

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

# ТИПОВОЙ ПРОЕКТ

Унифицированные железобетонные  
нормальные опоры ВЛ 110-330 кВ

№ 407-4 - 20/75

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 110-330кВ

№ 407-4-20/75  
РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ  
ТОМ 7

РАСЧЕТ АНКЕРНО-УГЛОВЫХ ОПОР  
ВЛ 110 кВ

(Корректировка 1974г.)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР  
ИНСТИТУТА

*Рокотян*

/С. РОКОТЯН/

НАЧ. ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА  
ИНСТИТУТА

*М. Ревут*

/М. РЕУТ/

ГЛАВНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ  
ИНСТИТУТА

*Л. Левин*  
*В. Всеерко*

/Л. ЛЕВИН/  
/В. ВСЕЕРКО/

№ 3082 ТМ-Т7

Листов (форт) - 30(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

№ 407-4-20/75  
РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

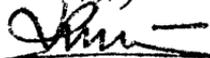
ТОМ 7

РАСЧЕТ ЯНКЕРНО-УГЛОВЫХ ОПОР

ВЛ 110 кВ

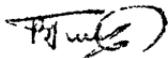
(корректировка 1974г)

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР



/К. КРЮКОВ/

ЗАМ. НАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОТДЕЛА



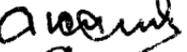
/В. ГАЛЬПЕРИН/

НАЧ ОТДЕЛА ТИПОВОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

И. Синелобов

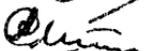
/К. СИНЕЛОВОВ/

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ Т.О.



/А. КУРНОСОВ/

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА



/С. ШТИН/

ЛЕНИНГРАД - 1974.. Г.

308277/7

## 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 одноствоечной 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.

Расчет корректировки не требует

Листу присвоена литера «А» в связи с замечанием о корректировке.

Рук. гр. *М. К. Шванова*

N 3082 тм - Т7		Лист	
литера	2	4	40

## Состав проекта

- Том 1 Пояснительная записка N3082TM-T1
- Том 2 Рабочие чертежи промежуточных  
опор ВЛ 110 ÷ 150 кВ N3082TM-T2
- Том 3 Рабочие чертежи промежуточных  
опор ВЛ 220 ÷ 330 кВ N3082TM-T3
- Том 4 Рабочие чертежи анкерно-угловых  
опор ВЛ 110 кВ N3082TM-T4
- Том 5 Расчет промежуточных опор  
ВЛ 110 ÷ 150 кВ N3082TM-T5
- Том 6 Расчет промежуточных опор  
ВЛ 220 ÷ 330 кВ N3082TM-T6
- Том 7 Расчет анкерно-угловых опор  
ВЛ 110 кВ N3082TM-T7
- Том 8 Патентный формуляр  
(хранится в ПК СЗО) N3082TM-T8

Рамки для СЗО для Зав 156-100 вкл. 19/07-552

N3082TM-T7	Лист
№№	5 40

## Содержание тома 7

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. Титульные листы                               | N3082TM-Т7, листы 1-3   |
| 2. Аннотация                                     | N3082TM-Т7, лист 4      |
| 3. Состав проекта                                | N3082TM-Т7, лист 5      |
| 4. Содержание тома                               | N3082TM-Т7, лист 6      |
| 5. Общая часть                                   | N3082TM-Т7, листы 7-9   |
| 6. Расчетный эскиз опоры                         | N3082TM-Т7, лист 10     |
| 7. Таблица исходных данных                       | N3082TM-Т7, лист 11     |
| 8. Результаты статического<br>расчета опоры      | N3082TM-Т7, лист 12     |
| 9. Элюра избегающих моментов<br>и поперечных сил | N3082TM-Т7, лист 13     |
| 10. Расчет стойки СЦ-1п                          | N3082TM-Т7, листы 14-22 |
| 11. Расчет стойки СЦ-1пр                         | N3082TM-Т7, листы 23-27 |
| 12. Расчет стойки СЦ-1                           | N3082TM-Т7, листы 28+32 |
| 13. Расчет металлических<br>элементов            | N3082TM-Т7, листы 33+40 |

Регистр СЗО эск. Зав. 156-100 Зав. 19/II-65г.

## 1 Общая часть

Статический расчет анкерно-угловой опоры УБ 110-1 произведен на ЭЦВМ „Урал 2“ по программе расчета одноствоечной опоры с двумя расщепленными и одной одиночной оттяжками чнв. N 3002 тм - т б.

В основу программы положена методика расчета, рекомендуемая пособием по расчету опор на оттяжках (чнв. 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 подожника 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  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  на уровне поясов нижней траверсы вдоль горизонтальных осей  $X$  и  $Y$ .

5 Углы поворота траверсы относительно осей  $Y$  и  $Z$ .

Расчет условий опоры ведется на нагрузки при изменении угла  $\beta$  ВЛ через  $10^\circ$ , при этом нагрузки на опору вычисляются автоматически по общим исходным данным.

Общие исходные данные состоят из двух групп:

Группа "а":  $\alpha, d, d_0, \ell, H_0, H, h_0, h_1$  - геометрические характеристики опоры,  $E$  - модуль упругости оттяжек,  $F_1, F_2, F_3$  - 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,  $\ell_8$  - расчетный ветровой пролет.

Группа "б":  $P_B$  - ветровая нагрузка на конструкцию опоры,  $P_n$  - погонная ветровая нагрузка на провод,  $P_T$  - погонная ветровая нагрузка на трос,  $T_a', T_B', T_c', T_a'', T_B'', T_c''$  - тяжения в проводах,  $T_T'$  и  $T_T''$  - тяжения в тросе,  $M_B$  - момент относительно оси "у" от ветра на конструкцию опоры,  $M_B'$  - момент на уровне крепления тяг нижней траверсы к стойке от ветра на верхнюю часть опоры,  $M_D$  - момент относительно оси "у" от весовых нагрузок,  $M_D'$  - момент на уровне тяг нижней траверсы от весовых нагрузок.

$G$  - 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 стержневым. Расчет железобетонных стоек с различными вариантами армирования выполнен в соответствии с „Инструкцией по расчету железобетонных опор и фундаментов к ним“ инв. N 1070 тм

