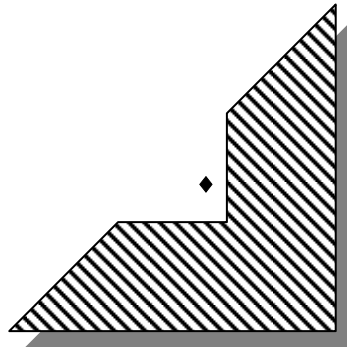


ОПОРЫ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ♦

УДК 66.01.001.24
ББК Л11-5-04я73-5
К65

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Доцент кафедры ТО и ПТ

Е.В. Хабарова

С о с т а в и т е л ь

В.Б. Коптева

К65 Опоры колонных аппаратов : метод. указ. / сост. В.Б. Коптева. –
Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 24 с. – 100 экз.

Даны основные типы опорных устройств колонных аппаратов химических производств, приведены расчеты для аппаратов в месте присоединения опор, рассмотрена проверка размеров стандартной и нестандартной опор.

Предназначены студентам 4, 5 курсов специальностей 260601, 240801 всех форм обучения, студентам 3, 4 курсов направлений 220600, 150400.

УДК 66.01.001.24
ББК Л11-5-04я73-5

© ГОУ ВПО "Тамбовский государственный
технический университет" (ТГТУ), 2007
Министерство образования и науки Российской Федерации

ГОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"

ОПОРЫ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Методические указания



Тамбов
Издательство ТГТУ
2007

Учебное издание

ОПОРЫ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Методические указания

С о с т а в и т е л ь

КОПТЕВА Вера Борисовна

Редактор Е.С. Мордасова

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано к печати 23.05.2007

Формат 60 × 84/16. 1,39 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 367

Издательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Опоры служат для установки аппаратов на фундаменты и несущие конструкции. Только простые резервуары не имеют лап и устанавливаются непосредственно на фундамент. Размеры и форма опорного устройства зависят в основном от величины и характера нагрузок, от материала, из которого изготовлен аппарат, от веса аппарата, а также от места его расположения. Если аппарат подвержен сотрясениям и динамическим усилиям, то его опоры делаются в виде массивной жесткой рамы, которая не только передает вес аппарата на опорную поверхность фундамента, но и служит для поглощения динамических усилий и вибраций.

В большинстве случаев опоры аппаратов динамических нагрузок не испытывают.

1. ОПОРЫ ДЛЯ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Конструкции стандартных опор выбираются по ОСТ 26-467-78 и приведены на рис. 1.1 – 1.5.

Высота опоры H_1 выбирается конструктивно в зависимости от расположения технологических трубопроводов, но не менее 600 мм. Обычно принимают $H_1 = 1...4$ м. Опорные обечайки должны иметь отверстия для люков, лазов, трубопроводов. Необходимое количество отверстий, их размеры определяются из условий эксплуатации. Для вентиляции внутренней полости опоры в верхней части должно быть предусмотрено не менее двух отверстий диаметром 100 мм.

Пределы применения опор типов 1, 2, 3 в зависимости от минимальной нагрузки приведены в табл. 1.1. Размеры этих опор берутся в табл. 1.2 в зависимости от приведенной нагрузки максимальной Q_{max} и минимальной Q_{min} .

Для конической опоры (рис. 1.5) основные размеры приведены в табл. 1.3. Для опоры (рис. 1.4) основные размеры приведены в табл. 1.4. Размеры D_1, D_2, D_3 опор типов 1 – 4 берутся по табл. 1.5.

Если подобрать стандартную опору нельзя, то ее конструируют по типу стандартной. Выбранная стандартная или сконструированная опора должна быть проверена расчетом в сечениях у фундамента и в месте приварки к аппарату. Расчет проводится для рабочих условий и условий гидравлических испытаний.

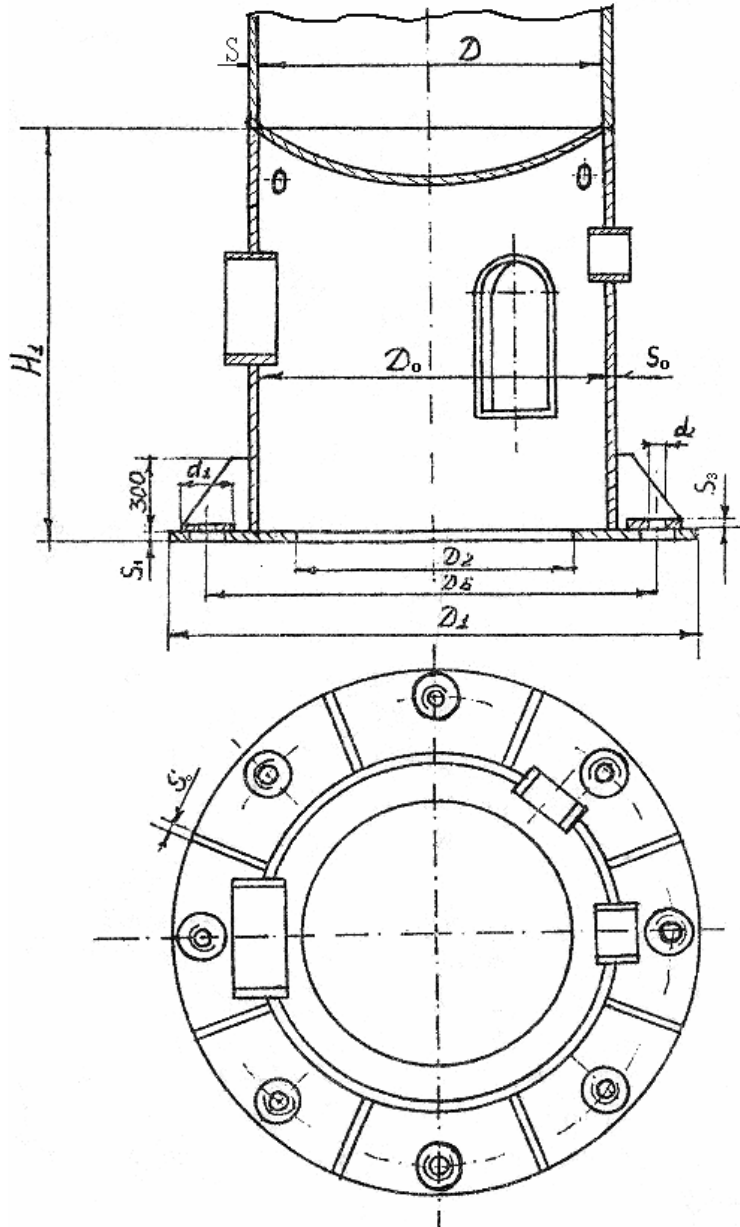


Рис. 1.1. Конструкция стандартной цилиндрической опоры; тип 1 – с местными косынками

