



РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ
БАРАБАНЫ КАНАТНЫЕ
МЕТОД РАСЧЕТА

РТМ 24.090.21-76

Издание официальное

РАЗРЕСТАН Всесоюзным научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом подъемно-транспортного машиностроения, погрузочно-разгрузочного и складского оборудования и контейнеров (ВНИИПТмаш)

Директор А. Х. Комаренко

Заведующий отделом стандартизации А. С. Оболенский

Руководитель темы И. О. Спильна

Украинским заочным политехническим институтом (УЗПИ)

Ректор Г. Я. Андреев

Руководитель и исполнитель темы Б. С. Ковалевский

ВНЕСЕН Всесоюзным научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом подъемно-транспортного машиностроения, погрузочно-разгрузочного и складского оборудования и контейнеров (ВНИИПТмаш)

Директор А. Х. Комаренко

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесоюзным промышленным объединением „Союзподъемтрансмаш”

Главный инженер В. К. Пирогов

УТВЕРЖДЕН Министерством тяжелого и транспортного машиностроения

ВРЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ распоряжением Министерства тяжелого и транспортного машиностроения от 9 февраля 1976 г. № ГС-002/1086

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ
БАРАБАНЫ КАНАТНЫЕ
МЕТОД РАСЧЕТА

РТМ 24.090.21-76

Вводится впервые

Распоряжением Министерства тяжелого и транспортного машиностроения от 9 февраля 1976 г. № ГС-002/1086 данный руководящий технический материал утвержден в качестве рекомендуемого.

Настоящий РТМ распространяется на барабаны кранов, лебедок и подобных подъемных устройств с гладкой или профилированной поверхностью, изготовленные литыми или сварными и предназначенные для однослойной навивки каната.

РТМ регламентирует расчеты размеров цилиндрической и торцевой стенок барабана и соединяющих их сварных швов.

1. ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ СТЕНКА БАРАБАНА

1.1. Толщина цилиндрической стенки δ определяется в следующем порядке:

вычисляется приближенное значение толщины цилиндрической стенки

$$\delta_n = 0,95 \frac{T}{t[\delta]} \text{ мм,} \quad (1)$$

где T - наибольшее статическое напряжение каната, кгс (см. РТМ 24.090.29-77 „Краны грузоподъемные. Механизм подъема”);

t - расстояние между соседними витками каната, мм (черт. 1);

$[\delta]$ - допускаемое напряжение, кгс/мм², определяется по табл. 1.

Определяется значение коэффициента ψ , учитывающего влияние деформаций стенки и каната

$$\varphi = \left(1 + \frac{E_k F_k}{E_b \delta t}\right)^{-\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

где δ - приближенно принимается равной $\delta_{\text{п}}$.

E_b - модуль упругости стенки барабана, кгс/мм². Для сварных стальных барабанов $E_b = 21000$ кгс/мм²; для литых стальных барабанов $E_b = 19000$ кгс/мм²; для чугунных барабанов $E_b = 10000$ кгс/мм²;

E_k - модуль упругости каната, кгс/мм². Для шестипрядных канатов с органическим сердечником $E_k = 9000$ кгс/мм²; с металлическим сердечником $E_k = 11000$ кгс/мм²;

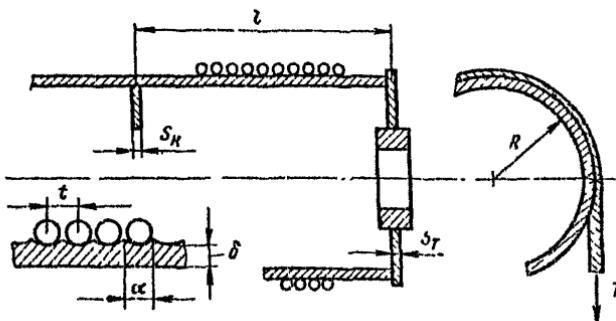
F_k - площадь сечения всех проволок каната, мм².

Окончательно толщина цилиндрической стенки δ определяется по формуле

$$\delta = 1,07 \varphi \frac{T}{t [\sigma]} \text{ мм.} \quad (3)$$

При отношении длины барабана к его диаметру $L/D > 2$ допускаемые напряжения $[\sigma]$ в формуле (3) следует уменьшить на С% при навивке на барабан двух концов каната и на 0,5С% - при навивке одного конца, причем для $\frac{L}{D} \cdot \frac{d}{D} = 0,1; 0,2; 0,3$ можно принять (допуская линейную интерполяцию) С = 5; 10; 15% соответственно, где d - диаметр каната.

