РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ОПОРНЫХ УЗЛОВ РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ОБЕЧАЙКИ АППАРАТА В МЕСТЕ КРЕПЛЕНИЯ ОПОР-ЛАП И СТРОПОВЫХ УСТРОЙСТВ (УШЕК И КРЮКОВ)

РД РТМ 26-319-79

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ письмом Министерства химического и нефтяного машиностроения от 29.06. 1979 г. № II-IO-4/1227

ИСПОЛНИТЕЛИ Руководитель разработки Белов С.А.

СОГЛАСОВАН НИИХИММАШем

Директор Самсонов Н.М.

ВНИИНЕФТЕМАШем

Директор Уманчик Н.П.

СКТБхиммашем

Начальник Шибряев Б.Ф.

Утверждаю
Зам.министра
А.В.Куранжин
" " 1979г.

Группа Г 02

УДК

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Нормы и методы расчета на прочность опорных узлов. Расчет на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор-лап и строповых устройств (ушек и крюков)	РД РТМ 26- 319 -79 Взамен РТМ 26-01-41-71 и ОСТ 26-665-72 в части приложения I

Письмом Министерства химического и нефтяного машиностроения от 29.06. 1979 г. № II-10-4/1227 Срок введения установлен с 01.07.1980 г.

Настоящий руководящий технический материал устанавливает нормы и методы расчета на прочность цилиндрических обечаек сосудов и аппаратов в месте крепления стандартных опор-лап по ОСТ 26- 665 -79 и строповых устройств (ушек и крюков) по ГОСТ 13716-73.

Руководящий технический материал распространяется на расчет сосудов и аппаратов, изготовленных из пластичных углеродистых и легированных сталей и работающих в условиях, исключающих усталостное разрушение и коррозионное растрескивание.

Руководящий технический материал не распространяется на расчет сосудов с хрупкими покрытиями.

Руководящий технический материал распространяется на оборудование, отвечающее требованиям СТ СЭВ 596-77, СТ СЭВ 597-77 и ОСТ 26-291-71 при условии, что расстояние от опорного устройства до ближайших несущих конструктивных элементов типа трубной решетки плоского или конического неотбортованного днища превышает $\sqrt{D \cdot S}$.

Издани официальное

Перепечатка воспрещена

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

G – общая масса аппарата (сосуда) и среды в нем, кг;

n – количество опор-лап;

Q – нагрузка на одну опору-лапу или на одно стропное устройство, кгс (Мн);

M – момент внешних нагрузок, кгс.см(Мн.м);

D – внутренний диаметр аппарата (сосуда), см (м);

S – исполнительная толщина стенки аппарата (сосуда), см(м);

C – прибавка для компенсации коррозии, см (м);

C_1 – дополнительная прибавка, см (м);

$S_c = S - C - C_1$ – толщина стенки аппарата (сосуда) в конце срока службы, см (м);

f_{max} – максимальный зазор между аппаратом и подопорной рамой, см (м);

l_1 – плечо нагрузки Q относительно срединной поверхности аппарата (сосуда), см (м);

γ – отношение внутреннего диаметра обечайки к удвоенной ее толщине;

K_i ($i = 1, 2, 3, 4$) – коэффициенты напряженного состояния для опор-лап типа 1,2 (черт.7,8,9,10,11,12,13,14);

K – коэффициент толщины накладного листа (черт. 15, 16);

A_i, B_i ($i = 1,2,3,4$) – коэффициенты напряженного состояния для строповых устройств типа 1,2,3 исполнения 1 (черт.17,18,19,20,21,22, 23,24);

C_i, D_i ($i = 1,2,3,4$) – коэффициенты напряженного состояния для стропового устройства типа 3 исполнения 2 (черт.25,26,27,28,29,30, 31,32);

φ_1, φ_2 - коэффициенты, учитывающие влияние параметра γ (черт. 33, 34) ;

N_1, N_2 - коэффициенты, учитывающие направление действия усилия со стороны стропового устройства (черт.35, 36) ;

σ_{mo} - максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок, кгс/см^2 (мн/м^2) ;

σ_m - максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опорного узла, кгс/см^2 (Мн/м^2)

σ_u - максимальное изгибное напряжение от реакции опорного узла, кгс/см^2 (Мн/м^2) ;

σ_T - минимальное значение предела текучести материала при расчетной температуре, кгс/см^2 (Мн/м^2).

Остальные обозначения по черт.I, 2, 3, 4, 5.

2. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ

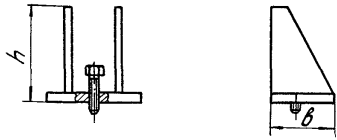
2.I. При расчете обечайки аппаратов (сосудов) учитываются напряжения от основных нагрузок:

- внутреннего или наружного рабочего давления ;
- собственной массы аппарата (сосуда) ;
- массы среды ;
- массы площадок, лестниц, теплоизоляции и другого вспомогательного оборудования ;
- ветровых нагрузок ;
- сейсмических нагрузок ;
- гидравлического давления и массы при гидравлических испытаниях
и местных нагрузок, вызываемых опорными устройствами .

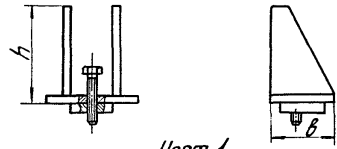
В настоящем руководящем техническом материала предполагается, что по соответствующим методикам уже проведен расчет напряжений от всех основных нагрузок.

Опора - лапа

Тип 1

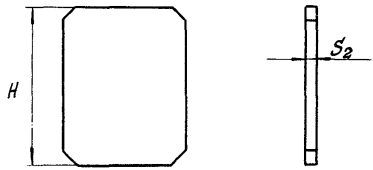


Тип 2



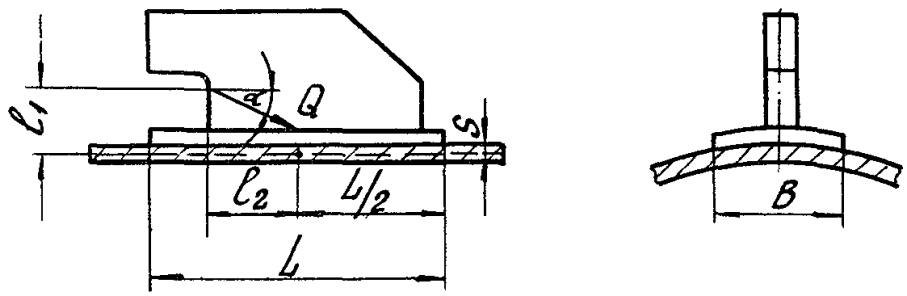
Черт. 1

Накладной лист



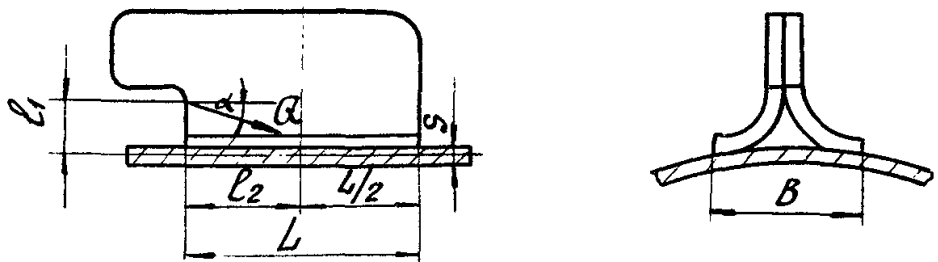
Черт. 2

Строповое устройство типа 1
Исполнение 1



Черт. 3

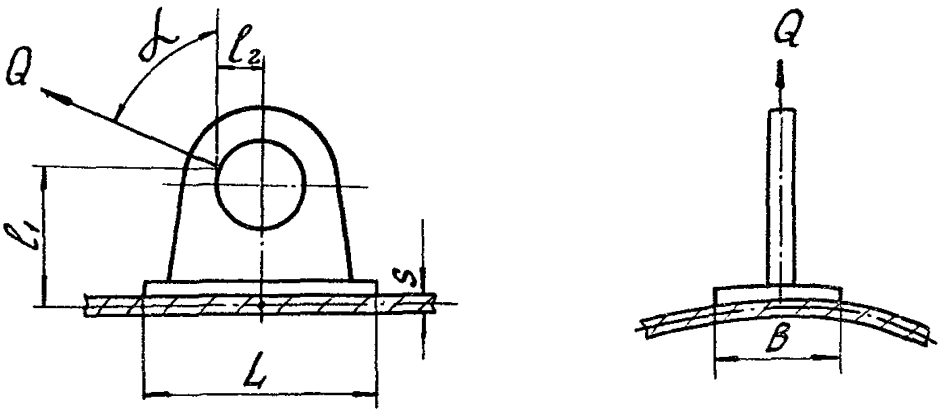
Строповое устройство типа 2
Исполнение 1



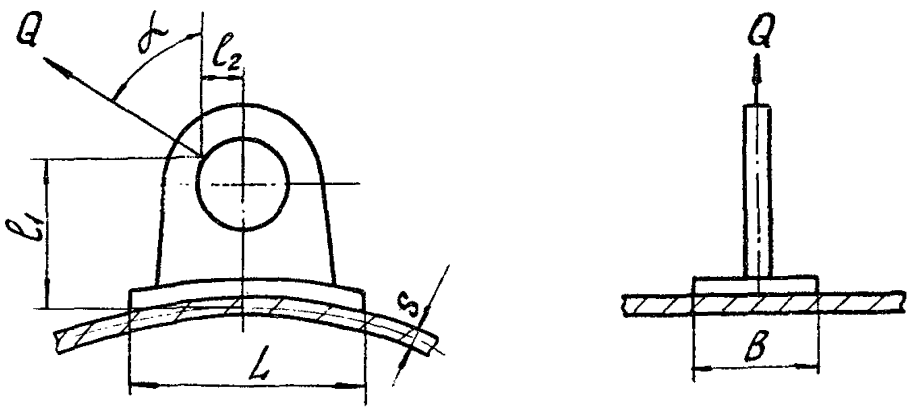
Черт. 4

Строповое устройство типа 3

Исполнение 1



Исполнение 2



Черт. 5

2.2. При определении нагрузки на опору-лапу действующие на аппарат (сосуд) нагрузки приводятся к осевому усилию G и моменту M относительно опорной поверхности (черт.6).