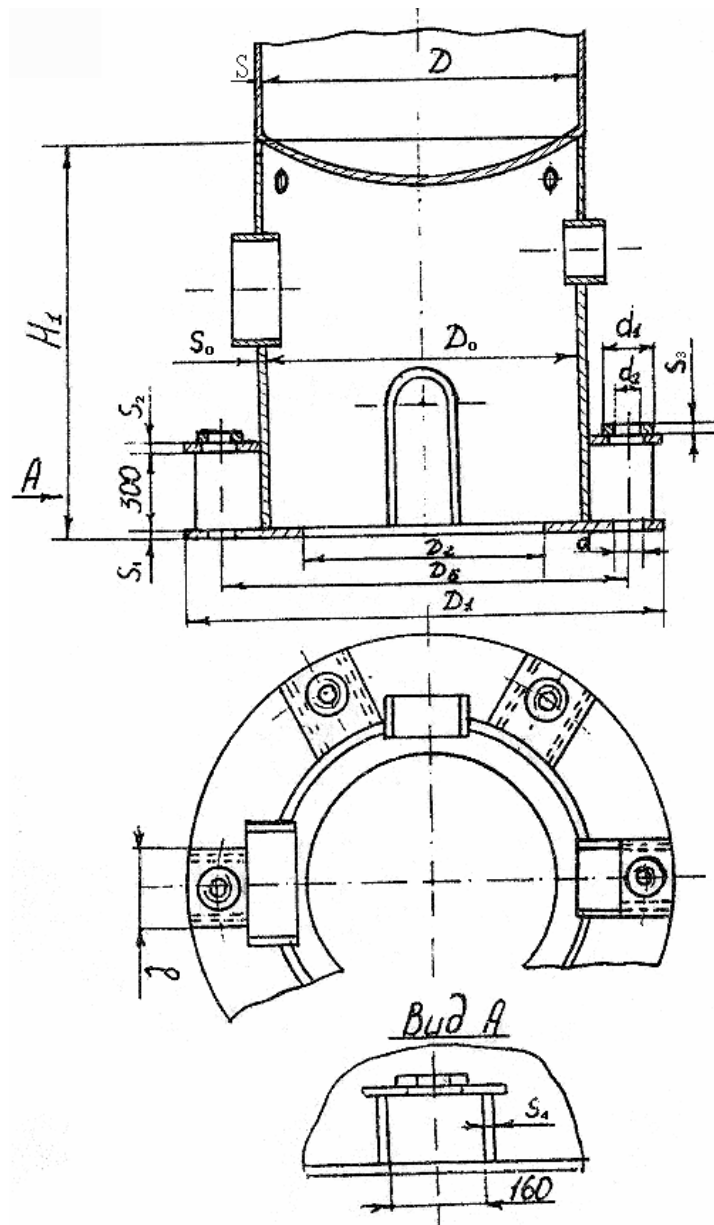


Рис. 1.2. Конструкция стандартной цилиндрической опоры; тип 2 – с наружными стойками под болты

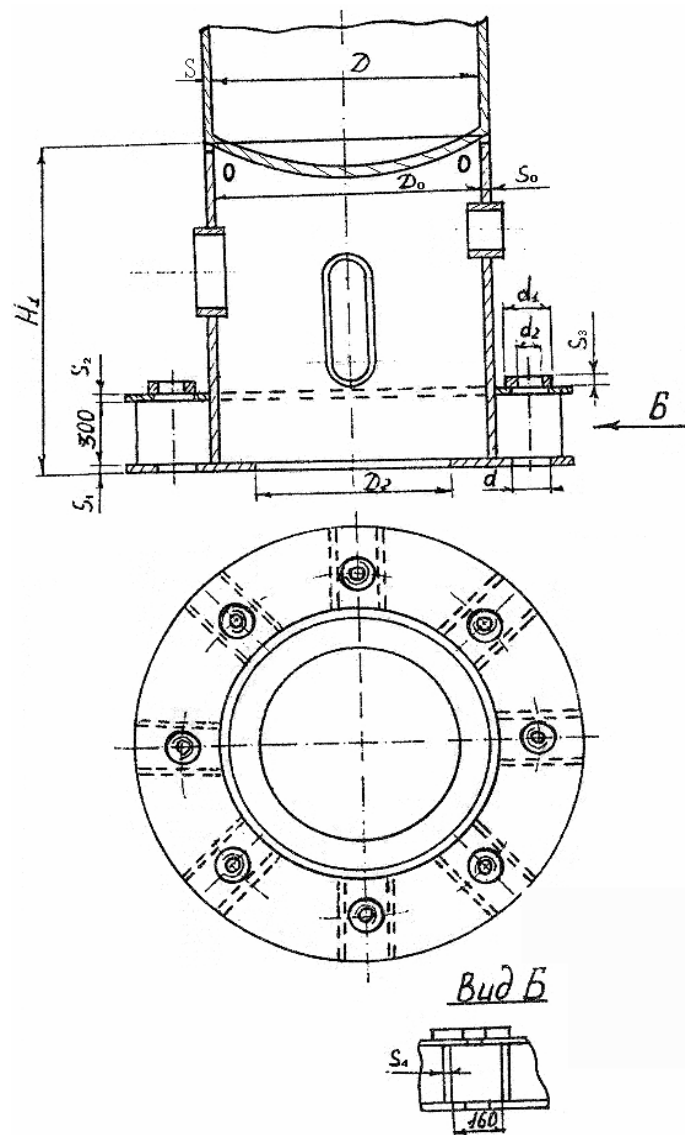


Рис. 1.3. Конструкция стандартной цилиндрической опоры;
тип 3 – с кольцевым опорным поясом

