



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

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ ПИСЬМОМ Министерства химического
и нефтяного машиностроения от 29.06. 1979 г. № II-10-4/1227

| | | |
|-------------|-------------------------|---------------|
| ИСПОЛНИТЕЛИ | Руководитель разработки | Белов С.А. |
| СОПЛАСОВАН | НИИХИМАШем | |
| | Директор | Самсонов И.М. |
| | НИИИСТЕМАШем | |
| | Директор | Уманчик Н.П. |
| | СКРБхиммашем | |
| | Начальник | Ширяев Б.Ф. |

Утверждает
Зам.министра
А.В.Курамжин
" " 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-С1-41-71 и ОСТ 26-665-72 в части приложения I | | |

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

Настоящий руководящий технический материал устанавливает нормы и методы расчета на прочность цилиндрических обечайек 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 СОВ 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 $\sqrt{D \cdot S}$.

1. УСЛОВИЕ ОБОЗНАЧЕНИЙ

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

n - количество опор-лап;

Q - нагрузка на одну опору-лапу или на одно строповое устройство, кг (нн);

M - момент внешних нагрузок, кгс.см(Нн.м);

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

S - дополнительная толщина стенки аппарата (сосуда), см(м);

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

C₁ - дополнительная прибавка, см (м);

$S_0 = S - C - C_1$ - толщина стенки аппарата (сосуда) в конце срока службы, см (м);

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

ℓ_i - плечо нагрузки **Q** относительно срединной поверхности аппарата (сосуда), см (м);

σ - отношение внутреннего диаметра обечайки к удвоенной ее толщине;

K_i ($i = 1, 2, 3, 4$) - коэффициенты напряженного состояния для опор-лап типа I,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 I,2,3 исполнения I (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);

γ_1, γ_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 мембранные напряжение от основных нагрузок, кгс/см² (Мн/м²);

σ_m - максимальное мембранные напряжение от основных нагрузок и реакции опорного узла, кгс/см² (Мн/м²)

σ_u - максимальное изгибное напряжение от реакции опорного узла, кгс/см² (Мн/м²);

σ_r - минимальное значение предела текучести материала при расчетной температуре, кгс/см² (Мн/м²).

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

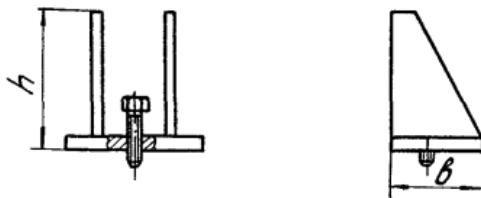
2. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ

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

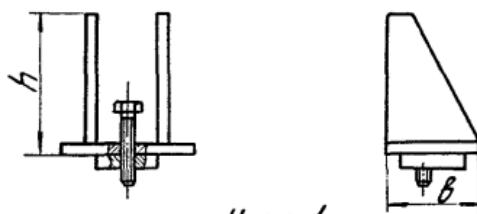
- внутреннего или наружного рабочего давления;
- собственной массы аппарата (сосуда);
- массы среды;
- массы площадок, лестниц, теплоизоляции и другого вспомогательного оборудования;
- ветровых нагрузок;
- сейсмических нагрузок;
- гидравлического давления и массы при гидравлических испытаниях
- и местных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

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

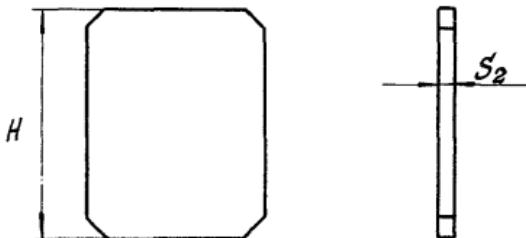
Опора - планка
Type 1



Type 2

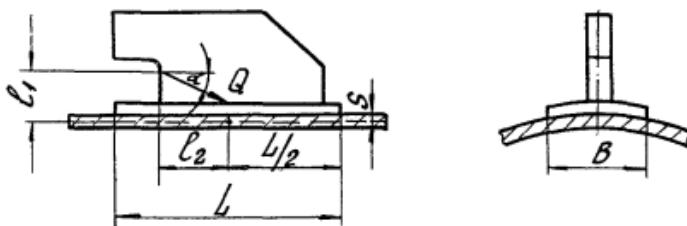


Черт. 1
Накладной лист



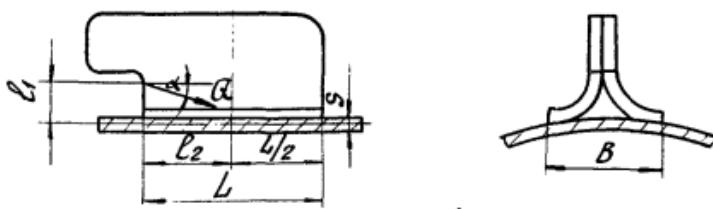
Черт. 2

*Строповое устройство типа 1
Исполнение 1*



Черт. 3

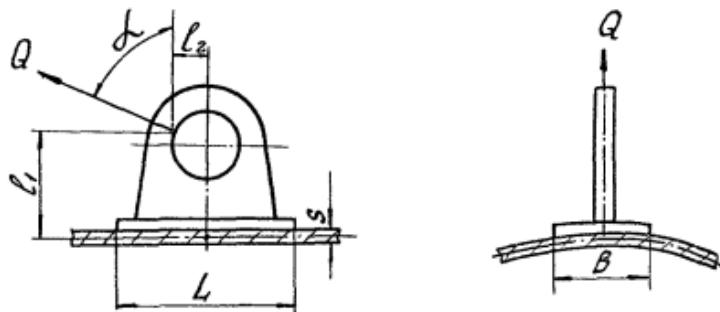
*Строповое устройство типа 2
Исполнение 1*



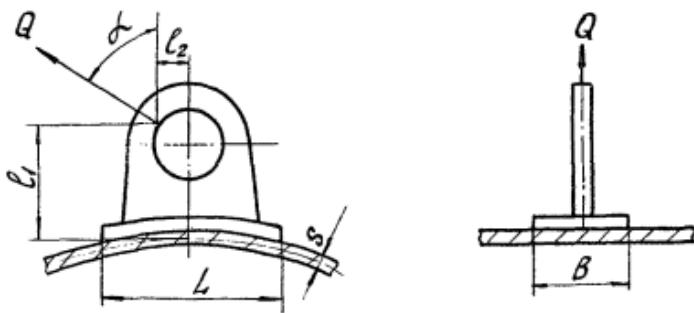
Черт. 4

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:

$$Q = \lambda_1 \frac{G}{n} + \lambda_2 \frac{M}{D + 2\ell}, \quad (1)$$

Здесь

$$\ell_i = \frac{\delta + f_{max} + S_o + S_2}{2} \quad (2)$$

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

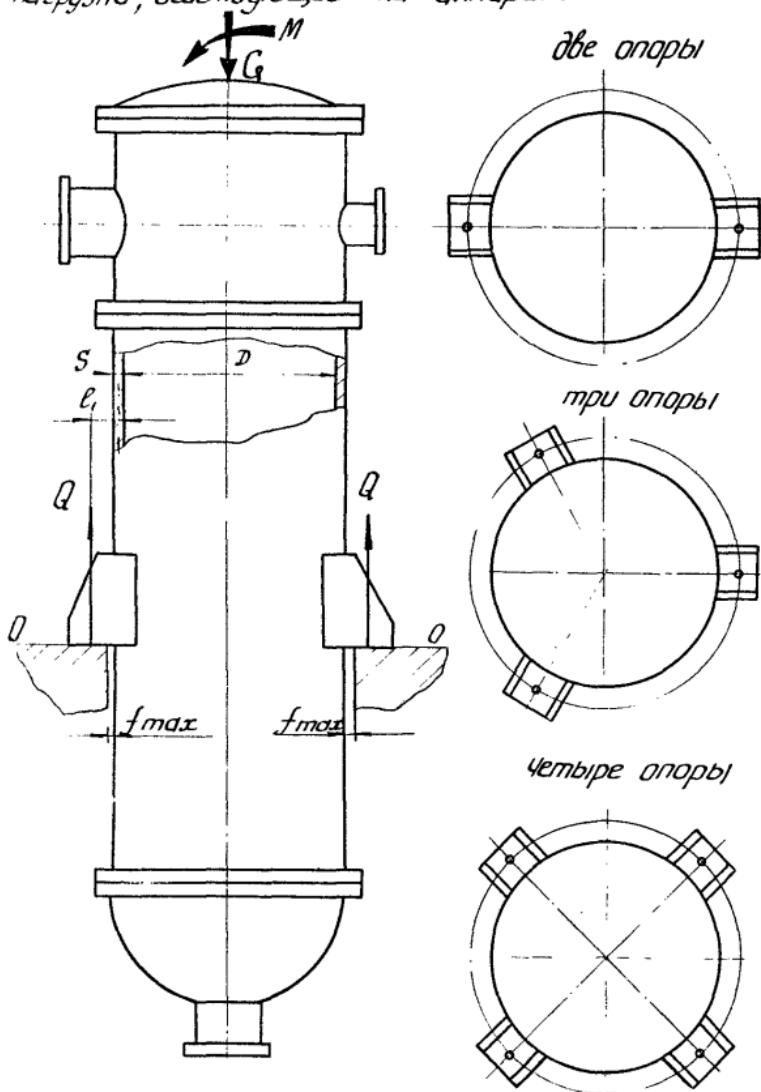
3.1. Максимальное мембраниое напряжение от основных нагрузок и реакции опоры определяют по формуле:

