ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

# СОСУДЫ И АППАРАТЫ
# АППАРАТЫ КОЛОННОГО ТИПА

## НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

## ГОСТ 24757—81
## (СТ СЭВ 1645—79)

**Издание официальное**

Цена 5 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 66.023.23.001.24:006.354 Группа Г02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

# ГОСТ 24757—81 (СТ СЭВ 1645—79)

## СОСУДЫ И АППАРАТЫ АППАРАТЫ КОЛОННОГО ТИПА

### Нормы и методы расчета на прочность

Vessels and apparatuses Apparatuses of column type Norms and methods of strength calculations

ОКП 36 1510

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15 мая 1981 г. № 2411 срок введения установлен

с 01.07 1981 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на аппараты колонного типа по ГОСТ 24305—80, ГОСТ 24306—80. Стандарт устанавливает методы расчета на прочность колонных аппаратов, работающих под действием внутреннего избыточного или наружного давления, собственного веса и изгибающих моментов от ветровых нагрузок или сейсмических воздействий, а также изгибающих моментов, возникающих от действия ветровых нагрузок.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1645—79.

## 1. РАСЧЕТНЫЕ СЕЧЕНИЯ

1.1. При расчете колонного аппарата устанавливаются следующие основные расчетные сечения:

поперечные сечения корпуса колонны, переменные по толщине стенки или диаметру (*I—I, II—II,..., Z—Z* по черт. 1); для аппаратов постоянного сечения (по диаметру и толщине стенки) — только поперечное сечение в месте присоединения опорной обечайки;

поперечное сечение в месте присоединения опорной обечайки к корпусу колонны (*Z—Z* по черт. 1, 2);

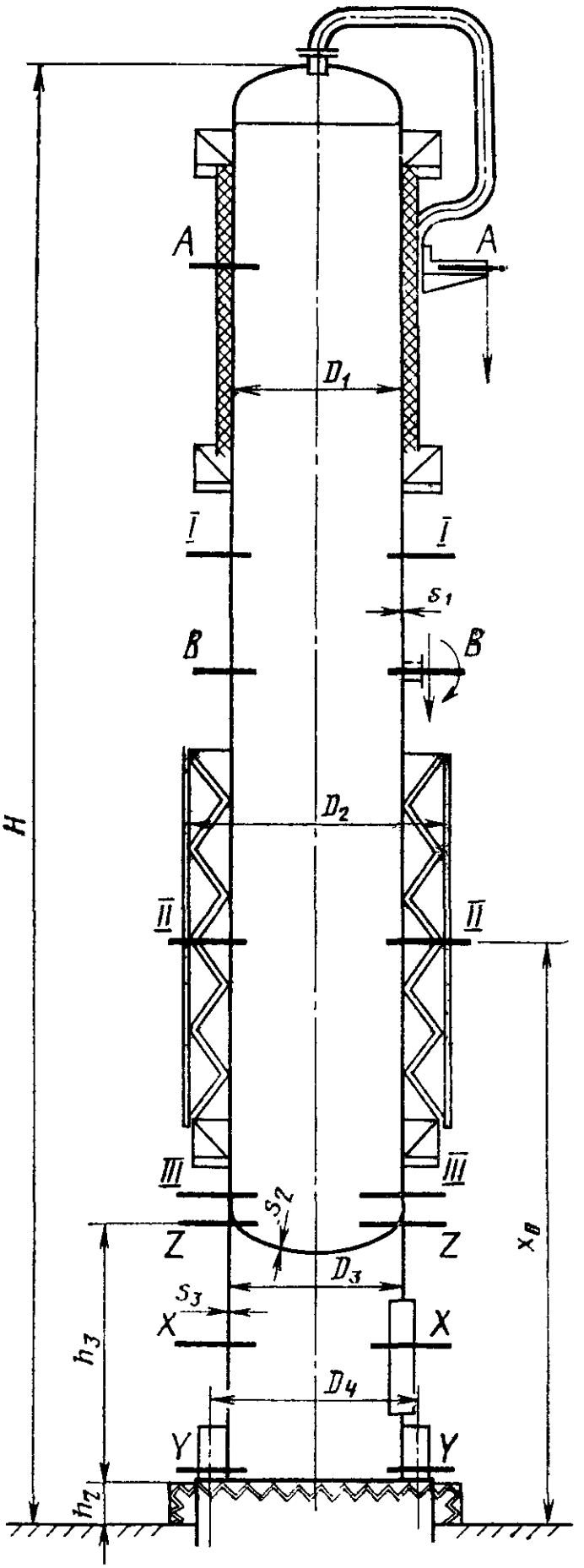
поперечное сечение опорной обечайки в местах расположения отверстий (*X—X* по черт. 1, 2).

поперечное сечение в месте присоединения опорного кольца (*Y—Y* по черт. 1, 2).

Издание официальное Перепечатка воспрещена

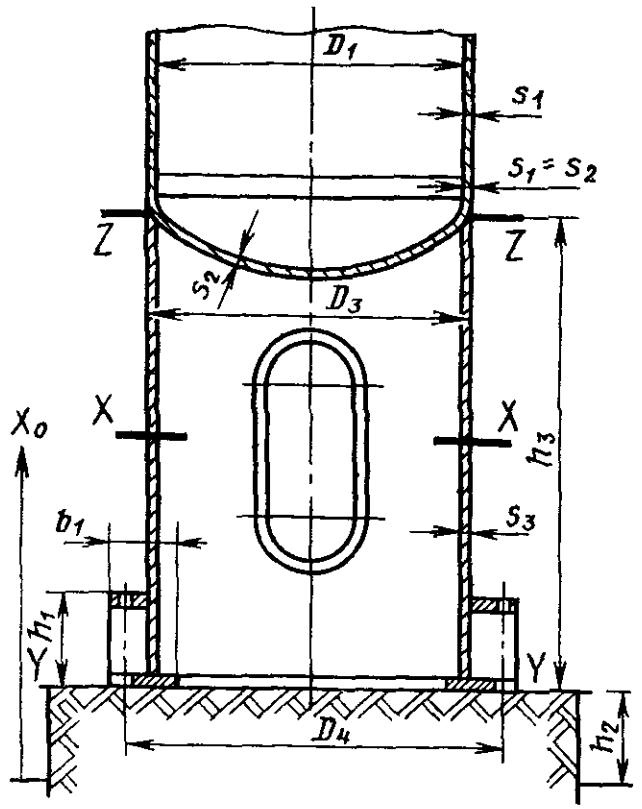
© Издательство стандартов, 1981

**Расчетные сечения колонного аппарата**

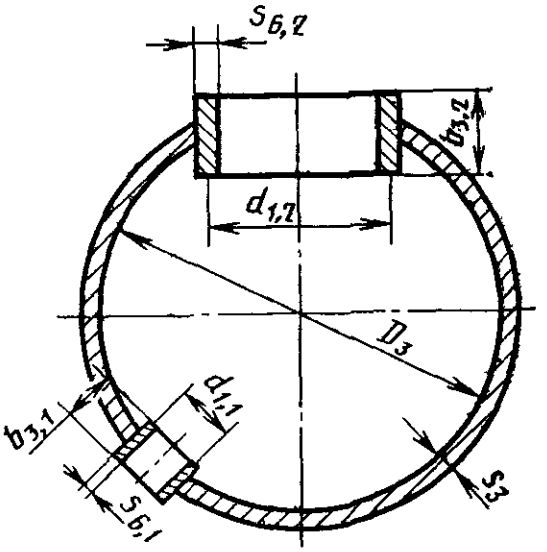



Черт. 1

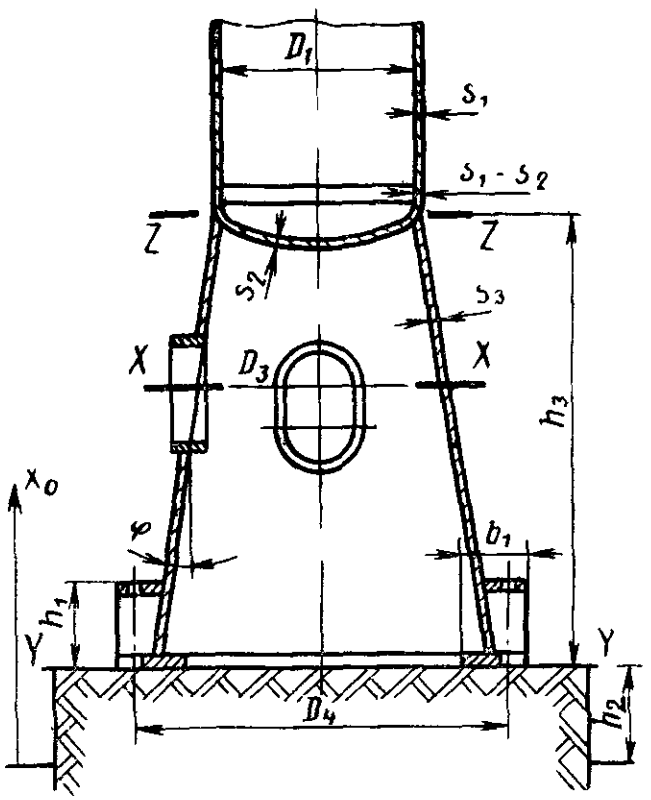
**Цилиндрические опорные обечайки**




**Опорная обечайка с отверстиями. Сечение X—X**




**Конические опорные обечайки**




Черт. 2

Примечание. Черт. 1 и 2 не определяют конструкцию и приведены только для указания расчетных размеров

1.2. Для расчета местных нагрузок следует рассмотреть дополнительные расчетные сечения (А—А, В—В по черт. 1).

