ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52857.9— 2007

Сосуды и аппараты

НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

Определение напряжений в местах пересечений штуцеров с обечайками и днищами при воздействии давления и внешних нагрузок на штуцер

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2009

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения» (ОАО НИИХИММАШ); Закрытым акционерным обществом «Петрохим Инжиниринг» (ЗАО Петрохим Инжиниринг); Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт нефтяного машиностроения» (ОАО ВНИИНЕФТЕМАШ); Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 260 «Оборудование химическое и нефтегазоперерабатывающее»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. № 503-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения следующих международных и европейских стандартов: Директивы 97/23 ЕС Европейского Парламента и Совета от 29 мая 1997 г. по сближению законодательств государств-членов, касающейся оборудования, работающего под давлением; ЕН 13445-3:2002 «Сосуды, работающие под давлением. Часть 3. Расчет» (EN 13445-3:2002 «Unfired pressure vessel — Part 3: Design»)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2009

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Обозначения 1
4 Общие положения 2
5 Расчет напряжений в цилиндрической обечайке 2
6 Расчет напряжений в сферическом днище 6

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сосуды и аппараты

НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

Определение напряжений в местах пересечений штуцеров с обечайками и днищами при воздействии давления и внешних нагрузок на штуцер

Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation.
Determination of stresses at nozzle-to-shell and head junctions under action of pressure and external loads on the nozzle

Дата введения — 2008—04—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы расчета напряжений в местах пересечения штуцеров с цилиндрическими обечайками и сферическими днищами при нагружении внутренним давлением и внешними статическими нагрузками на штуцер. Методы расчета применимы при расположении штуцеров перпендикулярно к стенке сосуда.

Настоящий стандарт применяется совместно с ГОСТ Р 52857.1, ГОСТ Р 52857.3.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 52857.1—2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования

ГОСТ Р 52857.3—2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

C_1; C_2; C_3 — коэффициенты;

D_c — средний диаметр обечайки у отверстия, мм;

d_c — средний диаметр штуцера, мм;

L — ширина накладного кольца, мм;

l — длина штуцера, мм;

F — осевые усилия, Н;

M_x — изгибающий момент в окружном направлении обечайки, Н · мм;

M_y — изгибающий момент в продольном направлении обечайки, Н · мм;

Издание официальное

M_B — изгибающий момент, действующий на штуцер сферического днища, Н · мм;
N_p — число циклов нагружения давлением;
N_F — число циклов нагружения от осевого усилия;
p — расчетное внутреннее избыточное давление, МПа;
R_c — средний радиус оболочки около отверстия, мм;
s — толщина стенки обечайки или днища, мм;
s_1 — толщина стенки штуцера, мм;
s_2 — толщина стенки накладного кольца, мм;
s_a — эквивалентная расчетная толщина стенки, мм;
α_p; α_F; α_M — коэффициенты концентрации напряжений около штуцера;
λ_c — геометрический параметр для цилиндрической обечайки;
λ_s — геометрический параметр для сферического днища.

4 Общие положения

Приведенный в настоящем стандарте метод расчета по определению напряжений в месте пересечения штуцеров с обечайками и днищами применяется в качестве дополнения к расчету по ГОСТ Р 52857.3, когда по тем или иным условиям не применим метод расчета по предельным нагрузкам. Такие условия возникают, когда сосуд работает при переменном режиме нагружения и возможно разрушение из-за накопления пластических деформаций или усталости металла либо под воздействием агрессивной среды в аппарате снижаются пластические свойства материала.

В связи со сложностью расчета напряжений в местах пересечения штуцеров с корпусом сосуда допускается применять другие методы расчета, например численные методы исследований напряжений, основанные на методе конечных элементов или экспериментальные методы определения напряжений.