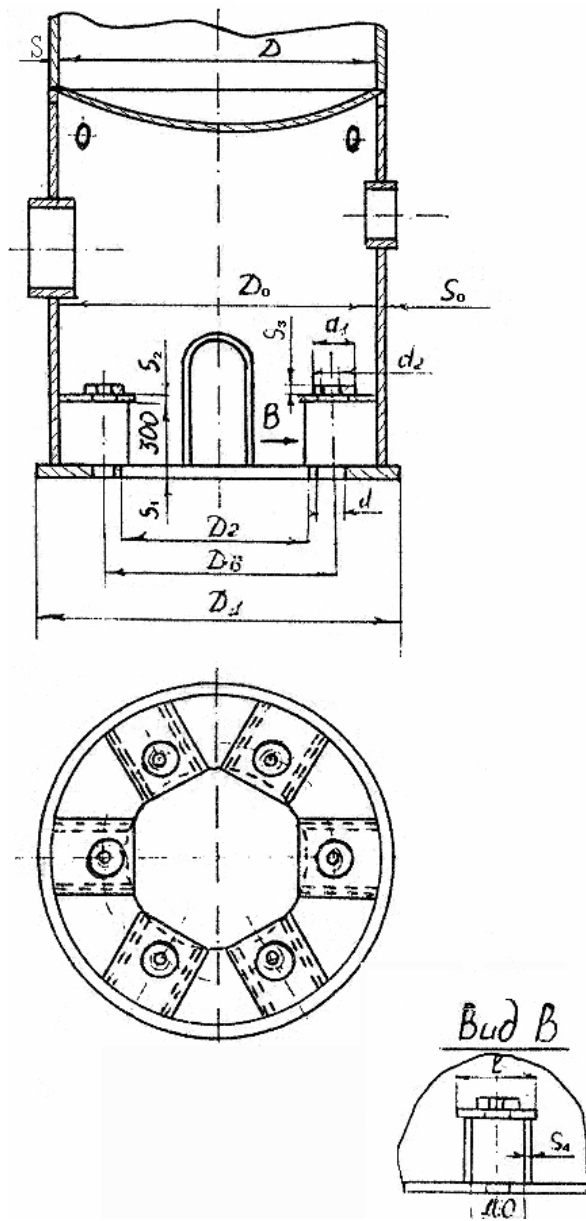


Рис. 1.4. Конструкция стандартной цилиндрической опоры; тип 5 – с внутренними стойками под болты

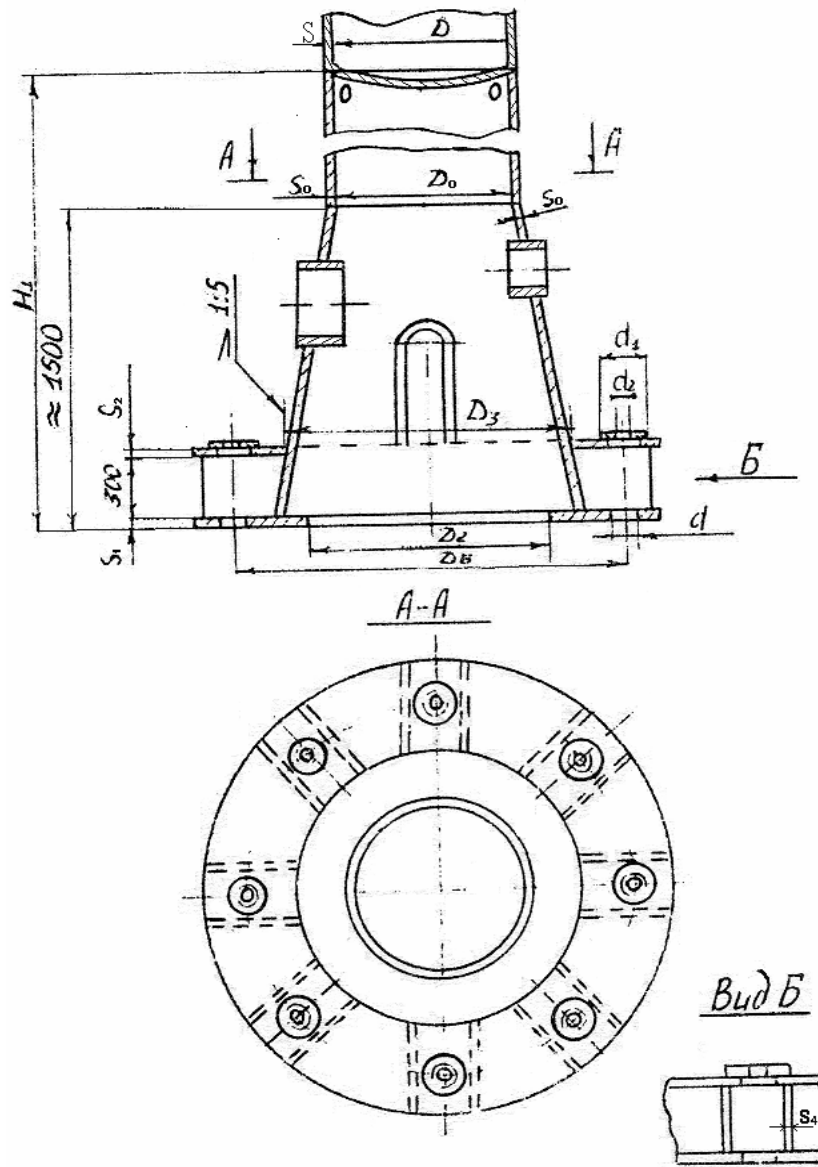


Рис. 1.5. Конструкция стандартной конической опоры;
тип 4 – с кольцевым опорным поясом
1.1. Пределы применения опор типов 1, 2 и 3 в зависимости от
минимальной приведенной нагрузки Q_{\min}

Приведенная нагрузка, МН	Область диаметров D , мм, для опор типов		
	1	2	3
0,125	–	600...1200	400...1200
0,20	–	1200	400...1200
0,32	2000...3000	1200...3000	500...1800
0,50	2600...3000	1600...3000	800...2500
0,80	3000...4000	2000...4000	1400...2800
1,32	3600...5000	2200...5000	1800...3400
2,0	–	2600...6300	2000...6300
3,2	–	3000...6300	2400...6300
5,0	–	3800...6300	2600...6300
8,0	–	4500...6300	3200...6300
12,0	–	5000...6300	3800...6300