Цилиндрический барабан для однослойной навивки каната



Черт. 1

Таблица 1

Материал	Предел теку- щести σ_T , кгс/см ²	Предел прочно- сти на изгиб σ_B , кгс/см ²	Допускаемые напряжения $[\sigma]$ для раз- личных групп режимов работы механизма (го РС 5138-75), кгс/мм ²				
			1	2	3	4 и 5	6
Сталь ВМ Ст3сп	24	-	20	17	15	13	11
Сталь 20	25	-	21	18	16	14	12
Сталь 09Г2С	31	-	26	22,5	19,5	16,5	14
Сталь 15ХСНД	35	-	28	24	21	17,5	15
Сталь 35Л	28	-	23	21	17	14	12
Сталь 55Л	35	-	26	23	20	16,5	14
Чугун СЧ15-32	-	32	11	10	9	-	-
Чугун СЧ18-36	-	36	13	11,5	10	9	-
Чугун СЧ24-44	-	44	17	15	13	11,5	10

1.2. Цилиндрическая стенка проверяется на устойчивость, а также по величине изгибающих напряжений у стыка с ребрами жесткости и с торцевой стенкой.

1.3. Проверочный расчет цилиндрической стенки на устойчивость выполняется по формуле

$$\frac{\sigma_K}{\varphi \sigma_H} > [n], \quad (4)$$

где n - запас устойчивости цилиндрической стенки. Рекомендуется $[n] \geq 1,7$ для стальных и $[n] \geq 2,0$ для чугунных барабанов,

σ_H -名义альные напряжения в цилиндрической стенке,

$$\sigma_H = \frac{T}{\delta t} \text{ кгс/мм}^2, \quad (5)$$

σ_K - критические напряжения, кгс/мм²;

$$\sigma_K = 0,92 \cdot E_6 \cdot \frac{\delta}{l} \sqrt{\frac{\delta}{R}} \text{ кгс/мм}^2, \quad (6)$$

но не более $\sigma_K = 0,8 \sigma_T$ - для стальных барабанов; $\sigma_K = 0,6 \sigma_B$ - для чугунных барабанов;

Стр. 4 РТМ 24.090.21-76

R - радиус барабана, мм;

L - расстояние между торцевыми стенками или кольцом жесткости и торцевой стенкой, или между кольцами жесткости, мм (см. черт. 1).

При недостаточной устойчивости цилиндрических стенок (формула 4) их толщина увеличивается или вводятся кольца жесткости. Расчет колец жесткости приведен в разделе 2.

Расчет по формуле (4) не нужен, если значения L/D при разных величинах D/δ и номинальных напряжениях, вычисленных по формуле (5), не превышают значений, указанных в табл. 2,

Таблица 2

σ_n , кгс/мм ²	Значения L/D для различных D/δ							
	25	30	35	40	45	50	55	60
Стальные барабаны								
15	-	6,5	5,2	4,2	3,5	3,0	2,7	2,4
20	-	5,2	3,9	3,1	2,6	2,2	2,0	1,8
25	-	4,2	3,1	2,5	2,1	1,8	1,6	1,4
Чугунные барабаны								
10	5,2	4,6	3,7	3,0	2,5	2,1	-	-
12,5	4,1	3,7	2,9	2,4	2,0	1,7	-	-
15	3,4	3,1	2,5	2,0	1,7	1,4	-	-

1.4. Проверочный расчет напряжений в цилиндрической стенке у кольца жесткости выполняется по формуле

$$\sigma_0 = \varphi \psi_0 \frac{T}{\delta_0 t} \leq [\sigma] \text{ кгс/мм}^2, \quad (7)$$

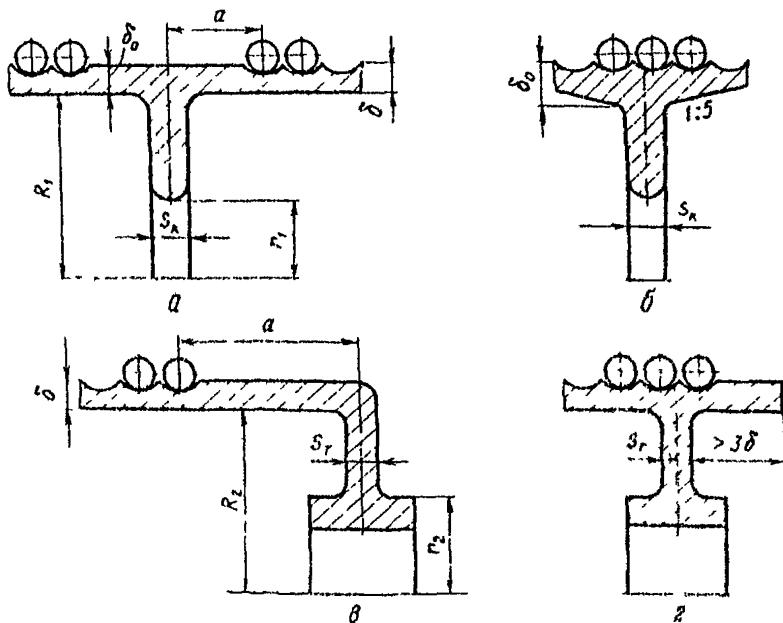
где δ_0 - толщина цилиндрической стенки у кольца жесткости с учетом возможных утолщений (черт. 2, а, б),

φ и ψ_0 - коэффициенты, зависящие от параметра γ .

