



РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КРАНЫ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ
БАРАБАНЫ КАНАТНЫЕ
МЕТОД РАСЧЕТА

РТМ 24.090.21-76

Издание официальное

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

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 (ВНИИТмаш)

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

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

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

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/мм², определяется по табл. 1.

Определяется значение коэффициента φ , 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 — приблизительно 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 $E_b = 19000$ 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;

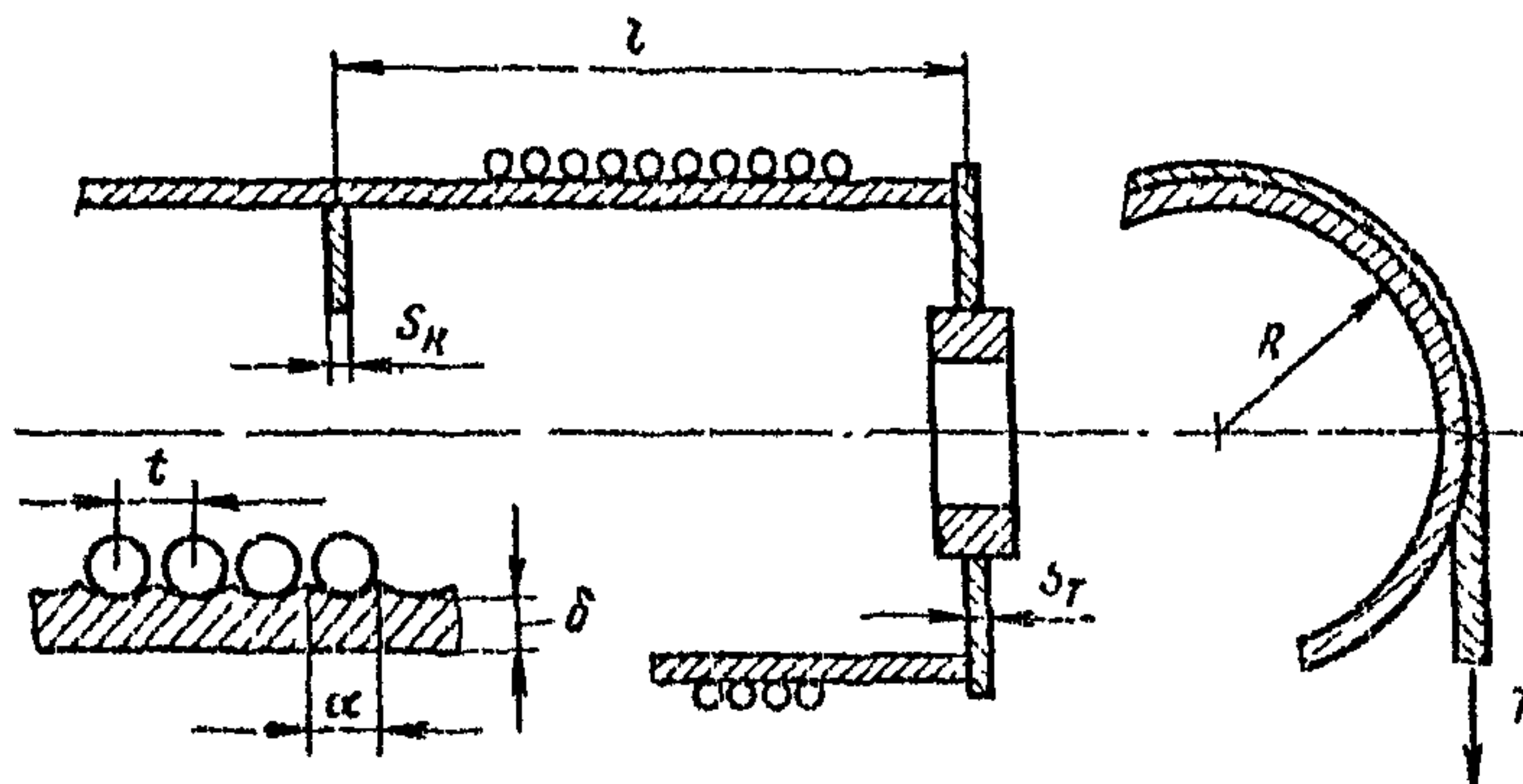
F_k — площадь сечения всех проволок каната, мм².