$$\sigma_m = \sigma_{mo} + K_I \cdot \frac{Q \cdot \ell_i}{D \cdot S_o^2} \quad (3)$$

* Момент передается только в плоскости опор

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

Коэффициенты, действующие на аппарат



Черт.6

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

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

3.3. Условие прочности:

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_\tau} \right)^2 + \frac{0.8}{A} \frac{\sigma_u}{\sigma_\tau} \leq 1 \quad (5)$$

Здесь

$A = 1,0$ - для эксплуатационных условий,

$A = 1,2$ - для условий транспортирования, монтажа и гидравлических испытаний.

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

4.1. Максимальное мембранные напряжение от основных нагрузок и реакции опоры определяют по формуле:

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

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

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

Условие прочности по п. 3.3.

4.3. Толщину накладного листа определяют по формуле:

$$S_2 = \sqrt{\frac{KQ}{AG_\tau}} \quad (8)$$

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 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 мембраническое напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства определяют по формуле:

$$\sigma_m = \sigma_{mo} \cdot 10^{-4} \cdot \left[(A_1 \varphi_1 + A_2 \varphi_2) \cdot \sin \alpha \pm (B_1 \varphi_1 + B_2 \varphi_2) \cdot \cos \alpha \cdot N_2 \frac{l_1}{L} \right] \frac{Q}{S_o^2} \gamma \frac{B}{L} \quad (9)$$

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

$$\sigma_u = \left[(A_3 \varphi_1 + A_4 \varphi_2) \cdot \sin \alpha \pm (B_3 \varphi_1 + B_4 \varphi_2) \cos \alpha \cdot N_2 \frac{l_1}{L} \right] \frac{Q}{S_o^2} \cdot \frac{B}{L} \quad (10)$$

Условие прочности № п.3.3.

5.3. Строповое устройство типа 3, исполнение I

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

$$\sigma_m = \sigma_{mo} + 10^{-4} \left[(A_1 \cdot \varphi_1 + A_2 \cdot \varphi_2) \pm (B_1 \cdot \varphi_1 + B_2 \cdot \varphi_2) \cdot N_1 \cdot \frac{l_1}{L} \right] \frac{(1 - \frac{1}{2} \cdot \cos \alpha) \cdot \gamma \cdot B}{L} \quad (II)$$

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

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

Условие прочности по п.3.3.

5.4. Строповое устройство типа 3, исполнение 2

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

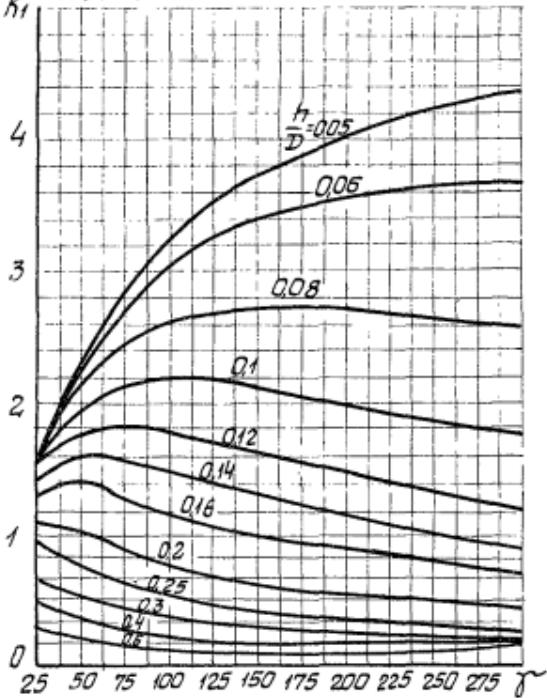
$$\sigma_m = \sigma_{m_0} + 10^{-4} \left[(C_1 \varphi_1 + C_2 \varphi_2) \pm (D_1 \varphi_1 + D_2 \varphi_2) \cdot N_1 \frac{b_t}{L} \right] \frac{Q}{S_o^2} \cos \alpha \cdot \frac{B}{L} \quad (13)$$

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

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

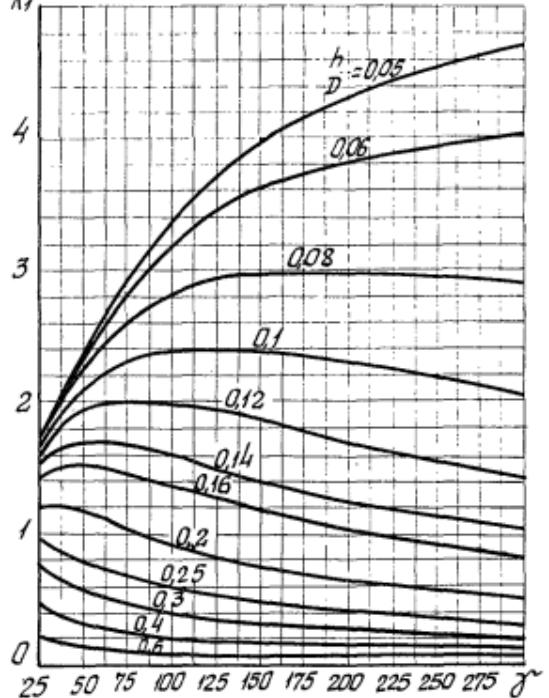
Условие прочности по п.3.3.

