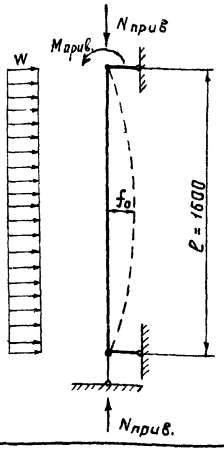
$R_а = 2100$ кг/см^2; $R_{ас} = 2100$ кг/см^2; $E_а = 2,1 \times 10^6$ кг/см^2;

$F_н = 120\,\phi\,4$ 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

Размер 210 х 297 по ГОСТ 21.101-79 для 1/16 1/32

$$m_{э\,дл} = \frac{m_{дл} + 2\frac{\ell_{0дл}}{D}}{1 + 2\frac{\ell_{0дл}}{D}};$$

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

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

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

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

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

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

$$= 296\,000 + 18\,500 + 6\,500 = 321\,000 \text{ см}^4;$$

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

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

$$\ell_{0дл} = \frac{M_{дл}}{N_{дл}} = \frac{155400}{35230} = 4{,}45 \text{ см};$$

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

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

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

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

Момент от прогиба стойки.

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

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

$f_0 = 0{,}25 \times 16 = 4$ см

Ригель 230 эт. Зак. 156-100 эм3 ЦНИИОМТП-652.

f_w – прогиб от изгибающего момента

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

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

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

Действующие изгибающие моменты в сечениях стойки по высоте равны:

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

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

▽ 2,0 м $X = 200$ 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 $X = 400$ 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 $X = 600$ 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 $X = 800$ 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 $\quad x = 1000$ 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 $\quad x = 1200$ 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 $\quad x = 1400$ 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 $\quad x = 1600$ см $\quad M^{p}_{прив} = 4{,}91$ тм

∇ 0,0 м $\quad x = 0 \quad M^{p}_{прив} = 0$

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 ;

$\sigma_{ок} = 0{,}65 \times 17000 = 11050$ кг/см^2.

Потери предварительного напряжения в арматуре:

1) от усадки тяжелого бетона

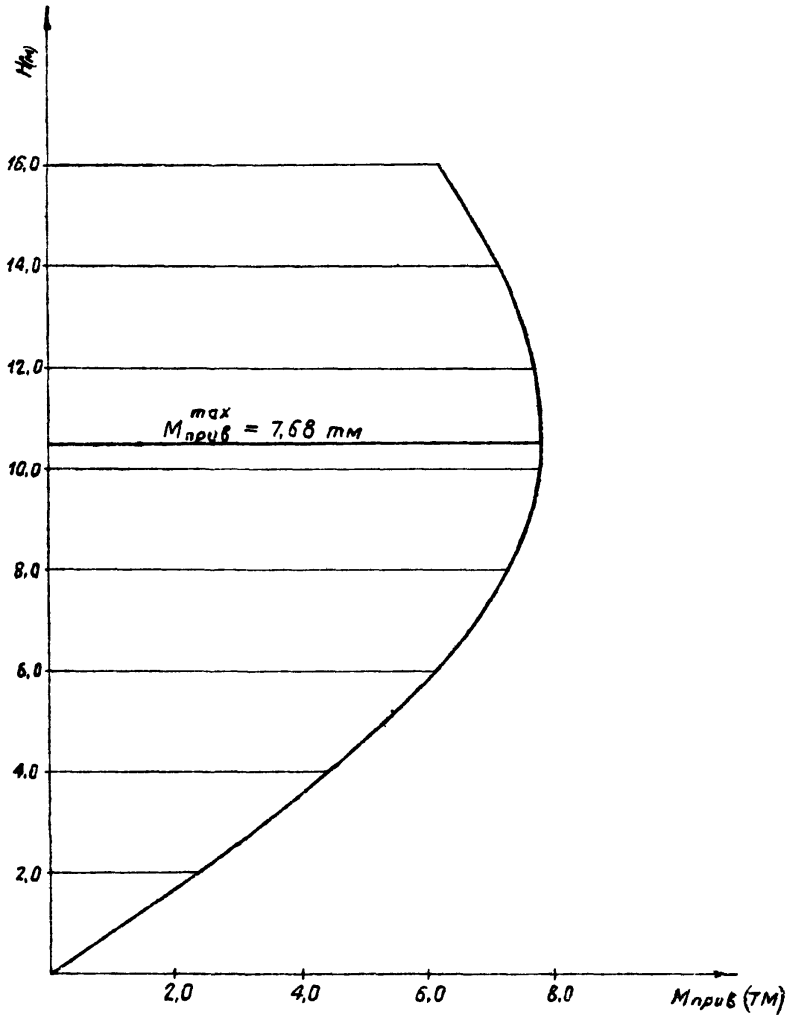
$$\sigma_{ус} = 400 \text{ кг/см}^2$$

2) от релаксации напряжений

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

Ремайор СЗО ЭСП Зак 156-100 экз. 19/II-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:

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_к = \frac{R_н F_н + R_а F_а + N_{прив.}}{(R_н + \sigma_c')\cdot F_н + (R_а + R_{ас})\cdot F_а + R_и F_б} =$$

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

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

$$N\cdot(e_0 + \tau_н) \leq \tau_н \cdot [R_{пр} \cdot F + K_а \cdot (R_{ас} F_а + R_{нс} F_н) - m_т \cdot \sigma_0 \cdot F_н]$$

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

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

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

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

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

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

Ремстройпроект 030 эго Зак 156-400 зкз 19/II-69г.

$M_g = 27{,}7$ тм $< M^P = 30{,}5$ тм

Б. Расчет по трещиностойкости

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

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

Ремонтор 030 экз Зак 136-100 экз 19/II-65г.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В. Расчет стойки СЦ-1п на изгиб

$$M^p = \frac{1}{\pi}\left[R_u F_б \cdot \tau + (R_н + \sigma_c')F_н \cdot \tau_н + (R_a + R_{ac})F_a \cdot \tau_a\right] \sin \pi\alpha_к$$

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

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

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

$\pi\alpha_к = 85°30'$ $\sin \pi\alpha_к = 0{,}997$

$$M^p = \frac{0{,}997}{3{,}14}\left[290 \times 922 \times 25 + (10800 - 5860)15{,}1 \times 25{,}5 + (2100 + 2100)4{,}52 \times 25{,}2\right] =$$

$$= 0{,}318 \cdot (6680000 + 1910000 + 480000) = 2880000 \text{ кгсм} = 28{,}8 \text{ тм}$$

$M^p = 28{,}8$ тм $> M_{тр\,1п} = 24{,}8$ тм (см лист 12)

Ремонт С30 зел 3пл 156-00 зак 19/ш-63г.

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 $M_{кр} = 0$

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

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

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

$$\sigma_{бо} = \frac{\sigma_0 \cdot F_н - (\sigma_{ус} + \sigma_{пл}) \cdot F_a}{F_п} = \frac{8600 \times 15,10 - (400+820) \cdot 4,52}{1019} = 122 \text{ кг/см}^2$$

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

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

Поперечная арматура ставится конструктивно.

Ремонтер СЗО зап Зак. 156-100 зал. 19/III-69г.

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".

$R_и = \frac{250 \times 1,1}{0,95} = 290$ 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

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

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

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

$$= 296\,000 + 18000 + 7000 = 321\,000 \text{ см}^4$$

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)

Ремонт ОЗО эпр. Зак 146-100 экз. 15/I-69г.