Термины, использованные в стандарте, и их условные обозначения приведены в справочном приложении.

## 2. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ И РАСЧЕТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА

2.1. Расчетные давления

2.1.1. Расчетное давление $p_1$ в рабочих условиях для каждого расчетного сечения и пробное давление $p_2$, измеряемое в верхней части колонны, — по ГОСТ 14249—80 и ГОСТ 24306—80.

2.1.2. Гидростатическое давление $p_H$ во время гидроиспытания колонны в вертикальном положении необходимо определять для каждого расчетного сечения по формуле

$$p_H = \gamma \cdot (H - x_0) \qquad (1)$$

Для воды $\gamma = 10^{-5}$ Н/мм$^3$ ($10^{-3}$ кгс/см$^3$)

2.2. Нагрузки от собственного веса.

При расчете колонн должны быть учтены следующие весовые нагрузки:

$G_1$ — вес колонны в рабочих условиях, включая вес обслуживающих площадок, изоляции, внутренних устройств и рабочей среды, Н (кгс);

$G_2$ — вес колонны при гидроиспытании, включая вес жидкости, заполняющей колонну, Н (кгс);

$G_3$ — максимальная нагрузка колонны от собственного веса в условиях монтажа, Н (кгс);

$G_4$ — минимальная нагрузка колонны от собственного веса в условиях монтажа (после установки колонны в вертикальное положение), Н (кгс).

Примечание. Необходимо учитывать, что нагрузка от веса воды, заполняющей колонну в условиях испытания, действует только на нижнее днище и расчетные сечения опорной обечайки.

2.3. Расчетные изгибающие моменты

2.3.1. Максимальный изгибающий момент $M_G$ от действия эксцентрических весовых нагрузок, в том числе от присоединяемых трубопроводов и других нагрузок, необходимо определять для каждого расчетного сечения.

2.3.2. Изгибающие моменты $M_v$ от действия ветровых нагрузок — по ГОСТ 24756—81.

2.3.3. Изгибающие моменты от сейсмических воздействий $M_R$ по ГОСТ 24756—81.

2.4. Снеговые нагрузки.

При расчете колонных аппаратов снеговые нагрузки не учитывают.

2.5. Температурные нагрузки.

В случае необходимости температурные напряжения определяют специальными методами расчета.

2.6. Местные нагрузки.

Расчет локальных напряжений от местных нагрузок на колонне (например, трубопроводы, краны, лестницы и др.) производят по нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке. Для этого необходимо определить общие мембранные напряжения в соответствующих дополнительных расчетных сечениях (А—А, В—В по черт. 1) $\sigma_x$ и $\sigma_y$ по п. 4.1.

2.7. Расчетная температура

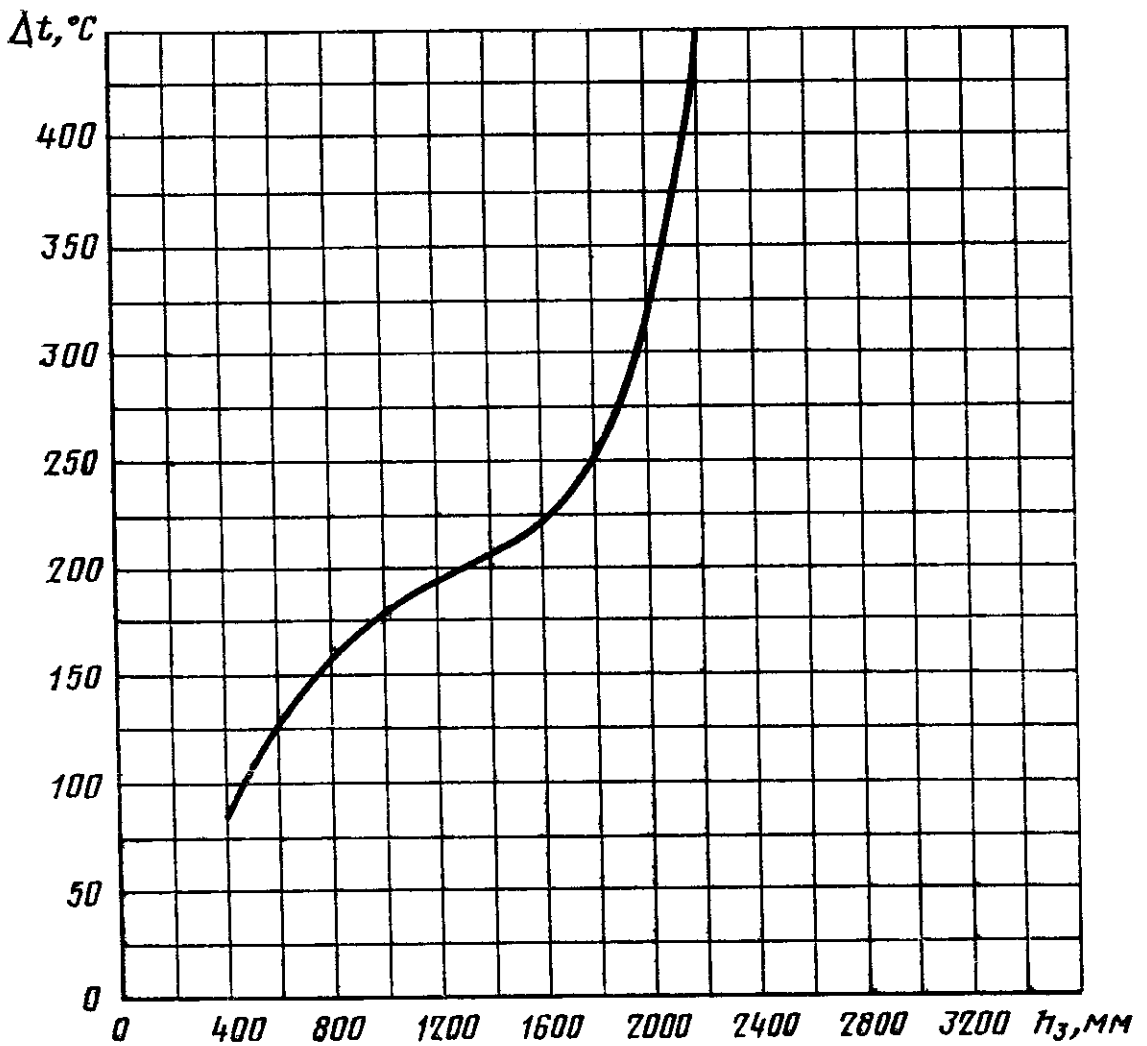
Расчетную температуру для каждого элемента колонного аппарата следует определять по ГОСТ 14249—80.

Для элементов нижнего опорного узла опорных обечаек, которые приварены к корпусу колонны и изолированы, расчетную температуру в рабочих условиях определяют по формуле

$$t_A = \max(t_K - \Delta t;\ 20°C), \qquad (2)$$

где $\Delta t$ — перепад температуры по черт. 3.

**Перепад температуры в опорной обечайке**




$$\Delta t = 10 + 0{,}132h_3 + 0{,}249 \cdot 10^{-3} \cdot h_3 - 0{,}305 \cdot 10^{-6} \cdot h_3^3 + 0{,}934 \cdot 10^{-10} \cdot h_3^4$$

Черт. 3

Расчетная температура для условий испытания и монтажа принимается 20°С.

## 3. СОЧЕТАНИЕ НАГРУЗОК

Колонный аппарат необходимо рассчитывать для следующих трех условий работы аппарата:

рабочие условия;

условия испытания;

условия монтажа.