Значение γ определяется принятыми размерами барабана по формуле

$$\gamma = 0,64 \frac{1 - \frac{r_1^2}{R_1^2}}{0,7 + 1,3 \frac{r_1^2}{R_1^2}} \sqrt{\frac{R}{\delta}} \cdot \frac{\delta_K}{\delta}, \quad (8)$$

К расчету напряжений в стержне у кольца жесткости и у торцевой стенки



Черт. 2

где s_K – толщина кольца жесткости, мм (см. п. 2);
 a, r_1, R_1 – размеры барабана.
При $\gamma \geq 1$, $\psi_0 = 1$; при $\gamma < 1$, $\psi_0 = 0,5(1 + \varphi)$. (9)

Значения φ принимаются по табл. 3.

Таблица 3

$\frac{a}{VR\delta}$	Коэффициент φ для различных γ							
	4,1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	25,0	∞
0	1,7	1,11	1,21	1,25	1,31	1,48	1,56	1,62
0,3	1,07	1,10	1,16	1,22	1,29	1,34	1,39	1,43
0,4	1,07	1,07	1,11	1,14	1,19	1,23	1,28	1,32
0,5	1,07	1,07	1,07	1,07	1,09	1,13	1,17	1,19

1.5. Проверочный расчет напряжений в цилиндрической стенке у стыка с торцевой стенкой выполняется по формуле:

$$\sigma_{\text{тр}} = 0,89(\varepsilon \delta_H + \rho \frac{H}{\delta^2}) \leq [\sigma] \text{ кгс/мм}^2, \quad (10)$$

где H - осевая нагрузка, создаваемая отклонением грузовой подвески по оси барабана, кгс; при отсутствии специальных данных принимается, что каждый навиваемый на барабан канат создает нагрузку $H=0,1T$;
 ε и ρ - коэффициенты, зависящие от параметра Θ , определяемого заданными размерами барабана:

$$\Theta = 0,39 \frac{1,3 + 0,7(r_2/R_2)^2}{1 - (r_2/R_2)^2} \sqrt{\frac{\delta}{R}} \left(\frac{s_T}{\delta} \right)^3, \quad (11)$$

где s_T - толщина торцевой стенки;

R_2 , r_2 , a - размеры барабана (черт. 2, в, г).

Для конструкции узла, приведенной на черт. 2, в, при $a \neq 0$ значения ε определяются по табл. 4, при $a = 0$ по формуле

$$\varepsilon = 1,82 \frac{\Theta}{1 + \Theta}. \quad (12)$$

$$\rho = \frac{C_1}{1 + \Theta}. \quad (13)$$

Таблица 4

$\frac{a}{VR\delta}$	Коэффициент ε для различных Θ								
	0,5	1,0	1,5	2	3	5	10	25	∞
0,3	-	0,57	0,69	0,77	0,86	0,95	1,03	1,10	1,15
0,4	-	-	0,57	0,64	0,72	0,79	0,85	0,92	0,95
0,5	-	-	-	-	0,58	0,64	0,69	0,74	0,79
0,6	-	-	-	-	-	-	0,54	0,58	0,60

Для конструкции узла, приведенной на черт. 2, г,

$$\varepsilon = 1,82 \frac{1 + \Theta}{2 + \Theta}. \quad (14)$$

$$\rho = \frac{C_1}{2 + \theta}. \quad (15)$$

Значения C_1 для некоторых значений r_2/R_2 приведены в табл. 5 (индексы при r , R опущены),

Таблица 5

Коэффициент	Коэффициенты C для r/R				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
C_1	1,44	1,23	1,02	0,81	0,59
C_2	0,91	0,84	0,76	0,68	0,58
C_3	1,47	1,42	1,36	1,29	1,22
C_4	2,02	2,13	1,49	1,08	0,72

При $\varepsilon < 0,5$ расчет по формуле (10) не производится.

1.6. При невыполнении условий (7) и (10) толщина цилиндрической стенки барабана увеличивается. В литых барабанах можно ограничиться местными утолщениями (см. черт. 2, б).