**1.2. Основные размеры цилиндрических опор типов 1, 2, 3
для колонных аппаратов (рис. 1.1 – 1.3)**

Приведенная нагрузка, МН		D	S_0	S_1	S_2	d_2	d_b	Число болтов z_b	
Q_{max}	Q_{min}								
0,25	До 0,125 0,2	400...1200	6	20	12	28	M24	6	
0,63	До 0,32	500...1600 1800...3000	8	20	20	35	M30	6	
	До 0,50	800...3000			16			8	
1,6	До 0,80	1400...1800 2000...4000	10	25	20			16	
		1800	8		25			42	M36
	До 1,32	2000...3600 3800...4000	8		25			42	M36
2,5	До 1,32	1800; 2000	12	30	25	42	M36	16	
		2200...2500	10	30	25	42	M36	16	
		2600...3800	10	25	25	42	M36	16	
		4000...5000	10	25	20	35	M30	24	

Продолжение табл. 1.2

Приведенная нагрузка, МН		D	S_0	S_1	S_2	d_2	d_b	Число болтов z_b
Q_{max}	Q_{min}							
2,5	До 2,0	2000	12	30	30	48	M42	16
		2200...2500	10	30	30	48	M42	16
		2600...5000	10	25	25	42	M36	24
4,0	До 2,0	2000...2500	16	30	30	48	M42	16
		2600	16	30	25	42	M36	24
		2800...3200	12	30	25	42	M36	24
		3400...3600	10	30	25	42	M36	24
		3800...6300	10	25	25	42	M36	24
	До 3,2	2400; 2500	16	30	30	48	M42	16
6,5	До 3,2	2600...3200	12	30	30	48	M42	16
		3400...3600	10	30	30	48	M42	16
		3800...6300	10	25	25	42	M36	32
		2600	20	36	30	43	M42	24
	До 5,0	2800...3600	16	30	30	48	M42	24
		3800	16	30	30	48	M42	24
		4000...6300	12	30	25	42	M36	32
		2600	20	36	36	56	M48	24
		2800; 3000	16	30	36	56	M48	24
		3200...3800	16	30	30	48	M42	32
		4000...6300	12	30	30	48	M42	32
		10,0	До 5,0	2800	20	36	36	56
3000...6300	30		48	M42			32	
16,0	До 8,0	3200...6300	20	40	36	62	M56	32
		3400			25	M56	32	
	3600...6300	20	36		62			
До 10,0	3800...6300	20	40	40		36		

Пр и м е ч а н и е: 1. Размеры d и d_1 в зависимости от D для опор типов 1, 2 и 3:

D , мм.....	400...600	800...1600	1800...6300
d , мм.....	45	60	70
d , мм.....	70	90	100

2. При всех значениях D принимают $s_4 \geq 0,5S_2$; для опор типа 2 при всех значениях D принимают $\ell = 160 + 4S_1$.

Пример условного обозначения опоры типа 2 при диаметре колонны 1000 мм,
 $Q_{max} = 0,25$ МН, $Q_{min} = 0,2$ МН, $H_1 = 1200$ мм:

Опора 2 – 1000 – 25 – 20 – 1200 ОСТ 26-467–78

Опора 3 – 2000 – 1,6 – 0,8 – 2000 ОСТ 26-467–78.

**1.3. Основные размеры конических опор (типа 4) для
колонных аппаратов (рис 1.5) ОСТ 26-467-78**

Приведенная нагрузка, МН		D	S_0	S_1	S_2	d_2	d_B	Число болтов z_B		
Q_{max}	Q_{min}									
4,0	До 2,0	2000...2500	16	30	30	48	M42	16		
		2600	16	30	25	42	M36	24		
		2800...3200	12	30	25	42	M36	24		
		3400...3600	10	30	25	42	M36	24		
		3800...6300	10	25	25	42	M36	24		
	До 3,2	2400...2600	16	30	30	48	M42	24		
		2800...3200	12	30	30	48	M42	24		
		3400; 3600	10	30	30	48	M42	24		
		3800...6300	10	25	25	42	M36	32		
		6,3	До 3,2	2600	20	36	30	48	M42	24
2800...3600	16			30	30	48	M42	24		
3800	16			30	30	42	M36	32		
4000...6300	12			30	25	42	M36	32		
До 5,0	2600		20	36	36	56	M48	24		
	2800; 3000		16	30	36	56	M48	24		
	3200...3800		16	30	30	48	M42	32		
	4000...6300		12	30	30	48	M42	32		
	10,0		До 5,0	2800	20	36	36	56	M48	24
				3000...6300			30	48	M42	32
До 8,0	3200...6300			36	62	M56	32			
	16,0	До 8,0	3400	25	40	30	48	M42	32	
3600...6300			20							
До 10,0		3800...6300	20		40	62	M56	36		

Пр и м е ч а н и е: При всех значениях D $d = 70$ мм; $d_1 = 100$ мм; $S_4 \geq 0,5S_2$.

Пример условного обозначения опоры типа 4 при диаметре колонны 3200 мм:

$Q_{max} = 6,3$ МН, $Q_{min} = 3,2$ МН, $H_1 = 3000$ мм;

Опора 4 – 3200 – 630 – 320 – 3000 ОСТ 26-467-78.

**1.4. Основные размеры цилиндрических опор типа 5 для
колонных аппаратов (рис. 1.4) ОСТ 26-467-78**

D		Диаметры опор					d	d_1			
		D_1	D_2	D_B	d	d_1					
3000		3120	2650	2840		70	100				
3200		3360	2850	3020							
3400		3560	3050	3220							
3600		3760	3200	3420							
3800		3960	3400	3620							
4000		4160	3600	3820							
Приведенная нагрузка, МН		D	S_1	S_2	S_3	d_2	d_B	Число болтов z_B			
Q_{max}	Q_{min}										
0,63	До 0,125	3000...3400	8	20	12	35	М30	8			
1,63	До 0,32	3000...4000		25	16						
2,5	До 0,50	3000...4000		10	20						
4,0	До 0,80	3000; 3200	12	30	20			42	М36	16	
		3400; 3600	10								25
		3800; 4000									
6,3	До 1,32	3000...4000	16	30	25	42	М36			16	
10,0	До 2,0	3000...4000	20	36						24	

П р и м е ч а н и е. При всех значениях D принимаются $S_4 \geq 0,5S_2$ и $\ell = 160 + 4S_1$.