**Сочетания нагрузок для перечисленных условий приведены в таблице**

| Индекс условий работы | Условия работы | Давление $p$, МПа (кгс/см²) | Осевое сжимающее усилие, $H$ (кгс) | Расчетный изгибающий момент $M$, Н·мм, (кгс·см) | Допускаемые напряжения, МПа (кгс/см²) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Рабочие условия | $p_1$ | $F_1 = G_1$ | $M_1 = M_{G_1} + M_{v_1}$<br>В районах с сейсмичностью 7 и более баллов принимается большее из двух значений:<br>$M_1 = M_{G_1} + M_{v_1}$<br>$M_1 = M_{G_1} + M_{R_1}$ | $[\sigma]_{A_1}$<br>$[\sigma]_{K_1}$<br>$[\sigma]_{O_1}$ |
| 2 | Условия испытания | $p_2$; $p_H$ | $F_2 = G_2$ | $M_2 = M_{G_2} + 0{,}6M_{v_2}$ | $[\sigma]_{A_2}$ |
| 3 | Условия монтажа | 0 | $F_3 = G_3$<br>Для анкерных болтов<br>$F_4 = G_4$ | Принимается большее из двух значений:<br>$M_3 = M_{G_3} + M_{v_3}$; $M_3 = M_{G_3} + 0{,}8M_{v_4}$<br>В районах с сейсмичностью 7 и более баллов принимается большее из трех значений:<br>$M_3 = M_{G_3} + M_{v_3}$<br>$M_3 = M_{G_3} + 0{,}8M_{v_4}$<br>$M_3 = M_{G_3} + M_{R_3}$ | |

Примечания:

1. При расчете моментов $M_{v_1}$ и $M_{R_1}$ исходят из общей весовой нагрузки в рабочих условиях.

2. При расчете момента $M_{v_2}$ исходят из общей весовой нагрузки в условиях испытания.

3. При расчете моментов $M_{v_3}$ и $M_{R_3}$ исходят из общей весовой нагрузки в условиях монтажа $M_{v_1}$ учитывают изоляцию.

## 4. КОРПУС КОЛОННОГО АППАРАТА

4.1. Стенка колонного аппарата должна быть рассчитана на прочность и устойчивость.

4.1.1. Расчет напряжений

Расчет напряжений следует проводить во всех сечениях, указанных в разделе 1, для рабочих условий ($F=F_1$; $M=M_1$; $p=p_1$) и для условий монтажа ($F=F_3$; $M=M_3$; $p=0$).

4.1.2. Продольные напряжения $\sigma_x$ следует рассчитывать:

на наветренной стороне по формуле (3)

$$\sigma_{x_1}=\frac{p(D_1+s_1)}{4(s_1-c)}-\frac{F}{\pi D_1(s_1-c)}+\frac{4M}{\pi D_1^2(s_1-c)}\ ; \tag{3}$$

на подветренной стороне по формуле

$$\sigma_{x_2}=\frac{p(D_1+s_1)}{4(s_1-c)}-\frac{F}{\pi D_1(s_1-c)}-\frac{4M}{\pi D_1^2(s_1-c)}\ . \tag{4}$$

4.1.3. Кольцевые напряжения $\sigma_y$ следует рассчитывать по формуле (5)

$$\sigma_y=\frac{p(D_1-s_1)}{2(s_1-c)}\ . \tag{5}$$

4.1.4. Эквивалентные напряжения следует рассчитывать:

на наветренной стороне по формуле (6)

$$\sigma_{E_1}=\sqrt{\sigma_{x_1}^2-\sigma_{x_1}\cdot\sigma_y\cdot\frac{\varphi_T}{\varphi_p}+\left(\sigma_y\cdot\frac{\varphi_T}{\varphi_p}\right)^2}\ ; \tag{6}$$

если $\sigma_{x_1}<0$, то $\varphi_T=1{,}0$, если $\sigma_y<0$, то $\varphi_p=1{,}0$;

на подветренной стороне по формуле (7)

$$\sigma_{E_2}=\sqrt{\sigma_{x_2}^2-\sigma_{x_2}\cdot\sigma_y\cdot\frac{\varphi_T}{\varphi_p}+\left(\sigma_y\cdot\frac{\varphi_T}{\varphi_p}\right)^2}\ ; \tag{7}$$

если $\sigma_{x_2}<0$, то $\varphi_T=1{,}0$, если $\sigma_y<0$, то $\varphi_p=1{,}0$.

4.1.5. Проверку условий прочности следует проводить:

на наветренной стороне по формуле (8)

$$\max\{|\sigma_{x_1}|;\ \sigma_{E_1}\}\leqslant[\sigma]_K\cdot\varphi_T; \tag{8}$$

если $\sigma_{x_1}<0$, то $\varphi_T=1{,}0$;

на подветренной стороне по формуле (9)

$$\max\{|\sigma_{x_2}|;\ \sigma_{E_2}\}\leqslant[\sigma]_K\cdot\varphi_T; \tag{9}$$

если $\sigma_{x_2}<0$, то $\varphi_T=1{,}0$.

4.2. Проверка устойчивости

Проверку устойчивости следует проводить для рабочих условий, условий испытания и монтажа.

4.2.1. Колонны, работающие под внутренним избыточным давлением, и колонны, работающие без давления.

Если толщина стенки $s_3$ опорной обечайки меньше или равна толщине стенки самой нижней обечайки колонны и механические свойства материала опорной обечайки не выше соответствующих свойств материала обечайки колонны, то расчет колонного аппарата не производят. В этом случае достаточно провести проверку устойчивости опорной обечайки по п. 5.3. Для остальных колонн проверку устойчивости следует проводить для каждого основного расчетного сечения по формуле (10).

$$\frac{F}{[F]}+\frac{M}{[M]}\leqslant 1{,}0. \qquad (10)$$

Нагрузки принимают в соответствии с таблицей.

Значения $[F]$ и $[M]$ определяют по ГОСТ 14249—80, соответственно, для рабочих условий, условий испытания и монтажа.

4.2.2. Колонны, работающие под наружным давлением

Для условий испытания и монтажа проверку устойчивости необходимо проводить в соответствии с требованиями п. 4.2.1.

Для рабочих условий проверку устойчивости для каждого основного расчетного сечения следует проводить по формуле (11)

$$\frac{p}{[p]}+\frac{F}{[F]}+\frac{M}{[M]}\leqslant 1{,}0, \qquad (11)$$

где $[p]$, $[F]$ $[M]$ — определяют по ГОСТ 14249—80 для рабочих условий.

## 5. РАСЧЕТ ОПОРНОЙ ОБЕЧАЙКИ

5.1. Расчет опорной обечайки следует проводить для рабочих условий и для условий испытания. Расчетные нагрузки в сечениях $Z$—$Z$ ($F_Z = G_Z$; $M_Z$) и $Y$—$Y$ ($F_Y = G_Y$; $M_Y$) следует принимать в соответствии с таблицей. Для сечения $X$—$X$ используют расчетные нагрузки сечения $Y$—$Y$.

5.2. Проверку прочности сварного шва, соединяющего корпус колонны с опорной обечайкой (сечение $Z$—$Z$ по черт. 1, 2) следует проводить по формуле (12)

$$\sigma_x=\frac{1}{\pi D_3\cdot a_1}\left(\frac{4M_Z}{D_3}+F_Z\right)\leqslant\varphi_S\cdot\min\{[\sigma]_0\cdot[\sigma]_K\} \qquad (12)$$

Толщина сварного шва $a_1$ приведена на черт. 4

5.3. Проверку устойчивости опорной обечайки в зоне отверстия (сечение $X$—$X$ по черт. 1, 2) следует проводить по формуле (13)

$$\frac{F_Y}{\psi_1[F]}+\frac{M_Y+F_Y\cdot\psi_3\cdot D_3}{\psi_2[M]}\leqslant 1{,}0, \qquad (13)$$

где $[F]$, $[M]$ — определяют по ГОСТ 14249—80;

$\psi_1$, $\psi_2$, $\psi_3$ — коэффициенты, определяемые соответственно по черт. 5, 6 и 7.

Если в сечении $X—X$ несколько отверстий, то расчет следует проводить для наибольшего из отверстий по формуле (13) при условии, что для остальных отверстий коэффициенты $\psi_1$ и $\psi_2$ более 0,95. Если не соблюдены условия $\psi_1 > 0{,}95$ и $\psi_2 > 0{,}95$, то проверку устойчивости необходимо проводить по формуле (13) при

$$\psi_1 = \frac{A}{\pi D_3 (s_3 - c)}, \qquad \psi_2 = \frac{4W}{\pi D_3^2 (s_3 - c)}, \qquad \psi_3 = \frac{Y_s}{D_3},$$

где $A$, $W$, $Y_s$ — соответственно площадь, наименьший момент сопротивления и координата центра тяжести наиболее ослабленного поперечного сечения.