2. КОЛЬЦО ЖЕСТКОСТИ

2.1. Определение толщины кольца жесткости (см. черт. 2, а) производится по формуле

$$S_K \geq 2\delta \sqrt{\frac{\delta}{R}} \quad \text{мм.} \quad (16)$$

2.2. Если имеет место соотношение $R/\delta > 25$, кольцо жесткости (плоское) проверяется на устойчивость по формуле

$$n_0 = \kappa \frac{1 + \gamma}{\gamma} \cdot \frac{E}{\sigma_H} \left(\frac{S_K}{\sqrt{R}\delta} \right)^3, \quad (17)$$

где n_0 - запас устойчивости кольца жесткости. Рекомендуется $n_0 \geq 3$;

σ_H - определяется по формуле (5);

γ - определяется по формуле (8);

E – модуль упругости кольца, кгс/мм²;

κ – коэффициент, определяемый в зависимости от заданных размеров кольца,

При $r_1/R_1 = 0,70; 0,75; 0,80; 0,85 \quad \kappa = 1,9; 2,3; 3,0; 4,1$ соответственно.

3. ТОРЦЕВАЯ СТЕНКА БАРАБАНА

3.1. Проверочный расчет толщины торцевой стенки выполняется по условию:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_t \sigma_t + \sigma_t^2} \leq [\sigma] \text{ кгс/мм}^2, \quad (18)$$

где $\sigma_r = f \frac{T}{S_T t} + f \sqrt{\frac{H}{S_T^2}} \text{ кгс/мм}^2, \quad (19)$

$$\sigma_t = C_2 \sigma_r + 0,67 \frac{H}{S_T^2} \text{ кгс/мм}^2, \quad (20)$$

$$f = \varepsilon \frac{\delta}{S_T} + \nu \sqrt{\frac{\delta}{R}}. \quad (21)$$

Значения коэффициентов ε и ρ принимаются в соответствии с указаниями п. 1.4;

для конструкции по черт. 2, в при $a = 0 \quad \nu = 0,39 \frac{1+2\Theta}{1+\Theta};$ (22)

$$\text{для конструкции по черт. 2, г} \quad \nu = 0,78; \quad C_2 = \\ = \frac{1,3(R_2/r_2)^2 - 0,7}{1,3(R_2/r_2)^2 + 0,7} \quad (\text{см. табл. 5});$$

проверяется также напряжение в торцевой стенке у ступицы

$$\sigma_{ст} = 0,89 C_3 f \frac{T}{S_T t} + (C_4 - \rho C_3) \frac{H}{S_T^2} \leq [\sigma] \text{ кгс/мм}^2, \quad (23)$$

где $C_3 = 0,77(1+C_2); \quad C_4 = 0,96(1+\ln \frac{R_2}{r_2}) C_3 - 1 \quad (\text{см. табл. 5}),$ а коэффициент f определяется по формуле (21).

4. СВАРНЫЕ ШВЫ

4.1. В расчетах сварных швов на прочность необходимо учитывать (черт. 3):

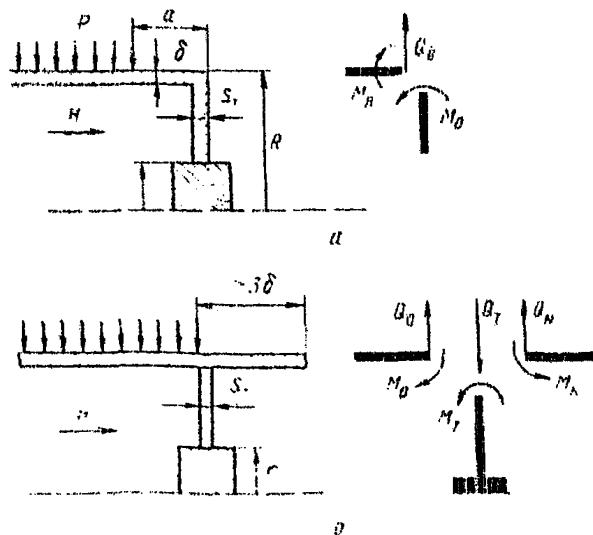
моменты у стыка от радиальной нагрузки

$$M_o = \frac{\varepsilon \delta}{6 t} T \text{ кгс·мм/мм}, \quad (24)$$

моменты у стыка от осевой нагрузки

$$M_o = \frac{\rho}{6} H \text{ кгс·мм/мм}, \quad (25)$$

Моменты и перерезывающие силы цилиндрической и торцевой стенок барабана при отсутствии консольной стенки (а) и при наличии консольной стенки (б)



Индексы: о - цилиндрическая стенка; т - торцевая стенка; х - консольная стенка

Черт. 3.