Величину нагрузки на одну опору определяют по формуле:

$$Q = \lambda_1 \frac{G}{n} + \lambda_2 \frac{M}{D + 2\ell_1} \qquad (I)$$

Здесь

$$\ell_1 = \frac{b + f_{max} + S_0 + S_2}{2} \qquad (2)$$

Коэффициенты λ_1 и λ_2 выбираются по таблице.

n	λ_1	λ_2
2	I	I*
3	I	I,3
4	2**	I

2.3. Нагрузка на строповое устройство определяется массой аппарата (сосуда) с учетом дополнительной нагрузки от площадок, трубопроводов и другого вспомогательного оборудования, монтируемого вместе с аппаратом, в зависимости от схемы строповки.

3. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО АППАРАТА (СОСУДА) ПОД ОПОРОЙ-ЛАПОЙ БЕЗ НАКЛАДНОГО ЛИСТА

3.I. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опоры определяют по формуле:

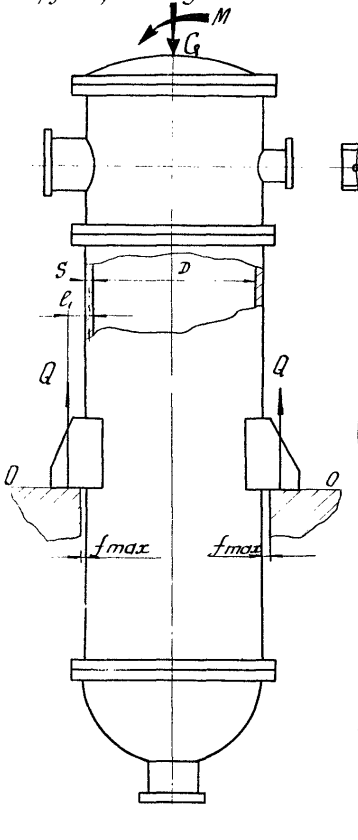
$$\sigma_m = \sigma_{mo} \pm K_I \cdot \frac{Q \cdot \ell_1}{D \cdot S_0^2} \qquad (3)$$

---

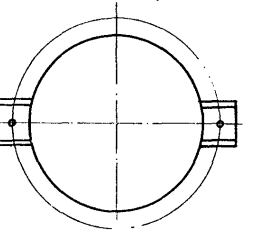
* Момент передается только в плоскости опор

** Допускается применять $\lambda_1 = I$ в технически обоснованных случаях, обеспечивающих равномерное распределение нагрузки между опорами

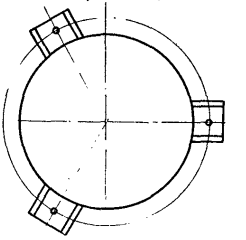
Нагрузки, действующие на аппарат



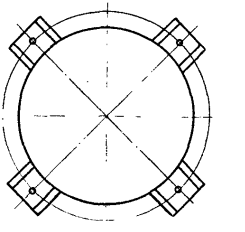
две опоры



три опоры



Четыре опоры



Черт.6

3.2. Максимальное изгибное напряжение от реакции опоры определяют по формуле:

$$\sigma_u = K_2 \frac{Q \cdot l_1}{h \cdot S_0^2} \qquad (4)$$

3.3. Условие прочности:

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_т}\right)^2 + \frac{0{,}8}{A} \frac{\sigma_u}{\sigma_т} \leqslant 1 \qquad (5)$$

Здесь

A = I,0 - для эксплуатационных условий,

A = I,2 - для условий транспортирования, монтажа и гидравлических испытаний.

4. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО АППАРАТА (СОСУДА) ПОД ОПОРОЙ-ЛАПОЙ С НАКЛАДНЫМ ЛИСТОМ

4.I. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опоры определяют по формуле:

$$\sigma_m = \sigma_{m0} \pm K_3 \frac{Q \cdot l_1}{D \cdot S_0^2} \qquad (6)$$

4.2. Максимальное изгибное напряжение от реакции опоры определяют по формуле:

$$\sigma_u = K_4 \frac{Q \cdot l_1}{H \cdot S_0^2} \qquad (7)$$

Условие прочности по п.3.3.

4.3. Толщину накладного листа определяют по формуле:

$$S_2 = \sqrt{\frac{KQ}{A \cdot \sigma_т}} \qquad (8)$$

Значения коэффициента A принимаются согласно п. 3.3.

5. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО АППАРАТА (СОСУДА) ПОД СТРОПОВЫМ УСТРОЙСТВОМ

5.1. Общие положения

Несколько строповых устройств, расположенных в поперечном сечении обечайки с угловым расстоянием не менее чем 90^0 или в продольном сечении обечайки на расстоянии не менее $D/2$, рассчитываются как отдельные согласно пп. 5.2-5.4.

5.2. Строповые устройства типа I и 2

5.2.1. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства определяют по формуле:

$$\sigma_m = \sigma_{mo} - 10^{-4} \cdot \left[(A_1 \varphi_1 + A_2 \varphi_2) \cdot \sin\alpha \pm (B_1 \varphi_1 + B_2 \varphi_2) \cos\alpha \cdot N_2 \frac{\ell_1}{L} \right] \frac{Q}{S_0^2} \gamma \frac{B}{L} \qquad (9)$$

5.2.2. Максимальное изгибное напряжение от реакции стропового устройства определяют по формуле:

$$\sigma_u = \left[(A_3 \varphi_1 + A_4 \varphi_2) \cdot \sin\alpha \pm (B_3 \varphi_1 + B_4 \varphi_2) \cos\alpha \cdot N_2 \frac{\ell_1}{L} \right] \frac{Q}{S_0^2} \cdot \frac{B}{L} \qquad (10)$$

Условие прочности по п.3.3.

5.3. Строповое устройство типа 3, исполнение I

5.3.1. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства определяют по формуле:

$$\sigma_m = \sigma_{mo} + 10^{-4} \left[(A_1 \cdot \varphi_1 + A_2 \cdot \varphi_2) \pm (B_1 \varphi_1 + B_2 \varphi_2) \cdot N_1 \cdot \frac{\ell_1}{L} \right] \frac{Q}{S_0^2} \cdot \cos\alpha \cdot \gamma \frac{B}{L} \qquad (11)$$

5.3.2. Максимальное изгибное напряжение от реакции стропового устройства определяют по формуле:

$$\sigma_u = \left[(A_3 \varphi_1 + A_4 \varphi_2) \pm (B_3 \varphi_I + B_4 \varphi_2) \cdot N_1 \frac{l_1}{L} \right] \cdot \frac{Q}{S_o^2} \cos\alpha \frac{B}{L} \qquad (12)$$

Условие прочности по п.3.3.

5.4. Строповое устройство типа 3, исполнение 2

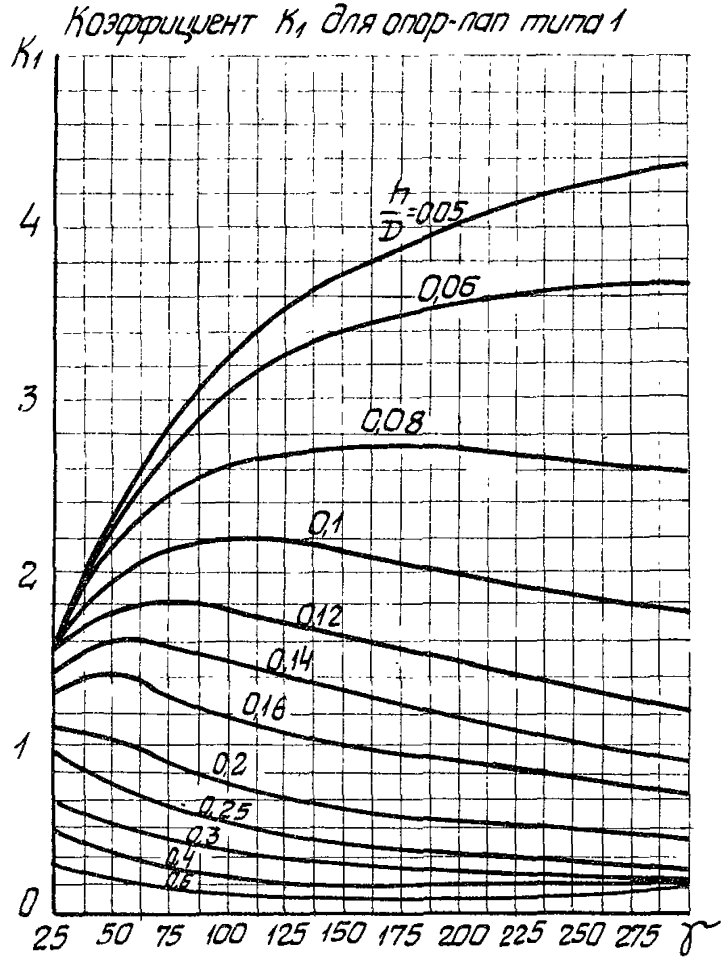
5.4.1. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства определяют по формуле:

$$\sigma_m = \sigma_{mo} + 10^{-4} \left[(C_I \varphi_I + C_2 \varphi_2) \pm (D_I \varphi_I + D_2 \varphi_2) \cdot N_1 \frac{l_1}{L} \right] \frac{Q}{S_o^2} \cos\alpha \cdot \gamma \frac{B}{L} \qquad (13)$$