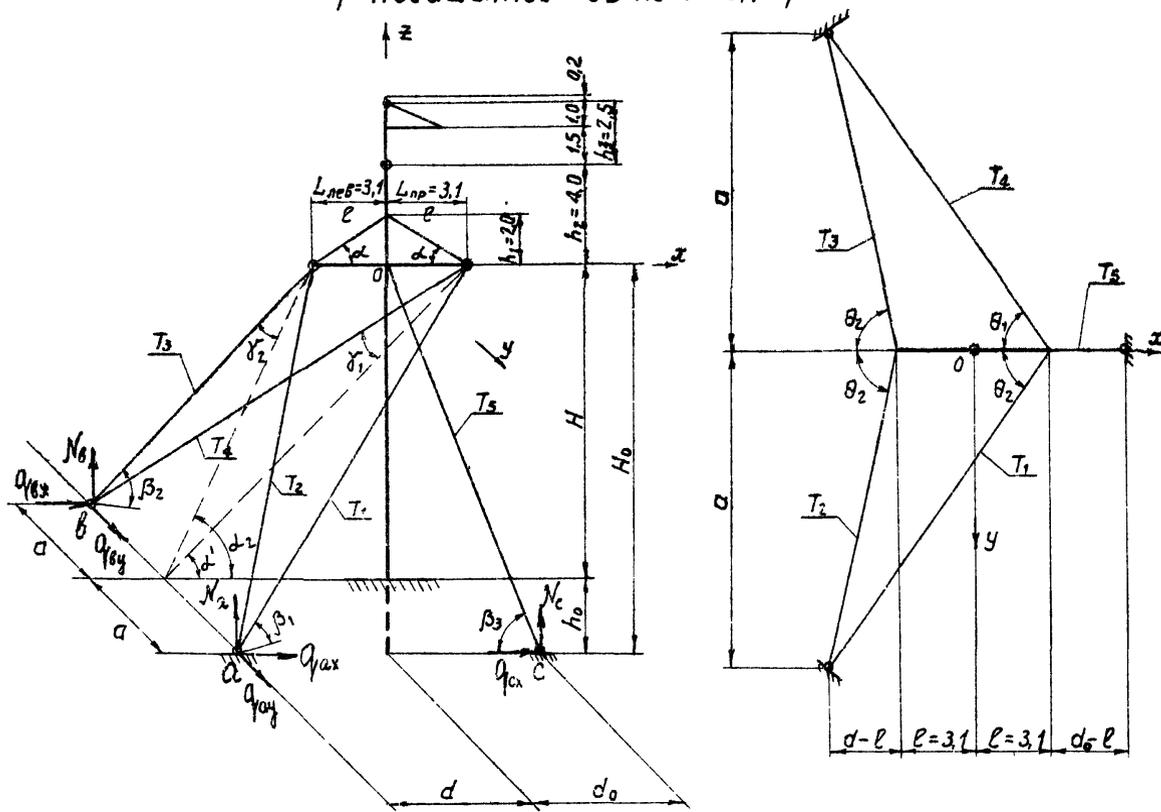
Расчет металлических элементов опоры выполнен в соответствии с „Инструкцией по расчету стальных опор и фундаментов к ним“ инв. N 1562 тм.

Все расчеты выполнены по методу предельных состояний.

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

Рисунки 230 все вкл 156-100 зкл 19/5-62.

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	Обозначение	Угол в градусах	tg	sin	cos	Угол в градусах	tg	sin	cos
Угол между поясом траверсы и тросом	$\alpha$		32°54'	0,646	0,543	0,8396	32°54'	0,646	0,543	0,8396
Угол в плане между тросами T <sub>1</sub> и T <sub>2</sub> и осью траверсы	$\theta_1$		10,4	0,749	0,663		12,7	0,768	0,64	
		9,2	10,5			12,7				
Угол в плане между тросами T <sub>2</sub> и T <sub>3</sub> и осью траверсы	$\theta_2$		10,4	0,961	0,277		12,7	0,945	0,327	
		3,0	4,4			4,4				
Угол в плоскости троса T <sub>1</sub> к горизонту	$\beta_1$		19,5	0,744	0,668		19,2	0,759	0,651	
		13,9	16,5			16,5				
Угол в плоскости троса T <sub>2</sub> к горизонту	$\beta_2$		15,5	0,819	0,574		19,2	0,814	0,581	
		10,85	13,45			14,25				
Угол в плоскости троса T <sub>3</sub> к горизонту	$\beta_3$		15,5	0,931	0,365		19,2	0,932	0,363	
		6,1	7,5			2,56				
Половинный угол между тросами T <sub>1</sub> и T <sub>2</sub>	$\gamma_1$		10,4	0,5	0,866		12,7	0,5	0,866	
		18,08	21,95			0,577				
Половинный угол между тросами T <sub>2</sub> и T <sub>3</sub>	$\gamma_2$		10,4	0,549	0,836		12,7	0,549	0,836	
		15,8	19,7			0,658				
Угол между проекцией троса T <sub>1</sub> и горизонтом	$\alpha_1$		15,5	0,86	0,511		19,2	0,876	0,482	
		9,2	10,6			1,915				
Угол между проекцией троса T <sub>2</sub> и горизонтом	$\alpha_2$		15,5	0,982	0,190		19,2	0,975	0,223	
		3,0	4,4			5,17				

Расчетные длины тросов [м]

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

Шифр обознач.	УБ 110-1	УБ 110-1+3,7
H	12,50	16,00
h <sub>0</sub>	3,00	3,20
a	10,40	12,70
d	5,10	7,50
d <sub>0</sub>	5,10	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)

$l_{ветр} = 300$  м } I и II р.г.  
 $l_{рег} = 450$  м

$l_{ветр} = 230$  м } III и IV р.г.  
 $l_{рег} = 345$  м

IV район гололедности  $C = 20$  мм ;  $Q = 50$  кг/м<sup>2</sup>

Обозначение	Размерность	Числовое значение	Обозначение	Размерность	Числовое значение нагрузок в расчетных режимах						Примечания
					I реж.	II реж.	III-3 реж.	IV реж.	Среднеэксп. режим I	Среднеэксп. режим II	
a	см	1270	$P_8$	кг	1050	262	0	0	0	0	1. Максимальное тяжение в тросе $G_{max} = 45$ кг/м <sup>2</sup> . 2. Критические пролеты для троса $l_{зх} = 224$ м и $l_{зх} = 100$ м (для I и II 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/м <sup>2</sup> ). 4. В аварийных режимах нагрузки подсчитаны при условии обрыва двух проводов до АС-150 и одного - при марке провода выше АС-150
d	—	750	$P_n$	кг/м	111	145	0	0	0	0	
$d_0$	—	750	$P_T$	—	0,536	1,248	0	0	0	0	
$l$	—	310	$T'_a$	кг	3145	4350	2360	3510	2405	1330	
$H_0$	—	1920	$T'_e$	—	3145	4350	2360	3510	2405	1330	
H	—	1600	$T'_c$	—	3145	4350	2360	3510	2405	1330	
$h_0$	—	320	$T'_T$	—	2420	3065	2450	2450	2120	980	
$h_1$	—	200	$T''_a$	—	3145	4350	0	3510	2405	1330	
E	кг/см <sup>2</sup>	$1,5 \times 10^6$	$T''_e$	—	3145	4350	2360	3510	2405	1330	
$F_1$	см <sup>2</sup>	2,82	$T''_c$	—	3145	4350	0	3510	2405	1330	
$F_2$	—	2,82	$T''_T$	—	2420	3065	2450	0	2120	980	
$F_5$	—	2,82	$M_8$	кгсм	$-24,28 \times 10^4$	$-8,16 \times 10^4$	0	0	0	0	
$V_c$	кг см <sup>2</sup>	$118 \times 10^9$	$M_9$	—	$1,909 \times 10^4$	$2,77 \times 10^4$	$1,92 \times 10^4$	$1,91 \times 10^4$	$1,909 \times 10^4$	$1,909 \times 10^4$	
$T_{05}$	кг	10000	$M'_e$	—	$4,72 \times 10^4$	$1,06 \times 10^4$	0	0	0	0	
$l_g$	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	
$L_8$	—	0	Схема основной нагрузки при $\alpha=0$ и подвеске проводов марки								
$h_2$	—	400			АСО-240	АС-150	АСО-240	АСО-240	АСО-240	АСО-240	
$h_3$	—	250									

Примечание: Обозначение геометрических размеров, характеристик материалов опоры и нагрузок принята по программе инв. N 3002 ТМ - Т 6.