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

Потери предварительного напряжения в арматуре:

1) от усадки бетона

$$\sigma_{ус} = 400 \text{ кг/см}^2$$

2) на упорах $\sigma_{уп} = 400 \text{ кг/см}^2$

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

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

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

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

$\Sigma \sigma_п = 785 + 400 + 400 + 845 = 2430$ кг/см^2; $\sigma_о = 10400 - 2430 = 7970$ кг/см^2

$$\sigma'_с = 3600 - 1{,}1\,\sigma_о = 3600 - 1{,}1 \times 7970 = -5170 \text{ кг/см}^2$$

$$\alpha_к = \frac{R_н \cdot F_н + R_а F_а + N_{прив}}{(R_н + \sigma'_с) F_н + (R_а + R_{ас}) \cdot F_а + R_б F_б} =$$

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

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

$$N(e_о + z_н) \le z_н [R_{пр} F + K_а (R_{ас} F_а + R_{нс} F_н) - m_т \sigma_о F_н]$$

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

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

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

Раствор С30 ГОСТ 5802-86 ГОСТ 7473-85

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

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

$M^{P} = 32{,}8 \text{ тм} > M_{g} = 27{,}7 \text{ тм}$ (см. лист 19)

Б Расчет по трещиностойкости

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

для изгибаемого элемента, при втором случае внецентренного сжатия.

Параметр ψ находим из уравнения:

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

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

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

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

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

$\sigma_{ок} = 0{,}9\times 0{,}65\times 16000 = 9360$ кг/см²; $F_n = 1016$ см²

Потери предварительного напряжения:

1. От усадки бетона $\sigma_{ус} = 400$ кг/см²;
2. На упорах $\sigma_{уп} = 400$ кг/см²;
3. От релаксации напряжений $\sigma_{рл} = \left(0{,}27\frac{9360}{16000} - 0{,}1\right)9360 = 540$ кг/см²
4. От ползучести бетона

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

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

Ремонтир. 230 экз Зак 156-100 зак. 1965-62г.

$\Sigma \sigma_n = 540+400+400+760 = 2100$ кг/см²; $\sigma_0 = 9360-2100 = 7260$ кг/см²

$N_0 = 7260 \times 14{,}53 - (760+400) \cdot 4{,}52 = 108500 - 5200 = 103200$ кг

$$\frac{\pi N_0}{F_n R_T} = \frac{3{,}14 \times 103200}{1016 \times 19{,}5} = 16{,}4$$

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

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

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

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

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

В. Расчет стойки на изгиб

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

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

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

$\sigma_c' = -5170$ 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).

Ромашар СЗО эсп Зак 156-100 экз. 19/II-69г.

Г. Расчет на поперечную силу

$Q = 10{,}12$ т (см. лист 13)

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

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

$$\sigma_{бо} = \frac{\sigma_0 F_п - (\sigma_{ус}+\sigma_{гр}) F_а}{F_п} = \frac{7970 \times 14{,}53 - (400+845)\,4{,}52}{1016} = 109 \text{ кг/см}^2$$

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

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

Поперечная арматура ставится конструктивно.

Рыжнёвр 230 зел 3пк 156-100 зак. 19/II-69г.

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".

$R_и = 290$ кг/см²; $R_{пр} = 220$ кг/см²; $R_т = 19,5$ кг/см²;

$E_б = 3,8 \times 10^5$ кг/см².

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

$R_н = R_а = 5100$ кг/см²; $R_{нс} = R_{ас} = 3600$ кг/см²;

$E_а = 2,0 \times 10^6$ кг/см²; $F_н = 12\phi 12 = 12 \times 1,131 = 13,57$ см²

$F_а = 10\phi 12 = 10 \times 1,131 = 11,31$ см²; $n = \frac{2,0 \times 10^6}{3,8 \times 10^5} = 5,28.$

А. Расчет на внецентренное сжатие.

Жесткость стойки СЦ-1.

$B = J_п E_б = 331000 \times 380000 = 12,55 \times 10^{10}$ кг/см²;

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

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

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/см².