Коэффициент K_1 для опор-лан типа 1

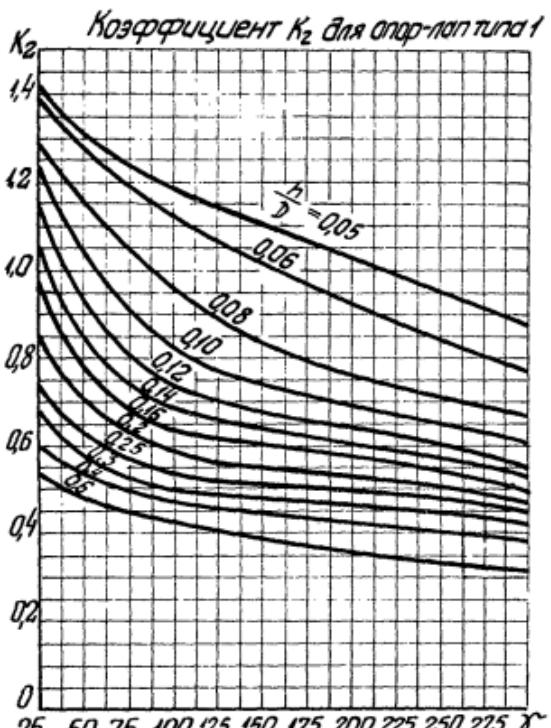


Черт. 7

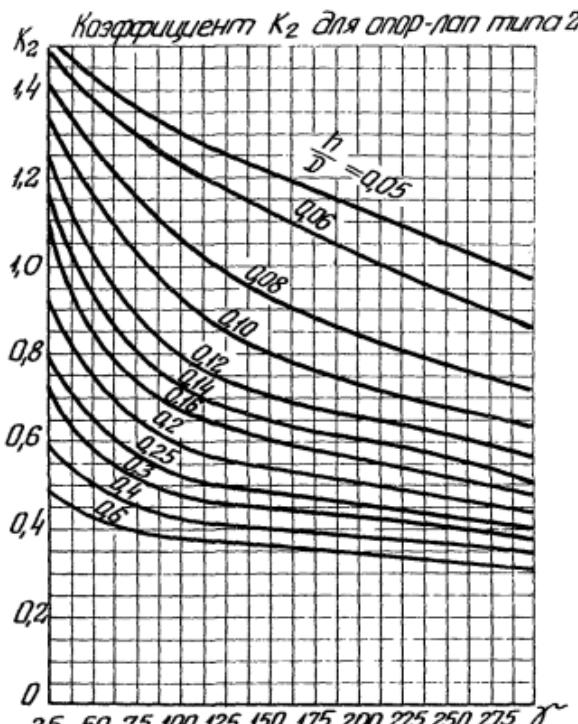
Коэффициент K_1 для опор-лан типа 2



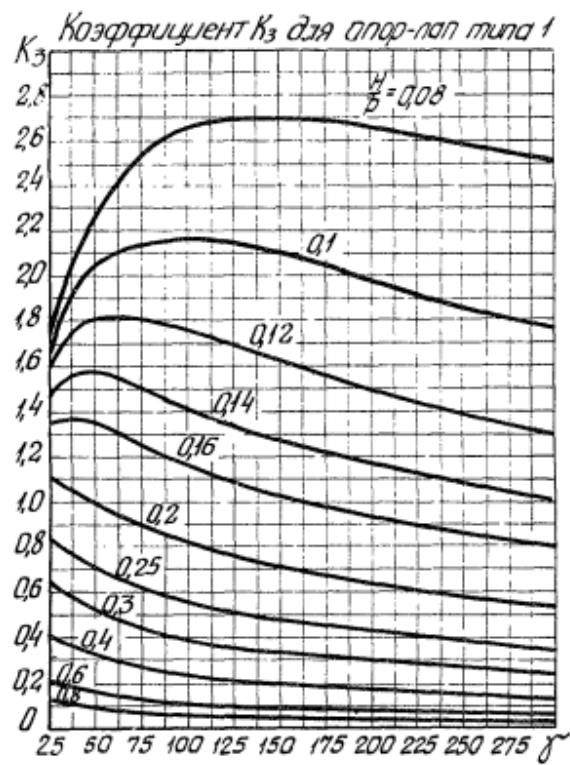
Черт. 8



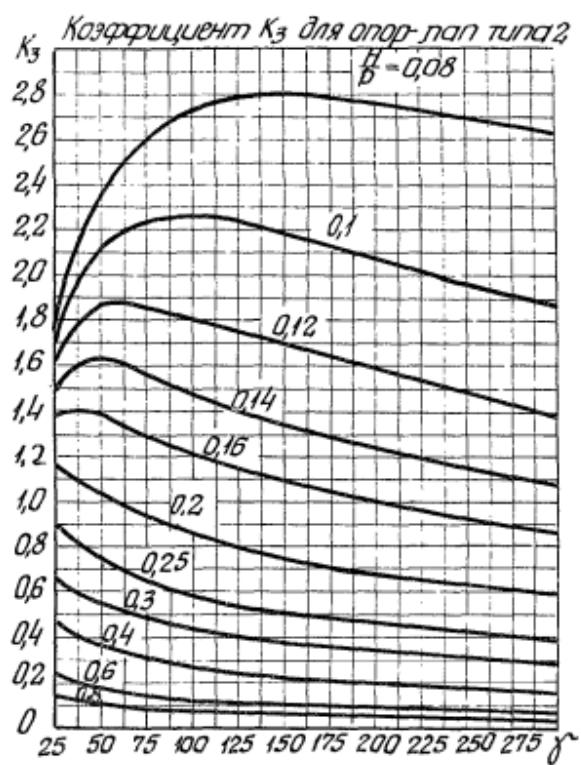
Черт. 9



Черт. 10.

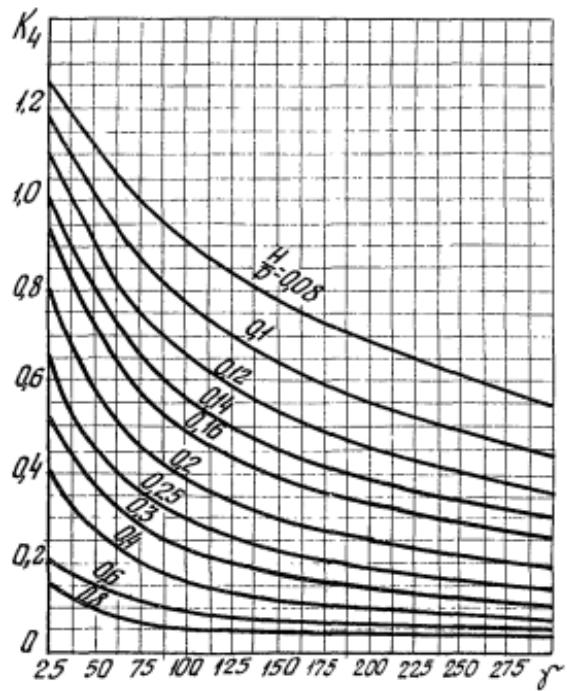


Черт 11.