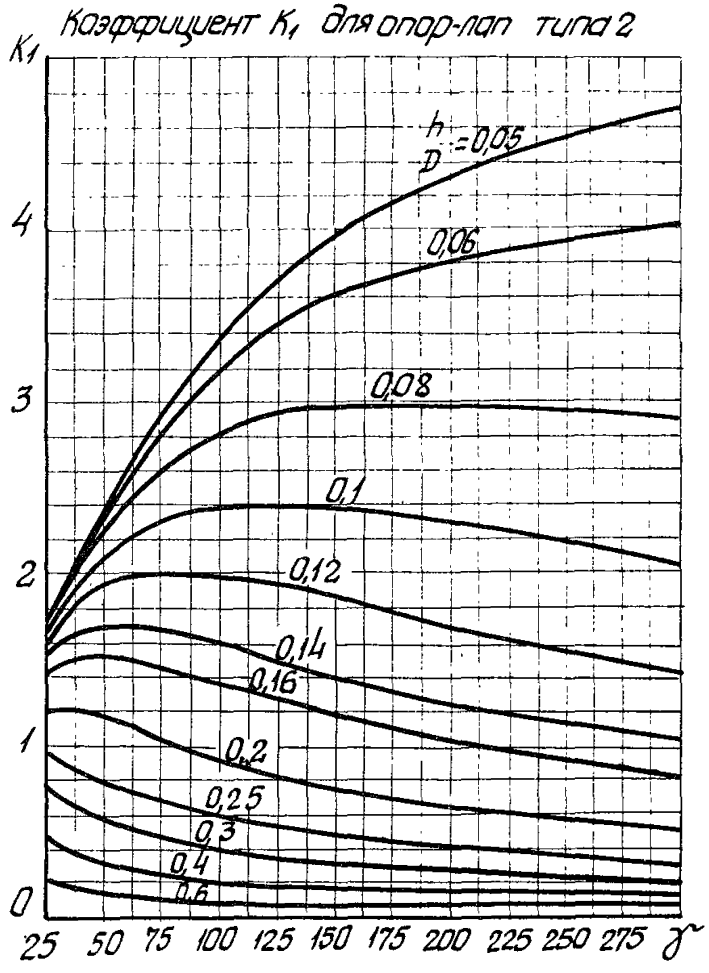
5.4.2. Максимальное изгибное напряжение от реакции стропового устройства определяют по формуле:

$$\sigma_u = \left[(C_3 \varphi_I + C_4 \varphi_2) \pm (D_3 \varphi_1 + D_4 \varphi_2) \cdot N_1 \frac{l_1}{L} \right] \frac{Q}{S_o^2} \cos\alpha \cdot \frac{B}{L} \qquad (14)$$

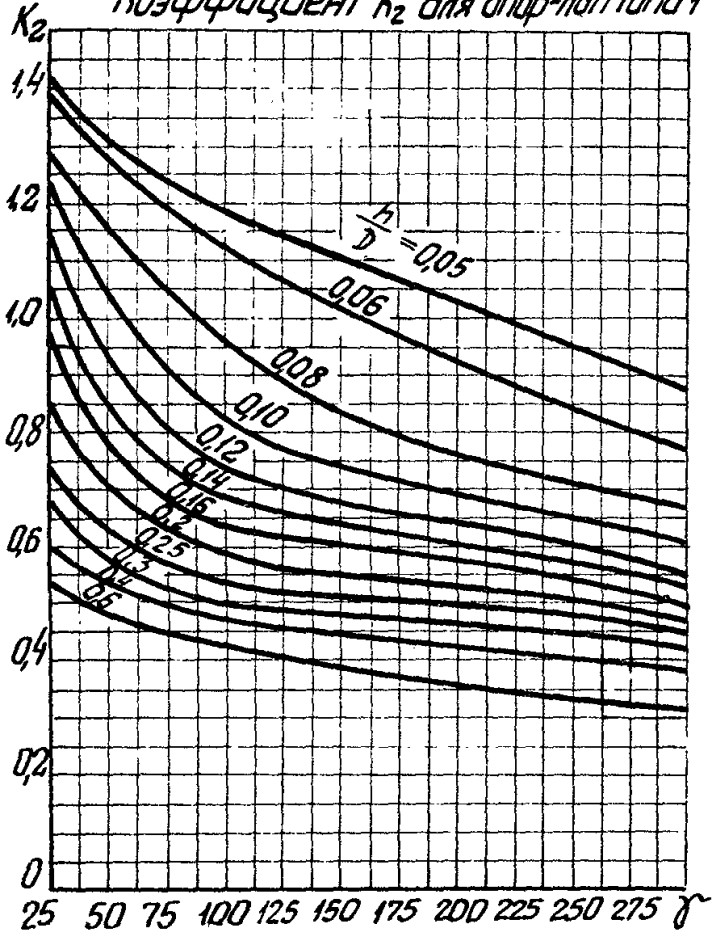
Условие прочности по п.3.3.


Коэффициент K_1 для опор-лап типа 1
K_1
$\frac{h}{D}$=0,05
0,06
0,08
0,1
0,12
0,14
0,16
0,2
0,25
0,3
0,4
0,6
0 1 2 3 4
25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 γ

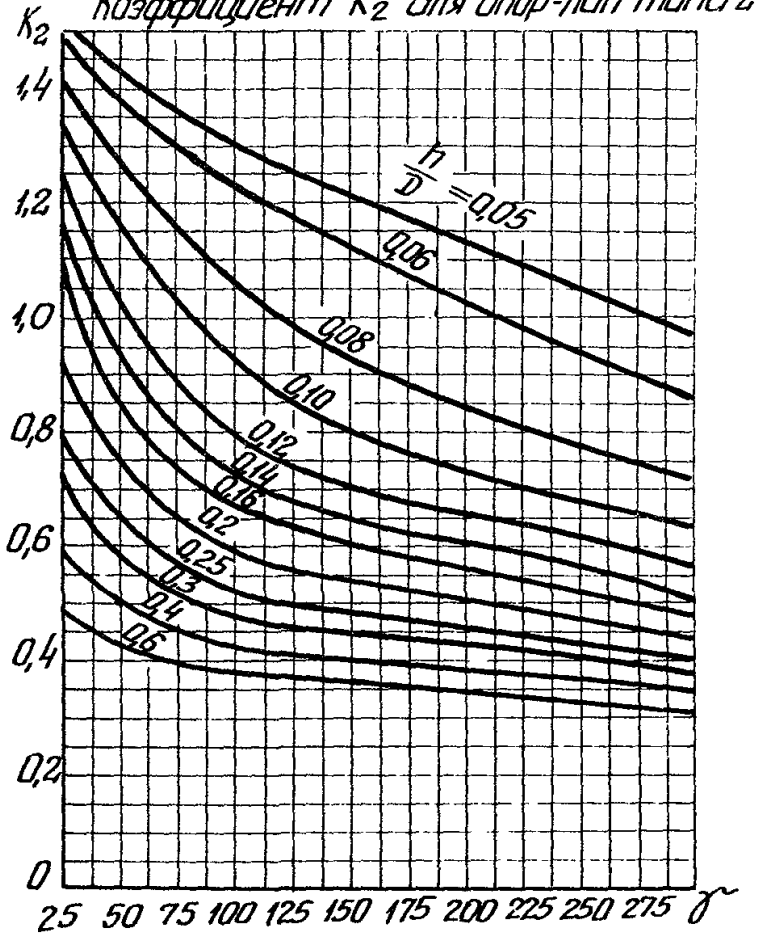
Черт. 7


Коэффициент K_1 для опор-лап типа 2
K_1
$\frac{h}{D}$=0,05
0,06
0,08
0,1
0,12
0,14
0,16
0,2
0,25
0,3
0,4
0,6
0 1 2 3 4
25 50 75 100 125 150 175 200 225 250 275 γ

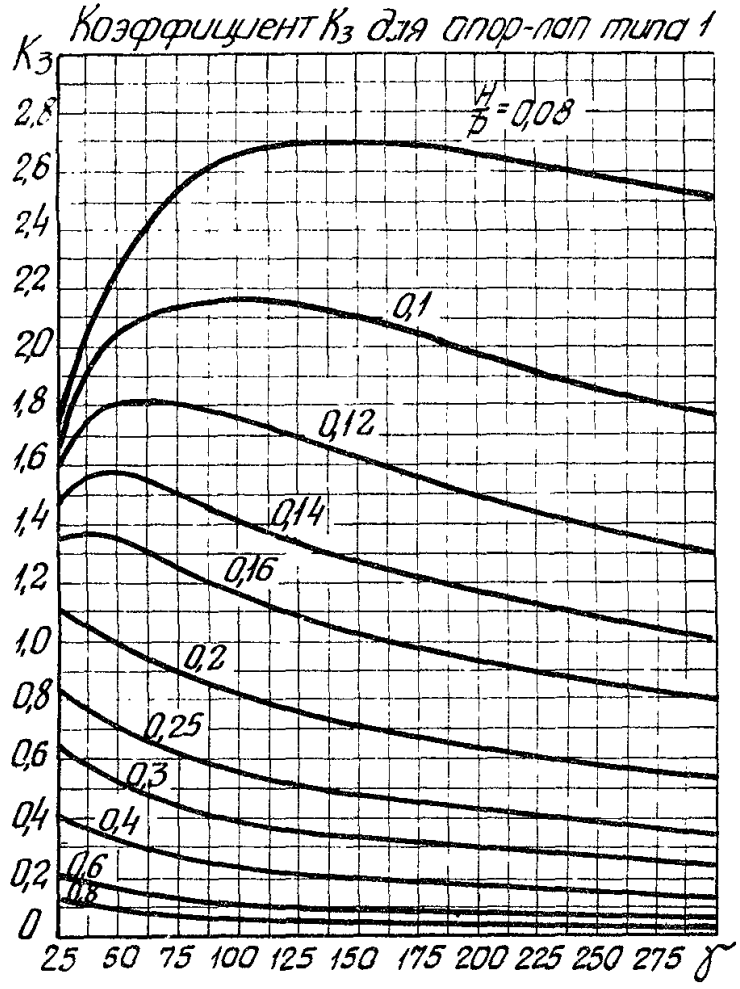
Черт. 8



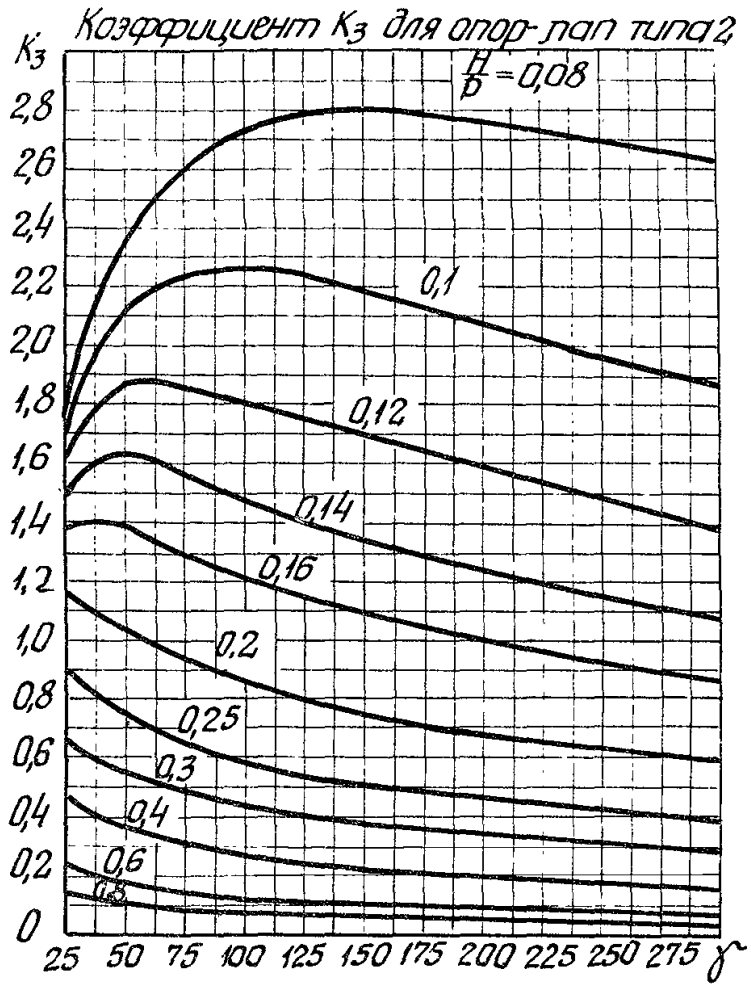
Черт. 9



Черт. 10.