Потери предварительного напряжения в арматуре:

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

1. От усадки бетона $\sigma_{yc} = 400$ 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

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

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

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

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

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

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

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

так как $\alpha_к = 0{,}49 < 0{,}50$

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

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

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

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

Б. Расчет по трещиностойкости

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

при этом ψ определяется из уравнения:

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

Ригельбр. 030 зон 3ук 156-490 зак. 18/2-67г.

Ввиду малых эксцентриситетов считаем для изгибаемого элемента

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

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

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

Потери предварительного напряжения:

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

2. От релаксации напряжений.

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

3. От ползучести бетона

$$\sigma_б = \frac{13,57 \cdot (4860 - 230)}{1048} = 60 \text{ кг/см}^2$$

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

$$\Sigma \sigma_п = 400 + 230 + 340 = 970 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_0 = 4860 - 970 = 3890 \text{ кг/см}^2$$

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

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

$$2,288 f_3(\psi) - 1,288 f_4(\psi) - 6,8 = 0 \qquad \psi = 118^\circ$$

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

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

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

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

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

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).

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

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

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

$$= 0{,}261 \cdot (6\,600\,000 + 1\,370\,000 + 2\,520\,000) =$$

$$= 2\,760\,000 \text{ кгсм} = 27{,}6 \text{ тм}$$

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

Рэлайор СЗО 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/см^2;

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

$R_u = 290$ кг/см^2; $б = 6$ 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; $tg\,\theta - \theta = \pi\mu n'$

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

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

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

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

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

$$F_{c,a} = \frac{101^{\wedge}0 \times 10120 \times 100}{4 \times 658\,000 \times 1700} = \frac{10{,}2 \times 10^9}{4{,}48 \times 10^9} = 2{,}29 \text{ см}^2;$$

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

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

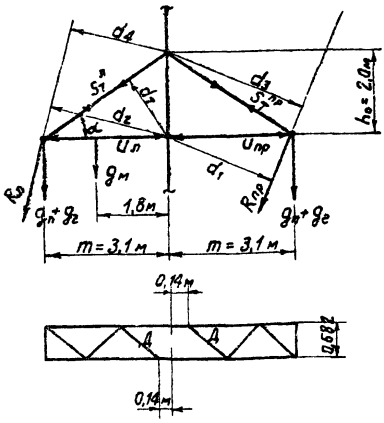
Принят шаг спирали 50 мм.

Ремонтор 030 эск 3эк 156-100 зна 19/2-62г.

Расчет металлических элементов

Расчет нижней траверсы

Расчетная схема



Расчетные данные:

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

$\alpha = 32°54'$

$\sin\alpha = 0,543$

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

$= 1,68$ м

$d_1 = m \sin\alpha_1 = 3,1 \times 0,876 = 2,72$ м

$d_2 = m \sin\alpha_2 = 3,1 \times 0,975 = 3,02$ м

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

$= 3,69$ м

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

$= 3,69 \sin 85°57' = 3,69 \times 0,9975 = 3,68$ м

$d_4 = \ell_T \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha) = 3,69 \times \sin 45°13' = 3,69 \times 0,71 = 2,62$ 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,

$R_л = (T_2 + T_3) \cdot \cos\gamma_2 = 2 \times 18,86 \times 0,836 = 31,6$ т.

$R_{пр} = (T_1 + T_4) \cdot \cos\gamma_1 = 2 \times 12,69 \times 0,866 = 22,0$ т

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

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

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

При 4 болтах ф30мм в тяге

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

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

Тяга из $\angle$ 125×8

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

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

Сквозной болт узла „стойка-тяга"

принят ф 56 мм $F_{бр} = 24,63 \text{ см}^2$

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

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

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

Расчетная площадь фасонки тяги

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

При толщине фасонки $\delta = 16$мм и ширине 170 мм

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

Ремонтор СЗО Зап Зак 156-100 экз. 19/III-69г.