5.4. Если в опорной обечайке есть кольцевой шов, то проверку следует проводить по формуле (14)

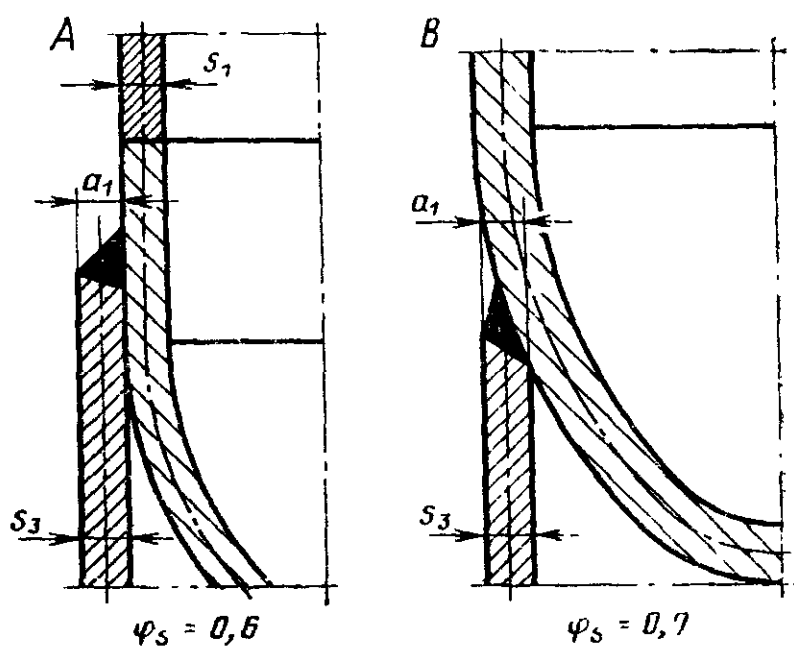
$$\sigma_x = \frac{1}{\pi D_3 (s_3 - c)} \left[ \frac{4(M_Y + F_Y \psi_3 D_3)}{\psi_2 D_3} - \frac{F_Y}{\psi_1} \right] \leqslant \varphi_T [\sigma]_0, \qquad (14)$$

где $\psi_1$, $\psi_2$, $\psi_3$ —коэффициенты, определяемые соответственно по черт. 5, 6 и 7.

Если кольцевой шов находится вне зоны отверстий, то коэффициенты

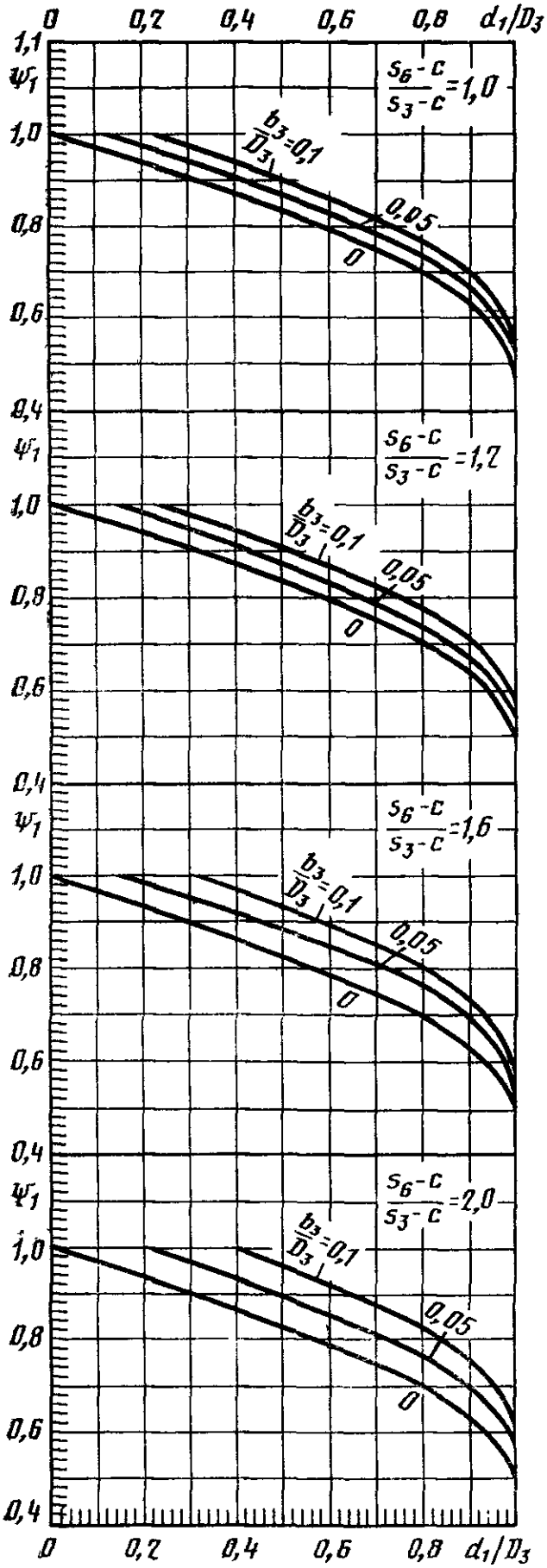
$$\psi_1 = \psi_2 = 1{,}0 \text{ и } \psi_3 = 0.$$