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 $C\%$ при навивке на барабан двух концов каната и на $0,5C\%$ — при навивке одного конца, причем для $\frac{L}{D} \cdot \frac{d}{D} = 0,1; 0,2; 0,3$ можно принять (допуская линейную интерполяцию) $C = 5; 10; 15\%$ соответственно, где d — диаметр каната.

Цилиндрический барабан для однослойной навивки каната



Черт. 1

Таблица 1

Материал	Предел текучести σ_T , кгс/см ²	Предел прочности на изгиб σ_{BH} , кгс/см ²	Допускаемые напряжения $[\sigma]$ для различных групп режимов работы механизма (по РС 5138-75), кгс/мм ²				
			1	2	3	4 и 5	6
Сталь ВМ СтЗсп	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

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

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

σ_H - номинальные 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; $\sigma_K = 0,6 \sigma_{BH}$ - для чугунных барабанов;

R – радиус барабана, мм;

L – расстояние между торцевыми стенками или кстыцом 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_H , кгс/мм ²	Значения L/D для различных D/δ							
	25	30	35	40	45	50	55	60
<u>Стальные барабаны</u>								
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
<u>Чугунные барабаны</u>								
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

$$\sigma_0 = \varphi \varphi_0 \frac{T}{\delta_0 t} \leq [\sigma] \text{ кгс/мм}^2, \quad (7)$$

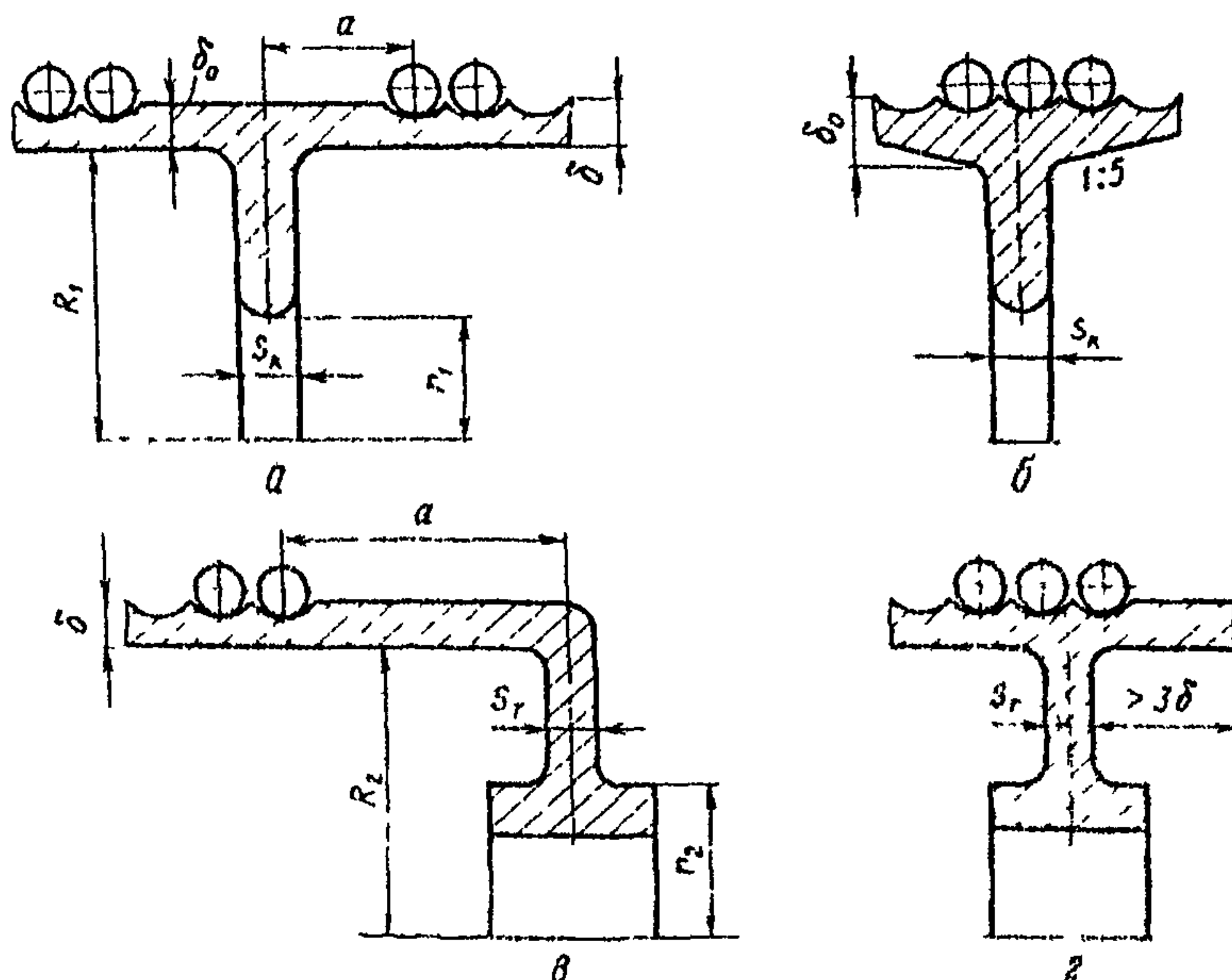
где δ_0 – толщина цилиндрической стенки у кольца жесткости с учетом возможных утолщений (черт. 2, а, б),

