РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ БАРАБАНЫ КАНАТНЫЕ МЕТОД РАСЧЕТА

РТМ 24.090.21-76

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

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

Директор А. Х. Комашенко
Заведующий отделом стандартизации А. С. Оболенский
Руководитель темы Н. О. Спицына

Украинским заочным политехническим институтом (УЗПИ)

Ректор Г. Я. Андреев
Руководитель и исполнитель темы Б. С. Ковальский

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

Директор А. Х. Комашенко

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесоюзным промышленным объединением „Союзподъемтрансмаш"

Главный инженер В. К. Пирогов

УТВЕРЖДЕН Министерством тяжелого и транспортного машиностроения

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

© Научно-исследовательский институт информации по тяжелому и транспортному машиностроению, 1976

УДК 621.873.2 Группа Г86

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

$$\delta_п = 0{,}95\frac{T}{t[\sigma]} \text{ мм}, \qquad (1)$$

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

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

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение, кгс/мм^2, определяется по табл. 1.

Определяется значение коэффициента ψ, учитывающего влияние деформаций стенки и каната

Издание официальное № 7404531 Перепечатка воспрещена

$$\varphi = \left(1 + \frac{E_к F_к}{E_б \delta t}\right)^{-\frac{1}{2}}, \qquad (2)$$

где δ – приближенно принимается равной $\delta_п$;

$E_б$ – модуль упругости стенки барабана, кгс/мм^2. Для сварных стальных барабанов $E_б$ = 21000 кгс/мм^2; для литых стальных $E_б$ = 19000 кгс/мм^2; для чугунных барабанов $E_б$ = 10000 кгс/мм^2;

$E_к$ – модуль упругости каната, кгс/мм^2. Для шестипрядных канатов с органическим сердечником $E_к$ = = 9000 кгс/мм^2; с металлическим сердечником $E_к$ = = 11000 кгс/мм^2;

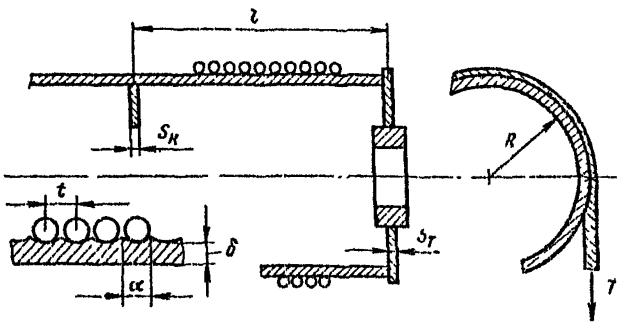
$F_к$ – площадь сечения всех проволок каната, мм^2.

Окончательно толщина цилиндрической стенки δ определяется по формуле

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

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 текучести $\sigma_т$, кгс/см^2	Предел прочности на изгиб $\sigma_{ви}$, кгс/см^2	Допускаемые напряжения $[\sigma]$ для различных 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

$$n = \frac{\sigma_к}{\psi\, \sigma_н} > [n], \qquad (4)$$

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

$\sigma_н$ – номинальные напряжения в цилиндрической стенке,

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

$\sigma_к$ – критические напряжения, кгс/мм^2;

$$\sigma_к = 0,92 \cdot E_б \cdot \frac{\delta}{t} \sqrt{\frac{\delta}{R}} \text{ кгс/мм}^2, \qquad (6)$$

но не более $\sigma_к = 0,8\,\sigma_т$ – для стальных барабанов; $\sigma_к = 0,6\,\sigma_{ви}$ – для чугунных барабанов;

