ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сосуды и аппараты

НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий

Издание официальное

БЗ 9—97/294

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Техническим комитетом ТК 260 «Оборудование химическое и газонефтеперерабатывающее»

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 6 мая 1999 г. № 158

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 1999

Настоящий стандарт не может быть частично или полностью воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

Содержание

1 Область применения
2 Нормативные ссылки
3 Общие требования
4 Определение периода собственных колебаний
5 Определение расчетного изгибающего момента от ветровой нагрузки
6 Определение расчетного изгибающего момента от сейсмических воздействий
Приложение А Условные обозначения и размерность величин
Приложение Б Библиография

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сосуды и аппараты

НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий

Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation. Rated strength calculation of column type apparatus from wind loads and seismic influence

Дата введения 2000—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод определения расчетных усилий, возникающих в элементах вертикальных цилиндрических сосудов (аппаратов колонного типа) от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий.

Для аппаратов колонного типа сочетания нагрузок при различном состоянии (монтаж, испытание, эксплуатация) устанавливаются по ГОСТ Р 51274.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована ссылка на ГОСТ Р 51274—99 Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность.

3 Общие требования

3.1 Расчету на ветровую нагрузку подлежат аппараты, устанавливаемые на открытой площадке.

3.2 Расчету на сейсмическое воздействие подлежат аппараты, предназначенные для установки в районах с сейсмичностью 7 и более баллов по шкале Рихтера.

3.3 **Расчетная схема**

3.3.1 В настоящем стандарте рассмотрены вертикальные аппараты, закрепленные в нижних сечениях.

В качестве расчетной схемы аппарата принимают консольный упруго защемленный стержень (рисунок 1).

В случае другого способа опирания расчет ведут по специальной методике, согласованной с разработчиком стандарта.

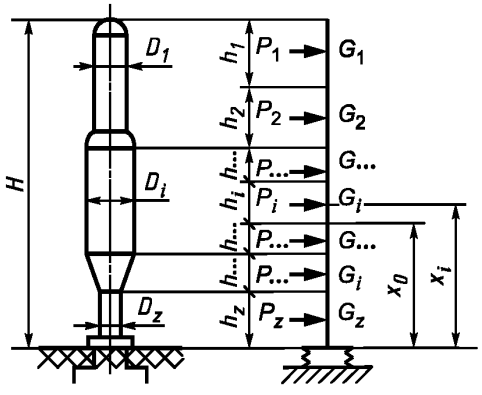


Рисунок 1 — Расчетная схема аппарата

Издание официальное

3.3.2 Аппарат по высоте разбивают на z участков, где высота участка h_i 10 м.

3.3.3 Нагрузки (весовая, ветровая и сейсмическая) рассматривают как сосредоточенные силы, приложенные в серединах каждого из z участков.

Нагрузку от веса прикладывают вертикально, а ветровую и сейсмическую нагрузки — горизонтально.

3.4 Условные обозначения и размерность величин, указанных в стандарте, приведены в приложении А.

4 Определение периода собственных колебаний

4.1 Период основного тона собственных колебаний аппарата постоянного сечения с приблизительно равномерно распределенной по высоте аппарата массой следует определять по формуле

$$T = T_0 \sqrt{1 + \frac{4EI}{H C_F I_F}}, \qquad (1)$$

где

$$T_0 = 1{,}8H \sqrt{\frac{G}{g} \cdot \frac{H}{EI}}. \qquad (2)$$

При отсутствии данных о фундаменте в первом приближении допускается принимать $T = T_0$.

4.2 Период основного тона собственных колебаний аппарата переменного сечения следует определять по формуле

$$T = 2\pi H \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{z} G_i \cdot \alpha_i^2}{g\left(\frac{H}{2EI_1} \cdot \gamma + \frac{1}{C_F} I_F\right)}}, \qquad (3)$$

где C_F — коэффициент неравномерности сжатия грунта, определяют по данным инженерной геологии, а при отсутствии таких данных $C_F = 6 \cdot 10^7$ Н/м^3 ($6 \cdot 10 = 6$ кгс/м^3);