**Узлы соединения опорной обечайки с корпусом колонны**



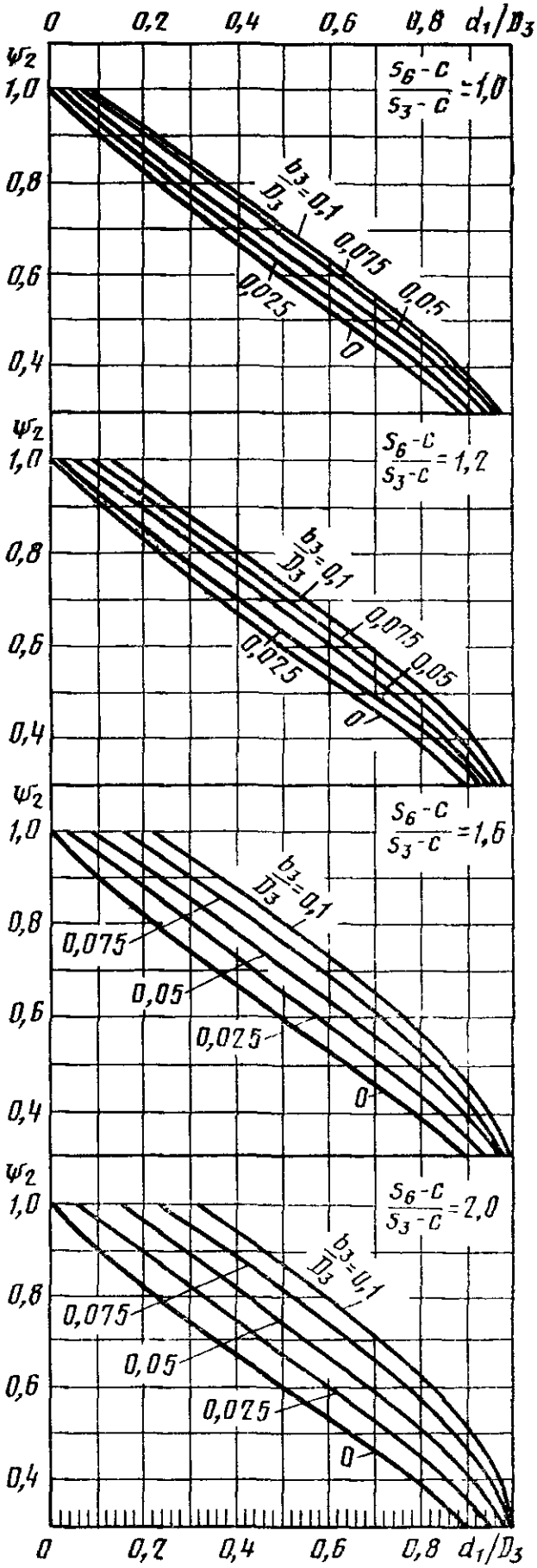

Черт. 4

Коэффициент $\psi_1$



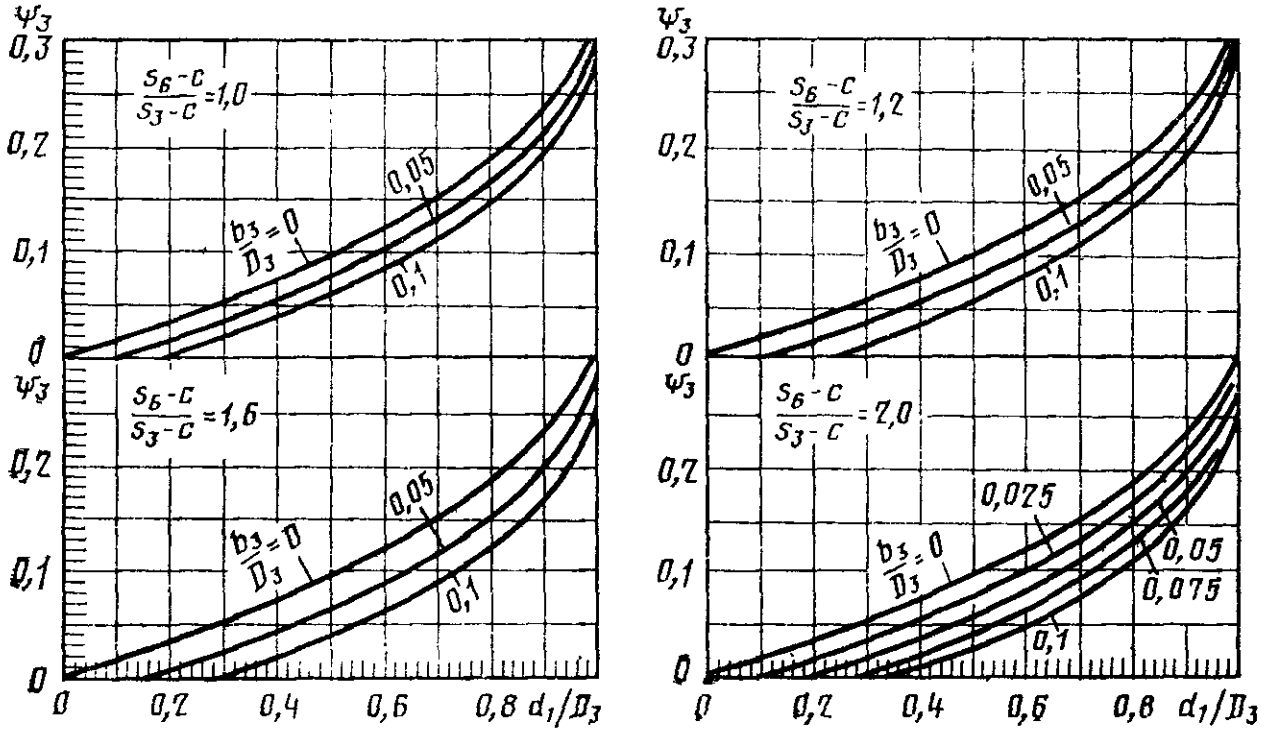

Черт. 5

Коэффициент $\psi_2$




Черт. 6

Коэффициент $\psi_3$




Черт. 7

## 6. РАСЧЕТ НИЖНЕГО ОПОРНОГО УЗЛА

6.1. Расчет нижнего опорного узла следует проводить для рабочих условий и для условий испытания. Расчетные нагрузки $F_Y$ и $M_Y$ принимают в соответствии с разд. 5.

6.2. Ширина опорного кольца

Ширина нижнего опорного кольца $b_1$ устанавливается конструктивно, при этом необходимо соблюдать условие формулы (15)

$$b_1 \geqslant b_{1R} = \frac{1}{\pi D_4 [\sigma]_{бет}} \left( \frac{4M_Y}{D_4} + F_Y \right). \qquad (15)$$

Выступающая ширина нижнего опорного кольца должна удовлетворять условию

$$2d_2 + 30 \text{ мм} \leqslant b_2 \leqslant \frac{2}{3} b_1. \qquad (16)$$

6.3. Напряжение сжатия в бетоне следует рассчитывать по формуле (17)

$$\sigma_{бет} = [\sigma]_{бет} \cdot \frac{b_{1R}}{b_1}. \qquad (17)$$

6.4. Напряжение в сварном шве нижнего опорного кольца.

Для опорного кольца в исполнении А (черт. 8) рассчитывают по формуле (18)

$$\sigma_x = \frac{1}{\pi D_3 \cdot 2a_2} \left( \frac{4M_Y}{D_3} - F_Y \right) \leqslant 0{,}6[\sigma]_O. \qquad (18)$$

Для опорных колец в исполнениях B, C, D (черт. 8) проверку по формуле (18) проводить не следует.

6.5. Толщину нижнего опорного кольца в исполнениях A, B, C, D следует рассчитывать по формуле (19)

$$s_4 \geqslant \max\left\{\varkappa_1 \cdot b_2 \cdot \sqrt{\frac{3\sigma_{бет}}{[\sigma]_A}} + c;\ 1{,}5s_3\right\}, \qquad (19)$$

где $\varkappa_1 = \begin{cases} 1{,}0 & \text{— для опорного кольца исполнения A} \\ \text{по черт. 9} & \text{— для опорных колец исполнений B, C, D} \end{cases}$

Для опорного кольца исполнения A толщину $s_4$ дополнительно следует проверить по формуле (20)

$$s_4 \geqslant \sqrt{\left(\frac{4M_Y}{D_3} - F_Y\right) \cdot \frac{4l_2}{\pi[\sigma]_A \cdot D_3}} + c. \qquad (20)$$

Если по формуле (19) или (20) будет получена величина $s_4 > 2s_3$ следует применять конструкции нижнего опорного узла исполнений C или D.

6.6. Толщину верхнего опорного элемента — кольца следует рассчитывать по формуле (21)

$$s_5 \geqslant \max\left\{\varkappa_2 \sqrt{\frac{A_б[\sigma]_B}{[\sigma]_A}} + c;\ 1{,}5s_3\right\}, \qquad (21)$$

где $\varkappa_2$ — коэффициент, определяемый по черт. 10

6.7. Толщина ребра

$$s_7 = \max\left\{\frac{A_б[\sigma]_B}{\varkappa_3 b_2 \cdot [\sigma]_A} + c;\ 0{,}4s_4\right\}, \qquad (22)$$

где $\varkappa_3 = \begin{cases} 2{,}0 & \text{— для исполнений опорного узла B и D (черт. 8)} \\ 1{,}0 & \text{— для исполнения опорного узла C (черт. 8)} \end{cases}$

Для конструкции ребер с соотношением $\frac{b_2}{s_7} > 20$ ребра необходимо дополнительно проверять на устойчивость.

6.8. Нагрузки стенки опорной обечайки от верхнего опорного элемента-кольца.

Местное напряжение изгиба следует рассчитывать по формуле (23)

$$\sigma_{1x} = \frac{\sigma \cdot \varkappa_4 \cdot A_б[\sigma]_B \cdot e_2}{(s_3 - c)^2 h_1}, \qquad (23)$$

где $\varkappa_4$ — коэффициент, определяемый по черт. 11.

Для опорного узла исполнения C вместо $b_4$ принимается $b_5$, а для исполнения $D$ $(b_6 + b_7)$.

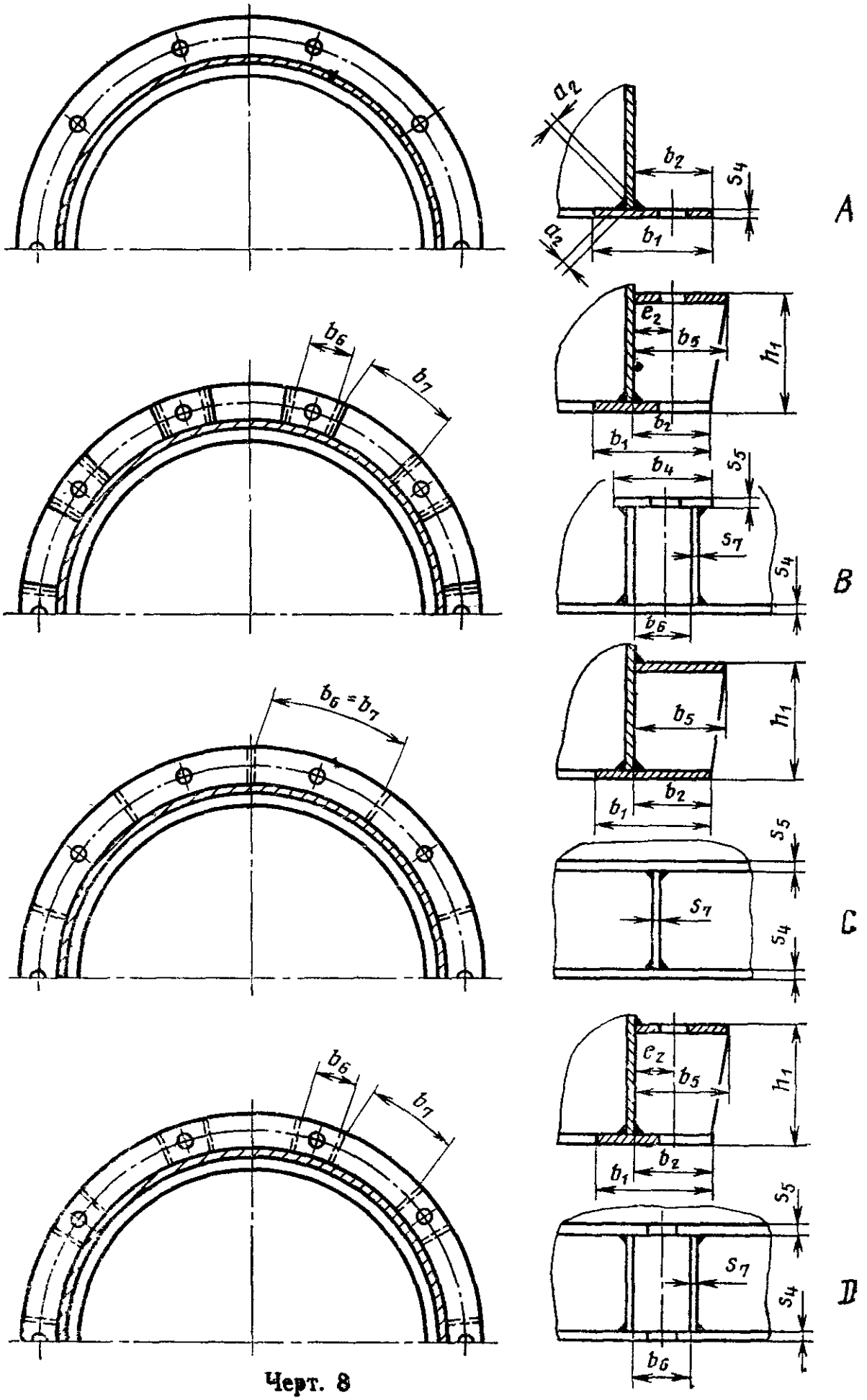
Проверку следует проводить по формуле (24)