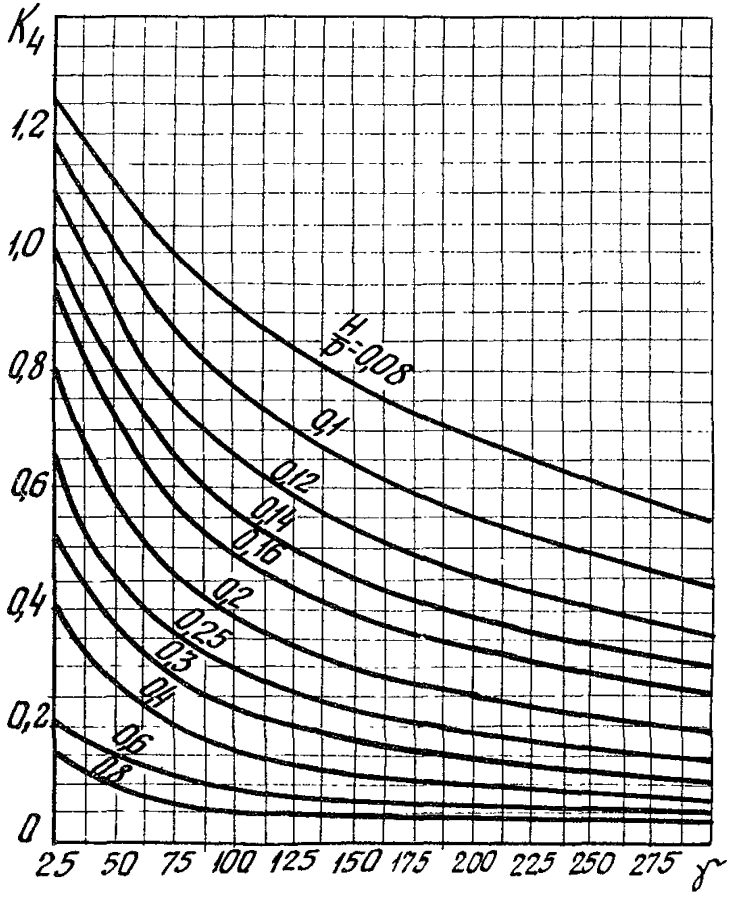


Черт 11.