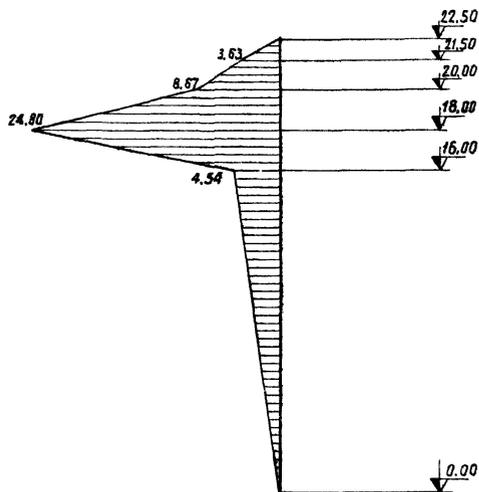
# Результаты статического расчета опоры произведенного на ЭЦВМ „Урал 2“

Результаты расчета	Нормальный режим I; q=50 кг/м <sup>2</sup> ; C=0						Нормальный режим II; q=14 кг/м <sup>2</sup> ; C=20мм						Аварийный режим III. Обрыв верхнего и левого проводов АС-150						Аварийный режим IV. Обрыв троса						Среднеэксплуатационный режим I						Среднеэксплуатационный режим II														
	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 оптяжках	T <sub>1</sub>	4006	4953	5890	6810	7705	8657	9939	3776	5072	6354	7612	9121	10948	12694	0	0	398	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 <sub>2</sub>	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	9535	10758	2862	3581	4294	4997	5683	6348	6986		
	T <sub>3</sub>	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 <sub>4</sub>	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 <sub>5</sub>	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 ступкой	R <sub>x</sub>	-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 ступки на уровне проверсы	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	0,91·10 <sup>-2</sup>	2,39	4,75	7,08	9,35	11,55	13,78	0,91·10 <sup>-2</sup>	1,95	3,87	5,77	7,62	9,41	11,14	0,9·10 <sup>-2</sup>	1,03	2,05	3,06	4,03	4,98	5,89		
Углы поворота траверсы	γ	0,46·10 <sup>-10</sup>	0,37·10 <sup>-10</sup>	0,77·10 <sup>-10</sup>	0,12·10 <sup>-10</sup>	0,16·10 <sup>-10</sup>	0,19·10 <sup>-10</sup>	0,21·10 <sup>-10</sup>	0,26·10 <sup>-10</sup>	0,79·10 <sup>-10</sup>	0,13·10 <sup>-10</sup>	0,18·10 <sup>-10</sup>	0,22·10 <sup>-10</sup>	0,25·10 <sup>-10</sup>	0,27·10 <sup>-10</sup>	0,18·10 <sup>-10</sup>	0,93·10 <sup>-10</sup>	0,71·10 <sup>-10</sup>	0,105·10 <sup>-10</sup>	0,14·10 <sup>-10</sup>	0,17·10 <sup>-10</sup>	0,20·10 <sup>-10</sup>	0,31·10 <sup>-10</sup>	0,27·10 <sup>-10</sup>	0,51·10 <sup>-10</sup>	0,74·10 <sup>-10</sup>	0,97·10 <sup>-10</sup>	0,12·10 <sup>-10</sup>	0,14·10 <sup>-10</sup>	0,31·10 <sup>-10</sup>	0,38·10 <sup>-10</sup>	0,74·10 <sup>-10</sup>	0,11·10 <sup>-10</sup>	0,14·10 <sup>-10</sup>	0,17·10 <sup>-10</sup>	0,21·10 <sup>-10</sup>	0,31·10 <sup>-10</sup>	0,20·10 <sup>-10</sup>	0,37·10 <sup>-10</sup>	0,53·10 <sup>-10</sup>	0,69·10 <sup>-10</sup>	0,84·10 <sup>-10</sup>	0,99·10 <sup>-10</sup>		
Углы поворота траверсы осей У и Z	β	0,35·10 <sup>-10</sup>	0,83·10 <sup>-10</sup>	0,13·10 <sup>-10</sup>	0,2·10 <sup>-10</sup>	0,22·10 <sup>-10</sup>	0,27·10 <sup>-10</sup>	0,32·10 <sup>-10</sup>	0,34·10 <sup>-10</sup>	0,39·10 <sup>-10</sup>	0,46·10 <sup>-10</sup>	0,23·10 <sup>-10</sup>	0,29·10 <sup>-10</sup>	0,37·10 <sup>-10</sup>	0,45·10 <sup>-10</sup>	0,92·10 <sup>-10</sup>	0,61·10 <sup>-10</sup>	0,51·10 <sup>-10</sup>	0,49·10 <sup>-10</sup>	0,46·10 <sup>-10</sup>	0,47·10 <sup>-10</sup>	0,44·10 <sup>-10</sup>	0,63·10 <sup>-10</sup>	0,69·10 <sup>-10</sup>	0,68·10 <sup>-10</sup>	0,67·10 <sup>-10</sup>	0,66·10 <sup>-10</sup>	0,63·10 <sup>-10</sup>	0,60·10 <sup>-10</sup>	0,56·10 <sup>-10</sup>	0,39·10 <sup>-10</sup>	0,77·10 <sup>-10</sup>	0,12·10 <sup>-10</sup>	0,16·10 <sup>-10</sup>	0,19·10 <sup>-10</sup>	0,22·10 <sup>-10</sup>	0,56·10 <sup>-10</sup>	0,21·10 <sup>-10</sup>	0,41·10 <sup>-10</sup>	0,6·10 <sup>-10</sup>	0,8·10 <sup>-10</sup>	0,98·10 <sup>-10</sup>	0,12·10 <sup>-10</sup>		
Изг. моменты на уровне лопат	M <sub>c</sub>	-88896	-153343	-217152	-279838	-340322	-334207	-421258	-72129	-154079	-235072	-314494	-373375	-406165	-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	-107861	-132086	-155339		
Гор. реакция под ступкой	R <sub>y</sub>	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	0	0
Верт. реакция под ступкой	N <sub>n</sub>	-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 лопаты	N <sub>a</sub>	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 <sub>ax</sub>	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 <sub>ay</sub>	-4220	-5626	-7018	-8383	-9713	-11091	-12806	-4099	-6004	-7887	-9735	-11838	-14264	-16584	-793	-1407	-2214	-3118	-4022	-4919	-5802	-1365	-2730	-4039	-5460	-6803	-8118	-9457	-3087	-4204	-5311	-6402	-7470	-8500	-9491	-3087	-3677	-4262	-4838	-5401	-5946	-6470		
	N <sub>b</sub>	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 <sub>bx</sub>	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 <sub>by</sub>	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 <sub>c</sub>	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 <sub>cx</sub>	-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.

# Элюры изгибающих моментов и перерезывающих сил

## Элюра моментов



$$M \nabla 22,50 = 0$$

$$M \nabla 21,50 = 3,63 \times 1,0 = 3,63 \text{ тм}$$

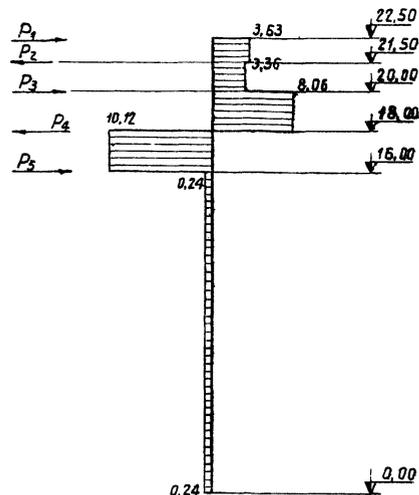
$$M \nabla 20,00 = 3,63 \times 2,50 - 0,27 \times 1,5 = 9,07 - 0,40 = 8,67 \text{ тм}$$