$$\sigma_{bx} \leqslant [\sigma]_п, \qquad (24)$$

где $[\sigma]_п$ — предельное напряжение изгиба принимается по действующей нормативно-технической документации.

6.9. Высота нижнего опорного узла исполнений C и D.

## Исполнения опорного узла



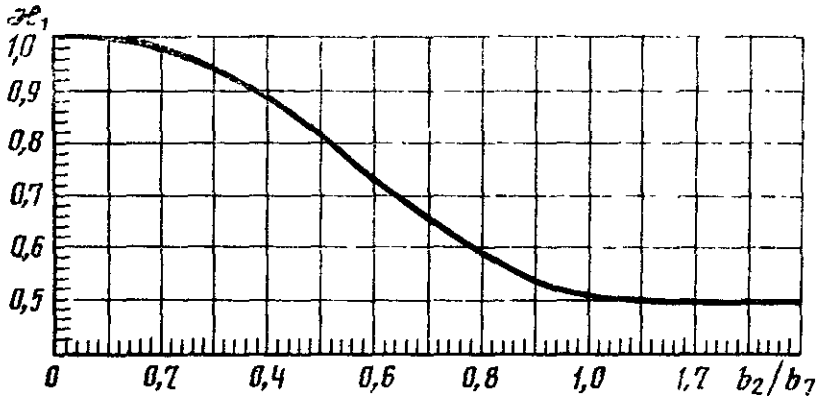

Черт. 8

Высоту $h_1$ опорного узла при выполнении условия $b_2=b_5$, следует определять по формуле (25)

$$h_1 \geqslant \frac{D_4 \cdot e_2 \cdot b_1}{2(s_5-c)\cdot b_5} \cdot \frac{\sigma_{бет}}{[\sigma]_A} \cdot \left[\frac{1}{\varkappa_5} + \frac{6{,}58}{n^2 \cdot \varkappa_6} \cdot \frac{D_6}{b_5}\right] \qquad (25)$$

при $s_5 \approx 2s_3$

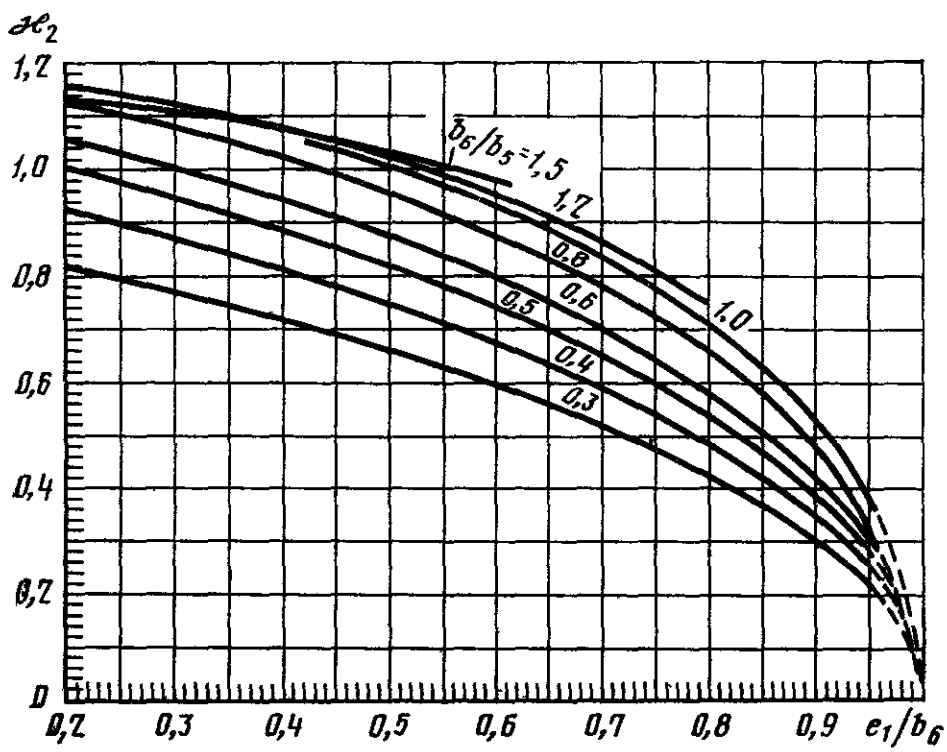
**Коэффициент $\varkappa_1$**




$$\varkappa_1 = \left(\frac{1+1{,}81\left(\frac{b_2}{b_7}\right)^3}{1+2{,}97\left(\frac{b_2}{b_7}\right)^3}\right)^2$$

Черт. 9

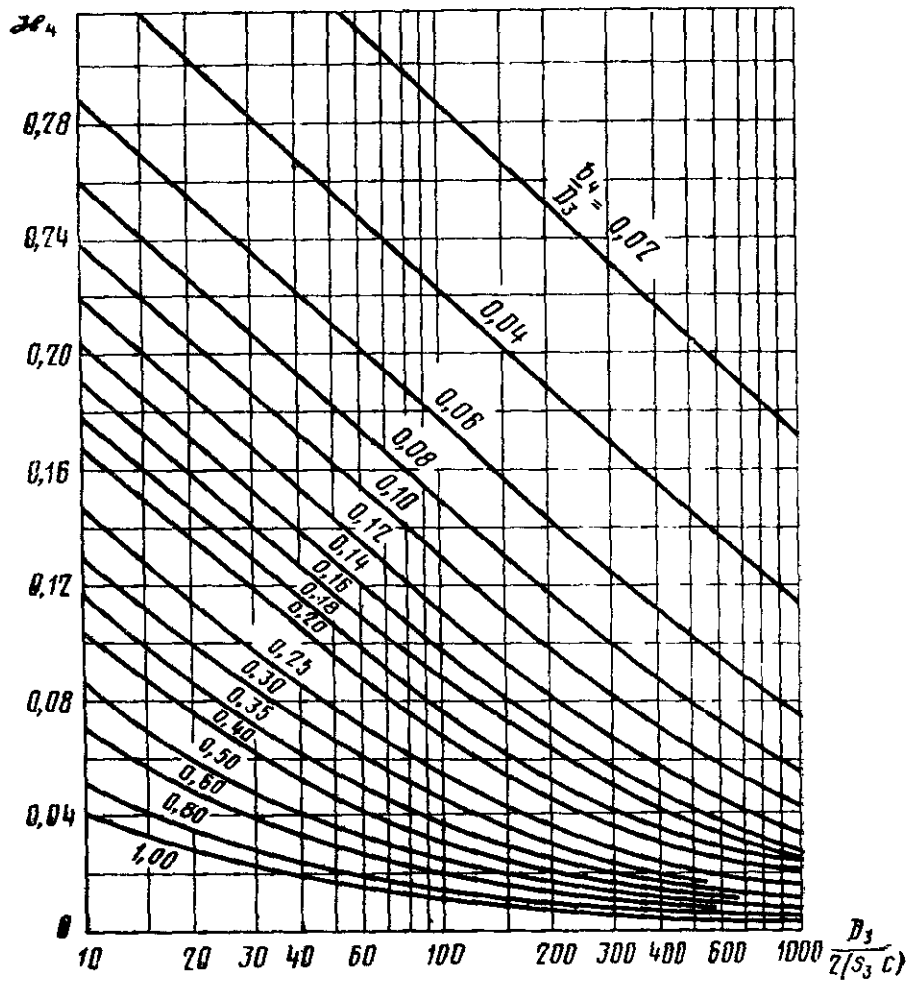
**Коэффициент $\varkappa_2$**




$$\varkappa_2 = \sqrt{\frac{3\cdot\left(\frac{b_5}{b_6}\right)}{\left(\frac{b_5}{b_6}\right)^2}\Big/\left(1-\frac{e_1}{b_6}\right)}$$