α_i — относительное перемещение центров тяжести участков, рассчитывают по формуле

$$\alpha_i + \gamma \frac{H}{2EI_1} \beta_i + \frac{x_i}{HC_F I_F}, \qquad (4)$$

где β_i — коэффициент по рисунку “ или по формулам

$$\beta_i = \frac{1}{2}\left[3\left(\frac{x_i}{H}\right)^2 - \left(\frac{x_i}{H}\right)^3\right]; \quad \beta_k = \frac{1}{2}\left[3\left(\frac{x_k}{H}\right)^2 - \left(\frac{x_k}{H}\right)^3\right]; \qquad (5)$$

γ — коэффициент, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{2}{H^3}\left[H_1^3(\Delta + \lambda) + H_2^3 \mu + 2\frac{I_1}{I_3} H_1 H_2 H_3\right]; \qquad (6)$$

Δ, λ, μ — коэффициенты по рисунку 3 или по формулам

$$\Delta = \frac{1}{3} + \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{H_2}{H_1}\left[\frac{1}{3}\left(\frac{H_2}{H_1}\right)^2 + \frac{H_2}{H_1} + 1\right]; \quad \lambda = \frac{I}{I_3} \cdot \frac{H_3}{H_1}\left[\frac{1}{3}\left(\frac{H_3}{H_1}\right)^2 + \frac{H_2}{H_1} + 1\right];$$

$$\mu = \frac{I_1}{I_3} \cdot \frac{H_3}{H_2}\left[\frac{H_3}{H_2} + 1\right]. \qquad (7)$$

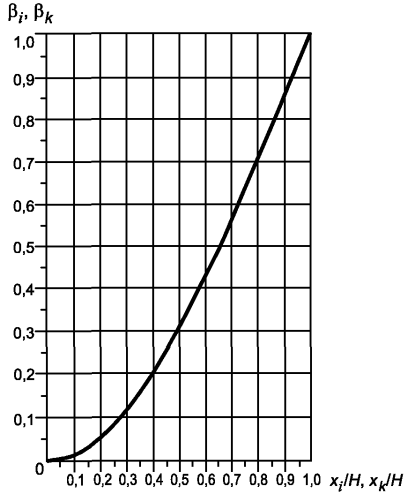
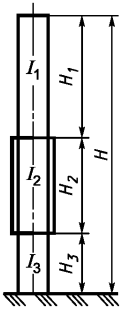
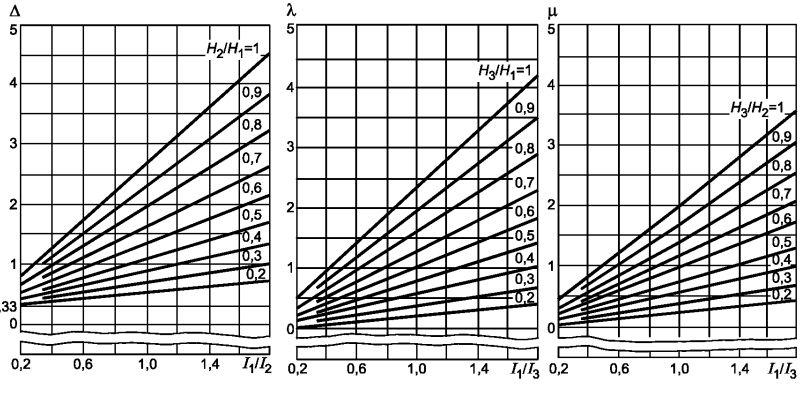


Рисунок 2 — Коэффициенты β_i, β_k

Для аппаратов с двумя переменными жесткостями коэффициент определяют по формуле (5), при этом H_3=0.





Для аппаратов с числом переменных жесткостей более трех коэффициент определяют другими методами, согласованными с разработчиком стандарта.