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

$\sigma_н$, 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

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

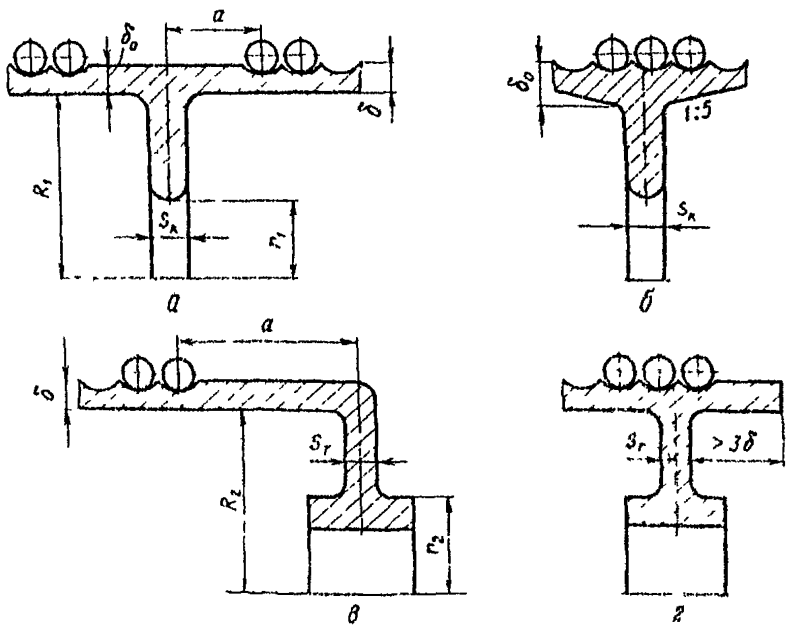
где δ_0 – толщина цилиндрической стенки у кольца жесткости с учетом возможных утолщений (черт. 2, а, б),

φ и ψ_0 – коэффициенты, зависящие от параметра γ.

Значение γ определяется принятыми размерами барабана по формуле

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

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



Черт. 2

где $S_к$ – 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

$\frac{a}{\sqrt{R\delta}}$	Коэффициент φ для различных γ							
	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:

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

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:

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

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

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

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

Таблица 4

$\frac{a}{\sqrt{R\delta}}$	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,

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

$$\rho = \frac{C_1}{2+\Theta}. \qquad (15)$$

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

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

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

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

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

$\sigma_н$ – определяется по формуле (5);

γ – определяется по формуле (8);

E – модуль упругости кольца, кгс/мм^2;

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

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

3. ТОРЦЕВАЯ СТЕНКА БАРАБАНА

3.1. Проверочный расчет толщины торцевой стенки выполняется по условию:

$$\sigma_э = \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_r \sigma_t + \sigma_t^2} \le [\sigma] \quad \text{кгс/мм}^2, \tag{18}$$

где

$$\sigma_r = f\frac{T}{S_T t} + f\frac{H}{S_T^2} \ \text{кгс/мм}^2, \tag{19}$$

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

$$f = \varepsilon\frac{\delta}{S_T} + \upsilon\sqrt{\frac{\delta}{R}}\ . \tag{21}$$

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

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

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

проверяется также напряжение в торцевой стенке у ступицы

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

где $C_3 = 0{,}77(1 + C_2)$; $C_4 = 0{,}96\left(1 + \ln\frac{R_2}{r_2}\right) C_3 - 1$ (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):

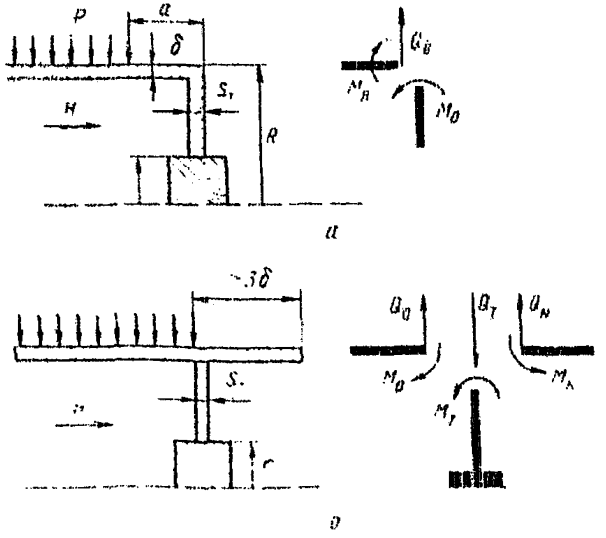
моменты у стыка от радиальной нагрузки

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

моменты у стыка от осевой нагрузки

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

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; к – консольная стенка

Черт. 3.