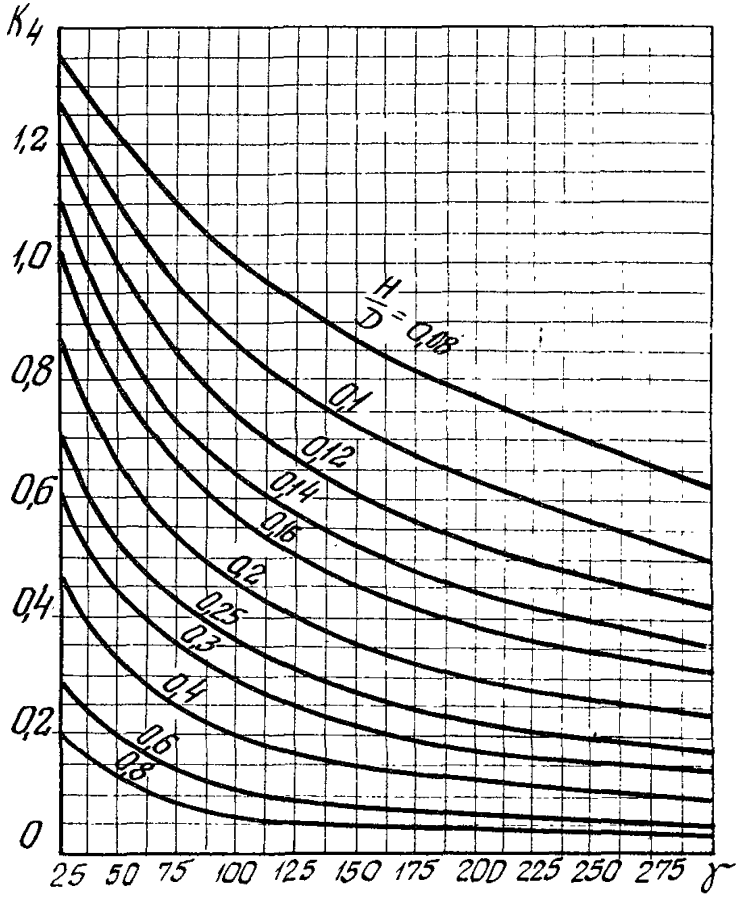
Черт. 12

Коэффициент K_4 для опор-лап типа 1



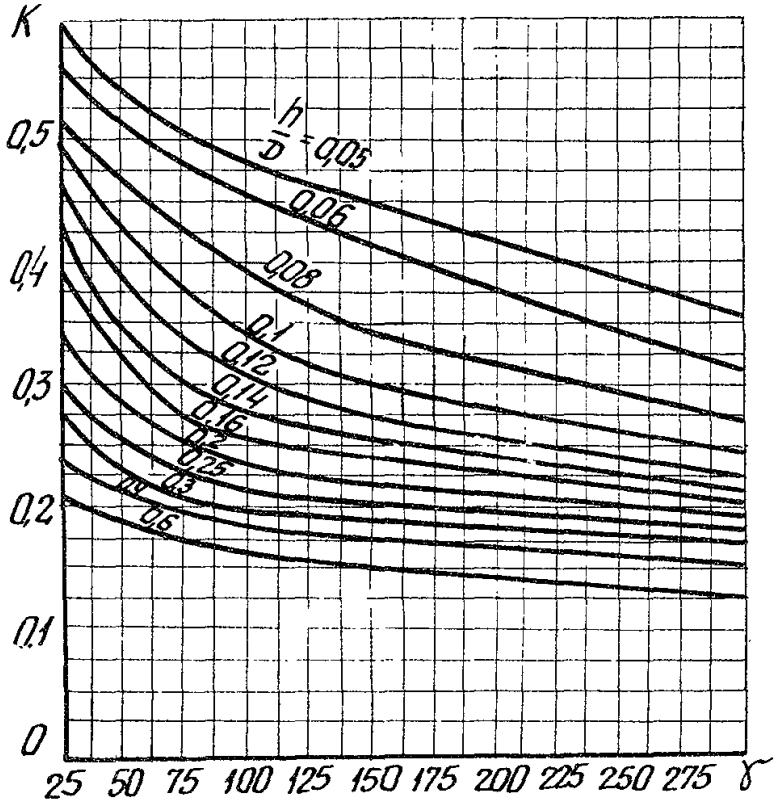
Черт. 13

Коэффициент K_4 для опор-лап типа 2



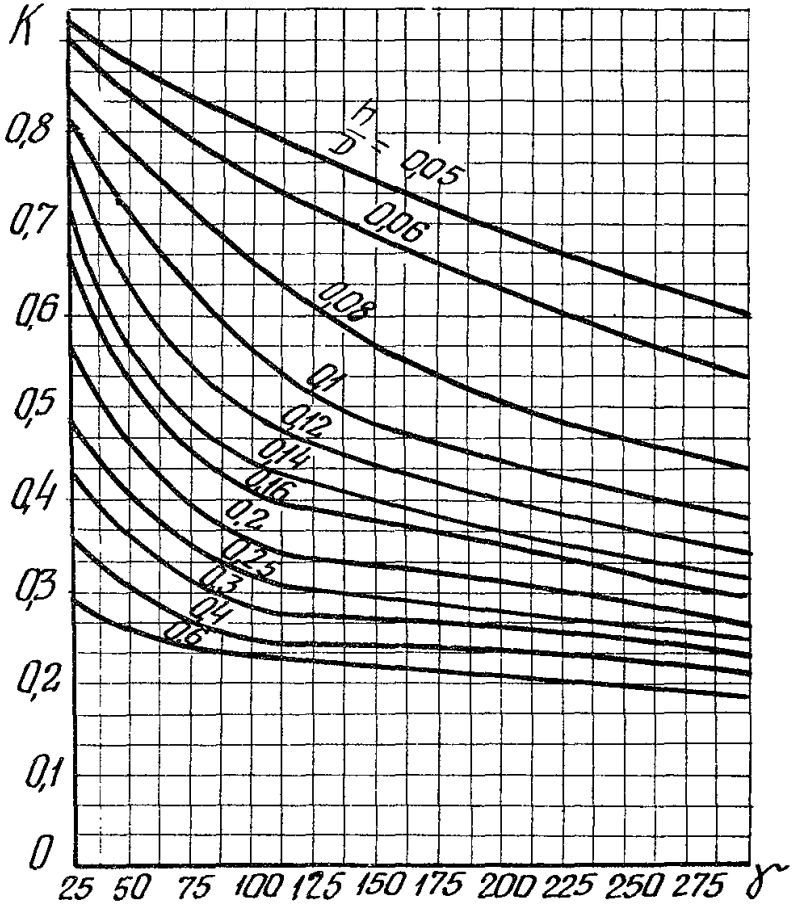
Черт. 14

Коэффициент K для опор-лап типа 1

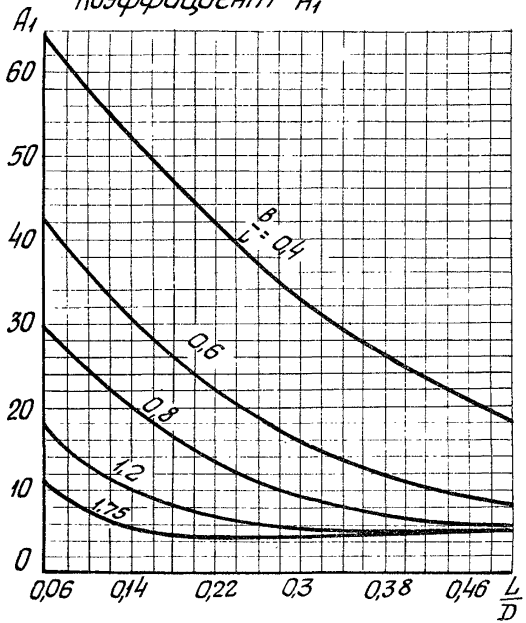


Черт. 15

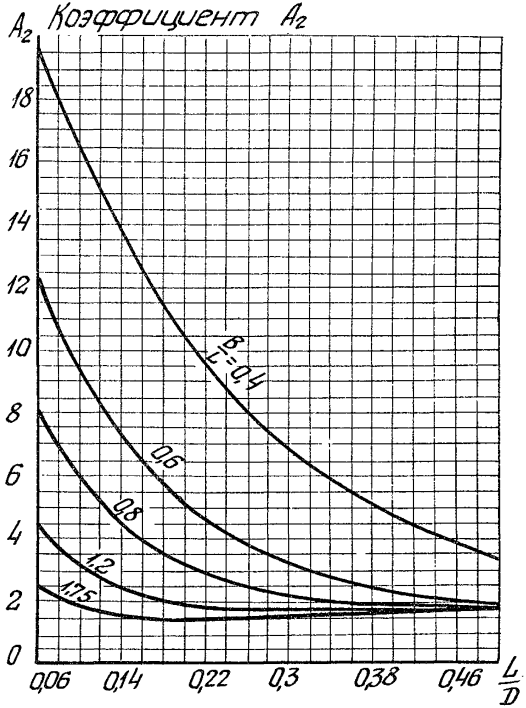
Коэффициент K для опор-лап типа 2



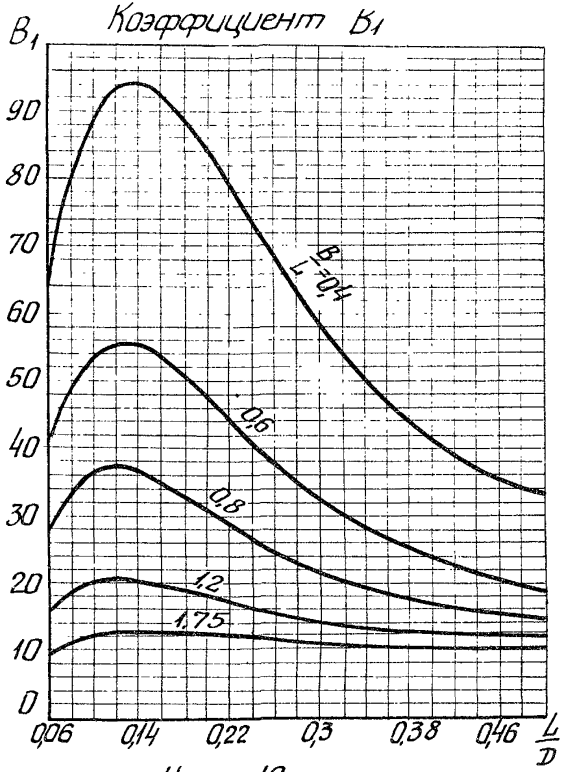
Черт. 16



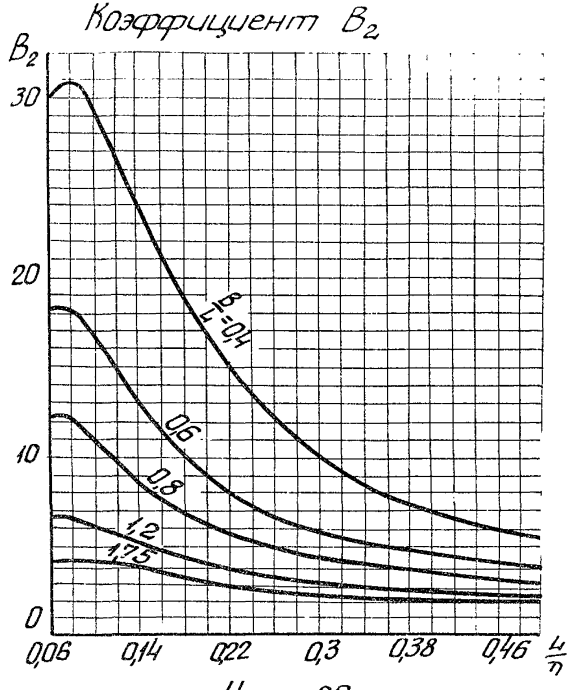
Черт. 17



Черт. 18

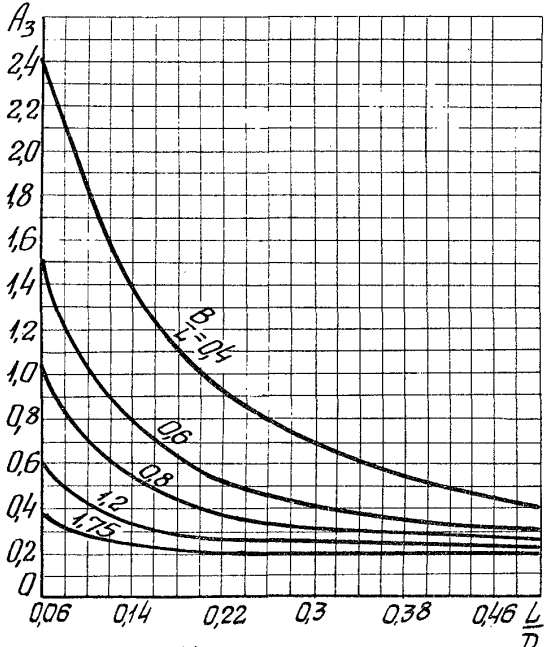


Черт. 19



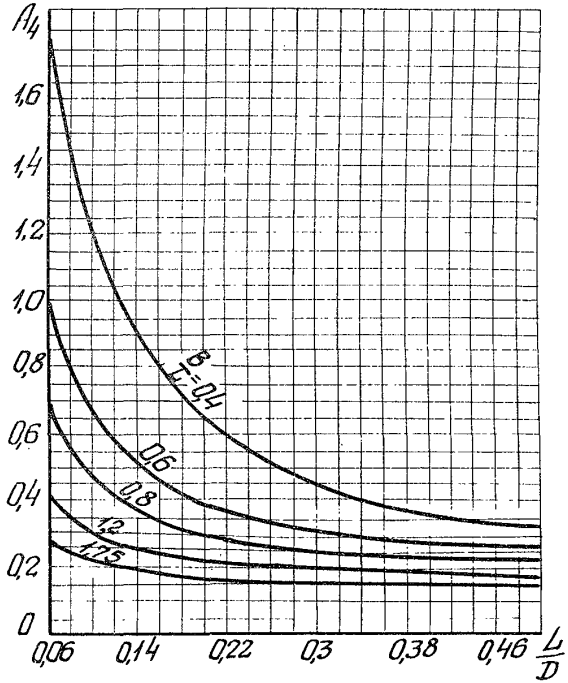
Черт. 20

Коэффициент A_3



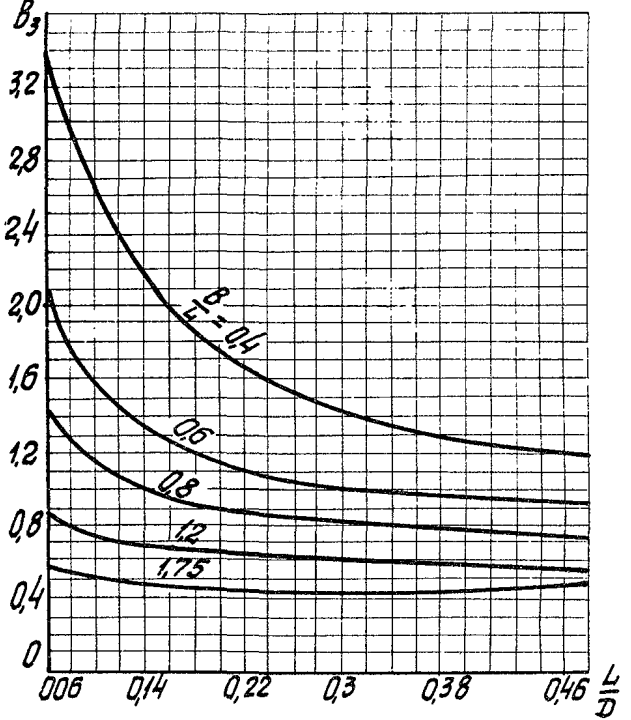
Черт. 21

Коэффициент A_4



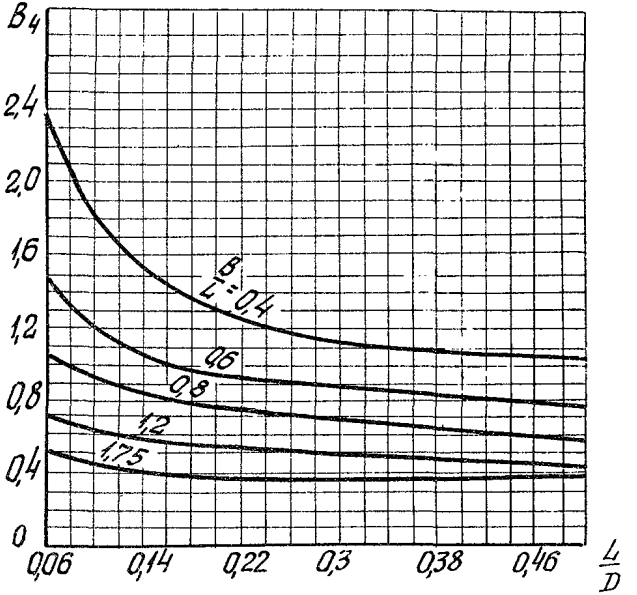
Черт. 22

Коэффициент B_3

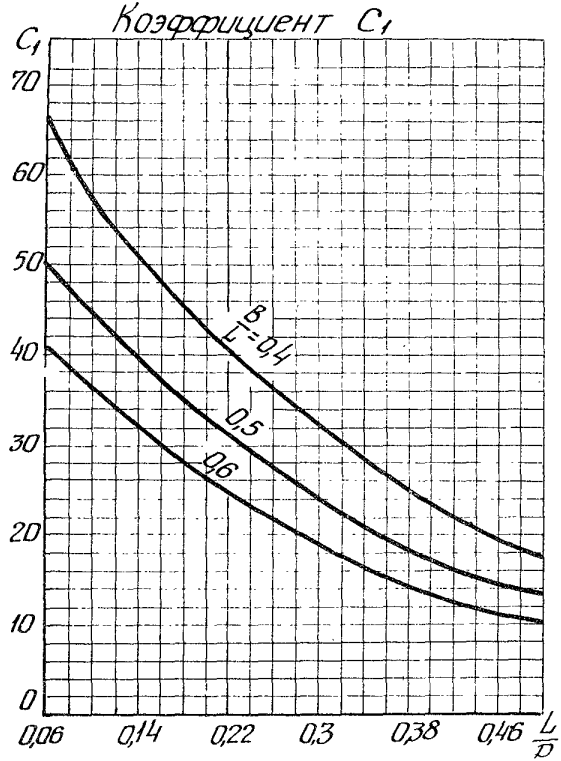


Черт. 23

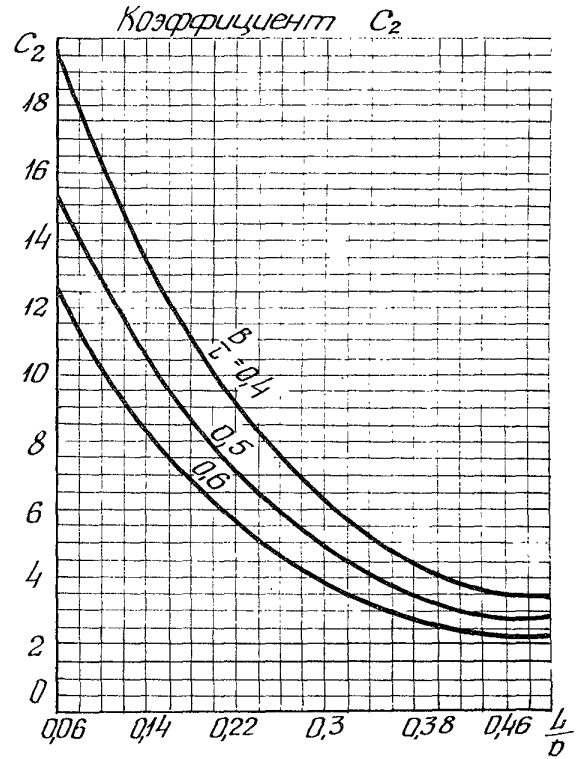
Коэффициент B_4



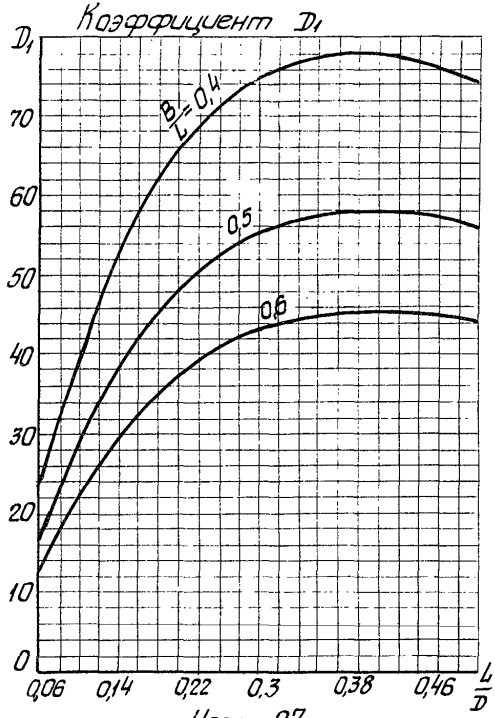
Черт. 24



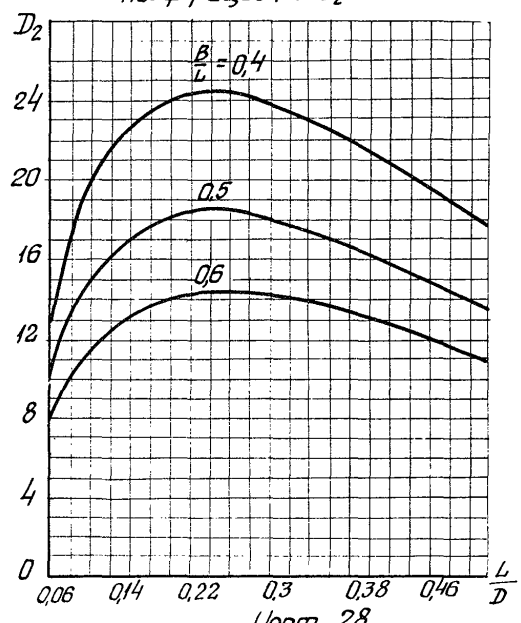
Черт. 25



Черт. 26



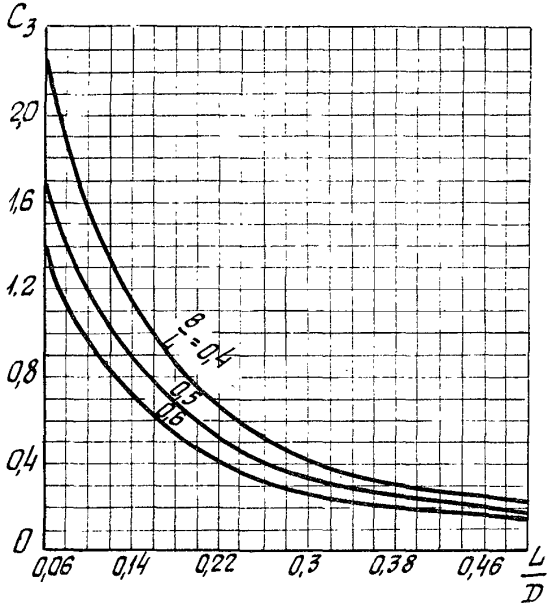
Черт. 27



Черт. 28

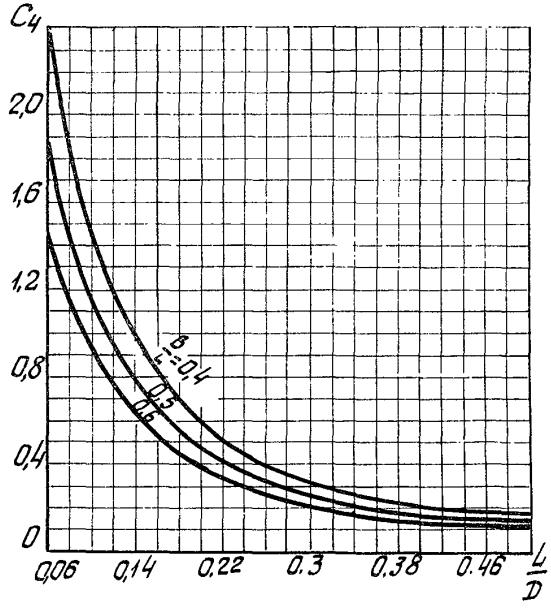
РД РТМ 26-319 -79 Стр.22

Коэффициент C_3



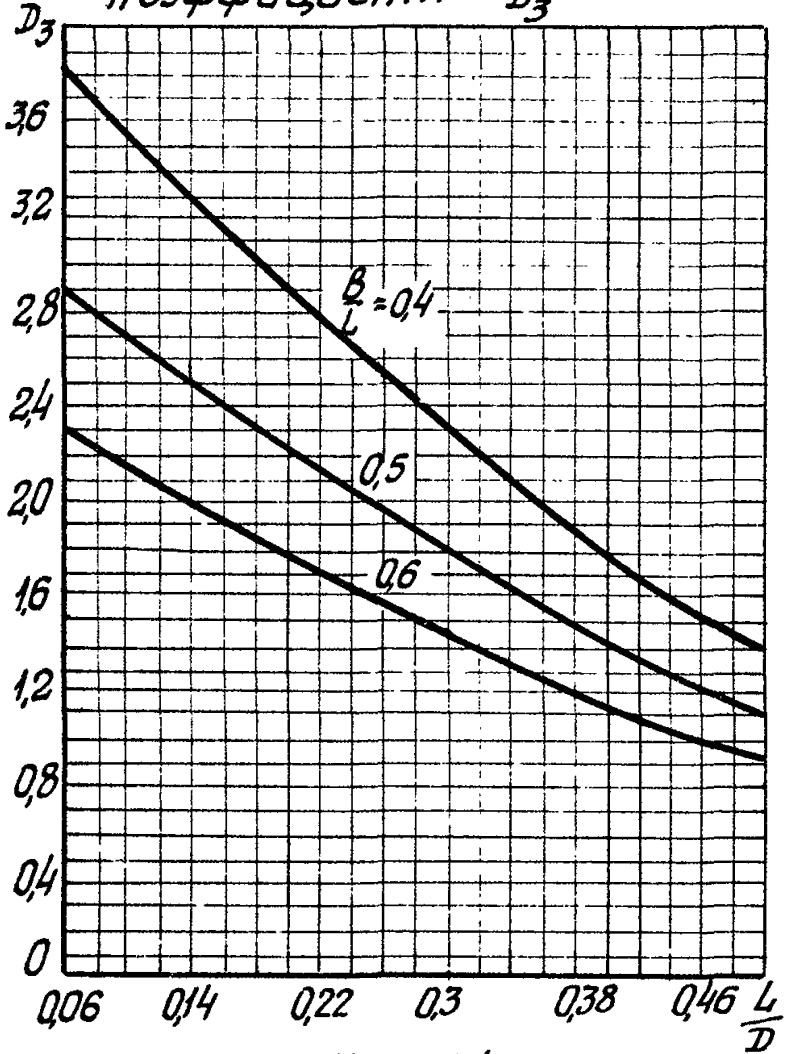
Черт. 29

Коэффициент C_4



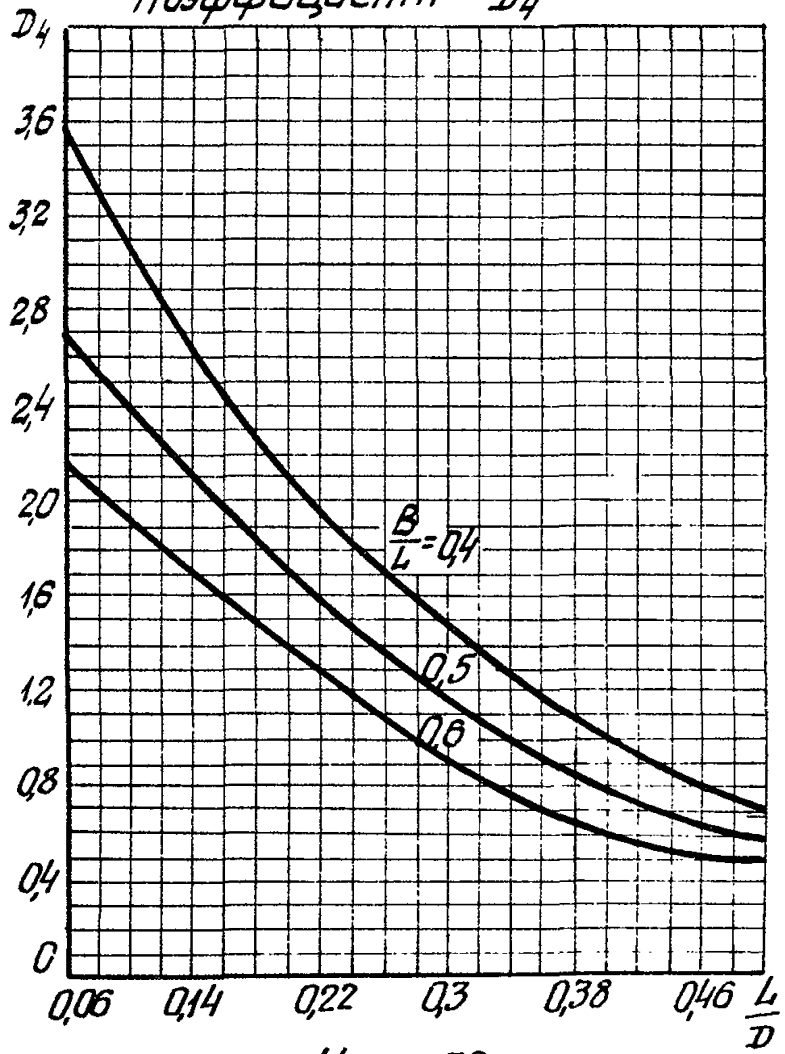
Черт. 30

Коэффициент D_3



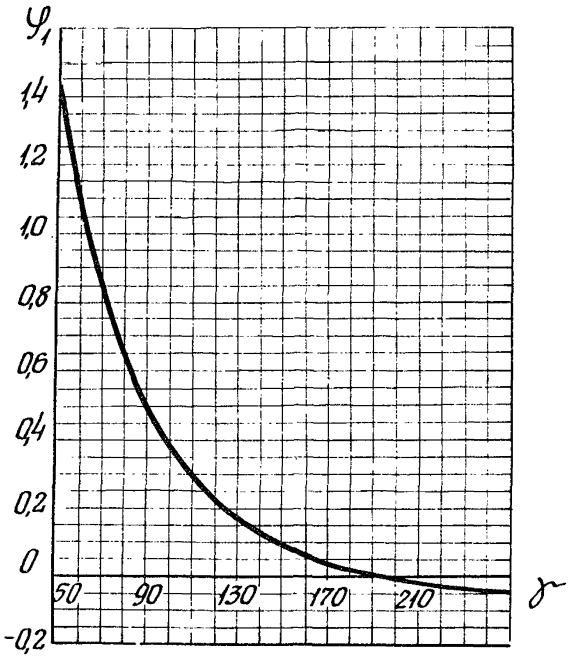
Черт. 31

Коэффициент D_4



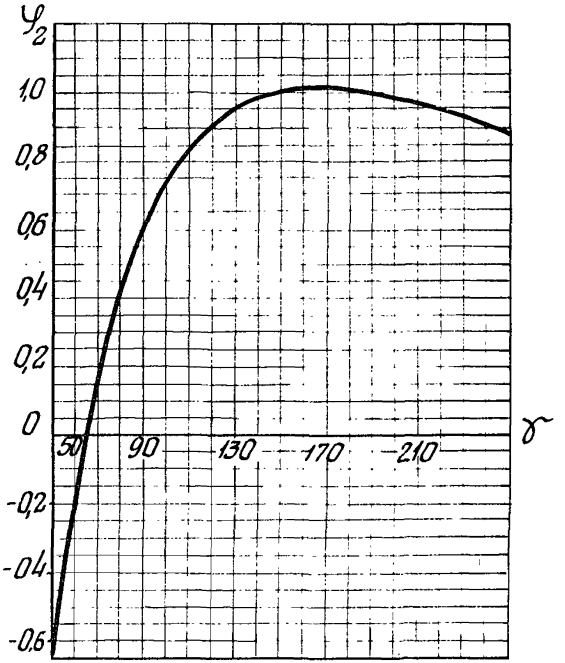
Черт. 32

Коэффициент φ_1



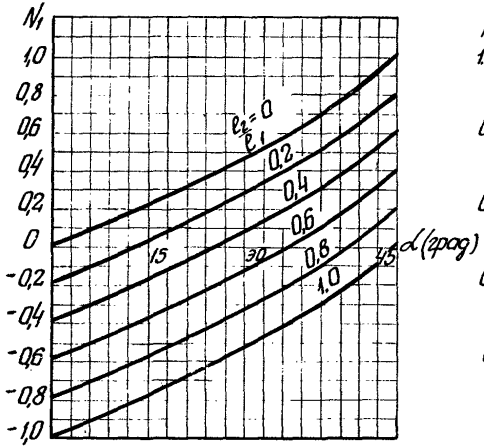