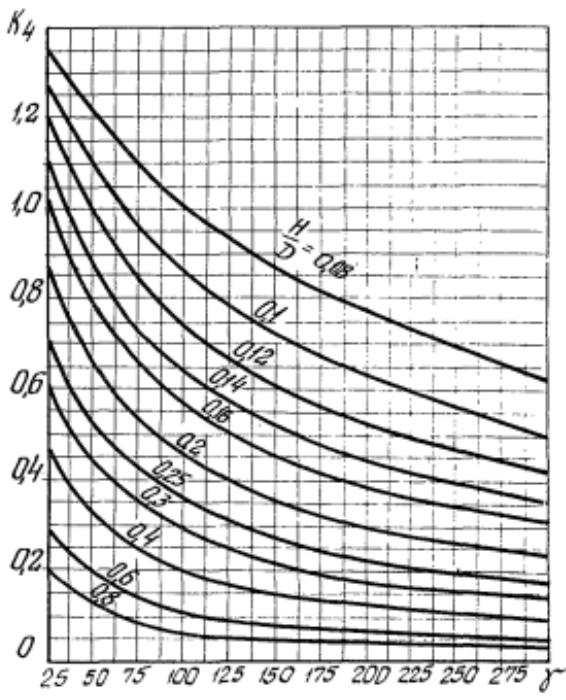
Черт 12

Коэффициент K_4 для опор-лоп типа 1



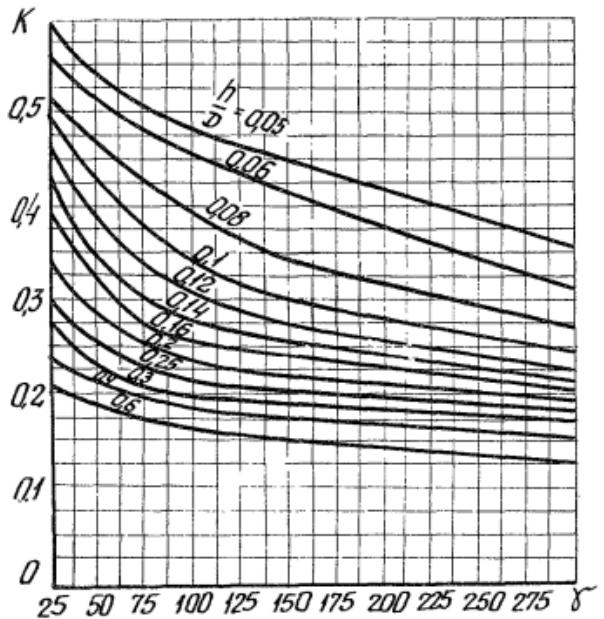
Черт. 13

Коэффициент K_4 для опор-лоп типа 2



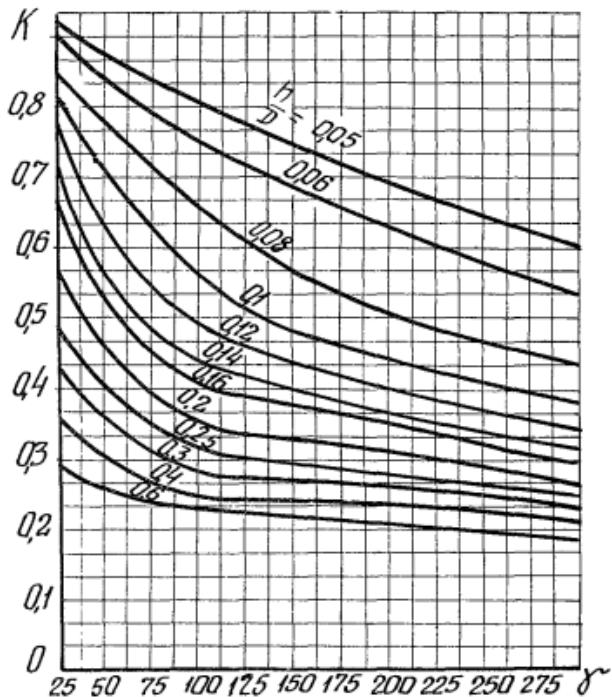
Черт. 14

Коэффициент K для опор-лан
типа 1

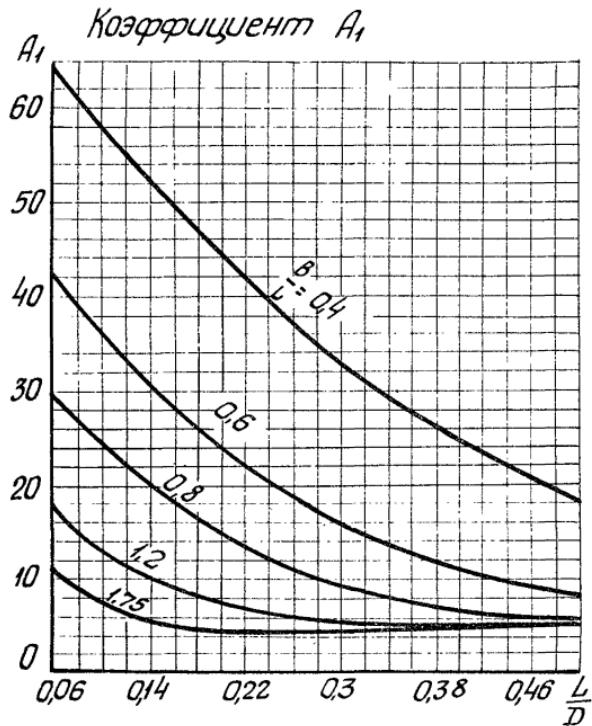


Черт. 15

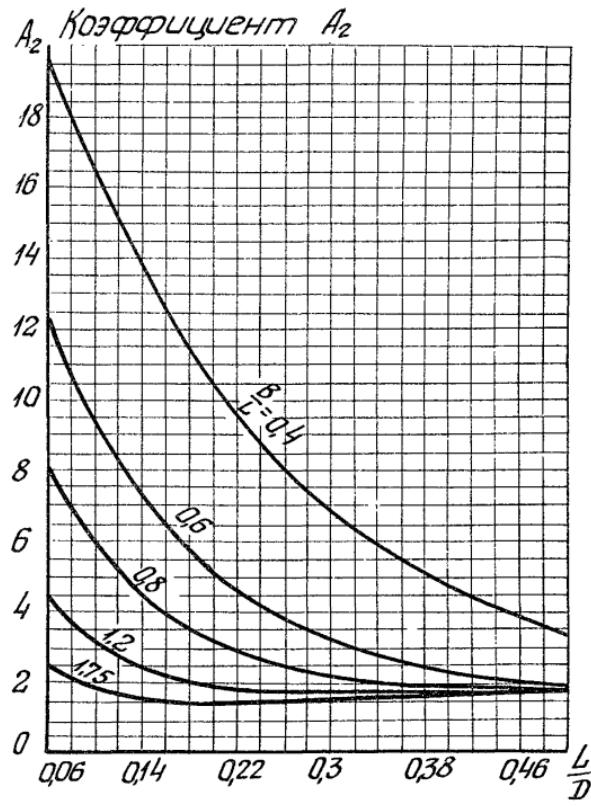
Коэффициент K для опор-лан
типа 2



Черт. 16

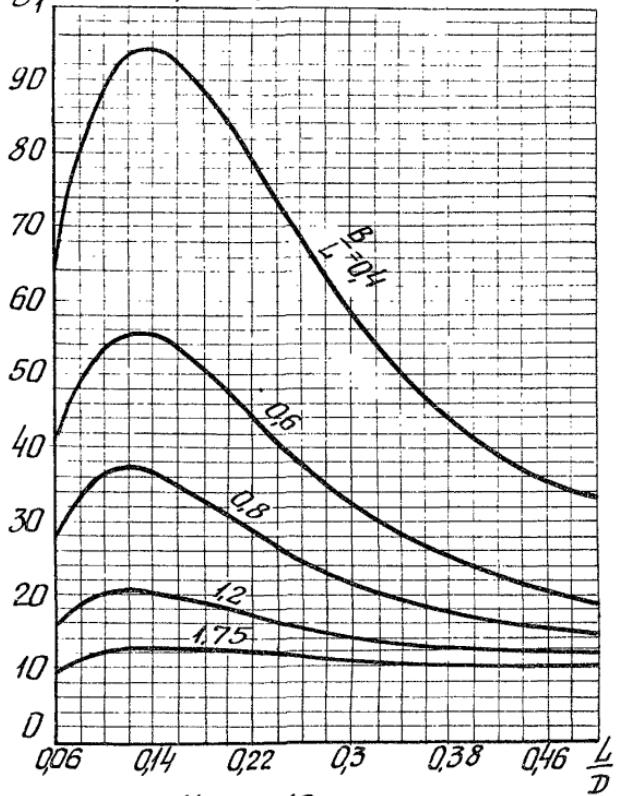


Черт. 17



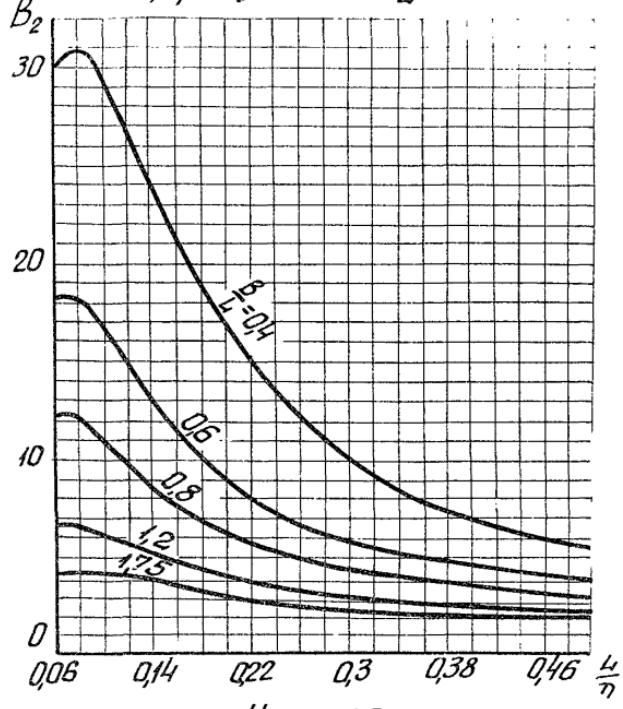