Черт. 10

Коэффициент $\varkappa_4$




Черт. 11

$$\varkappa_5 = 1+\varkappa_7, \quad \varkappa_6 = 1+2\varkappa_7\left(1+\frac{s_3-c}{b_5}-\frac{\varkappa_7}{2}\right),$$

$$\varkappa_7 = \frac{1{,}56+\sqrt{D_3(s_3-c)}}{b_5}\cdot\frac{s_3-c}{s_5-c}.$$

Толщины $s_5$, $s_7$ и $s_3$ необходимо рассчитывать дополнительно соответственно по пп. 6.6, 6.7 и 6.8.

## 7. РАСЧЕТ АНКЕРНЫХ БОЛТОВ

Расчет прочности анкерных болтов следует производить для рабочих условий и условий монтажа.

7.1. Число анкерных болтов $n$ устанавливают конструктивно, при этом

$n=4$, 6, 8, 10, 12, 16... далее кратно 4.

7.2. Внутренний диаметр резьбы анкерных болтов для колонн, устанавливаемых на бетонных фундаментах, следует определять по формуле (26)

$$d_2 \geqslant \varkappa_8 \sqrt{\frac{M_Y - 0{,}44 F_Y \cdot D_4}{n[\sigma]_B \cdot D_4}} + c, \qquad (26)$$

где $\varkappa_8$ — коэффициент, определяемый по черт. 12.

Для условий монтажа $F_Y = F_4$

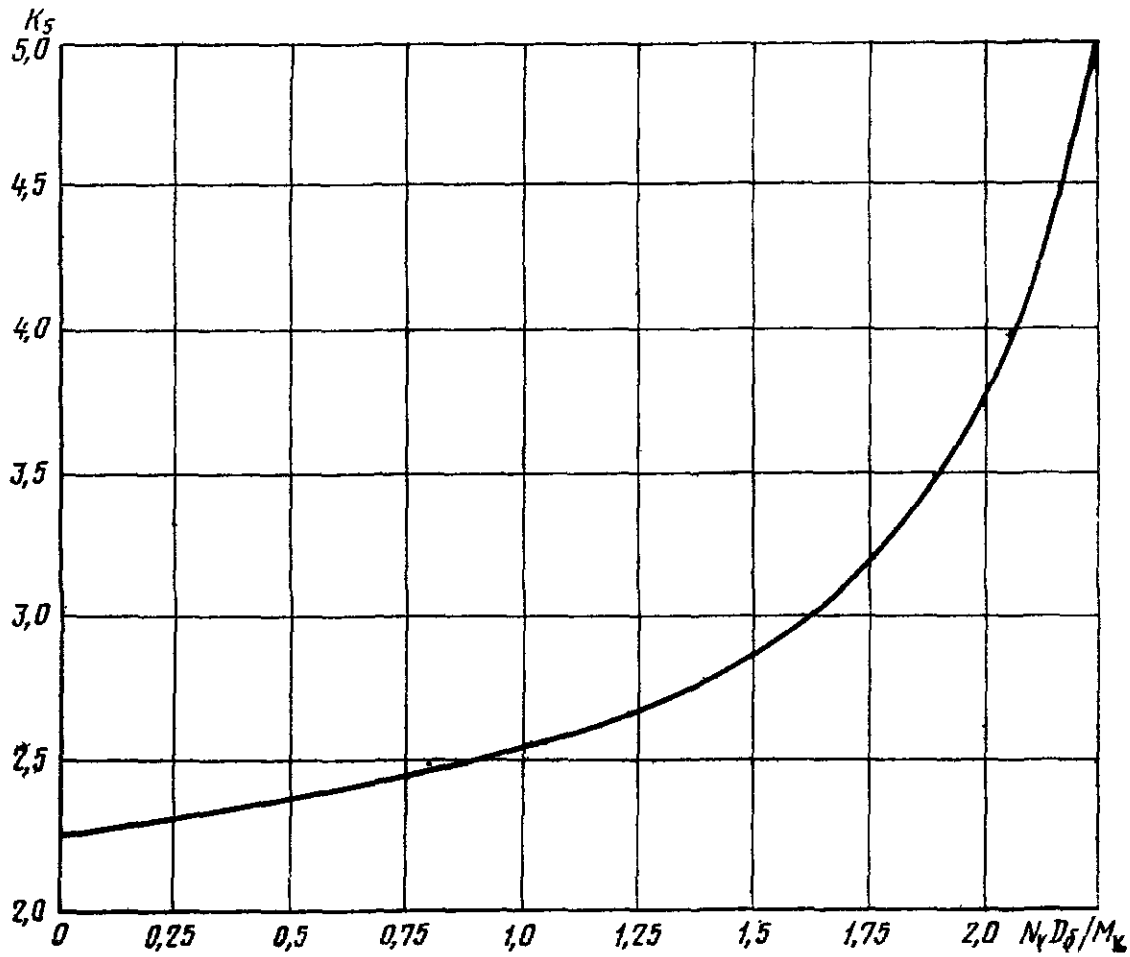
Примечание. Если величина $\frac{0{,}44 F_Y \cdot D_4}{M_Y} > 1{,}0$, то (27)

число болтов должно быть:

не менее 4 при М24 — для колонн диаметром $D_1 < 1400$ мм

не менее 6 при М30 — для колонн диаметром 1400 мм $< D_1 \leqslant$ $\leqslant 2200$ мм.

при $D_1 > 2200$ мм болты диаметром М36 мм устанавливают с шагом 1200 мм, но во всех случаях число болтов должно быть не более 12.




Черт. 12

*ПРИЛОЖЕНИЕ*
*Справочное*

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛАХ

$a_1$ — толщина сварного шва в месте приварки опорной обечайки (черт. 4), мм (см);

$a_2$ — толщина сварного шва в месте приварки опорной обечайки к нижнему кольцу (черт. 9), мм (см);

$b_1$ — ширина нижнего опорного кольца (черт. 8), мм (см);

$b_{1R}$ — расчетная ширина нижнего опорного кольца, мм (см);

$b_2$ — выступающая ширина нижнего опорного кольца (черт. 8), мм (см);

$b_3$ — длина укрепляющего штуцера (черт. 5), мм (см);

$b_4$ — длина верхнего опорного элемента (черт. 8), мм (см);

$b_5$ — ширина верхнего опорного элемента (черт. 8), мм (см);

$b_6$ — минимальное расстояние между двумя смежными ребрами (черт. 8), мм (см).

$b_7$ — максимальное расстояние между двумя смежными ребрами (черт. 8). мм (см);

$c$ — сумма всех прибавок к расчетным толщинам стенок;

$d_1$ — средний диаметр укрепляющего элемента (черт. 5), мм (см);

$d_2$ — внутренний диаметр резьбы анкерного болта, мм (см);

$e_1$ — диаметр окружности, вписанной в шестигранник гайки анкерного болта, мм (см);

$e_2$ — расстояние между анкерным болтом и опорной обечайкой (черт. 8), мм (см);

$h_1$ — высота опорного узла (черт. 2 и 8), мм (см);

$h_2$ — высота фундамента (черт. 1, 2), мм (см);

$h_3$ — высота опорной обечайки (черт. 1, 2), мм (см);

$n$ — число анкерных болтов;

$p_1$ — расчетное давление в рабочих условиях, измеряемое на высоте $x_0$ (внутренее избыточное давление $p>0$ или наружное давление $p<0$), МПа (кгс/см$^2$);

$p_2$ — пробное давление, измеряемое в верхней части колонны, МПа (кгс/см$^2$);

$p_H$ — гидростатическое давление в условиях испытания, измеряемое на высоте $x_0$, МПа (кгс/см$^2$);

$[p]$ — допускаемое наружное давление, МПа (кгс/см).