φ и φ_0 – коэффициенты, зависящие от параметра γ .

Значение γ определяется принятыми размерами барабана по формуле

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

К расчету напряжений в стенке 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

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

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

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 $H = 0,1T$;

ξ 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 ξ определяются по табл. 4, при $a = 0$ по формуле

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

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

Таблица 4

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

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

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

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

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

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

3. ТОРЦЕВАЯ СТЕНКА БАРАБАНА

3.1. Проверочный расчет толщины торцевой стенки выполняется по условию:

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

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

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

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

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

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

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

проверяется также напряжение в торцевой стенке у ступицы

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

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

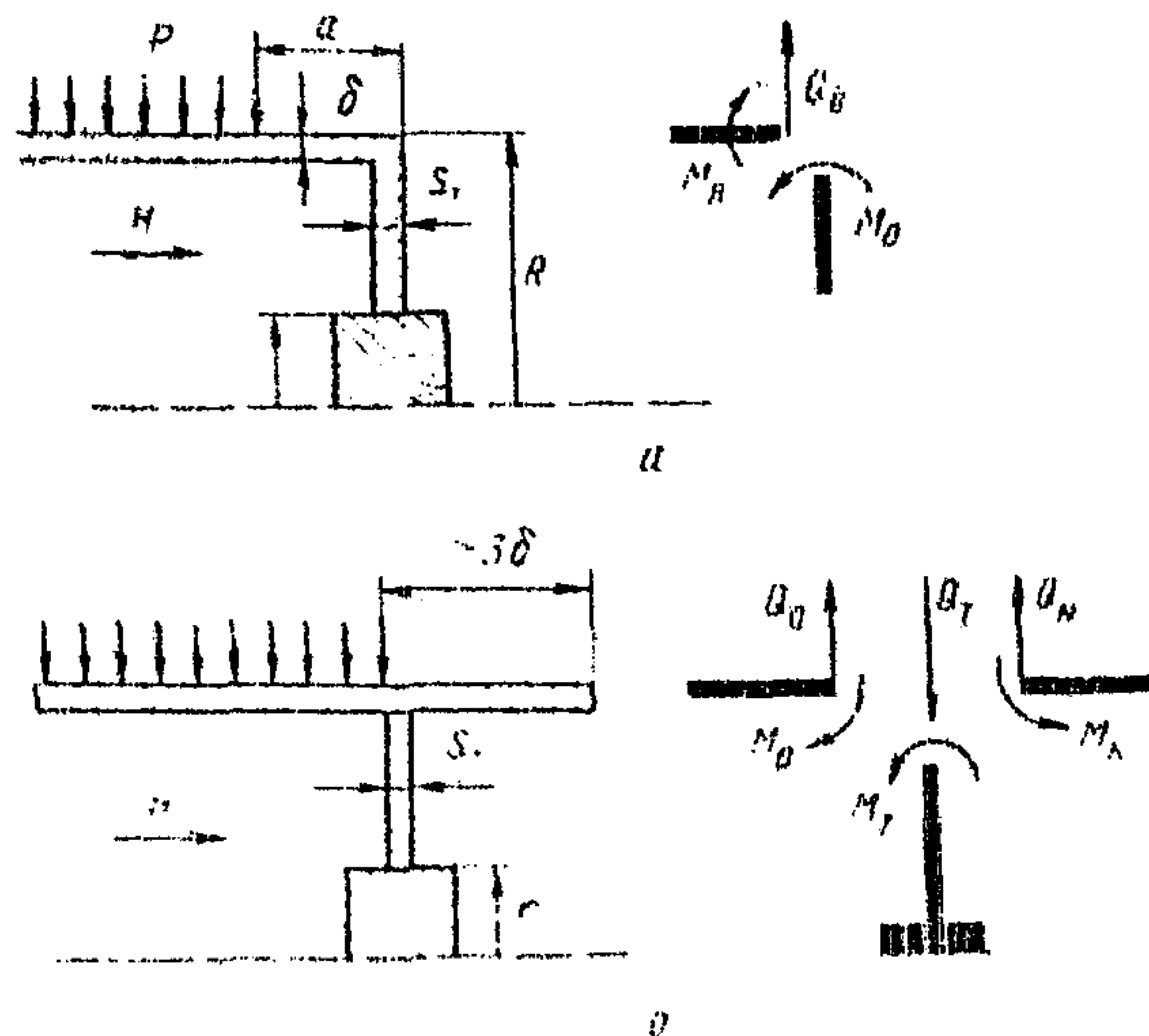
моменты у стыка от радиальной нагрузки

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

моменты у стыка от осевой нагрузки

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

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; к – консольная стенка

Черт. 3.

перерезывающие силы от радиальной нагрузки в плоскости, перпендикулярной оси барабана

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

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.