Пример условного обозначения опоры типа 5 при диаметре колонны 3600 мм:

$Q_{max} = 1,6$ МН, $Q_{min} = 0,32$ МН, $H_1 = 1500$ м;

Опора 5 – 3600 – 160 – 32 – 1500 ОСТ 26-467-78.

1.5. Диаметры опор колонных аппаратов, ОСТ 26-467-78

D	Цилиндрические опоры типов 1, 2, 3			Конические опоры, тип 4			
	D_1	D_2	D_B	D_1	D_2	D_3	D_B
400	600	350	520	1280	950	1000	1160
500	700	450	620	1380	1050	1100	1260
600	800	550	720	1480	1150	1200	1360
800	1080	750	960	1680	1300	1400	1560

Продолжение 1.5

D	Цилиндрические опоры типов 1, 2, 3			Конические опоры, тип 4			
	D_1	D_2	D_B	D_1	D_2	D_3	D_B
1000	1280	950	1160	1880	1500	1600	1760
1200	1480	1150	1360	2100	1700	1800	1980
1400	1680	1300	1560	2300	1900	2000	2180
1600	1880	1500	1760	2500	2100	2200	2380
1800	2100	1700	1980	2720	2250	2400	2580
2000	2300	1900	2180	2920	2450	2600	2780
2200	2500	2100	2380	3120	2650	2800	3000
2400	2720	2250	2580	3360	2850	3000	3220
2500	2820	2350	2680	3460	2950	3100	3320
2600	2920	2450	2780	3560	3050	3200	3420
2800	3120	2650	3000	3760	3200	3400	3620
3000	3360	2850	3220	3960	3400	3600	3820
3200	3560	3050	3420	4160	3600	3800	4020
3400	3760	3200	3620	4360	3800	4000	4220
3600	3960	3400	3820	4560	4000	4200	4420
3800	4160	3600	4020	—	—	—	—
4000	4360	3800	4220	—	—	—	—
4500	4860	4300	4720	—	—	—	—
5000	5360	4800	5220	—	—	—	—
5500	5860	5300	5720	—	—	—	—
5600	5960	5400	5820	—	—	—	—
6000	6360	5800	6220	—	—	—	—
6300	6650	6100	6520	—	—	—	—

2. РАСЧЕТ ОПОР КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Расчет проводится по ГОСТ Р 51274-99. Настоящий стандарт устанавливает метод расчета на прочность аппаратов колонного типа, работающих под действием внутреннего избыточного или наружного давления, собственного веса, изгибающих моментов от ветровых нагрузок или сейсмических воздействий, а также изгибающих моментов, возникающих от действия эксцентрически приложенных весовых нагрузок.

2.1. РАСЧЕТНЫЕ СЕЧЕНИЯ

При расчете аппарата проверяют следующие сечения (рис. 1.6):

- поперечное сечение корпуса в месте присоединения опорной обечайки (сечение В-В), а также для аппарата переменного сечения – поперечные сечения корпуса, переменные по диаметру и/или толщине;

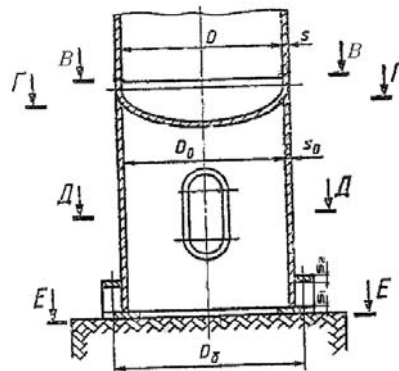


Рис. 1.6. Расчетные сечения опорной обечайки

- поперечное сечение опорной обечайки в месте присоединения к корпусу (сечение Г-Г);
- поперечное сечение опорной обечайки в местах расположения отверстий (сечение Д-Д);
- поперечное сечение опорной обечайки в месте присоединения нижнего опорного кольца (сечение Е-Е).

2.2. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ

2.2.1. Расчетные давления. Расчетные давления в рабочих условиях p_1 и в условиях испытания p_2 устанавливаются по ГОСТ 14249.

2.2.2. Нагрузки от собственного веса. При расчете должны быть учтены весовые нагрузки:

G_1 – вес в рабочих условиях, включая вес обслуживающих площадок, изоляции, внутренних устройств, рабочей среды;

G_2 – вес при гидротестировании, включая вес жидкости, заполняющей аппарат;

G_3 – максимальный вес аппарата в условиях монтажа;

G_4 – минимальный вес аппарата в условиях монтажа после установки в вертикальное положение.

2.2.3. Расчетные изгибающие моменты. При расчете должны быть учтены изгибающие моменты:

M_G – максимальный изгибающий момент от действия эксцентрических весовых нагрузок, в числе от присоединяемых трубопроводов и др.;

M_v – изгибающий момент от действия ветровых нагрузок, определяемый по ГОСТ Р 51273 для трех расчетных условий аппарата, а именно:

M_{v1} – для рабочих условий при нагрузке G_1 ;

M_{v2} – для условий испытания при нагрузке G_2 ;

M_{v3} – для условий монтажа при нагрузке G_3 .

2.3. СОЧЕТАНИЕ НАГРУЗОК

Аппарат необходимо рассчитывать для трех расчетных условий:

- рабочее условие;
- условие испытания;
- условие монтажа.

Сочетание нагрузок для этих условий приведено в табл. 1.6.

1.6. Сочетание нагрузок

Условия	Расчетное давление p , МПа	Осевое сжимающее усилие F , Н	Расчетный изгибающий момент M , Н·м
Рабочее условие	P_1	$F_1 = G_1$	$M_1 = M_{G1} + M_{v1}$
Условие испытания	P_2	$F_2 = G_2$	$M_2 = M_{G2} + 0,6M_{v2}$
Условие монтажа	0	$F_3 = G_3$	$M_3 = M_{G3} + M_{v3}$

3. РАСЧЕТ КОРПУСА АППАРАТА

3.1. СТЕНКА АППАРАТА ДОЛЖНА БЫТЬ ПРОВЕРЕНА НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Проверку прочности следует проводить для рабочего условия ($F = F_1, M = M_1, p = p_1$) и условия монтажа ($F = F_3, M = M_3, p = 0$).

Проверку устойчивости следует проводить для рабочего условия ($F = F_1, M = M_1, p = p_1$) и условия испытания ($F = F_2, M = M_2, p = p_2$).

Проверку прочности и устойчивости для корпуса проводят в сечениях, указанных в разд. 2.1. Расчетные нагрузки F и изгибающие моменты M принимают по табл. 1.6.