$s_1$ — исполнительная толщина стенки колонны в соответствующем расчетном сечении (черт. 1), мм (см);

$s_2$ — исполнительная толщина стенки нижнего днища колонны (черт. 1, 2), мм (см);

$s_3$ — исполнительная толщина стенки опорной обечайки (черт. 1, 2), мм (см);

$s_4$ — исполнительная толщина нижнего опорного кольца (черт. 8), мм (см);

$s_5$ — исполнительная толщина верхнего опорного элемента (черт. 8), мм (см);

$s_6$ — исполнительная толщина укрепляющего штуцера (черт. 5), мм (см);

$s_7$ — исполнительная толщина ребра (черт. 8), мм (см);

$t_A$ — расчетная температура опорного узла в рабочих условиях, °С;

$t_K$ — расчетная температура нижнего днища колонны в рабочих условиях, °С;

$x_0$ — высота расчетного сечения над поверхностью земли (черт. 1), мм (см);

$A_б$ — площадь поперечного сечения анкерного болта по внутреннему диаметру резьбы, мм$^2$ (см$^2$);

$D_1$ — внутренний диаметр колонны в соответствующем расчетном сечении (черт. 1), мм (см);

$D_2$ — максимальный диаметр колонны (включая изоляцию) (черт. 1), мм (см);

$D_3$ — внутренний диаметр опорной обечайки (черт. 1 и 2) мм (см); у конических обечаек $D_3$ — внутренний диаметр в соответствующем исследуемом расчетном сечении.

$D_4$ — диаметр окружности анкерных болтов (черт. 1 и 2), мм (см);

$F$ — расчетное осевое сжимающее усилие в соответствующем расчетном сечении на высоте $x_0$, $H$ (кгс) (без учета нагрузок, возникающих от внутреннего избыточного или наружного давления);

$F_1$ — в рабочих условиях;

$F_2$ — в условиях испытания;

$F_3$ — в условиях монтажа;

$[F]$ — допускаемое осевое сжимающее усилие, Н (кгс);

$G$ — нагрузка от собственного веса, определяемая над соответствующим расчетным сечением на высоте $x_0$, Н (кгс);

$G_1$ — в рабочих условиях;

$G_2$ — в условиях испытания;

$G_3$ — в условиях монтажа (максимальная нагрузка от собственного веса)

$G_4$ — в условиях монтажа (минимальная нагрузка от собственного веса);

$H$ — общая высота колонны от поверхности земли (черт. 1), мм (см);

$M$ — расчетный изгибающий момент в соответствующем расчетном сечении на высоте $x_0$, Н·мм (кгс·см);

$M_G$ — изгибающий момент от действия эксцентрических весовых нагрузок в соответствующем расчетном сечении на высоте $x_0$, Н·мм (кгс·см);

$M_v$ — изгибающий момент от действия ветровых нагрузок в соответствующем расчетном сечении на высоте $x_0$, Н·мм (кгс·см);

$M_R$ — расчетный изгибающий момент от сейсмических воздействий в соответствующем расчетном сечении на высоте $x_0$, Н·мм (кгс·см);

$M_1$, $M_{G_1}$, $M_{v_1}$, $M_{R_1}$ — в рабочих условиях;

$M_2$, $M_{G_2}$, $M_{v_2}$, $M_{R_2}$ — в условиях испытания;

$M_3$, $M_{G_3}$, $M_{v_3}$, $M_{R_3}$ — в условиях монтажа (без изоляции);

$M_4$, $M_{G_4}$, $M_{v_4}$, $M_{R_4}$ — в условиях монтажа (с изоляцией);

$[M]$ — допускаемый изгибающий момент, Н·мм (кгс·см);

$\gamma$ — удельный вес испытательной среды при гидроиспытании, Н/мм³ (кгс/см³);

$\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$, $\varkappa_4$, $\varkappa_5$, $\varkappa_6$, $\varkappa_7$, $\varkappa_8$ — коэффициенты;

$\sigma_x$ — продольные напряжения, МПа (кгс/см²);

$\sigma_y$ — кольцевые напряжения. МПа (кгс/см²);

$\sigma_E$ — эквивалентное напряжение, МПа (кгс/см²);

$\sigma_{бет}$ — напряжение бетона на сжатие, МПа (кгс/см²);

$\sigma_{1x}$ — местное напряжение изгиба в опорной обечайке, МПа (кгс/см²);

$[\sigma]_A$ — допускаемое напряжение для соответствующего элемента опорного узла, МПа (кгс/см²);

$[\sigma]_K$ — допускаемое напряжение для корпуса колонны, МПа (кгс/см²);

$[\sigma]_O$ — допускаемое напряжение для опорной обечайки, МПа (кгс/см²);

$[\sigma]_{A_1}$, $[\sigma]_{K_1}$, $[\sigma]_{O_1}$ — в рабочих условиях;

$[\sigma]_{A_2}$, $[\sigma]_{K_2}$, $[\sigma]_{O_2}$ — в условиях испытания и монтажа;

$[\sigma]_B$ — допускаемое напряжение в анкерных болтах по строительным нормам при соответствующем сочетании нагрузок, МПа (кгс/см²);

$[\sigma]_{бет}$ — допускаемое напряжение бетона на сжатие, МПа (кгс/см²);

$[\sigma]_п$ — предельное напряжение изгиба, МПа (кгс/см²);

$\varphi_р$ — коэффициент прочности продольного сварного шва;

$\varphi_т$ — коэффициент прочности кольцевого сварного шва;

$\varphi_s$ — коэффициент прочности сварного шва, присоединяющего опорную обечайку к корпусу колонны (черт. 4);

$\psi_1$, $\psi_2$, $\psi_3$ — коэффициенты;

$\Delta t$ — перепад температуры в опорной обечайке, °С;

Редактор *И. М. Уварова*
Технический редактор *А. Г. Каширин*
Корректор *В. С. Черная*

**Сдано в наб. 02.06.81 Подп. к печ. 02.09.81 1,25 п. л. 1,17 уч.-изд. л. Тир: 12000 Цена 5 коп.**

**Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, Новопресненский пер., 3**
**Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 1571**

**Цена 5 коп.**

## ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ

| Величина | Единица | | |
|---|---|---|---|
| | Наименование | Обозначение | |
| | | русское | международное |
| ДЛИНА | метр | м | m |
| МАССА | килограмм | кг | kg |
| ВРЕМЯ | секунда | с | s |
| СИЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА | ампер | А | A |
| ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА | кельвин | К | K |
| КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА | моль | моль | mol |
| СИЛА СВЕТА | кандела | кд | cd |
| **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ** | | | |
| Плоский угол | радиан | рад | rad |
| Телесный угол | стерадиан | ср | sr |

## ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ, ИМЕЮЩИЕ СОБСТВЕННЫЕ НАИМЕНОВАНИЯ

| Величина | Единица | | Выражение производной единицы | |
|---|---|---|---|---|
| | наименование | обозначение | через другие единицы СИ | через основные единицы СИ |
| Частота | герц | Гц | — | $с^{-1}$ |
| Сила | ньютон | Н | — | $м \cdot кг \cdot с^{-2}$ |
| Давление | паскаль | Па | $Н/м^2$ | $м^{-1} \cdot кг \cdot с^{-2}$ |
| Энергия, работа, количество теплоты | джоуль | Дж | $Н \cdot м$ | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-2}$ |
| Мощность, поток энергии | ватт | Вт | $Дж/с$ | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-3}$ |
| Количество электричества, электрический заряд | кулон | Кл | $А \cdot с$ | $с \cdot А$ |
| Электрическое напряжение, электрический потенциал | вольт | В | $Вт/А$ | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-1}$ |
| Электрическая емкость | фарад | Ф | $Кл/В$ | $м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot с^4 \cdot А^2$ |
| Электрическое сопротивление | ом | Ом | $В/А$ | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-2}$ |
| Электрическая проводимость | сименс | См | $А/В$ | $м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot с^3 \cdot А^2$ |
| Поток магнитной индукции | вебер | Вб | $В \cdot с$ | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-1}$ |
| Магнитная индукция | тесла | Тл | $Вб/м^2$ | $кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-1}$ |
| Индуктивность | генри | Гн | $Вб/А$ | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-2}$ |
| Световой поток | люмен | лм | — | $кд \cdot ср$ * |
| Освещенность | люкс | лк | — | $м^{-2} \cdot кд \cdot ср$ * |
| Активность нуклида | беккерель | Бк | — | $с^{-1}$ |
| Доза излучения | грэй | Гр | — | $м^2 \cdot с^{-2}$ |

* В эти два выражения входит, наравне с основными единицами СИ, дополнительная единица—стерадиан.

gost.e-ecolog.ru