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

$$M \nabla 16,00 = 3,63 \times 6,50 - 0,27 \times 5,5 + 4,7 \times 4 - 18,18 \times 2 = 23,60 - 1,50 + 18,80 - 36,36 = 4,54 \text{ тм}$$

$$M \nabla 0,00 = 3,63 \times 22,5 - 0,27 \times 21,5 + 4,7 \times 20,0 - 18,18 \times 18 + 9,88 \times 16,0 = 81,8 - 5,8 + 94,0 - 327,0 + 158,0 \approx 0$$

## Элюра перерезывающих сил



$$P_1 = P_T + W \times 0,7 + \frac{Mg}{1,0} = 3065 + 1248 \times 230 + 7,9 \times 0,7 + \frac{277}{1,0} = 3630 \text{ кг} = 3,63 \text{ т}$$

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

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

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

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

$$P_3 = P_T + W \times 1,75 = 4350 + 1,45 \times 230 + 14 = 4,7 \text{ т}$$

$$P_5 = 18,20 + 0,02 + 4,68 + 4,68 - 2 \times 12,694 \times \frac{10,6}{25,35} - 2 \times 18,864 \times \frac{4,4}{23,44} = 18,20 + 0,02 + 4,68 + 4,68 - 10,65 - 7,05 = 9,88 \text{ т}$$

# Расчет стойки сц-1п

(Архивный № 3082ТМ-Т4-2)

Расчетные характеристики стойки:

$$D = 56 \text{ см}, \quad \delta = 6 \text{ см}; \quad \tau_{\text{б}} = 25 \text{ см}; \quad \tau_{\text{н}} = 25,6 \text{ см}; \quad \tau_{\text{д}} = 25,2 \text{ см}$$

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

Материал: Бетон марки „500“.

$$R_{\text{и}} = \frac{250 \times 1,1}{0,95} = 290 \text{ кг/см}^2; \quad E_{\text{б}} = 3,8 \times 10^5 \text{ кг/см}^2.$$

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

$$R_{\text{н}} = 10800 \text{ кг/см}^2; \quad E_{\text{н}} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2;$$

$$R_{\text{а}} = 2100 \text{ кг/см}^2; \quad R_{\text{ас}} = 2100 \text{ кг/см}^2; \quad E_{\text{а}} = 2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2;$$

$$F_{\text{н}} = 120 \phi 4 \text{ мм} = 120 \times 0,1256 = 15,10 \text{ см}^2;$$

$$F_{\text{а}} = 4 \phi 12 \text{ мм} = 4 \times 1,131 = 4,52 \text{ см}^2.$$

## 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.

$$N_{\text{прив}} = N_{\text{к}} + \frac{N_{\text{дл}}}{\tau_{\text{э дл}}};$$

$$M_{\text{прив}} = M_{\text{к}} + \frac{M_{\text{дл}}}{\tau_{\text{э дл}}};$$

Нормальный режим II.  $\alpha = 60^\circ$

$$M = 4,375 \text{ тм}$$

$$N = 66,32 \text{ т}$$

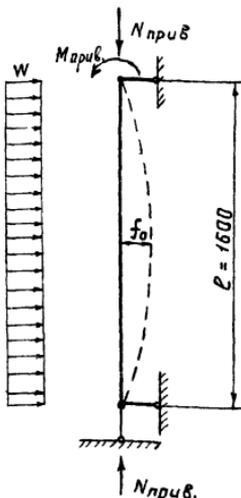
Среднеэксплуатационный режим II.

$$\alpha = 60^\circ. \quad M_{\text{дл}} = 1,554 \text{ тм}$$

$$N_{\text{дл}} = 35,23 \text{ т}$$

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

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



Результат от эск. № 136-100 эск. 19/12-62.

N3082ТМ-Т7				Лист
номера				14 / 40



$f_w$  - прогиб от изгибающего момента

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

$$N_3 = \frac{\pi^2 \cdot B}{\rho^2} = \frac{\pi^2 \times 12,20 \cdot 10^{10}}{1600^2} = 460000 \text{ кг}$$

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

Действующие изгибающие моменты в сечениях стойки на высоте равны:

$$M_{npуб}^P = M_{npуб} \cdot \frac{\sin \alpha x}{\sin \alpha l} + M_0 \sin \frac{\pi}{l} x + W \frac{\rho x - x^2}{2}$$

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

▽ 2,0 м  $x = 200 \text{ см}$

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

▽ 4,0 м  $x = 400 \text{ см}$

$$M_{npуб}^P = 4,91 \cdot \frac{\sin(400 \times 0,000764)}{\sin(1600 \times 0,000764)} + 4,02 \sin \frac{\pi \cdot 400}{1600} + 0,5 \times 0,079 (1600 \times 400 - 400^2) = 4,91 \times \frac{0,301}{0,940} + 4,02 \times 0,701 + 0,14 = 1,58 + 2,81 + 0,14 = 4,53 \text{ тм}$$

▽ 6,0 м  $x = 600 \text{ см}$

$$M_{npуб}^P = 4,91 \cdot \frac{\sin(600 \times 0,000764)}{\sin(1600 \times 0,000764)} + 4,02 \sin \frac{\pi \cdot 600}{1600} + 0,5 \times 0,079 (1600 \times 600 - 600^2) = 4,91 \cdot \frac{0,443}{0,94} + 4,02 \times 0,924 + 0,24 = 2,32 + 3,71 + 0,24 = 6,27 \text{ тм}$$

▽ 8,0 м  $x = 800 \text{ см}$

$$M_{npуб}^P = 4,91 \cdot \frac{\sin(800 \times 0,000764)}{\sin(1600 \times 0,000764)} + 4,02 \sin \frac{\pi \cdot 800}{1600} + 0,5 \times 0,079 (1600 \times 800 - 800^2) = 4,91 \cdot \frac{0,574}{0,94} + 4,02 + 0,26 = 3,0 + 4,02 + 0,26 = 7,28 \text{ тм}$$

$$\nabla 10,0 \text{ м} \quad x = 1000 \text{ см}$$

$$M_{\text{прив}}^P = 4,91 \cdot \frac{\sin(1000 \times 0,000764)}{\sin(1600 \times 0,000764)} + 4,02 \cdot \sin \frac{\pi \cdot 1000}{1600} + 0,5 \times 0,079 (1600 \times 1000 - 1000^2) =$$

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

$$\nabla 12,0 \text{ м} \quad x = 1200 \text{ см}$$

$$M_{\text{прив}}^P = 4,91 \cdot \frac{\sin(1200 \times 0,000764)}{\sin(1600 \times 0,000764)} + 4,02 \cdot \sin \frac{\pi \cdot 1200}{1600} + 0,5 \times 0,079 (1600 \times 1200 - 1200^2) =$$

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

$$\nabla 14,0 \text{ м} \quad x = 1400 \text{ см}$$

$$M_{\text{прив}}^P = 4,91 \cdot \frac{0,878}{0,94} + 4,02 \times 0,391 + 0,15 = 4,68 + 1,57 + 0,15 = 6,40 \text{ тм}$$

$$\nabla 16,0 \text{ м} \quad x = 1600 \text{ см} \quad M_{\text{прив}}^P = 4,91 \text{ тм}$$

$$\nabla 0,0 \text{ м} \quad x = 0 \quad M_{\text{прив}}^P = 0$$

Максимальный момент на отметке 10,5 м.