перерезывающие силы от радиальной нагрузки в плоскости, перпендикулярной оси барабана

$$Q = u \sqrt{\frac{\delta}{R}} \frac{1}{t} T \text{ кгс/мм}, \quad (26)$$

перерезывающие силы от осевой нагрузки по образующей цилиндра

$$S = \frac{1}{\pi R} H \text{ кгс/мм}. \quad (27)$$

4.2. Сварные швы должны иметь прочность не меньшую, чем соединяемые ими элементы – цилиндрическая и торцевая стенки. Это же относится к продольным и поперечным швам цилиндрической стенки барабана.

Примеры расчета приведены в приложении справочном.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример 1.

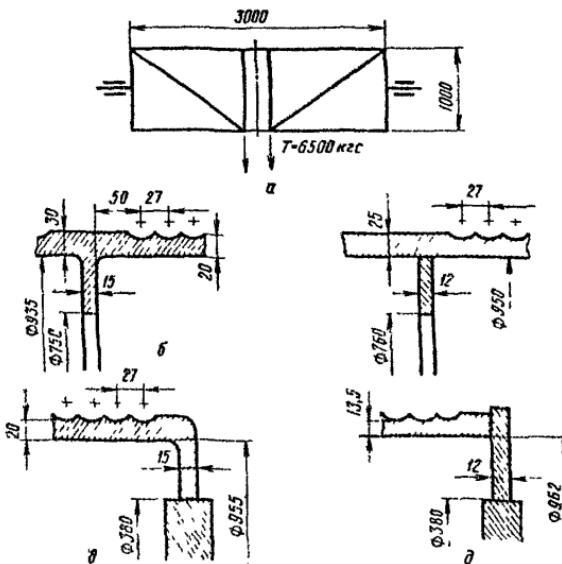
Исходные данные:

Размеры барабана приведены на чертеже.

Материал - чугун СЧ24-44; модуль упругости $E_b = 10000 \text{ кгс}/\text{мм}^2$, допускаемое напряжение $[σ] = 11,5 \text{ кгс}/\text{мм}^2$ (табл. 1).

Канат диаметром $d = 24 \text{ мм}$, площадь поперечного сечения $F_k = 215 \text{ мм}^2$, модуль упругости $E_k = 9000 \text{ кгс}/\text{мм}^2$. Шаг наивки $t = 27$. Наибольшее статическое натяжение каната $T = 6500 \text{ кгс}$ (чертеж, а).

Основные размеры барабанов



Группа режима работы механизма 5.

1. Определение толщины цилиндрической стенки.

По формуле (1) вычисляется приближенное значение толщины стенки

$$\delta_n = 0,95 \frac{T}{t [\sigma]} = 0,95 \frac{6500}{27 \cdot 11,5} \approx 20 \text{ мм.}$$

По формуле (2) определяется значение коэффициента ψ

$$\psi = \left(1 + \frac{E_K \cdot F_K}{E_6 \delta_n t} \right)^{-\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{9000 \cdot 215}{10000 \cdot 20 \cdot 27} \right)^{-\frac{1}{2}} = 0,85.$$

По формуле (3)

$$\delta = 1,07 \psi \frac{T}{t [\sigma]} = 1,07 \cdot 0,85 \frac{6500}{27 \cdot 11,5} \approx 19,1 \text{ мм.}$$

Принимается окруженно $\delta = 20 \text{ мм.}$

2. Проверка цилиндрической стенки на устойчивость.

По формуле (5) определяется名义альное напряжение

$$\sigma_n = \frac{T}{\delta t} = \frac{6500}{20 \cdot 27} = 12 \text{ кгс/мм}^2.$$

Так как $D / \delta = 1000 / 20 = 50$ и $\sigma_n = 12 \text{ кгс/мм}^2$
то при $L / D = 3000 / 1000 = 3$ расчет на устойчивость необходи (табл. 2).

Критическое напряжение по формуле (6), при $l \approx L$

$$\sigma_k = 0,92 E_6 \frac{\delta}{l} \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 0,92 \cdot 10000 \cdot \frac{20}{3000} \sqrt{\frac{20}{500}} = 12,2 \text{ кгс/мм}^2$$

($R = 500 \text{ мм, по средней линии навитого каната}.$)

По п. 1.3. проверяется условие

$$\sigma_k < 0,6 \sigma_{BH} = 0,6 \cdot 44 = 26,4 \text{ кгс/мм}^2,$$

Запас устойчивости

$$n = \frac{\sigma_k}{\psi \sigma_H} = \frac{12,2}{0,85 \cdot 12,0} = 1,20 < 2.$$

Необходимо увеличить толщину цилиндрической стенки (при $\delta = 25$ мм $n = 2$) или подкрепить стенку толщиной $\delta = 20$ мм кольцом жесткости.