3.2. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ

3.2.1. Продольные напряжения σ_x следует рассчитывать:

- на наветренной стороне по формуле:

$$\sigma_{x1} = \frac{p(D+s)}{4(s-c)} - \frac{F}{\pi D(s-c)} + \frac{4M}{\pi D^2(s-c)}, \quad (1)$$

где D – внутренний диаметр аппарата (рис. 1.6), м; F – осевое сжимающее усилие, Н; p – расчетное давление (внутреннее избыточное давление, наружное давление со знаком "минус" или монтажа), Па; s – исполнительная толщина стенки аппарата (рис. 1.6), м; M – расчетный изгибающий момент, Н·м; c – сумма всех прибавок к расчетной толщине, м;

- на подветренной стороне по формуле

$$\sigma_{x2} = \frac{p(D+s)}{4(s-c)} - \frac{F}{\pi D(s-c)} - \frac{4M}{\pi D^2(s-c)}. \quad (2)$$

3.2.2. Кольцевые напряжения σ_y следует рассчитывать по формуле

$$\sigma_y = \frac{p(D+s)}{2(s-c)}. \quad (3)$$

3.2.3. Эквивалентные напряжения σ_E следует рассчитывать:

– на наветренной стороне по формуле

$$\sigma_{E1} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 - \sigma_{x1}\sigma_y + \sigma_y^2}; \quad (4)$$

– на подветренной стороне по формуле

$$\sigma_{E2} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 - \sigma_{x2}\sigma_y + \sigma_y^2}. \quad (5)$$

3.2.4. Условия прочности следует проверять:

– на наветренной стороне по формуле

$$\max\{|\sigma_{x1}|; \sigma_{E1}\} \leq [\sigma]_к \varphi; \quad (6)$$

– на подветренной стороне по формуле

$$\max\{|\sigma_{x2}|; \sigma_{E2}\} \leq [\sigma]_к \varphi, \quad (7)$$

где $[\sigma]_к$ – допускаемое напряжение для материала корпуса аппарата при расчетной температуре по ГОСТ 14249; φ – коэффициент прочности сварного шва по ГОСТ 14249.

В случае, когда σ_{x1} и/или σ_{x2} сжимающие напряжения, значение φ в формулах (6, 7) принимают равным 1,0.

3.3. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ

3.3.1. Аппараты, работающие под внутренним избыточным давлением или без давления. Проверку устойчивости для рабочих условий и условий испытания следует проводить по формуле

$$\frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} \leq 1,0, \quad (8)$$

где F и M принимают по табл. 1.6.

Допускаемое осевое сжимающее усилие следует рассчитывать по формуле

$$[F] = \frac{[F]_\sigma}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_\sigma}{[F]_E}\right)^2}}, \quad (9)$$

где допускаемое осевое сжимающее усилие $[F]_\sigma$ из условия прочности

$$[F]_\sigma = \pi(D + s - c)(s - c)[\sigma]. \quad (10)$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие $[F]_E$ определяют из условия местной устойчивости в пределах упругости по формуле

$$[F]_E = \frac{310 \cdot 10^{-6} E}{n_y} D^2 \cdot \left[\frac{100(s - c)}{D} \right]^{2,5}. \quad (11)$$

Допускаемый изгибающий момент следует рассчитывать по формуле

$$[M] = \frac{[M]_\sigma}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_\sigma}{[M]_E}\right)^2}}, \quad (12)$$

где допускаемый изгибающий момент $[M]_\sigma$ из условия прочности рассчитывают по формуле

$$[M]_\sigma = \frac{\pi}{4} D(D + s - c)(s - c)[\sigma] = \frac{D}{4} [F]_\sigma, \quad (13)$$

а допускаемый изгибающий момент $[M]_E$ из условия устойчивости в пределах упругости – по формуле

$$[M]_E = \frac{89 \cdot 10^{-6} E}{n_y} \cdot D^3 \left[\frac{100(s - c)}{D} \right]^{2,5} = \frac{D}{3,5} [F]_E. \quad (14)$$

3.3.2. Аппараты, работающие под наружным давлением. Проверку устойчивости для рабочих условий следует проводить по формуле

$$\frac{p}{[p]} + \frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} \leq 1,0, \quad (15)$$

где p , F , M принимают по табл. 1.6, а $[p]$ определяют по ГОСТ 14249.

Проверку устойчивости для условий испытания следует проводить в соответствии с требованиями 3.3.1.

4. РАСЧЕТ ОПОРНОЙ ОБЕЧАЙКИ

Если толщина стенки обечайки опоры меньше или равна толщине стенки корпуса в месте присоединения к нему обечайки опоры и механические свойства материала обечайки опоры не выше соответствующих свойств материала корпуса, то расчет корпуса не проводят, а проверяют прочность и устойчивость только обечайки опоры, являющейся основным элементом.

4.1. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СВАРНОГО ШВА, СОЕДИНЯЮЩЕГО КОРПУС АППАРАТА С ОПОРНОЙ ОБЕЧАЙКОЙ

Проверку прочности сварного шва, соединяющего корпус аппарата с опорной обечайкой (сечение Г–Г, рис. 1.6), следует проводить по формуле

$$\frac{1}{\pi D_0 a} \left(\frac{4M}{D_0} + F \right) \leq 0,8 \cdot \min \{ [\sigma]_0; [\sigma]_к \}, \quad (16)$$

где $[\sigma]_0$ – допускаемое напряжение для материала опорной обечайки при расчетной температуре по ГОСТ 14249; D_0 – внутренний диаметр цилиндрической опорной обечайки (рис. 1.6) или внутренний диаметр конической опорной обечайки в соответствующем расчетном сечении, м; a – катет сварного шва в месте приварки опорной обечайки, м.

4.2. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОРНОЙ ОБЕЧАЙКИ В ЗОНЕ ОТВЕРСТИЙ

Проверку устойчивости опорной обечайки в зоне отверстий (сечение Д–Д, рис. 1.6) следует проводить по формуле

$$\frac{F}{\varphi_1 [F]} + \frac{M + F\varphi_3 D_0}{\varphi_2 [M]} \leq 1,0, \quad (17)$$

где $[F]$, $[M]$ определяют по ГОСТ 14249; φ_1 , φ_2 , φ_3 – коэффициенты, определяемые соответственно по формулам:

$$\varphi_1 = \frac{A}{\pi D_0 (s_0 - c)}; \quad \varphi_2 = \frac{4W}{\pi D_0^2 (s_0 - c)}; \quad \varphi_3 = \frac{Y_s}{D_0}, \quad (18)$$

где A , W , Y_s – соответственно площадь, наименьший момент сопротивления и координата центра тяжести наиболее ослабленного поперечного сечения; s_0 – исполнительная толщина стенки опорной обечайки (рис. 1.6), м.