$x = 1050 \text{ см}$  (см. элюру на листе 18).

$$M_{\text{прив}}^{\text{max}} = 4,91 \cdot \frac{\sin(1050 \times 0,000764)}{\sin(1600 \times 0,000764)} + 4,02 \cdot \sin \frac{\pi \cdot 1050}{1600} + 0,5 \times 0,079 (1600 \times 1050 - 1050^2) =$$

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

Сечение на отметке 10,5 м является расчет-

ным:  $N^P = 78,3 \text{ т}$ ;  $M^P = 7,68 \text{ тм}$ ;

$F_k = 942 \text{ см}^2$ ;  $F_b = 922 \text{ см}^2$ ;  $F_n = 1019 \text{ см}^2$ ;

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

Потери предварительного напряжения в арматуре:

1) от усадки тяжелого бетона

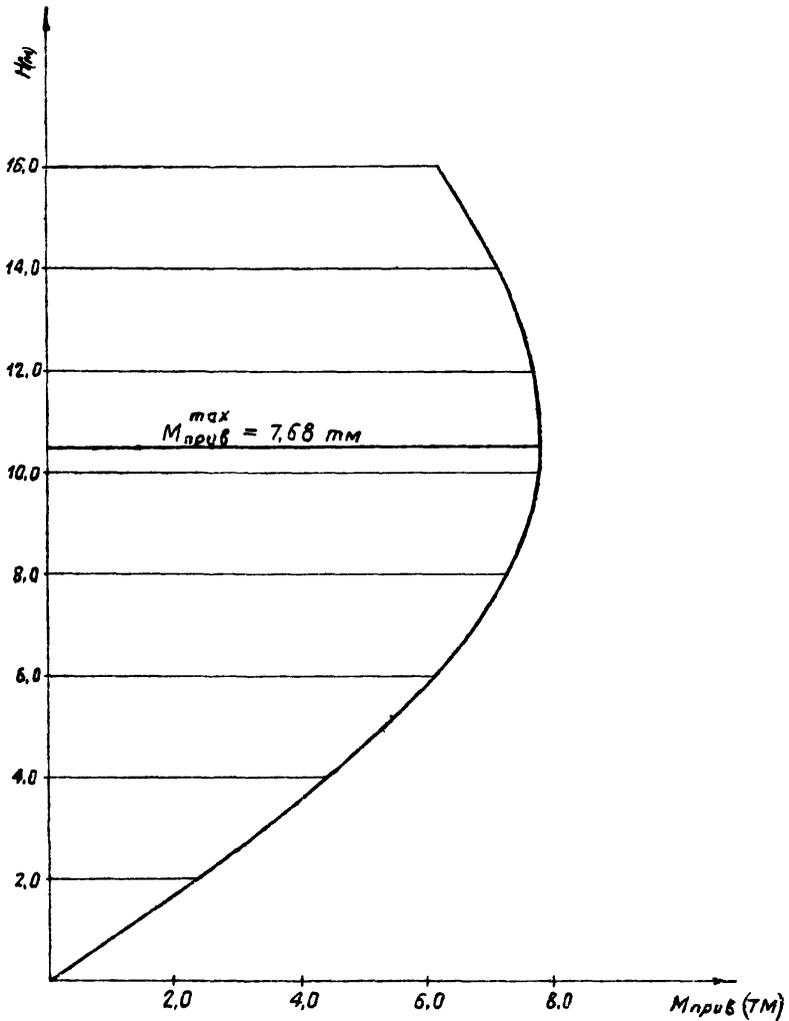
$$\sigma_{\text{ус}} = 400 \text{ кг/см}^2$$

2) от релаксации напряжений

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

N3082 тм т7				Лист	
литера				17/40	

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



$H_m$	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

$M_{max} = 7,68 \text{ ТМ}$

на отм. 10,5 м

N3082ТМ-Т 7				Лист	
литера				18	40

3. Потери на усадки и форме

$$\sigma_{уп} = 400 \text{ кг/см}^2$$

4. От ползучести бетона:

$$\sigma_{пл} = \frac{KE\alpha R}{\sigma_{\delta} R_0} [\sigma_{\delta} + 3R_0 \left( \frac{\sigma_{\delta}}{R_0} - 0,5 \right)]$$

$$\sigma_{\delta} = \frac{F_H (\sigma_{ок} - \sigma_{уп} - \sigma_{пл})}{F_n} = \frac{15,10(11050 - 835 - 400)}{1010} = 146 \text{ кг/см}^2$$

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

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

$$\sigma'_c = 3600 - 1,1\sigma_o = 3600 - 1,1 \times 8600 = -5860 \text{ кг/см}^2$$

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

$$\alpha_k = \frac{R_H F_H + R_a F_a + N_{прив.}}{(R_H + \sigma'_c) F_H + (R_a + R_{ак}) F_a + R_u F_b} =$$

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

так как  $\alpha_k = 0,692 > 0,50$ , расчет ведется для

2<sup>ой</sup> случая внецентренного сжатия:

$$N(e_0 + z_H) \leq z_H [R_{пр} F + K_{\alpha} (R_{ак} F_a + R_{нс} F_H) - m_T \sigma'_o F_H]$$

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

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

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

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

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

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

$$M_g = 27,7 \text{ тм} < M^p = 30,5 \text{ тм}$$

Б. Расчет по трещиностойкости

$$M_{\text{тр}} = \left[ \frac{A_1}{2} f_1(\psi) + 2A_2 f_2(\psi) \right] \cdot b \cdot z^2 \cdot R_T - \text{для изгибаемого элемента,}$$

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

$n \approx 1,4$  - с учетом коэффициентов перегрузок и указаний п 4.16 главы СНиП II-У.9-62 для нормального режима II

$$M = 24,80 \text{ тм} \quad (\text{см. лист 12})$$

Параметр  $\psi$  находим из уравнения

$$A_1 f_3(\psi) - A_2 f_4(\psi) - \frac{F \cdot N_0}{F_n R_m} = 0 \quad R_m = 19,5 \text{ кг/см}^2;$$

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

$$c = 2,0; \quad \mu = \frac{15,10 + 4,52}{922} = 0,0213; \quad n = \frac{p_a F_a + p_n F_n}{F_a + F_n} =$$

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

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

$$b_{\text{ок}} = 0,9 \times 0,65 \times 17000 = 9950 \text{ кг/см}^2;$$

1. Потери от усадки бетона  $b_{\text{ус}} = 400 \text{ кг/см}^2;$

2. Потери на упорах  $b_{\text{уп}} = 400 \text{ кг/см}^2;$

3. Потери от релаксации напряжений

$$b_{\text{рл}} = \left( 0,27 \cdot \frac{9950}{17000} - 0,10 \right) \cdot 9950 = 575 \text{ кг/см}^2;$$

4. От ползучести бетона

$$b_{\text{с}} = \frac{15,10(9950 - 575 - 400)}{1019} = 134 \text{ кг/см}^2$$

$$b_{\text{пл}} = \frac{1,8 \times 10^5 \times 500 \times 134}{3,8 \times 10^5 \times 375} = 745 \text{ кг/см}^2$$

$$\Sigma b_n = 400 + 400 + 575 + 745 = 2120 \text{ кг/см}^2$$

$$G_0 = 9950 - 2120 = 7830 \text{ кг / см}^2,$$

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

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

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

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

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

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

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

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

*В. Расчет стойки ЦЦ-1п на изгиб*

$$M^P = \frac{1}{\pi} [R_U \cdot F_B \cdot z + (R_H + G_c') \cdot F_H \cdot z_H + (R_a + R_{ac}) \cdot F_a \cdot z_a] \sin \pi \alpha_k$$

$$\alpha_k = \frac{R_H \cdot F_H + R_a \cdot F_a}{(R_H + G_c') \cdot F_H + (R_a + R_{ac}) \cdot F_a + R_U \cdot F_B} =$$

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

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

$$\pi \alpha_k = 85^\circ 30' \quad \sin \pi \alpha_k = 0,997$$

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

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

$$M^P = 28,8 \text{ тм} > M_{\sigma_{12}} = 24,8 \text{ тм (см лист 12)}$$

г. Расчет на поперечную силу

$$Q_{\max} = 10,12 \text{ т (см. лист 13)}$$

Главные растягивающие напряжения с учетом предварительного обжатия бетона в сечении

$$\sigma_{гр} = -\frac{\sigma_{б0}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{б0}}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\tau = \tau_k + \tau_Q; \quad \tau_k = 0 \text{ так как } M_{кр} = 0$$

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

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

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

$$\sigma_{б0} = \frac{\sigma_0 \cdot F_n - (\sigma_{уст} + \sigma_{нд}) \cdot F_a}{F_n} = \frac{8600 \times 15,10 - (400 + 820) \cdot 4,52}{1019} = 122 \text{ кг/см}^2$$

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

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

Поперечная арматура ставится конструктивно.