4.3 Общий период колебаний для групповых аппаратов (число аппаратов z_k), установленных на общем фундаменте и жестко связанных в горизонтальном направлении, следует определять по формуле

$$T = 3{,}63\sqrt{\frac{\sum_{l=1}^{z_k} G_l \cdot H_l^2}{gC_F I_F}}. \qquad (8)$$

5 Определение расчетного изгибающего момента от ветровой нагрузки

5.1 Расчетный изгибающий момент в сечении на высоте x_0 следует определять по формуле

$$M_v = \sum_{i=1}^{n} P_i(x_i - x_0) + \sum_{j=1}^{m} M_{vj}, \qquad (9)$$

5.2 Ветровую нагрузку на i-м участке определяют по формуле

$$P_i = P_{i\,st} + P_{i\,dyn}. \qquad (10)$$

5.3 Среднюю составляющую ветровой нагрузки на i-м участке определяют по формуле

$$P_{i\,st} = q_{i\,st} D_i h_i. \qquad (11)$$

5.4 Пульсационную составляющую ветровой нагрузки на i-м участке определяют по формуле

$$P_{i\,dyn} = \nu\, G_i\, \xi\, \eta_i, \qquad (12)$$

5.5 Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на середине i-го участка аппарата (на высоте x_i над поверхностью земли) определяют по формуле

$$q_{i\,st} = q_{0\,i}\, \Theta_i K, \qquad (13)$$

где q_0 — нормативное значение ветрового давления по таблице 1;

Θ_i — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте аппарата, по рисунку 4 или по формулам:

$$\Theta_i = \left(\frac{x_i}{10}\right)^{0,31}; \quad \Theta_j = \left(\frac{x_1}{10}\right)^{0,31}; \qquad (14)$$

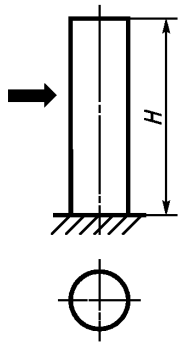
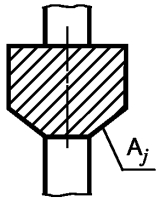
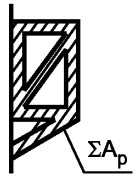
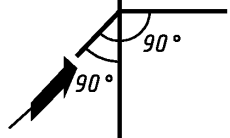
K — аэродинамический коэффициент по таблице 2.

Таблица 1 — Нормативное значение ветрового давления q_0

Ветровые районы*	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
q_0, Н/м^2 (кгс/м^2)	170(17)	230(23)	300(30)	380(38)	480(48)	600(60)	730(73)	850(85)

*Ветровой район — по СНиП 2.01.07—85 [1].

Таблица 2 — Аэродинамический коэффициент K

Схема аппарата, площадок	Аппарат*	Площадки*	
			 
K	0,7	0,85	1,4

*Стрелкой указано направление ветра.

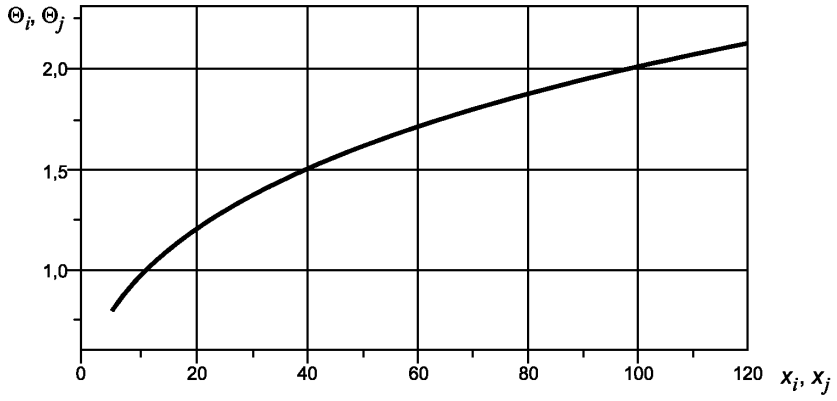


Рисунок 4 — Коэффициенты Θ_i, Θ_j

5.6 Коэффициент динамичности определяют по рисунку 5 или формуле

$$\xi = 1{,}1 + \sqrt{15{,}3\,\xi}\ , \tag{15}$$

где ξ — параметр, определяемый по формуле

$$\xi = \frac{T\sqrt{q_0}}{790}\ \left(\xi = \frac{T\sqrt{q_0}}{250}\right)\ . \tag{16}$$