П р и м е ч а н и е: Отверстия диаметром менее $0,04D_0$ при расчете по формулам (17) и (18) не учитывают.

5. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОГО УЗЛА

5.1. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОГО УЗЛА

Расчет элементов опорного узла (рис. 1.7) следует проводить для рабочего условия и условия испытания. Расчетные нагрузки F и изгибающие моменты M принимают по табл. 1.6 для сечения Е–Е.

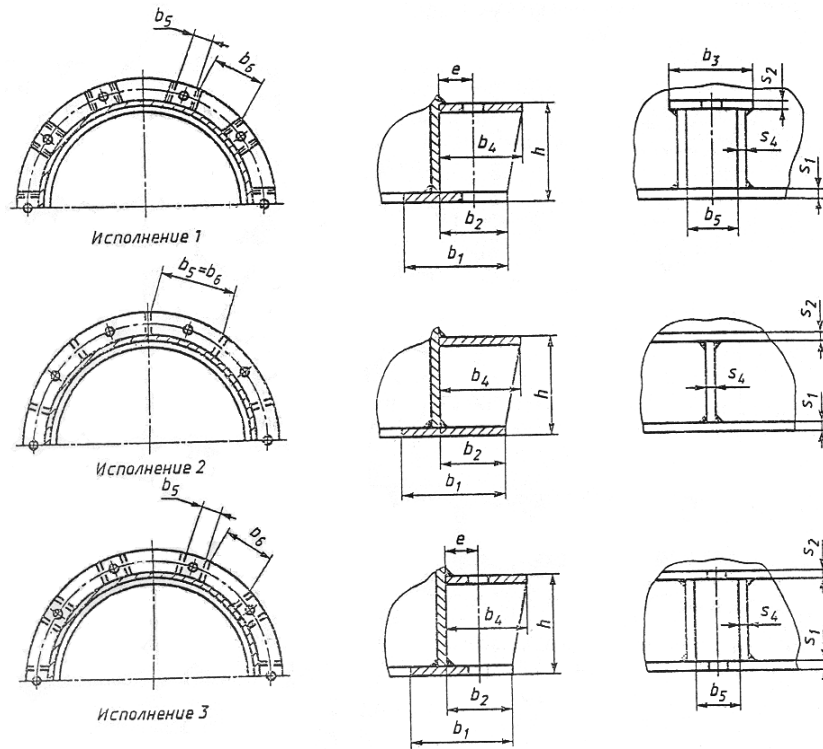


Рис. 1.7. Опорный узел

5.2. ТОЛЩИНА НИЖНЕГО ОПОРНОГО КОЛЬЦА s_1

Толщину нижнего опорного кольца s_1 следует определять по формуле

$$s_1 \geq \max \left\{ \chi_1 b_2 \sqrt{\frac{4M}{D_6} + F} \sqrt{\frac{D_6}{D_6 b_1 [\sigma]_0}} + c; 1,5s_0 \right\}, \quad (19)$$

где χ_1 – коэффициент, определяемый по формуле

$$\chi_1 = \frac{\left(1 + 1,81 \left(\frac{b_2}{b_6} \right)^3 \right)^2}{1 + 2,97 \left(\frac{b_2}{b_6} \right)^3}, \quad (20)$$

$[\sigma]_0$ – допускаемое напряжение для материала опорного узла при расчетной температуре по ГОСТ 14249; D_6 – диаметр окружности анкерных болтов (рис. 1.6), м; b_1 – ширина нижнего опорного кольца (рис. 1.7), м; b_2 – выступающая ширина нижнего опорного кольца (рис. 1.7), м; b_6 – максимальное расстояние между двумя смежными ребрами (рис. 1.7), м.

5.3. ШИРИНА НИЖНЕГО ОПОРНОГО КОЛЬЦА b_1 ОПОРЫ АППАРАТА, УСТАНОВЛИВАЕМОГО НА БЕТОННОМ ФУНДАМЕНТЕ

Ширину нижнего опорного кольца b_1 опоры аппарата, устанавливаемого на бетонном фундаменте, следует определять по формуле

$$b_1 \geq \frac{\frac{4M}{D_6} + F}{\pi D_6 [\sigma]_6}, \quad (21)$$

где $[\sigma]_6$ – напряжение бетона на сжатие, определяемое в зависимости от марки бетона по строительным нормам.

5.4. ТОЛЩИНА ВЕРХНЕГО ОПОРНОГО ЭЛЕМЕНТА s_2

Толщину верхнего опорного элемента s_2 следует определять по формуле

$$s_2 \geq \max \left\{ \chi_2 \sqrt{\frac{A_\sigma [\sigma]_B}{[\sigma]_A}} + c; 1,5s_0 \right\}, \quad (22)$$

где A_σ – площадь поперечного сечения анкерного болта по внутреннему диаметру резьбы; χ_2 – коэффициент, определяемый по формуле

$$\chi_2 = \sqrt{3 \frac{b_4}{b_5} / \left(1 + \frac{\left(\frac{b_4}{b_5} \right)^2}{1 - \frac{d}{b_5}} \right)}, \quad (23)$$

$[\sigma]_B$ – допускаемое напряжение для материала анкерных болтов по табл. 1.7; b_4 – ширина верхнего опорного элемента (рис. 1.7), м; b_5 – минимальное расстояние между двумя смежными ребрами (рис. 1.7), м; d – диаметр окружности, вписанной в шестигранник гайки анкерного болта, м.