Черт. 33

Коэффициент φ_2



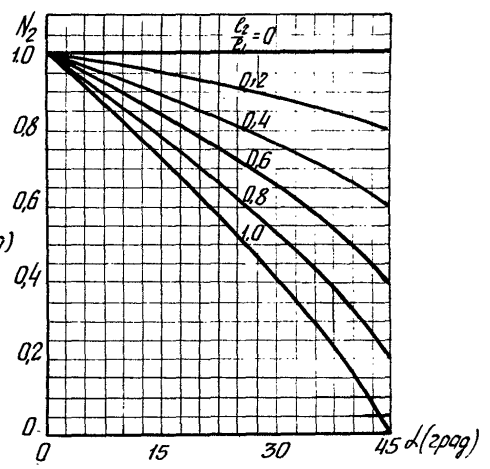
Черт. 34

Коэффициент N_1



Черт. 35

Коэффициент N_2



Черт. 36

Приложение
Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

I. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ АППАРАТА, УСТАНОВЛЕННОГО НА ОПОРАХ-ЛАПАХ

I.I. Исходные данные

Материал обечайки аппарата	сталь ВСт3сп5
Температура, ^{o}C	200
Рабочее давление, кгс/см^2	2
Внутренний диаметр аппарата, см	240
Исполнительная толщина стенки аппарата, см	I,2
Прибавка для компенсации коррозии, см	0,2
Дополнительная прибавка, см	0,08
Масса аппарата в рабочем состоянии, кг	I4000
Масса аппарата в режиме гидроиспытания, кг	28000
Момент внешних нагрузок в рабочем состоянии, кгс.см	$I,25.I0^6$
Момент внешних нагрузок в режиме гидроиспытания, кгс.см	$0,7.I0^6$
Количество опор, шт.	4
Пробное давление, кгс/см^2	3,5
Высота столба на уровне подошвы опор, см	650
Плотность воды $\gamma_в$, кг/см^3	0,00I

I.2. Эксплуатационный режим

В соответствии с условиями монтажа и эксплуатации аппарата

$\lambda_1 = 2 ; \lambda_2 = 1.$

Предварительно выбираем опору 2-I6000 ОСТ 26- 665 -79, имеющую размеры: $B = 65$ см, $h = 78$ см, $f_{max} = 36$ см.

Определяем плечо нагрузки по формуле (2):

$$l_I = \frac{B + f_{max} + S_0 + S_2}{2} = \frac{65 + 36 + 0,92 + 0}{2} = 51 \text{ см}$$

Здесь

$$S_0 = S - C - C_1 = 1,2 - 0,2 - 0,08 = 0,92 \text{ см}$$

Нагрузку на одну опору определяем по формуле(I):