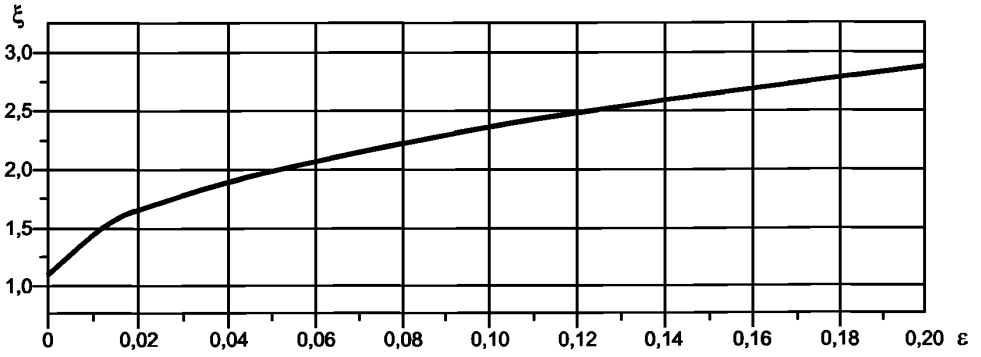


Рисунок 5 — Коэффициент ξ

5.7 Приведенное относительное ускорение центра тяжести *i*-Го участка определяют по формуле

$$\eta_i = \alpha_i \frac{\sum_{k=1}^{z} \alpha_k \cdot m_k P_{k\,st}}{\sum_{k=1}^{z} \alpha_k^2 \cdot G_k}, \qquad (17)$$

где α_i и α_k — относительные перемещения *i* и *k*-го участков, определяют по формуле (4);

m_k и m_j — коэффициенты пульсации давления ветра для середины соответственно *k*-го участка на высоте x_k и *j* -й площадки на высоте x_j по рисунку 6 или формулам:

$$m_k = 0{,}76\left(\frac{x_k}{10}\right)^{-0{,}15}; \qquad m_1 = 0{,}76\left(\frac{x_j}{10}\right)^{-0{,}15}. \qquad (18)$$

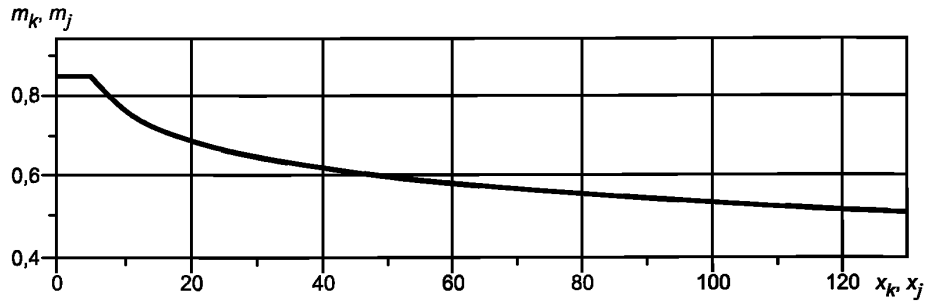


Рисунок 6 — Коэффициенты пульсации давления ветра m_k, m_j

5.8 Коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра определяют по рисунку 7 или формуле

$$\nu = 0{,}968 - 0{,}025\sqrt{H}. \qquad (19)$$

5.9 Изгибающий момент в сечении на высоте x_0 от действия ветровой нагрузки на обслуживающую *j*-ю площадку следует определять по формуле

$$M_{vj} = Kq_0\,\Theta_j\,(x_i - x_0)(1 + 0{,}75\xi\chi_j m_j)\;\Sigma A_p. \qquad (20)$$