1.7. Допускаемые напряжения для анкерных болтов при температуре 20 °С

Марка стали	ВСт3	35, 40	16ГС, 09Г2С	20Х13	30ХМА
Допускаемое напряжение $[\sigma]_B$, МПа	140	130	170	195	230

При наличии усиливающей пластины толщиной s_3 , приваренной к верхнему опорному кольцу, расчет следует проводить по формуле

$$(s_2 + s_3) \geq \chi_2 \chi_3 \sqrt{\frac{A_\sigma [\sigma]_B}{[\sigma]_A}} + c, \quad (24)$$

где χ_3 – коэффициент, определяемый по формуле

$$\chi_3 = \frac{b_7}{b_4} \left(\frac{s_3}{s_2} \right)^2. \quad (24)$$

5.5. ТОЛЩИНА РЕБРА $S_4 = S_0$

Толщину ребра $S_4 = S_0$ определяют по формуле

$$s_4 \geq \max \left\{ \frac{A_\sigma [\sigma]_B}{\chi_4 b_2 [\sigma]_A} + c; 0,4s_1 \right\}, \quad (25)$$

$$\chi_4 = \begin{cases} 2,0 & \text{– для опорного узла исполнений 1 и 3 (рис. 1.7);} \\ 1,0 & \text{– для опорного узла исполнения 2 (рис. 1.7).} \end{cases}$$

Ребра конструкции с соотношением $\frac{b_2}{s_4} > 20$ необходимо проверять на устойчивость.

5.6. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ ОПОРНОЙ ОБЕЧАЙКИ В ЗОНЕ ВЕРХНЕГО ОПОРНОГО КОЛЬЦА

Проверку прочности опорной обечайки в зоне верхнего опорного кольца следует проводить по формуле

$$\frac{6\chi_5 A_\sigma [\sigma]_B e}{(s_0 - c)^2 h} \leq 1,5[\sigma]_0, \quad (26)$$

где χ_5 – коэффициент, определяемый по формулам:

$$\chi_5 = -0,0248 \left\{ \ln \left(\frac{N}{1100} \right) - \sqrt{\left[\ln \left(\frac{N}{1100} \right) \right]^2 + 2,628} \right\} + K; \quad (27)$$

$$N = \frac{D_0}{2(s_0 - c)} \left(\frac{10b_3}{D_0} \right)^{2,05};$$

$$K = \begin{cases} 0, & \text{при } N \leq 10^4; \\ -0,002 \ln(10^{-4} \cdot N), & \text{при } N > 10^4; \end{cases}$$

$$b_3 = \begin{cases} b_4 & \text{– для опорного узла исполнения 2 (рис. 1.7);} \\ (b_5 + b_6) & \text{– для опорного узла исполнения 3 (рис. 1.7).} \end{cases}$$

где e – расстояние от оси анкерного болта до опорной обечайки (рис. 1.7), м; h – высота опорного узла (рис. 1.7), м; b_3 – длина верхнего опорного элемента (рис. 1.7), м.

6. РАСЧЕТ АНКЕРНЫХ БОЛТОВ

6.1. РАСЧЕТ АНКЕРНЫХ БОЛТОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ МОНТАЖА

Расчет анкерных болтов необходимо проводить для условий монтажа, если $M_3 > 0,44F_3D_6$. В случае, когда $M_3 \leq 0,44F_3D_6$ диаметр и количество болтов принимают конструктивно.

6.2. ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР РЕЗЬБЫ d_6

Внутренний диаметр резьбы d_6 анкерных болтов следует определять по формуле

$$d_6 \geq \chi_6 \sqrt{\frac{M_3 - 0,44F_3D_6}{n[\sigma]_B D_6}}, \quad (28)$$

где χ_6 – коэффициент, определяемый по рис. 1.8 или формулам:

$$\text{при } \frac{F_3D_6}{M_3} < 0,5$$

$$\chi_6 = 2,25 + 0,3 \frac{F_3D_6}{M_3}; \quad (29)$$

$$\text{при } \frac{F_3D_6}{M_3} \geq 0,5$$

$$\chi_6 = 2,7 - 2 \frac{F_3D_6}{M_3} + 3,7 \left(\frac{F_3D_6}{M_3} \right)^2 - 2,5 \left(\frac{F_3D_6}{M_3} \right)^3 + 0,65 \left(\frac{F_3D_6}{M_3} \right)^4, \quad (30)$$

где F_3 – осевое сжимающее усилие в условиях монтажа, Н; n – число анкерных болтов.

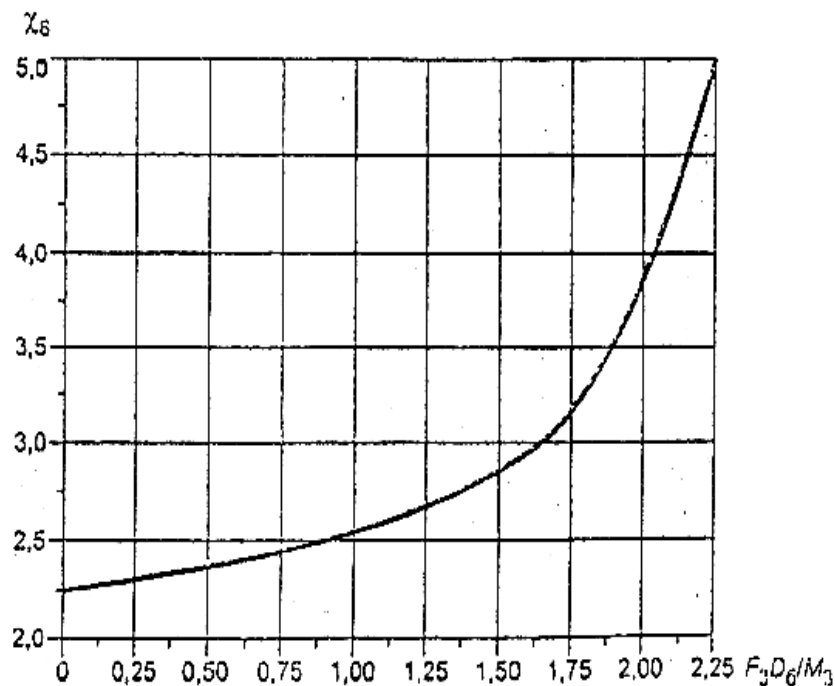


Рис. 1.8. Коэффициент χ_6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 14249–89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – М. : Госкомитет СССР по стандартам, 1989. – 62 с.
2. ГОСТ Р 51274–99. Сосуды и аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность. – М. : ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 1999. – 11 с.
3. ОСТ 26-467–78. Сосуды и аппараты. Опоры для колонных аппаратов. Конструкции и типоразмеры. – М. : Госкомитет СССР по стандартам, 1975. – 16 с.