## Расчет стойки СЦ-1пр

(Архивный номер Н3082ТМ-Т4-3)

Расчетные характеристики стойки:

$$D = 56 \text{ см}; \quad b = 6 \text{ см}; \quad z_B = 25 \text{ см}; \quad z_H = 25,6 \text{ см}; \quad z_a = 25,6 \text{ см}$$

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

Материал: бетон марки „500“.

$$R_u = \frac{250 \times 1,1}{0,95} = 290 \text{ кг/см}^2; \quad R_{np} = 1,1 \times 200 = 220 \text{ кг/см}^2; \quad R_T = 19,5 \text{ кг/см}^2$$

$$E_B = 3,8 \times 10^5 \text{ кг/см}^2.$$

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

$$R_H = 10200 \text{ кг/см}^2; \quad E_H = 1,8 \times 10^6 \text{ кг/см}^2; \quad R_{HC} = 3600 \text{ кг/см}^2;$$

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

$$F_H = 16 \phi 12 \text{ мм} = 14,53 \text{ см}^2;$$

$$F_a = 4 \phi 12 \text{ мм} = 4,52 \text{ см}^2.$$

А. Расчет на внецентренное сжатие

Жесткость стойки СЦ-1пр

$$B = J_p \cdot E = 321000 \times 380000 = 12,15 \times 10^{10} \text{ кг/см}^2$$

$$\begin{aligned} J_p &= \frac{\pi \delta}{32} (D+d)(D^2+d^2) + 0,5(\eta_1 - 1) F_H \cdot z_H^2 + 0,5(\eta_2 - 1) F_a z_a^2 = \\ &= \frac{3,14 \times 6}{32} (56+4) (56^2+4^2) + 0,5(4,74-1) 14,53 \times 25,6^2 + 0,5(5,52-1) 4,52 \times 25,6^2 \\ &= 296000 + 18000 + 7000 = 321000 \text{ см}^4 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_k = \frac{R_H F_H + R_a F_a + N_{прв}}{(R_H + \sigma'_c) F_H + (R_a + R_{ас}) F_a + R_{и} F_{\sigma}} =$$

$$= \frac{10200 \times 14,53 + 2100 \times 4,52 + 79300}{(10200 - 5170) \times 14,53 + (2100 + 2100) \times 4,52 + 230 \times 925} = \frac{235400}{360000} = 0,654$$

так как  $\alpha_k = 0,654 > 0,50$  расчет ведется

для 2-го случая внецентренного сжатия.

$$N(e_0 + z_H) \leq z_H [R_{пр} F + K_a (R_{ас} F_a + R_{нс} F_H) - m_T \sigma_0 F_H]$$

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

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

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

Калькулятор 030 300 300 156700 20 19/12/2021

$$M^P = 25,6 [220 \times 923 + 0,872 (2100 \times 4,52 + 3500 \times 14,53) - 1,1 \times 7970 \times 14,53] =$$

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

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

Б Расчет по трещиностойкости

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

для изгибаемого элемента, при втором случае внецентренного сжатия.

Параметр  $\psi$  находим из уравнения:

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

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

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

$$A_1 = 2(1 + 0,0206 \times 4,95) = 2,204; \quad z'_p = 2n = 9,90;$$

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

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

Потери предварительного напряжения:

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  $\sigma_{рл} = (0,27 \frac{9360}{16000} - 0,1) \cdot 9360 = 540 \text{ кг/см}^2$

4. От ползучести бетона

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

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

$$\Sigma G_n = 540 + 400 + 400 + 760 = 2100 \text{ кг/см}^2; \quad G_0 = 9360 - 2100 = 7260 \text{ кг/см}^2$$

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

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

$$A_1 f_3(\psi) - A_2 f_4(\psi) - 16,4 = 0 \quad \psi = 135^\circ$$

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

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

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

$$M_{TP} = 17,4 \text{ тм} \approx M_g^{TP} = 17,7 \text{ тм}$$

### В. Расчет стойки на изгиб

$$\alpha_k = \frac{R_H F_H + R_a F_a}{(R_H + G_c) F_H + (R_a + R_{ac}) F_a + R_U F_b} =$$

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

$$\pi \alpha_k = 79^\circ 30' \quad \sin \pi \alpha_k = 0,983$$

$$G_c' = -5170 \text{ кг/см}^2 \text{ (см. лист 24)}$$

$$M^P = \frac{0,983}{3,14} \left[ 290 \times 923 \times 25 + (10200 - 5170) \cdot 14,53 \times 25,6 + (2100 + 2100) \times \right. \\ \left. \times 4,52 \times 25,6 \right] = 0,313 \cdot (6690000 + 1870000 + 485000) = \\ = 2830000 \text{ кгсм} = 28,3 \text{ тм}$$

$$M^P = 28,3 \text{ тм} > M_g = 24,80 \text{ тм} \text{ (см. элюру моментов} \\ \text{лист 13)}.$$

Г. Расчет на поперечную силу

$$Q = 10,12 \text{ т ( см. лист 13)}$$

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

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

$$\sigma_{50} = \frac{\sigma_0 F_n - (\sigma_{yc} + \sigma_{20}) F_0}{F_n} = \frac{7970 \times 14,53 - (400 + 845) \times 4,52}{1016} = 109 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{гр} = -\frac{109}{2} + \sqrt{\left(\frac{109}{2}\right)^2 + 13,8^2} = -54,5 + 58,2 = 3,7 \text{ кг/см}^2$$

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

Поперечная арматура ставится конструктивно.

Расчет стойки СЦ-1  
(Архивный № 3098 ТМ-Т4-2)

Расчетные характеристики стойки:

$$D = 56 \text{ см}; \quad \delta = 6 \text{ см}; \quad r_b = 25 \text{ см}; \quad r_n = r_a = 25,6 \text{ см};$$

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

Материал: Бетон марки „500“.

$$R_u = 290 \text{ кг/см}^2; \quad R_{np} = 220 \text{ кг/см}^2; \quad R_T = 19,5 \text{ кг/см}^2;$$

$$E_b = 3,8 \times 10^5 \text{ кг/см}^2.$$

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

$$R_n = R_a = 5100 \text{ кг/см}^2; \quad R_{nc} = R_{ac} = 3500 \text{ кг/см}^2;$$

$$E_a = 2,0 \times 10^6 \text{ кг/см}^2; \quad F_n = 12\phi 12 = 12 \times 1,131 = 13,57 \text{ см}^2$$

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

А. Расчет на внецентренное сжатие.