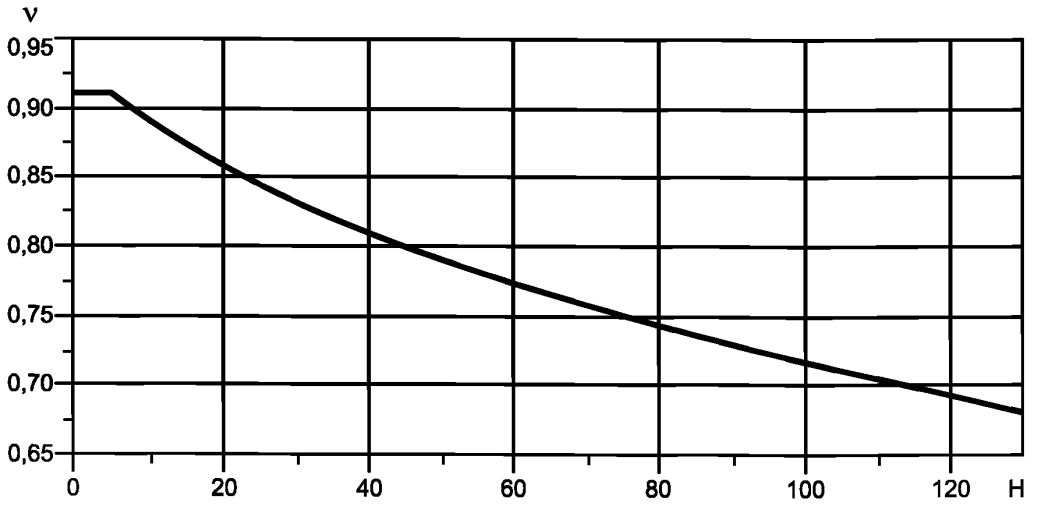


Рисунок 7 — Коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра

При отсутствии точных данных о формате площадки изгибающий момент M_{vj} определяют по формуле

$$M_{vj} = Kq_0\Theta_j\,(x_j - x_0)(1 + 0{,}75\xi\chi_j m_j)A_j, \qquad (21)$$

где K — аэродинамический коэффициент по таблице 2;

ΣA_p — сумма площадей всех проекций профилей j -й площадки на плоскость, перпендикулярную направлению ветра, м^2;

A_j — площадь, ограниченная контуром j-й площадки, м^2;

χ_j — коэффициенты по рисунку 8 или формуле

$$\chi_j = 1{,}56\left(\frac{x_j}{H}\right)^{1,6}; \qquad (22)$$

m_j — коэффициент пульсации давления ветра по рисунку 6;

Θ_j — коэффициент по рисунку 4.

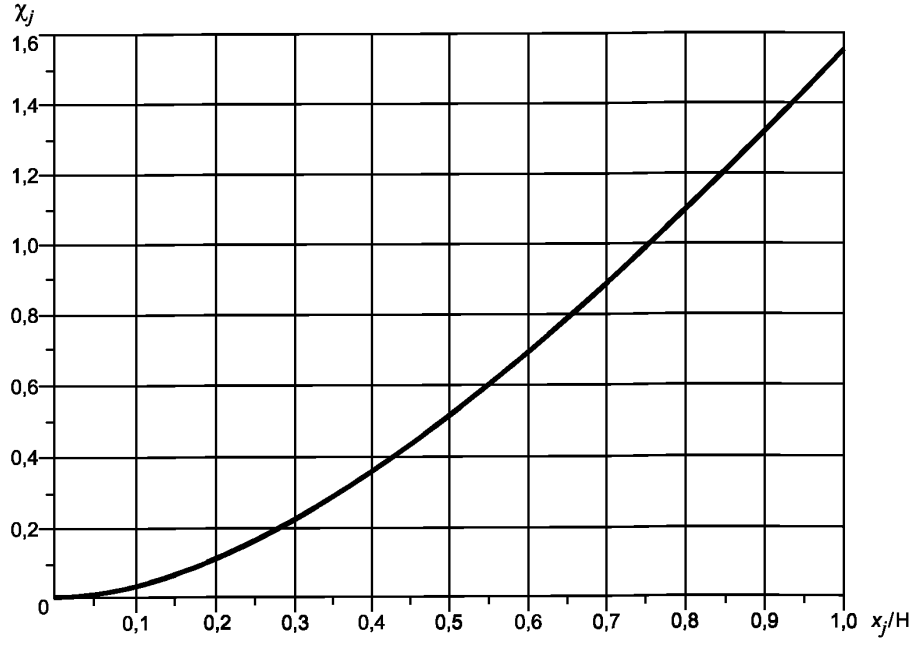


Рисунок 8 — Коэффициент χ_j

6 Определение расчетного изгибающего момента от сейсмических воздействий

6.1 Сейсмическую нагрузку, приложенную в середине *i*-го участка и соответствующую первому тону собственных колебаний аппарата, определяют по формуле

$$S_i = 0{,}375 K_s \beta G_i \alpha_i \frac{\sum\limits_{k=1}^{z} G_k \cdot \alpha_k}{\sum\limits_{k=1} G_k \cdot \alpha_k^2}, \qquad (23)$$