2. Расчет поясов

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

Усилие на один пояс траверсы

$$U_л = \frac{R_л \cdot d_3 + (g_п + g_г)\cdot m}{2h_0} = \frac{31,6 \times 2,62 + (1,97 + 0,33)\cdot 3,1}{2 \times 2} = 22,4\ т$$

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

Пояс принят из ∠ 140 × 9

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

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

Изгибающий момент от веса обводной 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:

$$U_л = \frac{R_л^{\perp} \cdot d_3 + (g_п + g_г)m}{2h_0} = \frac{20,3 \times 2,62 + (1,97 + 0,33)3,1}{2 \times 2} = 14,8\ т$$

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

Ремонтер 220 зел Зак 156-400 зел 19/II-62г.

Реакция в узле „стойка-пояс"

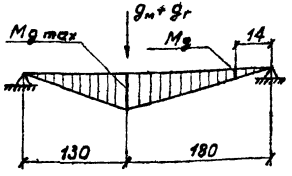
$$R'' = S_T \frac{H + h_2 + h_1}{H} = 2{,}45 \cdot \frac{12{,}5 + 4 + 2{,}5}{12{,}5} = 3{,}70\ т$$

Усилие на один пояс траверсы от продольных нагрузок:

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

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

Изгибающий момент от веса обводной гирлянды и монтера.

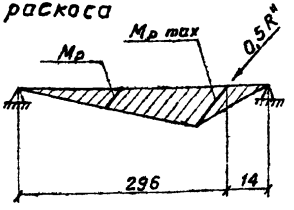


$g_м = 260$ кг; $g_г = 58$ кг

$$M_{g\,max} = 0{,}5(260+58)\frac{180}{310} \times 130 = 12000\ кгсм$$

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

Изгибающий момент от расцентровки раскоса



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

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

Напряжение в поясе:

в I панели $\sigma = \frac{(15700 + 8500)}{0{,}798 \times 24{,}7} = 1230\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2$

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

$= 1080 + 215 = 1295\ кг/см^2 < 2100\ кг/см^2$

Ромпиор СЗО зсп Зак. 156-100 зад. 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

$\angle 80 \times 6$; $\ell = 120$ 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.

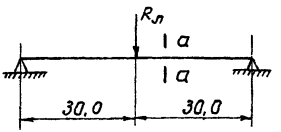
$\tau_{ср} = \frac{5440}{4,52} = 1205$ кг/см² < 1500 кг/см²;

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

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

4. Проверка детали крепления оттяжек.

Расчетная схема



$R_л = 31,6$ т.

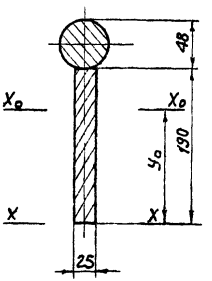
Проверка детали на срез.

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

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

$$= 475000 \text{ кгсм};$$

Сечение по а-а



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

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

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

$$= 387 + 452 = 839 \text{ см}^3;$$

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

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

$$= 26,0 + 1335 + 1425 + 514 = 3300 \text{ см}^4;$$

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

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

5. Проверка фасонки узла „пояс-тяга".

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

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

Ремонтор СЗО ЭСП Зак 156-100 экз 19/III-69г.

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 СЭО эсп Зак 156-100 экз. 19/II-65г.

Принимаем вилку $\delta = 1$ см; $в = 13$ см;

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

$$\sigma = \frac{T_5}{F_{нт}} = \frac{11060}{8{,}1} = 1370 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{см} = \frac{T_5}{1 \times 4{,}9} = \frac{11060}{4{,}9} = 2250 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2.$$

Болт вилка - оттяжка принимаем

$\phi 36$ мм; $F = 10{,}18$ см^2;

$$\tau_{ср} = \frac{T_5}{F} = \frac{11060}{10{,}18} = 1090 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{см} = \frac{T_5}{2 \times 1 \times 3{,}6} = \frac{11060}{7{,}2} = 1560 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2.$$

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/.

gost.e-ecolog.ru

Рамк СЗО зел Зак. 156-100 зил. 19/III-69г.