$$Q = \lambda_1 \frac{G}{n} + \lambda_2 \frac{M}{D + 2l} = 2 \cdot \frac{14000}{4} + 1 \frac{1,25 \cdot 10^6}{240 + 2 \cdot 51} =$$

$$= 10700 \text{ кгс}$$

Нагрузка допустима для выбранной опоры.

Соотношение параметров аппарата и опоры:

$$\gamma = \frac{D}{2 \cdot S_0} = \frac{240}{2.0,92} = 130 ;$$

$$\frac{h}{D} = \frac{78}{240} = 0,325$$

Осевое напряжение от внутреннего давления и изгибающего момента равно:

$$\sigma_{m\bar{x}} = \frac{PD}{4S_o} + \frac{4M}{\pi D^2 S_o} = \frac{2 \cdot 240}{4 \cdot 0,92} + \frac{4 \cdot 1,25 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 240^2 \cdot 0,92} = 160 \text{ кгс/см}^2$$

Окружное напряжение от внутреннего давления равно:

$$\sigma_{m\theta} = \frac{PD}{2S_o} = \frac{2 \cdot 240}{2 \cdot 0,92} = 262 \text{ кгс/см}^2$$

Таким образом, максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок равно:

$$\sigma_{mo} = 262 \text{ кгс/см}^2$$

Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опоры по формуле (3):

$$\sigma_m = \sigma_{mo} \pm K_1 \frac{Q \cdot l_1}{D \cdot S_o^2} = 262 \pm 0,3 \cdot \frac{10700 \cdot 51}{240 \cdot 0,92^2} =$$

$$= 262 \pm 806 = \begin{matrix} + 1068 \text{ кгс/см}^2 \\ - 544 \text{ кгс/см}^2 \end{matrix}$$

Коэффициент $K_1 = 0,3$ взят из графика черт.8.

Максимальное изгибное напряжение от реакции опоры по формуле (4):

$$\sigma_u = K_2 \frac{Q \cdot l_1}{h \cdot S_o^2} = 0,43 \frac{10700 \cdot 51}{78 \cdot 0,92^2} = 3554 \text{ кгс/см}^2$$

Коэффициент $K_2 = 0,43$ взят из графика черт.10.