При одном кольце жесткости расчетная длина l уменьшается вдвое и соответственно увеличивается запас устойчивости

$$n = 2 \cdot 1,2 = 2,40 > 2.$$

3. Расчет кольца жесткости.

Толщина кольца жесткости должна быть не менее величины s_k , определяемой по формуле (16)

$$s_k = 2\delta \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 2 \cdot 20 \sqrt{\frac{20}{500}} = 8 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений принято $s_k = 15$ мм.

Так как $R/\delta = 250/20 = 12,5 < 2\delta$ (см. п. 2.2), то проверка кольца на устойчивость не нужна. Все же ниже приводится этот расчет, чтобы показать последовательность действий.

Для проверки запаса устойчивости кольца жесткости (чертеж. 5) при $r_1/R_1 = \frac{750}{935} = 0,8$ определяется коэффициент γ по формуле (8)

$$\begin{aligned} \gamma &= 0,64 \frac{1 - (r_1/R_1)^2}{0,7 + 1,3(r_1/R_1)^2} \sqrt{\frac{R}{\delta}} \frac{s_k}{\delta} = \\ &= 0,64 \frac{1 - 0,8^2}{0,7 + 1,3 \cdot 0,8^2} \sqrt{\frac{500}{20}} \frac{15}{20} = 0,52. \end{aligned}$$

По табл. 6 $K = 3$.

По формуле (17)

$$\begin{aligned} n_0 &= \kappa \frac{1+\gamma}{\gamma} \frac{E}{G_H} \left(\frac{s_k}{\sqrt{R}\delta} \right)^3 = 3 \frac{1,52 \cdot 10000}{0,52 \cdot 12} \left(\frac{15}{\sqrt{500} \cdot 20} \right)^3 = \\ &= 25 > 3. \end{aligned}$$

4. Проверка цилиндрической стенки барабана у кольца жесткости.

В соответствии с п. 1.4 для $\gamma = 0,52$ по табл. 3 определяем

$$\varphi = 1,07;$$

для $\varphi = 0,85$:

$$\varphi_0 = 0,5(1 + \varphi) \approx 0,5(1 + 0,85) \approx 0,93.$$

Толщина стенки у кольца жесткости $\delta_0 = 30$ мм (чертеж, б).

По формуле (7)

$$\sigma_0 = \varphi \varphi \frac{T}{\delta_0 t} = 0,93 \cdot 1,07 \frac{6600}{30 \cdot 27} = 7,95 \text{ кгс/мм}^2 \leftarrow [6].$$

5. Проверка цилиндрической стенки барабана у стыка с торцевой стенкой.

В соответствии с п. 1.5 при $S_T = 15$ мм и $\frac{r_2}{R_2} = 0,4$ по формуле (11)

$$\Theta = 0,39 \frac{\frac{1,3 + 0,7(r_2/R_2)}{1 - (r_2/R_2)^2}^2 \sqrt{\frac{\delta}{R}} \left(\frac{S_T}{\delta}\right)^3}{\sqrt{\frac{20}{500}} \left(\frac{15}{20}\right)^3} = 0,39 \frac{\frac{1,3 + 0,7 \cdot 0,4}{1 - 0,4^2}^2 \sqrt{\frac{20}{500}} \left(\frac{15}{20}\right)^3}{\sqrt{\frac{20}{500}} \left(\frac{15}{20}\right)^3} = 0,06.$$

По табл. 5 $C_1 = 1,23$.

По формуле (12)

$$\varepsilon = 1,82 \frac{\Theta}{1 + \Theta} = 1,82 \frac{0,06}{1,06} = 0,10.$$

Поскольку $\varepsilon < 0,5$, дальнейший расчет может не выполняться и приводится с целью показать последовательность операций.

По формуле (14)

$$\rho = \frac{C_1}{1 + \Theta} = \frac{1,23}{1,06} = 1,16.$$

По формуле (10) при $H = 0,2T = 0,2 \cdot 6500 = 1300$ кгс определяется

$$\sigma_{tp} = 0,89(\varepsilon \sigma_H + \rho \frac{H}{\delta^2}) = 0,89(0,10 \cdot 12,0 + 1,15 \frac{1300}{21^2}) = \\ = 4,15 \text{ кгс}/\text{мм}^2 < [\sigma].$$

6. Проверка торцевой стенки.

Напряжения в торцевой стенке определяются в соответствии с пунктом 3.1 (чертеж, в).