Черт. 18

Коэффициент B_1



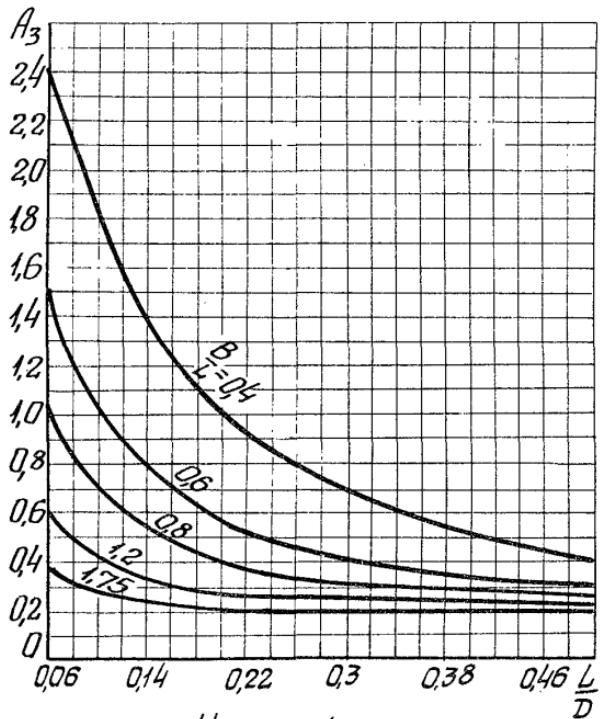
Черт. 19

Коэффициент B_2



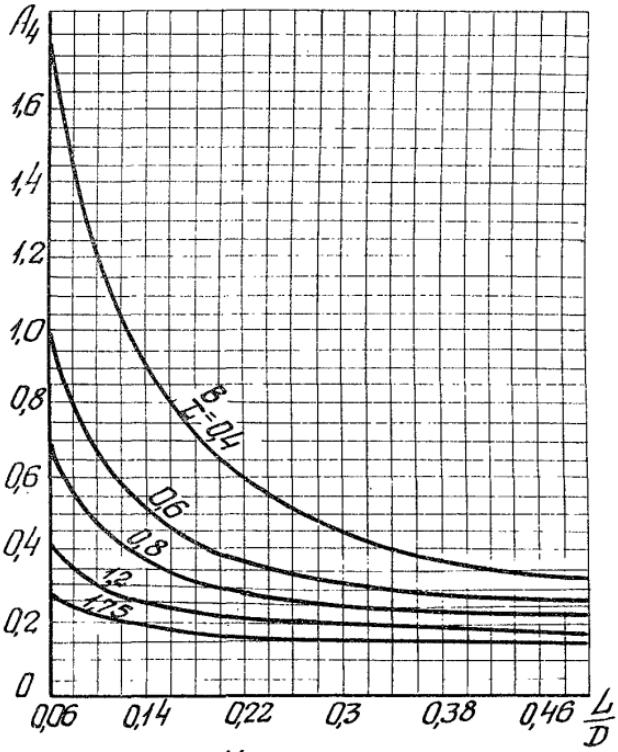
Черт. 20

Коэффициент A_3

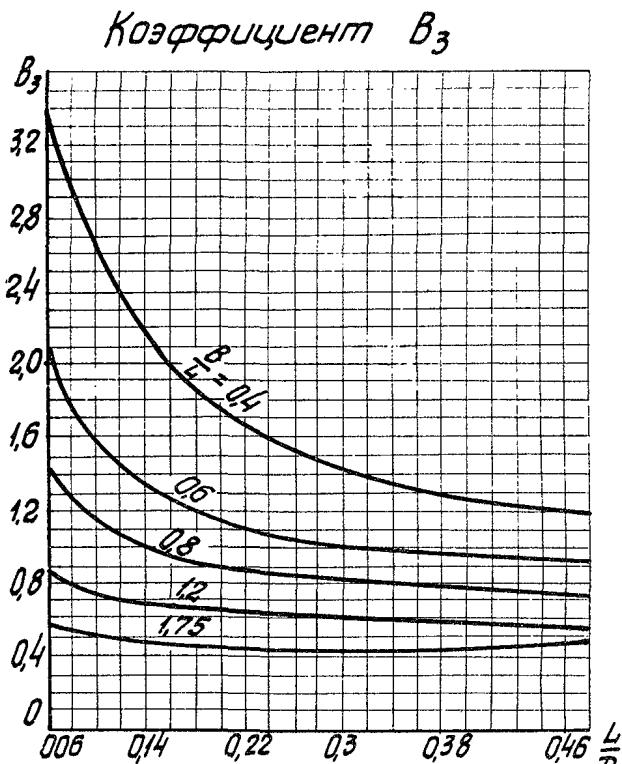


Черт. 21

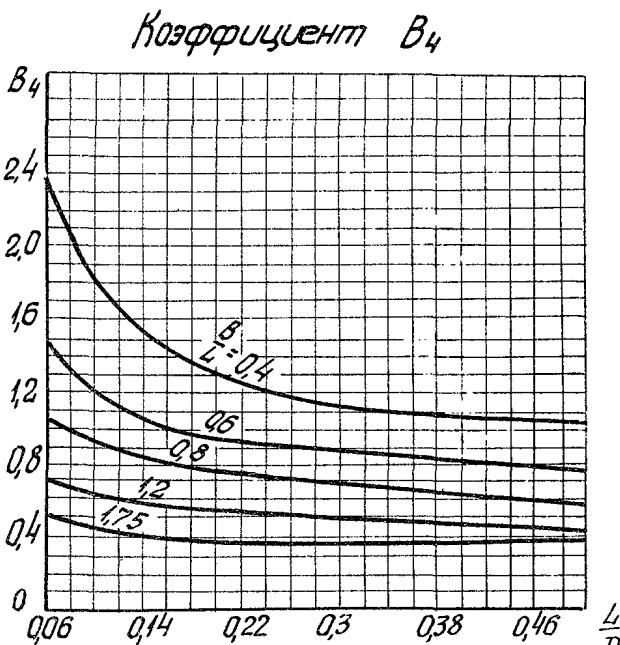
Коэффициент A_4



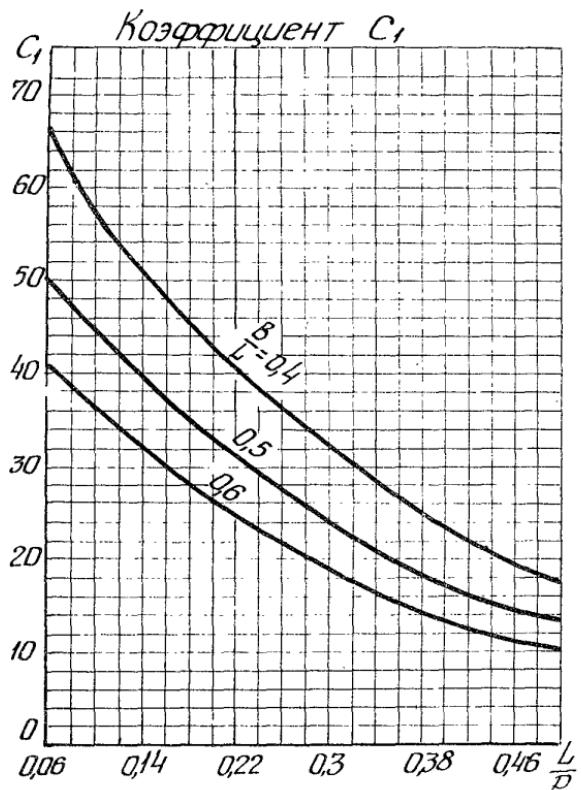
Черт. 22



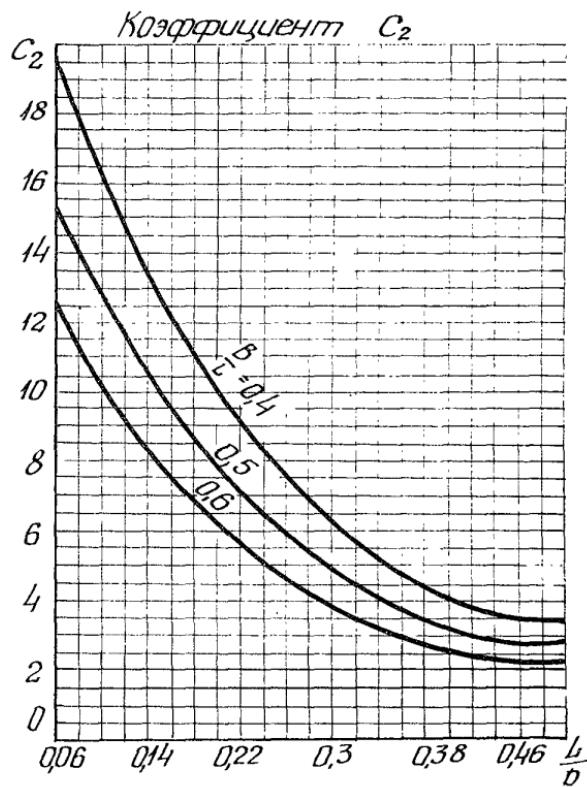
Черт. 23



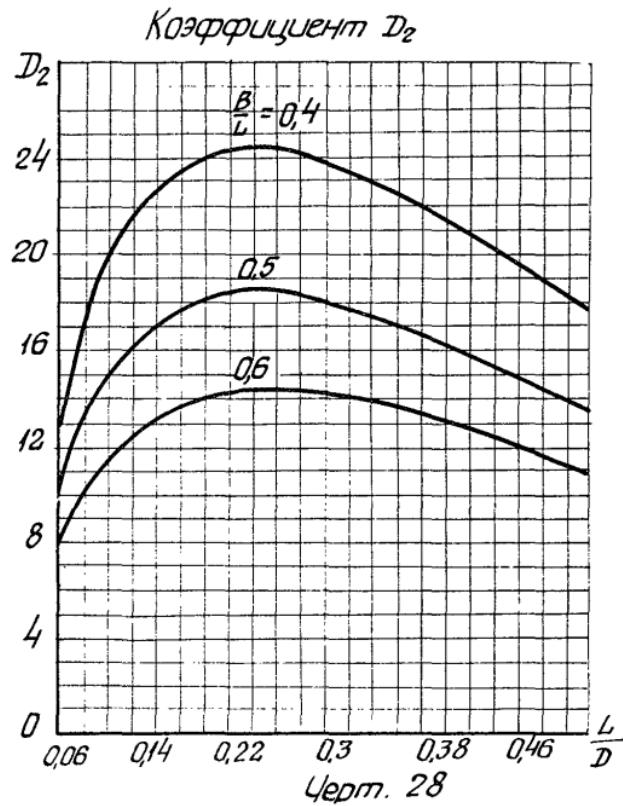
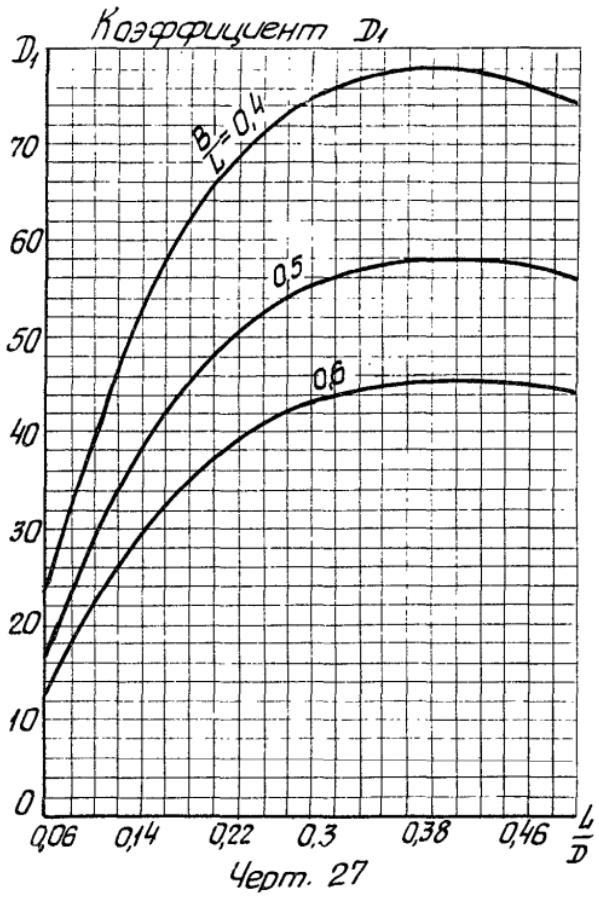
Черт. 24