Условие прочности (5):

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_T}\right)^2 + \frac{0,8}{1,0} \frac{\sigma_u}{\sigma_T} \leq 1,$$

$$\left(\frac{1068}{1890}\right)^2 + 0,8 \frac{3554}{1890} = 1,8 > 1$$

не выполнено.

Требуется применить накладные листы.

По ОСТ 26- 665 -79 для опоры 2-16000 ОСТ 26- 665 -79 выбираем накладной лист из материала ВСт3сп5 высотой H = 102 см.

Определяем толщину накладного листа по формуле (8):

$$S_2 = \sqrt{\frac{KQ}{A\sigma_т}} = \sqrt{\frac{0{,}26 \cdot 10700}{1{,}0 \cdot 1890}} = 1{,}2 \text{ см}$$

Коэффициент К = 0,26 взят из графика черт.16.

В соответствии с ОСТ 26- 665 -79 толщину накладного листа принимаем S_2 = 1,2 см.

Плечо нагрузки по формуле (2):

$$\ell_1 = \frac{b + f_{max} + S_o + S_2}{2} = \frac{65 + 36 + 0{,}92 + 1{,}2}{2} = 51{,}6 \text{ см.}$$

Отношение высоты накладного листа к внутреннему диаметру равно:

$$\frac{H}{D} = \frac{102}{240} = 0{,}425$$

Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опоры по формуле (6):

$$\sigma_m = \sigma_{mo} \pm K_3 \frac{Q\ell_1}{D \cdot S_o^2} = 262 \pm 0{,}2 \frac{10700 \cdot 51{,}6}{240 \cdot 0{,}92^2} =$$

$$= 262 \pm 544 = \begin{matrix} +806 \text{кгс/см}^2 \\ -282 \text{ кгс/см}^2 \end{matrix}$$

Коэффициент K_3 = 0,2 взят из графика черт.12.

Максимальное изгибное напряжение от реакции опоры по формуле (7)

$$\sigma_u = K_4 \frac{Q\ell_1}{H S_o^2} = 0{,}15 \frac{10700 \cdot 51{,}6}{102 \cdot 0{,}92^2} = 960 \text{ кгс/см}^2$$

Коэффициент K_4 = 0,15 взят из графика черт.14.

Условие прочности (5)

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_т}\right) + \frac{0{,}8}{A}\frac{\sigma_u}{\sigma_т} \leq 1$$

$$\left(\frac{806}{1890}\right)^2 + \frac{0{,}8}{1{,}0}\frac{960}{1890} = 0{,}6 < 1 \qquad \text{выполнено}$$

I.3. Режим гидроиспытания

Нагрузка на одну опору по формуле (I):

$$Q = \lambda_1 \frac{G}{n} + \lambda_2 \frac{M}{D+2\ell_1} = 2 \cdot \frac{28000}{4} + 1 \cdot \frac{0,7 \cdot 10^6}{240+2,51,6} =$$

$$= 16000 \text{ кгс}$$

Осевое напряжение от пробного и гидростатического давления и изгибающего момента равно:

$$\sigma_{mx} = (P_{проб} + \ell \cdot \gamma_в) \frac{D}{4 S_o} + \frac{4M}{\pi D^2 S_o} = (3,5 + 650 \cdot 0,001) \cdot \frac{240}{4.0,92} + \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 10^6}{3,14.240^2.0,92} =$$

$$= 288 \text{ кгс/см}^2$$

Окружное напряжение от пробного и гидростатического давления равно:

$$\sigma_{m\theta} = (H_{проб} + \ell \cdot \gamma_в) \frac{D}{2 S_o} = (3,5+650.0,001) \frac{240}{2.0,92} =$$

$$= 541 \text{ кгс/см}^2.$$

Таким образом, максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок равно:

$$\sigma_{mo} = 541 \text{ кгс/см}^2$$

Толщина накладного листа по формуле (8):

$$S_2 = \sqrt{\frac{KQ}{A \sigma_r}} = \sqrt{\frac{0,26 \cdot 16000}{1,2 \cdot 2100}} = 1,28 \text{ см}$$

В соответствии с ОСТ 26- 665 - 79 толщину накладного листа принимаем равной $S_2 = 1,6$ см.

Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опоры по формуле (6):

$$\sigma_m = \sigma_{mo} \pm K_3 \frac{Q l_1}{D S_o^2} = 541 \pm 0{,}2 \frac{16000 \cdot 51.6}{240 \cdot 0{,}92^2} =$$

$$= 541 \pm 813 = \begin{matrix} +1354 \text{ кгс/см}^2 \\ -272 \text{ кгс/см}^2 \end{matrix}$$

Максимальное изгибное напряжение от реакции опоры по формуле (7):

$$\sigma_u = K_4 \frac{Q l_1}{H S_o^2} = 0{,}15 \frac{16000 \cdot 51{,}6}{102 \cdot 0{,}92^2} = 1434 \text{ кгс/см}^2$$

Условие прочности (5)

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_T}\right)^2 + \frac{0{,}8}{1{,}2} \frac{\sigma_u}{\sigma_T} \leq 1;$$

$$\left(\frac{1354}{2100}\right)^2 + \frac{0{,}8}{1{,}2} \cdot \frac{1434}{2100} = 0{,}87 < 1 \quad \text{выполнено.}$$

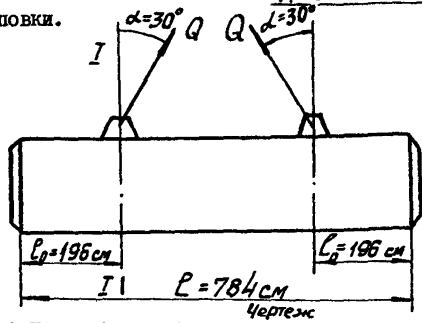
2. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ АППАРАТА, ПОДНИМАЕМОГО ЗА ДВА УШКА

Исходные данные

Внутренний диаметр аппарата, см	250
Толщина стенки аппарата в конце срока службы, см	1,0
Масса аппарата, кг	6500
Материал аппарата	сталь ВСт3сп5
Температура стенки аппарата, °С	20
Количество ушек, шт.	2

Основные размеры даны на чертеже схемы строповки.

Схема строповки.



Чертеж

Нагрузка на одно ушко равна:

$$Q = \frac{G}{n \cdot \cos\alpha} = \frac{6500}{2 \cdot \cos 30^0} = 3753 \text{ кгс}$$

По ГОСТ I37I6-73 выбираем ушко 3-2-4-I30С ВСт3сп5 ГОСТ I37I6-73, имеющее следующие основные размеры:

ℓ_I = I0,8 см; ℓ_2 = 2,0 см; L = 26 см; B = I0 см.

Соотношения параметров аппарата и стропового устройства равны:

$$\gamma = \frac{D}{2\,S_o} = \frac{250}{2 \cdot I,0} = I25$$

$$\frac{L}{D} = \frac{26}{250} = 0,I04; \quad \frac{B}{L} = \frac{I0}{26} = 0,385.$$

Напряжение от основной нагрузки (напряжение, возникающее в оболочке как в свободно опертой балке с двумя равными консолями, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой от собственной массы) равно:

$$\sigma_{mo} = \frac{M}{W}$$

Здесь $M = \frac{\pi}{2} D \cdot S_o \cdot \rho \cdot \ell_o^2$ - изгибающий момент в сечении I-I обечайки;

$W = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S_o$ - момент сопротивления поперечного сечения обечайки;

ρ - плотность материала аппарата

В соответствии с этим имеем:

$$\sigma_{mo} = \frac{2\rho \cdot \ell_o^2}{D} = \frac{2 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-3} \cdot 196^2}{250} = 2{,}4 \text{ кгс/см}^2$$

Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства по формуле (11):

$$\sigma_m = \sigma_{mo} + 10^{-4}\left[(A_1\varphi_1 + A_2\varphi_2) \pm (B_1\varphi_1 + B_2\varphi_2) \cdot \frac{N_1\ell_1}{L}\right]$$

$$\frac{B}{L}\gamma\frac{Q}{S_o^2}\cos\alpha = 2{,}4 + 10^{-4}\left[(58 \cdot 0{,}2 + 16 \cdot 0{,}94) \pm (88 \cdot 0{,}2 + 29 \cdot 0{,}94) \cdot 0{,}35 \cdot \frac{10{,}8}{26{,}0}\right] \cdot 0{,}385 \cdot 125 \cdot \frac{3753}{1{,}0^2} \cdot 0{,}866 =$$

$$= 2{,}4 \begin{matrix} +520 \\ +315 \end{matrix} = \begin{matrix} +522 \text{ кгс/см}^2 \\ +317 \text{ кгс/см}^2 \end{matrix}$$

Коэффициенты $A_1 = 58$; $A_2 = 16$; $B_1 = 88$; $B_2 = 29$; $N_1 = 0{,}35$;

$\varphi_1 = 0{,}2$; $\varphi_2 = 0{,}94$ взяты из соответствующих графиков (черт. 17, 18, 19, 20, 33, 34, 35).

Максимальное изгибное напряжение от реакции стропового устройства по формуле (12):

$$\sigma_u = \left[(A_3\varphi_1 + A_4\varphi_2) \pm (B_3\varphi_1 + B_4\varphi_2) \cdot N_1\frac{\ell_1}{L}\right] \cdot \frac{Q}{S_o^2}\cos\alpha\,\frac{B}{L} = \left[(1{,}8 \cdot 0{,}2 + 1{,}17 \cdot 0{,}94) \pm (2{,}6 \cdot 0{,}2 + 1{,}8 \cdot 0{,}94) \cdot \frac{0{,}35 \cdot 10{,}8}{26}\right] \cdot \frac{3753}{1{,}0^2} \cdot 0{,}866 \cdot 0{,}385 = \begin{matrix} +2230 \text{ кгс/см}^2 \\ +1424 \text{ кгс/см}^2 \end{matrix}$$

Коэффициенты $A_3 = 1{,}8$; $A_4 = 1{,}17$; $B_3 = 2{,}6$; $B_4 = 1{,}8$. взяты из соответствующих графиков (черт. 21, 22, 23, 24).

Условие прочности (5)

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_т}\right)^2 + \frac{0,8}{A}\,\frac{\sigma_u}{\sigma_т} \leq I;$$

$$\left(\frac{522}{2100}\right)^2 + \frac{0,8}{1,2} \cdot \frac{2230}{2100} = 0,77 < I \qquad \text{выполнено}$$

Отпечатано на ротапринте УкрНИИхиммаша

Заказ № 62 Тираж 200экз.

gost.e-ecolog.ru