где β — коэффициент динамичности по рисунку 9 или по формуле, но во всех случаях β принимают не менее 0,8 и не более 2,5

$$\beta = \frac{1{,}9}{T}; \qquad (24)$$

K_s — сейсмический коэффициент, выбирают в зависимости от района установки аппарата по таблице 3;

α_i, α_k — относительное перемещение центров тяжестей участков, определяют по формуле (4).

Таблица 3 — Сейсмический коэффициент K_s

Сейсмичность, балл*	7	8	9
K_s	0,1	0,2	0,4

*Сейсмичность населенных пунктов — по СНиП 11-7—81 [2].

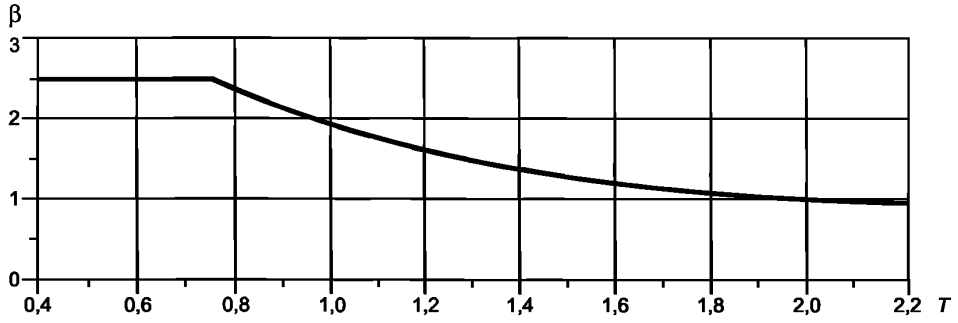


Рисунок 9 — Коэффициент динамичности

6.2 Максимальный изгибающий момент в нижнем сечении аппарата при учете только первой формы колебаний определяют по формуле

$$M_{max} = \sum_{i=1}^{z} S_i \cdot x_i \quad . \tag{25}$$

6.3 Расчетный изгибающий момент с учетом влияния высших форм колебаний при необходимости устанавливают специальными методами.

В качестве первого приближения расчетный изгибающий момент M_R в сечении на высоте x_0 с учетом влияния высших форм колебаний следует выбирать в зависимости от M_{max} по эпюре рисунка 10.

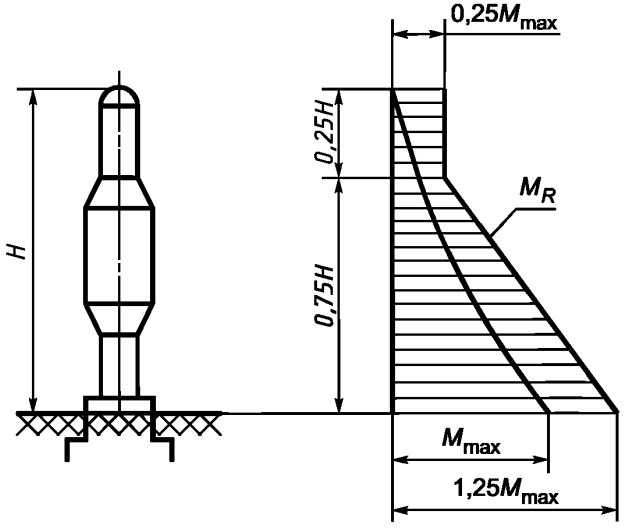


Рисунок 10 — Эпюра для определения изгибающего момента M_R

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Условные обозначения и размерность величин

$\alpha_i(\alpha_k)$— относительное перемещение центров тяжести i-го (k-го) участка аппарата, ^{1}/(Н· м) [^{1}/(кгс · м)]