перерезывающие силы от радиальной нагрузки в плоскости, перпендикулярной оси барабана

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

перерезывающие силы от осевой нагрузки по образующей цилиндра

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

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.

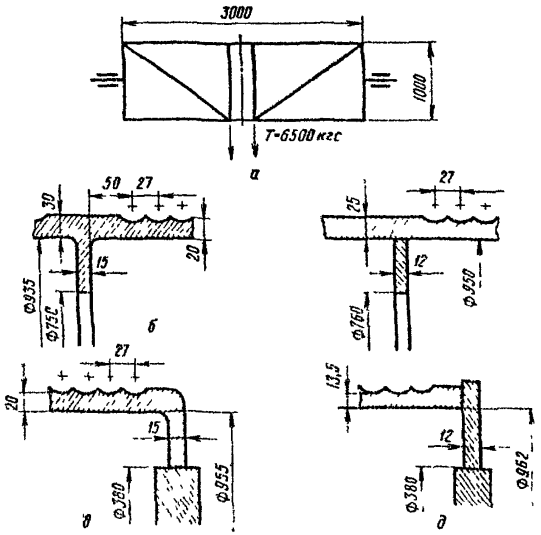
Исходные данные:

Размеры барабана приведены на чертеже.

Материал – чугун СЧ24-44; модуль упругости $E_б$ = = 10000 кгс/мм^2, допускаемое напряжение $[\sigma]$ = = 11,5 кгс/мм^2 (табл. 1).

Канат диаметром d = 24 мм, площадь поперечного сечения $F_к$ = 215 мм^2, модуль упругости $E_к$ = 9000 кгс/мм^2. Шаг навивки t = 27. Наибольшее статическое натяжение каната T = 6500 кгс (чертеж, а).

Основные размеры барабанов



Группа режима работы механизма 5.

1. Определение толщины цилиндрической стенки.

По формуле (1) вычисляется приближенное значение толщины стенки

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

По формуле (2) определяется значение коэффициента φ

$$\varphi = \left(1+\frac{E_к \cdot F_к}{E_б\,\delta_п\,t}\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(1+\frac{9000\cdot 215}{10000\cdot 20\cdot 27}\right)^{-\frac{1}{2}} = 0{,}85.$$

По формуле (3)

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

Принимается округленно $\delta = 20$ мм.

2. Проверка цилиндрической стенки на устойчивость.

По формуле (5) определяется номинальное напряжение

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

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

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

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

(R = 500 мм, по средней линии навитого каната).

По п. 1.3. проверяется условие

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

Запас устойчивости

$$n = \frac{\sigma_к}{\varphi\,\sigma_н} = \frac{12{,}2}{0{,}85\cdot 12{,}0} = 1{,}20 < 2.$$

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 $S_к$, определяемой по формуле (16)

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

Из конструктивных соображений принято $S_к = 15$ 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)

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

$$= 0{,}64 \frac{1 - 0{,}8^2}{0{,}7 + 1{,}3 \cdot 0{,}8^2}\sqrt{\frac{500}{20}}\frac{15}{20} = 0{,}52.$$

По табл. 6 $K = 3$.