По формуле (22) при $\theta = 0,06$ и $a = 0$

$$v = 0,39 \frac{1+2\theta}{1+\theta} = 0,39 \frac{1,12}{1,06} = 0,41.$$

По формуле (21)

$$f = \varepsilon \frac{\delta}{S_T} + v \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 0,09 \frac{20}{15} + 0,41 \sqrt{\frac{20}{500}} = 0,20.$$

По формуле (19)

$$\sigma_r = f \frac{T}{S_T t} + \rho \frac{H}{S_T z} = 0,20 \frac{6500}{15 \cdot 27} + 1,16 \frac{1300}{15^2} = 10,0 \text{ кгс}/\text{мм}^2.$$

По табл. 5 при $\frac{r_2}{R_2} = 0,4$, $C_2 = 0,84$.

По формуле (20)

$$\sigma_t = C_2 \sigma_r + 0,67 \frac{H}{S_T z} = 0,84 \cdot 10,0 + 0,67 \frac{1300}{15^2} = 12,3 \text{ кгс}/\text{мм}^2.$$

По формуле (18)

$$\sigma_\theta = \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_r \sigma_t + \sigma_t^2} = \sqrt{10,0^2 - 10,0 \cdot 12,3 + 12,3^2} = \\ = 11,8 \text{ кгс}/\text{мм}^2,$$

что близко к допускаемому значению $[\sigma] = 11,5 \text{ кгс}/\text{мм}^2$.

Напряжения в торцевой стенке у ступицы определяются по формуле (23).

По табл. 5 для $\frac{r_2}{R_2} = 0,4$, $C_3 = 1,42$, $C_4 = 2,13$, $f = 0,20$

$$\sigma_{ct} = 0,89 C_3 f \frac{T}{S_T t} + (C_4 - \rho C_3) \frac{H}{S_T z} = 0,89 \cdot 1,42 \cdot 0,20 \frac{6500}{15 \cdot 27} + \\ + (2,13 - 1,16 \cdot 1,42) \cdot \frac{1300}{15^2} = 6,7 \text{ кгс}/\text{мм}^2 < [\sigma].$$

Пример 2.

Исходные данные

Барабан сварной из стали 15ХСНД, модуль упругости $E_b = 21000 \text{ кгс/мм}^2$, допускаемое напряжение $\sigma_{[G]} = 17,5 \text{ кгс/мм}^2$. Остальные исходные данные те же, что и для примера 1.

1. Определение толщины цилиндрической стенки.

По формуле (1) вычисляется приближенное значение толщины стенки

$$\delta_{\text{пр}} = 0,95 \frac{T}{t [G]} = 0,95 \frac{6500}{27 \cdot 17,5} = 13,1 \text{ мм.}$$

По формуле (2) определяется значение коэффициента ψ

$$\psi = \left(1 + \frac{E_K \cdot F_K}{E_b \cdot \delta_n t}\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{10000 \cdot 2,15}{21000 \cdot 13,1 \cdot 27}\right)^{-\frac{1}{2}} = 0,88,$$

По формуле (3) окончательно.

$$\delta = 1,07 \psi \frac{T}{t [G]} = 1,07 \cdot 0,88 \cdot \frac{6500}{27 \cdot 17,5} = 12,9 \approx 13,0 \text{ мм.}$$

2. Проверка цилиндрической стенки на устойчивость.

По формуле (5) определяется номинальное напряжение:

$$\sigma_n = \frac{T}{\delta t} = \frac{65000}{13 \cdot 27} = 18,5 \text{ кгс/мм}^2.$$

При одном кольце жесткости $I = 1500 \text{ мм}^4$.

По формуле (6) критические напряжения равны:

$$\sigma_k = 0,92 E_b \frac{s}{l} \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 0,92 \cdot 2100 \frac{13}{500} \sqrt{\frac{13}{500}} = 27,5 \text{ кгс/мм}^2.$$

Необходимо проверить условие

$$\sigma_k \leq 0,8 \sigma_{[G]}$$

По табл. 1 $\sigma_{[G]} = 35 \text{ кгс/мм}^2$; $\sigma_k = 0,8 \cdot 35 = 28 \text{ кгс/мм}^2$;

Поэтому

$$\pi = \frac{\sigma_k}{\psi \sigma_H} = \frac{28.0}{0.88 \cdot 18.5} = 1.72 > 1.7.$$

3. Расчет кольца жесткости.

Толщина кольца жесткости проверяется по формуле (16). Минимальное значение равно:

$$S_k = 2\delta \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 2 \cdot 13 \cdot \sqrt{\frac{13}{500}} = 4.3 \text{ мм};$$

конструктивно принимается $S_k = 12 \text{ мм}$, $\frac{r_1}{R_1} = 0.8$ (чертеж, г).

Так как $R/\delta = 250/13 < 25$, то расчет по формуле (17) не нужен.

4. Проверка цилиндрической стенки барабана у кольца жесткости.