Жесткость стойки СЦ-1.

$$B = J_n E_b = 331000 \times 380000 = 12,55 \times 10^{10} \text{ кг/см}^2;$$

$$J_n = \frac{3,14 \times 6}{32} (56 + 44)(56^2 + 44^2) + 0,5(5,28 - 1)(13,57 + 11,31) \times 25,6^2 = \\ = 296000 + 35000 = 331000 \text{ см}^4$$

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

$$M = 7,68 \text{ тм}; \quad N = 78,3 \text{ т}$$

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

Потери предварительного напряжения в арматуре:

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

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

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

$$\sigma_{\sigma} = \frac{13,57 \cdot (5400 - 310)}{1048} = 56 \text{ кг/см}^2;$$

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

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

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

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

$$\alpha_k = \frac{5100(13,57 + 11,31) + 78300}{(5100 - 1160) \cdot 13,57 + (5100 + 3600) \cdot 11,31 + 917 \times 290} = \frac{204800}{418000} \approx 0,490$$

так как  $\alpha_k = 0,49 < 0,50$

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{\pi} [R_u F \cdot z + (R_n + \sigma_c') F_n \cdot z_n + (R_a + R_{ac}) F_a \cdot z_a] \sin \pi \alpha_k = \\ &= 0,319 [290 \times 917 \times 25,0 + (5100 - 1150) 13,57 \times 25,6 + (5100 + 3600) 11,31 \times 25,6] = \\ &= 0,315 \cdot (6600000 + 1370000 + 2520000) = 3310000 \text{ кгсм} = 33,1 \text{ тм} \end{aligned}$$

$$N_e = 78300 \times 9,8 = 7,68 \text{ тм} < 33,1 \text{ тм}$$

Б. Расчет по трещиностойкости

$$M_{тр} \leq \left[ \frac{A_1}{2} f_1(\psi) + 2A_2 f_2(\psi) \right] \cdot b z^2 R_T$$

при этом  $\psi$  определяется из уравнения:

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

Ввиду малых эксцентриситетов считаем для изгибаемого элемента

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

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

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

Потери предварительного напряжения:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Происходит раскрытие трещин.

В. Расчет стойки СЦ-1 на изгиб

$$M_p = \frac{1}{J} [R_u \cdot F_b \cdot z + (R_H + G'_c) \cdot F_H \cdot z_H + (R_a + R_{ac}) \cdot F_a \cdot z_a] \cdot \sin \pi \alpha_k$$

$$\alpha_k = \frac{R_H F_H + R_a F_a}{(R_H + G'_c) F_H + (R_a + R_{ac}) F_a + R_u F_b}$$

$$G'_c = -1150 \text{ кг/см}^2 \text{ (см. лист 29).}$$

$$\alpha_k = \frac{5100 \times 13,57 + 5100 \times 11,31}{(5100 - 1150)13,57 + (5100 + 3600)11,31 + 917 \times 290} = \frac{127000}{418000} = 0,304$$

$$\pi \alpha_k = 55^\circ \quad \sin \pi \alpha_k = 0,819$$

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

$$= 0,261 \cdot (6600000 + 1370000 + 2520000) =$$

$$= 2760000 \text{ кгсм} = 27,6 \text{ тм}$$

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

Файл № 030 эсп. Зап. № 156-100 экз. 19/II-69г.

### Г. Расчет на поперечную силу.

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

$$F_{ca} = \frac{Q^2 \cdot 100}{4 Q'_b R_{ax}} ;$$

$$Q = 10120 \text{ кг}; \quad R_{ax} = 1700 \text{ кг/см}^2;$$

$$Q'_b = 0,3 \cdot \delta \cdot (y_a + z)^2 \cdot R_u ;$$

$$R_u = 290 \text{ кг/см}^2; \quad \delta = 6 \text{ см}; \quad z = 25 \text{ см};$$

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

$$z_a = 25,6 \text{ см}; \quad \operatorname{tg} \theta - \theta = \pi \mu n'$$

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

$$\operatorname{tg} \theta - \theta = 3,14 \times 0,168 = 0,528 ; \quad \theta = 56^\circ 30'$$

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

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

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

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

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

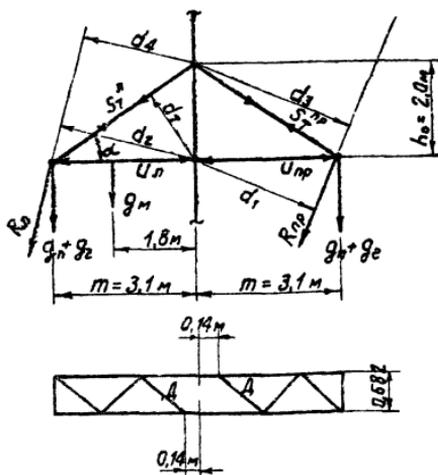
$$n = \frac{2,29}{0,1256} = 18 \quad \text{Шаг спирали } a = \frac{1000}{18} \approx 56 \text{ мм}$$

Принят шаг спирали 50 мм.

# Расчет металлических элементов

## Расчет нижней траверсы

### Расчетная схема



Расчетные данные:

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

$$\alpha = 32^{\circ} 54'$$

$$\sin \alpha = 0,543$$

$$d_7 = m \cdot \sin \alpha = 3,1 \times 0,543 = 1,68 \text{ м}$$

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

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

$$L_7 = \sqrt{m^2 + h^2} = \sqrt{3,1^2 + 2^2} = 3,69 \text{ м}$$

$$d_3 = L_7 \cdot \sin(180^{\circ} - \alpha - \alpha_1) = 3,69 \sin 85^{\circ} 57' = 3,69 \times 0,9975 = 3,68 \text{ м}$$

$$d_4 = L_7 \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha) = 3,69 \times \sin 45^{\circ} 13' = 3,69 \times 0,71 = 2,62 \text{ м}$$

### 1. Расчет тяг траверсы

Расчетным для тяг является нормальный режим II,  $\Delta S = 0$ ,  $\alpha = 60^{\circ}$ .

Усилия в оттяжках

$$T_1 = T_4 \approx 12,69 \text{ т}; \quad T_2 = T_3 = 18,86 \text{ т},$$

$$R_n = (T_2 + T_3) \cdot \cos \gamma_2 = 2 \times 18,86 \times 0,836 = 31,6 \text{ т},$$

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

$$S_T^n = \frac{R_n \cdot d_2 + (g_n + g_e) \cdot m}{2 \cdot d_T} = \frac{31,6 \times 3,02 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 1,68} = 30,6 \text{ т}$$

$$S_T^{np} = \frac{R_n \cdot d_1 + (g_n + g_e) \cdot m}{2 \cdot d_m} = \frac{22,0 \times 2,72 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 1,68} = 20,1 \text{ т}$$

При 4 болтах  $\phi 30 \text{ мм}$  в тяге

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

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

Тяга из  $\angle 125 \times 8$

$$F_{\sigma p} = 19,7 \text{ см}^2; \quad F_{HT} = 19,7 - 2,5 = 17,2 \text{ см}^2$$

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

Сквозной болт узла „стойка-тяга“

принят  $\phi 56 \text{ мм}$   $F_{\sigma p} = 24,63 \text{ см}^2$

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

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

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

Расчетная площадь фасонки тяги

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

При толщине фасонки  $b = 16 \text{ мм}$  и ширине  $170 \text{ мм}$

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

Рисунки 230 эсн Зав 156-100 ЗИЛ 19/7-69г.