По формуле (17)

$$n_0 = K\frac{1+\gamma}{\gamma}\frac{E}{\sigma_н}\left(\frac{S_к}{\sqrt{R\delta}}\right)^3 = 3\frac{1{,}52 \cdot 10000}{0{,}52 \cdot 12}\left(\frac{15}{\sqrt{500 \cdot 20}}\right)^3 =$$

$$= 25 > 3.$$

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 $\varphi = 0{,}85$;

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

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

По формуле (7)

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

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)

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

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

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

$$\sigma_{тр} = 0{,}89\left(\varepsilon\sigma_H + \rho\frac{H}{\delta^2}\right) = 0{,}89\left(0{,}10\cdot 12{,}0 + 1{,}15\,\frac{1300}{21^2}\right) =$$

$$= 4{,}15 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma].$$

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 $\alpha = 0$

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

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)

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

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

По формуле (20)

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

По формуле (18)

$$\sigma_э = \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_r\sigma_t + \sigma_t^2} = \sqrt{10{,}0^2 - 10{,}0\cdot 12{,}3 + 12{,}3^2} =$$

$$= 11{,}8 \text{ кгс/мм}^2,$$

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

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

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

$$\sigma_{ст} = 0{,}89 C_3 f\,\frac{T}{S_T\,t} + (C_4 - \rho C_3)\,\frac{H}{S_T\delta^2} = 0{,}89\cdot 1{,}42\cdot 0{,}20\,\frac{6500}{15\cdot 27} +$$

$$+ (2{,}13 - 1{,}16\cdot 1{,}42)\cdot\frac{1300}{15^2} = 6{,}7 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma].$$

Пример 2.

Исходные данные

Барабан сварной из стали 15ХСНД, модуль упругости $E_б$ = 21000 кгс/мм^2, допускаемое напряжение $[\sigma]$ = 17,5 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

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

По формуле (2) определяется значение коэффициента ψ

$$\psi = \left(1 + \frac{E_к \cdot F_к}{E_б \cdot \delta_п \cdot t}\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{10000 \cdot 2{,}15}{21000 \cdot 13{,}1 \cdot 27}\right)^{-\frac{1}{2}} = 0{,}88.$$

По формуле (3) окончательно.

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

2. Проверка цилиндрической стенки на устойчивость.

По формуле (5) определяется номинальное напряжение:

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

При одном кольце жесткости l = 1500 мм.

По формуле (6) критические напряжения равны:

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

Необходимо проверить условие

$$\sigma_к \leq 0{,}8\sigma_т.$$

По табл. 1 $\sigma_т$ = 35 кгс/мм^2; $\sigma_к = 0{,}8 \cdot 35 = 28$ кгс/мм^2;

Поэтому

$$n = \frac{\sigma_к}{\psi \sigma_н} = \frac{28,0}{0,88 \cdot 18,5} = 1,72 > 1,7.$$

3. Расчет кольца жесткости.

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

$$S_к = 2\delta \sqrt{\frac{\delta}{R}} = 2 \cdot 13 \cdot \sqrt{\frac{13}{500}} = 4,3 \text{ мм};$$

конструктивно принимается $S_к = 12$ 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 $\delta_0 = 25$ 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. Проверки 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)

$$\varepsilon = 1,82 \frac{\Theta}{1 + \Theta} = 1,82 \cdot \frac{0,08}{1,08} = 0,14.$$

Поскольку $\varepsilon < 0,5$, дальнейший расчет стенки может не проводиться.

6. Проверка торцевой стенки.

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

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

По формуле (14)

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

По формуле (21)

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

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)

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

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)

$$\sigma_э = \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_r\sigma_T + \sigma_t^2} = \sqrt{14{,}6^2 - 14{,}6\cdot 19{,}1 + 19{,}1^2} =$$

$$= 17{,}3 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma]$$

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

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

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

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

Подп. к печ. 14/III-78 г. Формат 60×90 1/16
Печ. л. 1,25 Уч.-изд. л. 0,82 Тираж 450 экз.
Зак. инст. 13/78 Зак. тип. 87

НИИинформтяжмаш, 129837, ГСП, Москва, Н-90, Троицкая ул., 17
Отдел внедрения процессов микрофильмирования
и оперативной печати НИИинформтяжмаша



Заказ 13/78

gost.e-ecolog.ru