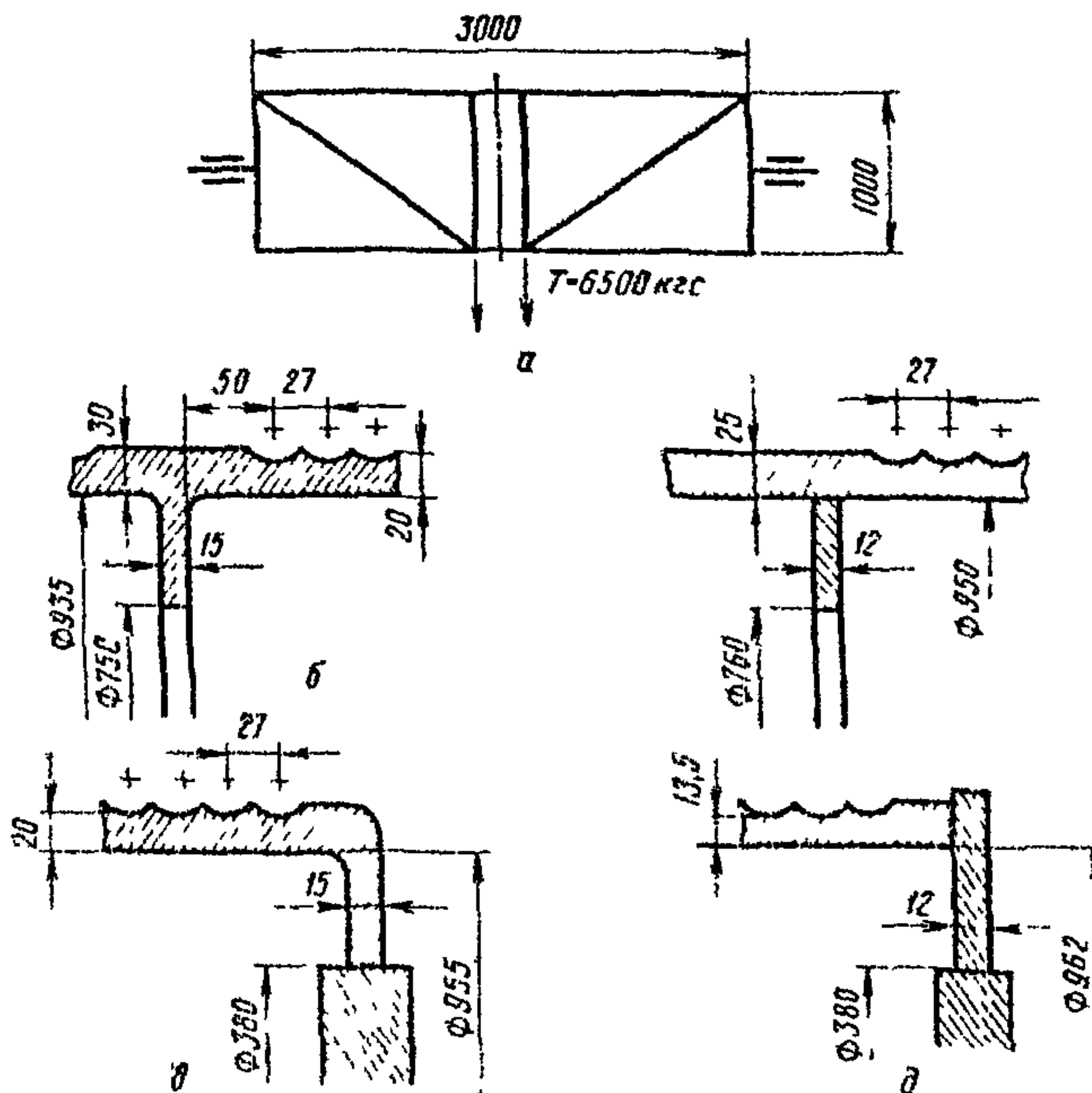
Исходные данные:

Размеры барабана приведены на чертеже.

Материал - чугун СЧ24-44; модуль упругости $E_6 = 10000 \text{ кгс/мм}^2$, допускаемое напряжение $[\sigma] = 11,5 \text{ кгс/мм}^2$ (табл. 1).

Канат диаметром $d = 24$ мм, площадь поперечного сечения $F_k = 215$ мм², модуль упругости $E_k = 9000$ кгс/мм². 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

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

По формуле (2) определяется значение коэффициента ψ

$$\psi = \left(1 + \frac{E_k \cdot F_k}{E_\sigma \delta_n t}\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{9000 \cdot 215}{10000 \cdot 20 \cdot 27}\right)^{-\frac{1}{2}} \approx 0,85.$$

По формуле (3)

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

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

2. Проверка цилиндрической стенки на устойчивость.

По формуле (5) определяется номинальное 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 необходим (табл. 2).

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

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

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

По п. 1.3. проверяется условие

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

Запас устойчивости

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

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)

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

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 $\psi = 0,85$;

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

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

По формуле (7)

$$\sigma_0 = \varphi \varphi_0 \frac{T}{\delta_0 t} = 0,93 \cdot 1,07 \frac{6600}{30 \cdot 27} = 7,95 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma].$$

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)

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

По табл. 5 $C_1 = 1,23$.

По формуле (12)

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

Поскольку $\xi < 0,5$, 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

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

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 $\alpha = 0$

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

По формуле (21)

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

По формуле (19)

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

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

По формуле (20)

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

По формуле (18)

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

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

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

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

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

Пример 2.

Исходные данные

Барабан сварной из стали 15ХСНД, модуль упругости $E_{\delta} = 21000 \text{ кгс/мм}^2$, допускаемое напряжение $[\sigma] = 17,5 \text{ кгс/мм}^2$.

Остальные исходные данные те же, что и для примера 1.

1. Определение толщины цилиндрической стенки.