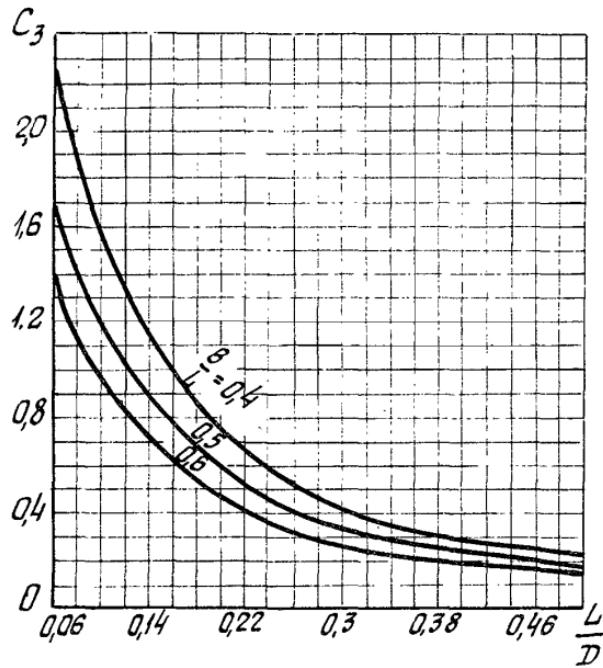
Черт. 25



Черт. 26

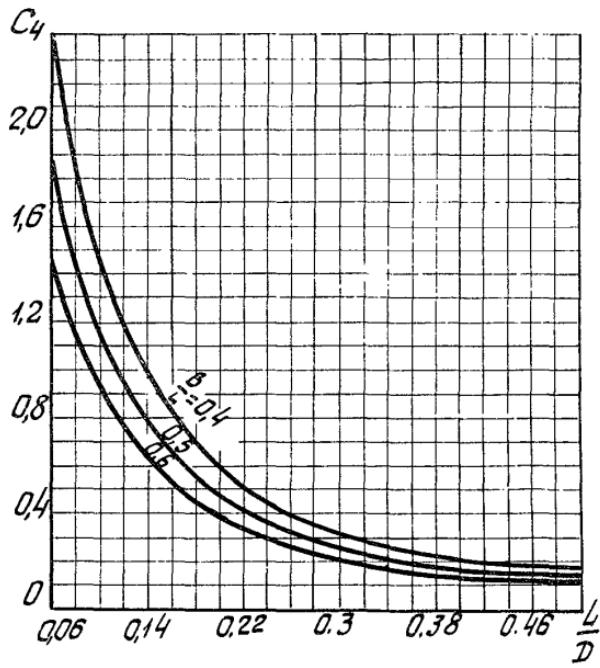


Коэффициент C_3



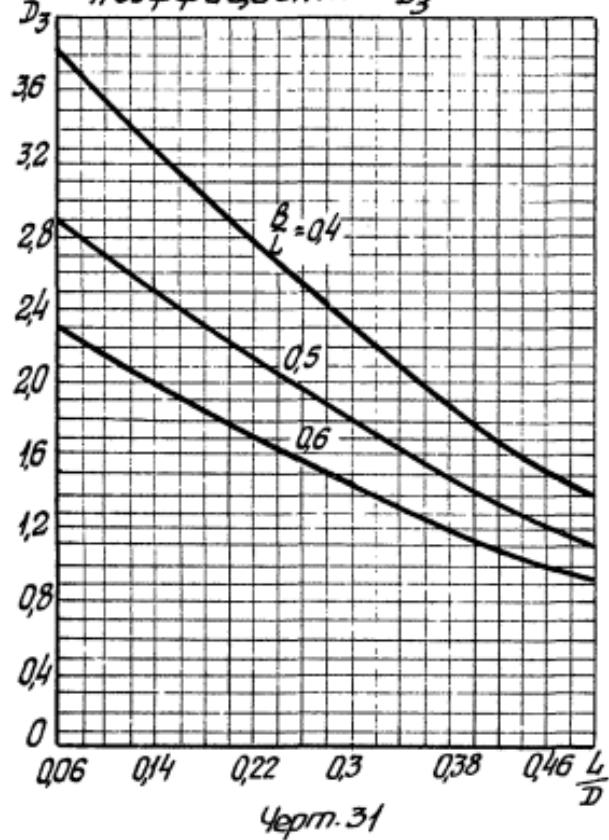
Черт. 29

Коэффициент C_4



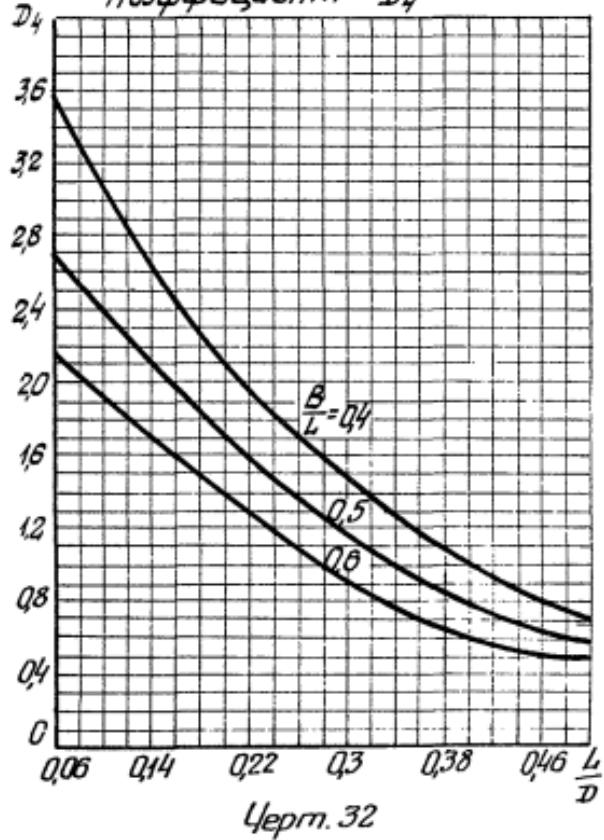
Черт. 30

Коэффициент D_3



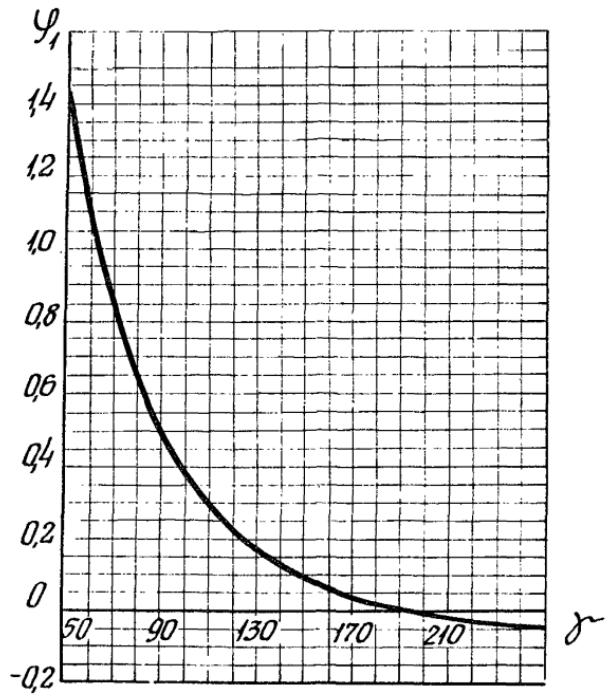
Черт. 31

Коэффициент D_4



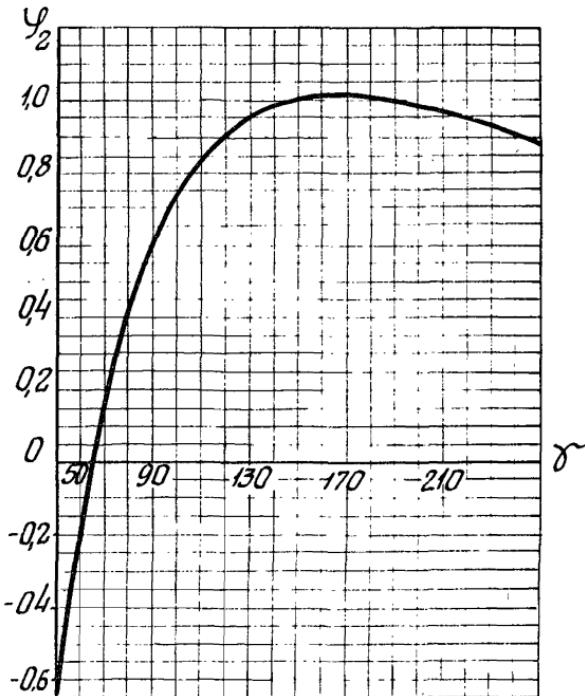
Черт. 32

Коэффициент φ_1



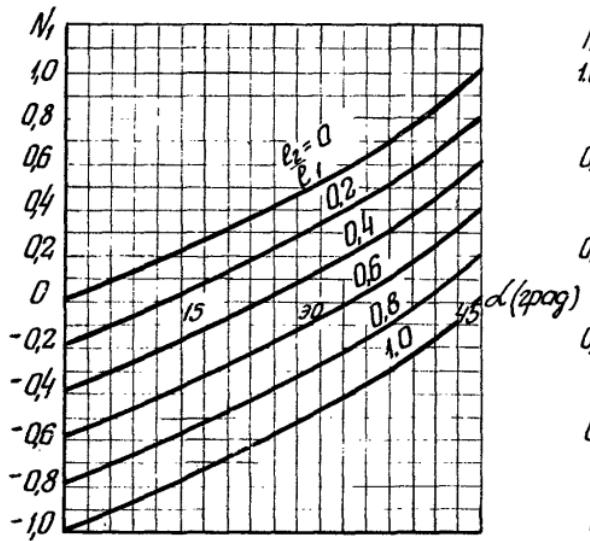
Черт. 33

Коэффициент φ_2



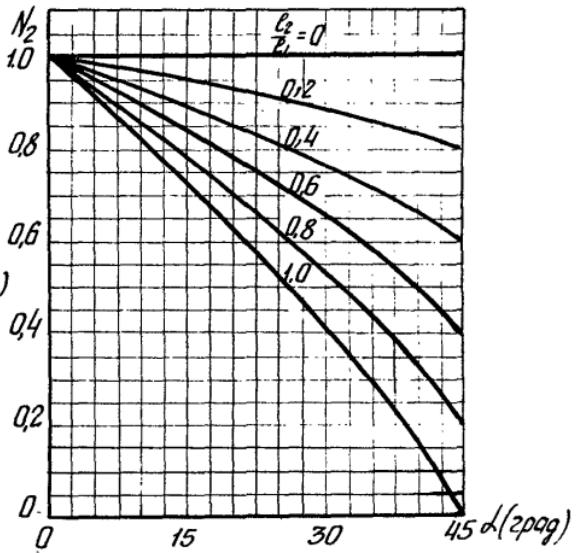
Черт. 34

Коэффициент N_1



Черт. 35

Коэффициент N_2



Черт. 36

РД. РТМ 26-319-79 Стр. 26

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

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

I.I. Исходные данные

| | |
|---|-------------------|
| Материал обечайки аппарата | сталь ВСтЗсп5 |
| Температура, °С | 200 |
| Рабочее давление, кгс/см ² | 2 |
| Внутренний диаметр аппарата, см | 340 |
| Исполнительная толщина стенки аппарата, см | 1,2 |
| Прибавка для компенсации коррозии, см | 0,2 |
| Дополнительная прибавка, см | 0,08 |
| Масса аппарата в рабочем состоянии, кг | 14000 |
| Масса аппарата в режиме гидроиспытания, кг | 28000 |
| Момент внешних нагрузок в рабочем состоянии, кгс.см | $1,25 \cdot 10^6$ |
| Момент внешних нагрузок в режиме гидроиспытания, кгс.см | $0,7 \cdot 10^6$ |
| Количество опор, шт. | 4 |
| Пробное давление, кгс/см ² | 3,5 |
| Высота столба на уровне подошвы опор, см | 650 |
| Плотность воды δ_s , кг/см ³ | 0,001 |

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):

$$\ell_1 = \frac{B + f_{max} + \delta_0 + \delta_2}{2} = \frac{65 + 36 + 0,92 + 0}{2} = 51 \text{ см}$$

Здесь

$$\delta_0 = \delta' - c - c_1 = 1,2 - 0,2 - 0,08 = 0,92 \text{ см}$$

Нагрузку на одну опору определяем по формуле(I):