C_F — коэффициент неравномерности сжатия грунта, Н/м^3 (кгс/м^3)

D_i (D_1, D_z) — наружный диаметр i-го (1, z-го) участка аппарата (рисунок 1), м

E — модуль продольной упругости материала при расчетной температуре, Н/м^2 (кгс/м^2)

G — общий вес аппарата, Н (кгс)

G_i(G_1, G_2, G_k, G_z) — вес i-го (1, 2, k, z-го) участка аппарата (рисунок 1) Н (кгс)

G_l — вес каждого отдельного (из групповых) аппаратов, Н (кгс)

g — ускорение силы тяжести, м/с^2

H — высота аппарата (рисунки 1, 3, 10), м

H_1, H_2, H_3 — высота 1, 2, 3-го участков аппарата переменного сечения (рисунок 3), м

H_l — высота каждого отдельного (из групповых) аппарата, м.

h_1 (h_1, h_2, h_z) — высота i-го (1, 2, z-го) участка аппарата (рисунок 1), м

I — момент инерции верхнего основного металлического сечения аппарата относительно центральной оси, м^4

I_1, I_2, I_3 — момент инерции верхнего металлического сечения 1, 2, 3-го участков аппарата переменного сечения относительно центральной оси (рисунок 3), м^4

I_F — минимальный момент инерции подошвы фундамента, м^4

M_{max} — максимальный изгибающий момент в нижнем сечении колонны, Н·м (кгс·м)

M_R — расчетный изгибающий момент в сечении на высоте x_0 от сейсмических воздействий, Н·м (кгс·м)

M_v — расчетный изгибающий момент в сечении на высоте x_0 от действия ветра, Н·м (кгс·м)

M_{vj} — изгибающий момент от действия ветра на обслуживающую j-ю площадку в сечении на высоте x_0, Н·м (кгс·м)

m — число площадок над расчетным сечением

n — число участков аппарата над расчетным сечением

$P_i(P_1, P_2, P_z)$ — ветровая нагрузка на i-м (1, 2, z-ном) участке аппарата (рисунок 1), Н (кгс)

$P_{i\ dyn}$ — средняя составляющая ветровой нагрузки на i-м участке, Н (кгс)

$P_{i\ st}$ — пульсационная составляющая от ветровой нагрузки на i-м участке, Н (кгс)

q_0 — нормативное значение давления ветра, Н/м^2 (кгс/см^2)

q_{ist} — нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на середине i-го участка аппарата, Н/м^2 (кгс/см^2)

S_i — сейсмическая нагрузка в середине i-го участка, Н (кгс)

T — период основного тона собственных колебаний аппарата, с

x_0 — высота расчетного сечения аппарата от поверхности земли (рисунок 1), м

$x_i(x_k)$ — расстояние от середины i-го (k-го) участка от поверхности земли (рисунок 1), м

x_j — высота обслуживающей площадки от поверхности земли, м

z — число участков

z_k — число аппаратов

η_i — приведенное относительное ускорение центра тяжести i-го участка аппарата

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] СНиП 2.01.07—85 Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия.
[2] СНиП 11-7—81 Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмических районах.

УДК 66.065.54:006.354 ОКС 71.120 Г02 ОКП 36 1000

Ключевые слова: вертикальные цилиндрические сосуды, ветровые нагрузки, изгибающий момент, сейсмические воздействия

Редактор *В.П. Огурцов*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Изд. лиц. № 021007 от 10.08.95. Сдано в набор 21.05.99. Подписано в печать 15.06.99. Усл.печ.л. 1,86. Уч.-изд.л. 1,38.
Тираж 159 экз. С 7108. Зак. 708.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник", Москва, Лялин пер., 6
Плр № 080102

Изменение № 1 ГОСТ Р 51273—99 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий

Утверждено и введено в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17.02.2006 № 11-ст

Дата введения 2006—03—01

Пункт 3.2 изложить в новой редакции:

«3.2 Расчету на сейсмические воздействия подлежат аппараты, предназначенные для установки в районах с сейсмичностью 7 и более баллов по шкале MSK-64».

(ИУС № 5 2006 г.)

gost.e-ecolog.ru