По формуле (1) вычисляется приближенное значение толщины стенки

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

По формуле (2) определяется значение коэффициента ψ

$$\psi = \left(1 + \frac{E_k \cdot F_k}{E_{\delta} \cdot \delta_n \cdot t} \right)^{-\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{10000 \cdot 2,15}{21000 \cdot 13,1 \cdot 27} \right)^{-\frac{1}{2}} = 0,88,$$

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:

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

При одном кольце жесткости $l = 1500 \text{ мм}$.

По формуле (6) критические напряжения равны:

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

Необходимо проверить условие

$$\sigma_k \leq 0,8 \sigma_T.$$

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

Поэтому

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

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. Проверки цилиндрической стенки барабана у стыка с торцевой стенкой.

По формуле (11) при $\frac{r_2}{R_2} = 0,4$ (чертеж, д) определяется:

$$\begin{aligned} \theta &= 0,39 \frac{1,3 + 0,7 \left(\frac{r_2}{R_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{r_2}{R_2} \right)^2} \sqrt{\frac{\delta}{R}} \left(\frac{S_T}{\delta} \right)^3 = \\ &= 0,39 \frac{1,3 + 0,7 \cdot 0,4^2}{1 - 0,4^2} \sqrt{\frac{13}{500}} \left(\frac{12}{13} \right)^3 = 0,08. \end{aligned}$$

$C_1 = 1,23$ по табл. 5.

По формуле (12)

$$\xi = 1,82 \frac{\theta}{1 + \theta} = 1,82 \cdot \frac{0,08}{1,08} = 0,14.$$

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

6. Проверка торцевой стенки,

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

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

По формуле (14)

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

По формуле (21)

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

По формуле (19)

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

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)

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

По формуле (19)

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

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)

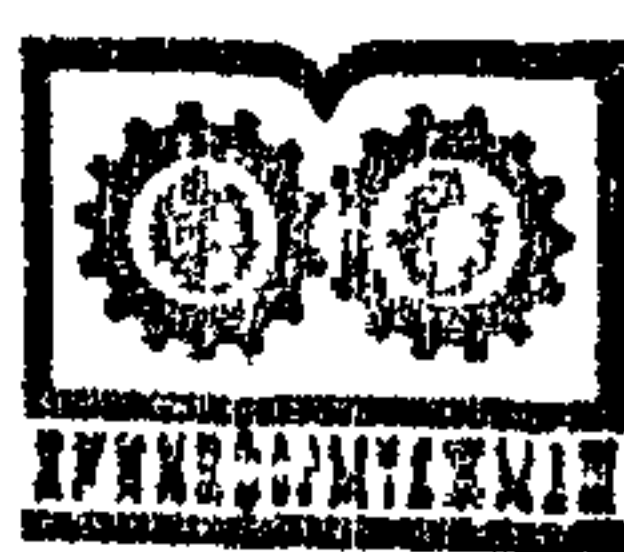
$$\begin{aligned} \sigma_{\theta} &= \sqrt{\sigma_r^2 - \sigma_r \sigma_t + \sigma_t^2} = \sqrt{14,6^2 - 14,6 \cdot 19,1 + 19,1^2} = \\ &= 17,3 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma] \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ст}} &= 0,89C_3f \frac{T}{s_T t} + (C_4 - \rho C_3) \frac{H}{s_T^2} = \\ &= 0,89 \cdot 1,42 \cdot 0,22 \frac{6600}{12 \cdot 27} + (2,13 - 1,13 \cdot 1,42) \cdot \frac{1300}{12^2} = \\ &= 10,4 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma].\end{aligned}$$

Подл. к печ. 14/III-78 г.		Формат 60x90 ¹ / ₁₆
Печ. л. 1,25	Уч.-изд. л. 0,82	Тираж 450 экз.
Зак. инст. 13/78	Зак. тип. 87	

ИИИинформтяжмаш, 129845, ГСП, Москва, П-90, Троицкая ул., 17
Отдел внедрения процессов микрофильмирования
и оперативной печати ИИИинформтяжмаша



Заказ 13/78