$$Q = \lambda_1 \frac{G}{h} + \lambda_2 \frac{M}{D+2\ell} = 2 \cdot \frac{14000}{4} + 1 \cdot \frac{1,25 \cdot 10^6}{240 + 2 \cdot 51} = \\ = 10700 \text{ кгс}$$

Нагрузка допустима для выбранной опоры.

Соотношение параметров аппарата и опоры:

$$\gamma = \frac{D}{2 \cdot \delta_0} = \frac{240}{2 \cdot 0,92} = 130 ;$$

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

Осевое напряжение от внутреннего давления и изгибающего момента равно:

$$\tilde{\sigma}_{mz} = \frac{P.D}{4S_o} + \frac{4M}{\pi D^2 S_o} = \frac{2 \cdot 240}{4 \cdot 0,92} + \frac{4 \cdot 1,25 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 240^2 \cdot 0,92} = 160 \text{ кгс/см}^2$$

Окружное напряжение от внутреннего давления равно:

$$\tilde{\sigma}_{mo} = \frac{P.D}{2S_o} = \frac{2 \cdot 240}{2 \cdot 0,92} = 262 \text{ кгс/см}^2$$

Таким образом, максимальное мембранные напряжение от основных нагрузок и реакции опоры равно:

$$\tilde{\sigma}_{mo} = 262 \text{ кгс/см}^2$$

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

$$\begin{aligned} \tilde{\sigma}_m &= \tilde{\sigma}_{mo} \pm K_1 \frac{Q \cdot l_1}{D \cdot S_o^2} = 262 \pm 0,3 \cdot \frac{10700 \cdot 51}{240 \cdot 0,92^2} = \\ &= 262 \pm 806 = \begin{array}{l} + 1068 \text{ кгс/см}^2 \\ - 544 \text{ кгс/см}^2 \end{array} \end{aligned}$$

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

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

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

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

Условие прочности (5):

$$\left(\frac{\tilde{\sigma}_m}{\tilde{\sigma}_t} \right)^2 + 0,8 \frac{\tilde{\sigma}_u}{I, Q_{5554}} \leq 1,$$

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

не выполнено.