## 2. Расчет поясов

Схема II Нормальный режим II;  $\alpha = 60^\circ$ ;

Усилие на один пояс траверсы

$$U_n = \frac{R_n \cdot d_2 + (g_n + g_r) \cdot m}{2h_0} = \frac{31,6 \times 2,62 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 2} = 22,4 \text{ т}$$

$$U_n = \frac{R_{np} \cdot d_3 + (g_n + g_r) \cdot m}{2h_0} = \frac{22,0 \times 3,68 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 2} = 22,3 \text{ т}$$

Пояс принят из L 140 x 9

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

$$e_n = 310 \text{ см}; \quad \lambda = \frac{e_n}{z_x} = \frac{310}{4,34} = 72; \quad \psi = 0,798;$$

Изгибающий момент от веса обводной

гурлянды  $g_r = 49,5 + 8,24 \approx 58 \text{ кг}$

$$M = 0,5 \times 0,058 \times \frac{1,8}{3,7} \times 1,3 = 0,0219 \text{ тм}$$

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

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

Усилия в оттяжках

$$T_1 = 7,29 \text{ т}; \quad T_2 = 10,71 \text{ т}; \quad T_3 = 13,46 \text{ т}; \quad T_4 = 10,26 \text{ т};$$

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

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

Усилие на один пояс траверсы от поперечных нагрузок:

$$U_n = \frac{R_n^+ \cdot d_2 + (g_n + g_r) \cdot m}{2h_0} = \frac{20,3 \times 2,62 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 2} = 14,8 \text{ т}$$

$$U_n = \frac{R_{np}^+ \cdot d_3 + (g_n + g_r) \cdot m}{2h_0} = \frac{15,2 \times 3,68 + (1,97 + 0,33) \cdot 3,1}{2 \times 2} = 15,7 \text{ т}$$

Реакция в узле „стойка-пояс“

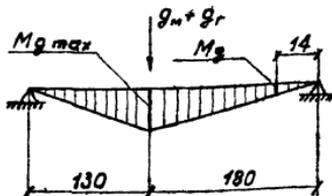
$$R'' = S_T \frac{H+h_2+h_1}{H} = 2,45 \cdot \frac{12,5+4+2,5}{12,5} = 3,70 \text{ т}$$

Усилие на один пояс траверсы от продольных нагрузок:

в I панели  $U = \frac{R'' \cdot m}{2B_0} = \frac{3,70 \times 3,1}{2 \times 0,68} = 8,50 \text{ т}$

во II панели  $U = \frac{R'' \cdot 2,02}{2B_0} = \frac{3,70 \times 2,02}{2 \times 0,68} = 5,50 \text{ т}$

Изгибающий момент от веса обводной гирлянды и монтера.

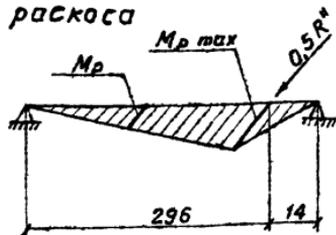


$$g_m = 260 \text{ кг}; \quad g_r = 58 \text{ кг}$$

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

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

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

во II панели  $\sigma = \frac{15700 + 5500}{0,798 \times 24,7} + \frac{24700 + 935}{120,5} = 1080 + 215 = 1295 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2$

Сквозной болт крепления узла „стойка-пояс“  
принят  $\phi 48$  мм.  $F_b = 18,1$  см<sup>2</sup>.

Усилие в пятой оттяжке 11,06 т.

Разница усилий правого и левого поясов  
22,4 - 22,3 = 0,1 т

$$\text{тогда } \tau_{\text{ср}} = \frac{11060}{18,1} = 640 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2.$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{11060}{4,8 \times 0,9} = 2720 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2.$$

### 3. Расчет раскосов.

Расчетным для раскосов является  
аварийный режим  $\bar{IV}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ .

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

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

$$\angle 80 \times 6; \quad \ell = 120 \text{ см}; \quad z_{\text{min}} = 1,58; \quad F = 9,38 \text{ см}^2;$$

$$\lambda = \frac{\ell}{z_{\text{min}}} = \frac{120}{1,58} = 76; \quad \psi = 0,699;$$

$$\sigma = \frac{5440}{0,699 \times 9,38} = 830 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка раскоса на вес монтера.

$$g_m = 130 \text{ кг}; \quad M = 0,5 \times 130 \times 60 = 3900 \text{ кгсм};$$

$$W_{\text{min}} = \frac{57,0}{8,0 - 2,19} = 9,82 \text{ см}^3;$$

$$\sigma = \frac{M}{W_{\text{min}}} = \frac{3900}{9,82} = 400 \text{ кг/см}^2 < 2100 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка болта „пояс-раскос“.

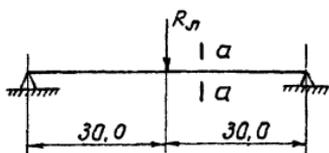
Болт  $\phi 24$  мм.  $F = 4,52$  см<sup>2</sup>.

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{5440}{4,52} = 1205 \text{ кг/см}^2 < 1500 \text{ кг/см}^2;$$

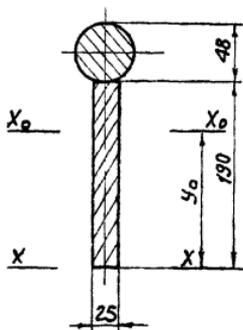
$$\sigma_{\text{см}} = \frac{5440}{2,2 \times 0,5} = 3780 \text{ кг/см}^2 < 3800 \text{ кг/см}^2$$

#### 4. Проверка детали крепления оттяжек.

Расчетная схема



Сечение по а-а



$$R_n = 31,6 \text{ т.}$$

Проверка детали на срез.

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

$$M_{\text{max}} = \frac{R_n \cdot 30}{2} = \frac{31600 \times 30}{2} = 475000 \text{ кгсм};$$

$$F = \pi \times 2,4^2 + 2,5 \times 19 = 18,1 + 47,5 = 65,6 \text{ см}^2;$$

$$S_{x-x} = 18,1 \times 21,4 + 47,5 \times 9,5 = 387 + 452 = 839 \text{ см}^3;$$

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

$$J_{x_0-x_0} = \frac{\pi \times 4,8^4}{64} + 18,1 \times (2,4 + 6,2)^2 + \frac{2,5 \times 19,0^3}{12} + 47,5 \times (12,8 - 9,5)^2 = 25,0 + 1335 + 1425 + 514 = 3300 \text{ см}^4;$$

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

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

5. Проверка фасонки узла „пояс-тяга“.

$b = 1 \text{ см}$ . Болты диаметром  $\phi 30 \text{ мм}$ .

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

При снятии усилием в оттяжках:

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

### б. Расчет оттяжек.

$T_2 = T_3 = 18,84 \text{ т}$  - нормальный режим II.  $\alpha = 60^\circ$

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

$N$  - предельное расчетное усилие (несущая способность).

Для оттяжек принят двойной канат 17-Г-В-СС-Р-140 по ГОСТ 3054-66.

$R$  - временное сопротивление разрыву каната в целом;

$$R = 2 \times 19,9 = 39,8 \text{ т};$$

$m_1 = 0,8$  - коэффициент однородности;

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

$m_3 = 0,8$  - коэффициент условий работы оттяжки в анкерно-узловых опорах;

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

### 7. Расчет билки биссекторной оттяжки.

$T_5 = 11,06 \text{ т}$  - аварийный режим III.  $\alpha = 0^\circ$ .

Решение 030 эск. Зап. 155-100 эл. 19/12-652.

Принимаем вилку  $b = 1 \text{ см}$ ;  $v = 13 \text{ см}$ ;

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

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

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

Болт вилка - оттяжка принимаем  
 $\phi 36 \text{ мм}$ ;  $F = 10,18 \text{ см}^2$ ;

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

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

в. Расчет фасонки для крепления провода.

$$T = 4150 \text{ кг}$$

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

Принят шов  $h = 8 \text{ мм}$ .

Расчет выполнен *В. Соловьев* / В. Соловьев /