В соответствии с п. 1.4 для $\gamma = 0.81$ по табл. 3 $\varphi = 1.07$; при $\psi = 0.88$ $\psi_0 = 0.5(1 + \psi) = 0.5(1 + 0.88) = 0.94$.

Толщина стенки $\delta_0 = 25 \text{ мм}$

$$\sigma_0 = \psi_0 \varphi \frac{T}{t \delta_0} = 0.94 \cdot 1.07 \frac{6600}{27 \cdot 25} = 9.7 < [\sigma].$$

5. Проверка цилиндрической стенки барабана у стыка с торцевой стенкой.

По формуле (11) при $\frac{r_2}{R_2} = 0.4$ (чертеж, д) определяется:

$$\Theta = 0.39 \frac{1.3 + 0.7(r_2/R_2)^2}{1 - (r_2/R_2)^2} \sqrt{\frac{\delta}{R}} \left(\frac{S_T}{\delta}\right)^3 = \\ = 0.39 \frac{1.3 + 0.7 \cdot 0.4^2}{1 - 0.4^2} \sqrt{\frac{13}{500}} \left(\frac{12}{13}\right)^3 = 0.08.$$

$C_1 = 1.23$ по табл. 5.

По формуле (12)

$$\epsilon = 1.82 \frac{\Theta}{1 + \Theta} = 1.82 \cdot \frac{0.08}{1.08} = 0.14.$$

Поскольку $\epsilon < 0.5$, дальнейший расчет стенки может не проводиться.

6. Проверка торцевой стенки,

По формуле (22), при $\Theta = 0,08$, определяем

$$\sigma = 0,39 \frac{1+2\Theta}{1+\Theta} = 0,39 \frac{1,16}{1,08} = 0,42.$$

По формуле (14)

$$\rho = \frac{C_1}{1+\Theta} = \frac{1,23}{1,08} = 1,13.$$

По формуле (21)

$$f = \varepsilon \frac{\delta}{S_T} + v \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 0,14 \frac{13}{12} + 0,42 \sqrt{\frac{13}{500}} = 0,22.$$

По формуле (19)

$$\sigma_r = f \frac{T}{S_T t} + \rho \frac{H}{S_T^2} = 0,22 \frac{6500}{12 \cdot 27} + 1,13 \frac{1300}{12^2} = 14,6 \text{ кгс/мм}^2.$$

По формуле (20)

$$\sigma_t = C_2 \sigma_r + 0,67 \frac{H}{S_T^2} = 0,84 \cdot 14,6 + 0,67 \cdot \frac{1300}{12^2} = 19,1 \text{ кгс/мм}^2.$$

По формуле (18)

$$f = \varepsilon \frac{\delta}{S_T} + v \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 0,14 \frac{13}{12} + 0,42 \sqrt{\frac{13}{500}} = 0,22.$$

По формуле (19)

$$\sigma_r = f \frac{T}{S_T t} + \rho \frac{H}{S_T^2} = 0,22 \frac{6500}{12 \cdot 27} + 1,13 \frac{1300}{12^2} = 14,6 \text{ кгс/мм}^2.$$

По формуле (20)

$$\sigma_t = C_2 \sigma_r + 0,67 \frac{H}{S_T^2} = 0,84 \cdot 14,6 + 0,67 \cdot \frac{1300}{12^2} = 19,1 \text{ кгс/мм}^2.$$

По формуле (18)

$$\sigma_{\theta} = \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_r \sigma_t + \sigma_t^2} = \sqrt{14,6^2 - 14,6 \cdot 19,1 + 19,1^2} = \\ = 17,3 \text{ кгс/мм}^2 < [G]$$

По табл. 5 $C_3 = 1,42$, $C_4 = 2,13$. Определяется напряжение в торцевой стенке у ступицы по формуле (23)

$$\sigma_{ct} = 0,89C_3 f \frac{T}{S_T t} + (C_4 - \rho C_3) \frac{H}{S_T^2} =$$

$$= 0,89 \cdot 1,42 \cdot 0,22 \frac{6600}{12 \cdot 27} + (2,13 - 1,13 \cdot 1,42) \cdot \frac{1300}{12^2} =$$

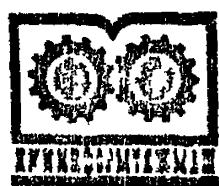
$$= 10,4 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma].$$

Подп. к печ. 14/III-78 г.
Печ. л. 1,25
Зак. инст. 13/78

Уч.-изд. л. 0,82
Зак. тип. 87

Формат 60x90¹/1,6
Тираж 450 экз.

ИИИинформтэкноин, 129847, г. Г. П., Москва, 11-90, Троицкая ул., 17
Отдел выдачи приборов микрофильтрования
и опорогиевой печати ИИИинформтэкноин



Заказ 13/78