Требуется применить накладные листы.

По ОСТ 36- 665 -79 для опоры 2-16000 ОСТ 26- 665 -79 мы выбираем накладной лист из материала ВСтЗспб высотой $H = 102$ см.

Определяем толщину накладного листа по формуле (8):

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

Коэффициент $K = 0,26$ взят из графика черт. I6.

В соответствии с ОСТ 26- 665 -79 толщину накладного листа принимаем $S_2 = 1,2 \text{ см}$.

Плечо нагрузки по формуле (2):

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

Отношение высоты накладного листа к внутреннему диаметру равно:

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

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

$$\begin{aligned} \sigma_m &= \sigma_{mo} \pm K_3 \frac{Q l_1}{H S_o^2} = 262 \pm 0,2 \frac{10700 \cdot 51,6}{240 \cdot 0,92^2} = \\ &= 262 \pm 544 = +806 \text{ кгс/см}^2 \\ &\quad - 282 \text{ кгс/см}^2 \end{aligned}$$

Коэффициент $K_3 = 0,2$ взят из графика черт. I2.

Максимальное изгибное напряжение от реакции опоры по формуле (7)

$$\sigma_u = K_4 \frac{Q l_1}{H S_o^2} = 0,15 \frac{10700 \cdot 51,6}{102 \cdot 0,92^2} = 960 \text{ кгс/см}^2$$

Коэффициент $K_4 = 0,15$ взят из графика черт. I4.

Условие прочности (5)

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

$$\frac{806}{1890} + \frac{0,8}{1,0} \frac{960}{1890} = 0,6 < 1 \quad \text{выполнено}$$

I.3. Режим гидроиспытания

Нагрузка на одну опору по формуле (1):

$$Q = \lambda_1 \frac{G}{n} + \lambda_2 \frac{M}{D+2\ell} = 2 \cdot \frac{28000}{4} + I \cdot \frac{0,7 \cdot 10^6}{240+2,5I,6} = \\ = 16000 \text{ кгс}$$

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

$$\sigma_{mx} = (P_{\text{проб}} + \ell \cdot \delta_s) \frac{D}{4S_o} + \frac{4M}{\pi D^2 S_o} = (3,5 + 650 \cdot \\ \cdot 0,001) \cdot \frac{240}{4,0,92} + \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 240^2 \cdot 0,92} = \\ = 288 \text{ кгс/см}^2$$

Окружное напряжение от пробного и гидростатического давления равно:

$$\sigma_{m\theta} = (P_{\text{проб}} + \ell \cdot \delta_s) \frac{D}{2S_o} = (3,5 + 650 \cdot 0,001) \frac{240}{2,0,92} = \\ = 541 \text{ кгс/см}^2.$$

Таким образом, максимальное мембранные напряжение от основных нагрузок равно:

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

Толщина накладного листа по формуле (8):

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

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

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

$$\sigma_m = \sigma_{mo} + K_3 \frac{Ql_1}{D S_o^2} = 54I \pm 0,2 \frac{16000 + 51,6}{240 + 0,92^2} = \\ = 54I \pm 813 = \frac{+1354 \text{ кгс/см}^2}{-272 \text{ кгс/см}^2}$$

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

$$\sigma_u = K_4 \frac{Ql_1}{H S_o^2} = 0,15 \frac{16000 + 51,6}{102 + 0,92^2} = 1434 \text{ кгс/см}^2$$

Условие прочности (5)

$$(\frac{\sigma_m}{\sigma_r})^2 + \frac{0,8}{I_s} \frac{\sigma_u}{\sigma_r} \leq I;$$

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

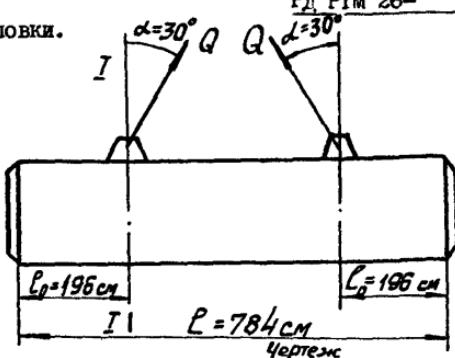
2. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СТЕНКИ АППАРАТА, ПОЛНИМОГО ЗА ДВА УШКА

Исходные данные

| | |
|--|---------------|
| Внутренний диаметр аппарата, см | 250 |
| Толщина стенки аппарата в конце срока службы, см | 1,0 |
| Масса аппарата, кг | 6500 |
| Материал аппарата | сталь ВСтЗсп5 |
| Температура стенки аппарата, °С | 20 |
| Количество ушек, шт. | 2 |

Основные размеры даны на чертеже схемы строповки.

Схема строповки.



Нагрузка на одно ушко равна:

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

По ГОСТ 13716-73 выбираем ушко 3-2-4-1300 ВСтЗспб
ГОСТ 13716-73, имеющее следующие основные размеры:

$$l_1 = 10,8 \text{ см}; l_2 = 2,0 \text{ см}; L = 26 \text{ см}; B = 10 \text{ см}.$$

Соотношения параметров аппарата и стропового устройства равны:

$$\gamma = \frac{D}{2 S_o} = \frac{250}{2 \cdot 1,0} = 125$$

$$\frac{L}{D} = \frac{26}{250} = 0,104; \quad \frac{B}{L} = \frac{10}{26} = 0,385.$$

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

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

$$\text{Здесь } M = \frac{\pi}{2} D \cdot S_o \cdot \vartheta \cdot l_o^2 \quad - \text{изгибающий момент}$$

в сечении I-I обечайки;

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

ρ - плотность материала аппарата

В соответствии с этим имеем:

$$\sigma_{m0} = \frac{2\rho \cdot l_o^2}{D} = \frac{2,785 \cdot 10^{-3} \cdot 196^2}{250} = 2,4 \text{ кгс/см}^2$$

Максимальное мембранные напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства по формуле (II):

$$\begin{aligned} \sigma_m &= \sigma_{m0} + 10^{-4} \left[(A_1 \varphi_1 + A_2 \varphi_2) \pm (B_1 \varphi_1 + B_2 \varphi_2) \cdot \frac{N_1 l_1}{L} \right] \\ &\quad \frac{B}{L} \gamma \frac{Q}{S_o^2} \cos \alpha = 2,4 + 10^{-4} \left[(58,0,2+16,0,94) \pm (88,0,2+29,0,94) \cdot 0,35 \cdot \frac{10,8}{26,0} \right] \cdot 0,385 \cdot 125 \cdot \frac{3753}{1,0^2} \cdot 0,866 = \\ &= 2,4 + \frac{520}{315} = +522 \text{ кгс/см}^2 \\ &\quad + \frac{522}{317} \text{ кгс/см}^2 \end{aligned}$$

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. I7, I8, I9, 20, 33, 34, 35).

Максимальное изгибное напряжение от реакции стропового устройства по формуле (I2):

$$\begin{aligned} \sigma_u &= \left[(A_3 \varphi_1 + A_4 \varphi_2) \pm (B_3 \varphi_1 + B_4 \varphi_2) \cdot N_1 \cdot \frac{l_1}{L} \right] \cdot \\ &\quad \cdot \frac{Q}{S_o^2} \cos \alpha \cdot \frac{B}{L} = \left[(1,8,0,2+1,17,0,94) \pm \right. \\ &\quad \left. \pm (2,6 \cdot 0,2 + 1,8 \cdot 0,94) \cdot \frac{0,35 \cdot 10,8}{26} \right] \cdot \frac{3753}{1,0^2} \cdot 0,866 \cdot \\ &\quad \cdot 0,385 = +2230 \text{ кгс/см}^2 \\ &\quad + 1424 \text{ кгс/см}^2 \end{aligned}$$

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)

$$\left(\frac{\tilde{\sigma}_m}{\tilde{\sigma}_T} \right)^2 + \frac{0,8}{A} \cdot \frac{\tilde{\sigma}_u}{\tilde{\sigma}_T} \leq I;$$

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

Отпечатано на ротапринте УкрНИИхиммаша
Заказ № 62 Тираж 200 экз.