5 Расчет напряжений в цилиндрической обечайке (см. рисунок 1)

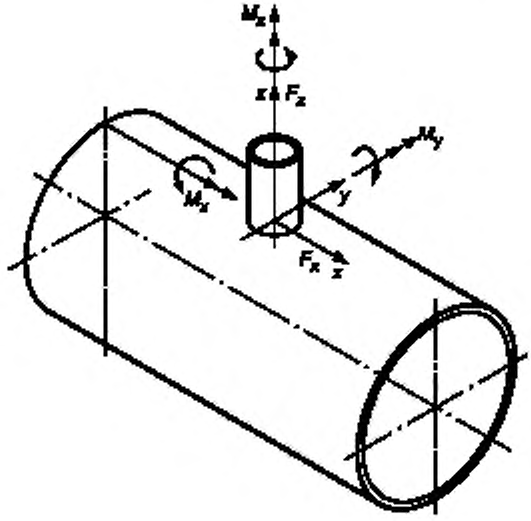

Рисунок 1 — Схема нагружения штуцера внешними нагрузками

5.1 Условия применения расчетных формул

Формулы применимы при следующих условиях:

а) $0{,}001 \le s/D_c \le 0{,}1$;

б) $\lambda_c = \dfrac{d_c}{\sqrt{D_c s_э}} \le 10$;

в) штуцер расположен на расстоянии не менее $\sqrt{R_c s_э}$ от других местных нагрузок;

г) толщина штуцера, равная s_1, должна сохраняться на длине $l \ge \sqrt{d_c s_1}$.

5.2 Определение эквивалентной толщины стенки обечайки около штуцера

Эквивалентную толщину стенки обечайки около штуцера вычисляют по формулам:

а) если накладного кольца нет, то

$$s_э = s;$$

б) если установлено накладное кольцо, то при $L \ge \sqrt{R_c (s + s_2)}$ $s_э = s + s_2$,

если $L < \sqrt{R_c (s + s_2)}$,

$$s_э = s + \min\left(s_2 \frac{L}{\sqrt{D_c (s + s_2)}}; s_2 \right).$$

5.3 Определение максимальных напряжений

5.3.1 Определение максимального напряжения от внутреннего давления

Максимальное напряжение от внутреннего давления вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \left(\frac{p D_c}{2 s_э} \right) \frac{2 + 2 \dfrac{d_c}{D_c} \sqrt{\dfrac{d_c s_1}{D_c s_э}} + 1{,}25 \dfrac{d_c}{D_c} \dfrac{F_c}{s_э}}{1 + \dfrac{s_1}{s_э} \sqrt{\dfrac{d_c s_1}{D_c s_э}}}. \qquad (1)$$

5.3.2 Определение максимального напряжения от осевого усилия

Максимальное напряжение от осевого усилия вычисляют по формуле

$$\sigma_F = \frac{2{,}25}{C_1} \left(\frac{F_z}{s_э^2} \right). \qquad (2)$$

Коэффициент C_1 определяют по графику, приведенному на рисунке 2, или вычисляют по формуле

$$C_1 = a_0 + a_1 \lambda_c + a_2 \lambda_c^2 + a_3 \lambda_c^3 + a_4 \lambda_c^4.$$

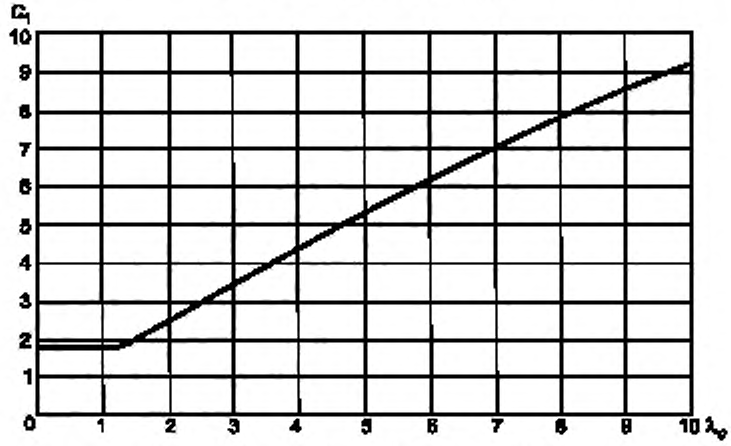

Рисунок 2 — График для определения C_1

Коэффициенты a_0 — a_4 определяют по таблице 1.

Таблица 1 — Коэффициенты для определения C_1

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
0,60072181	0,95196257	0,0051957881	–0,001406381	0

5.3.3 Определение максимального напряжения от изгибающего момента M_x

Максимальное напряжение от изгибающего момента M_x вычисляют по формуле

$$\sigma_{M_x} = \frac{2,25}{C_2}\left(\frac{4M_x}{s_3^2 d_c}\right). \quad (3)$$

Коэффициент C_2 определяют по графику, приведенному на рисунке 3, или вычисляют по формуле

$$C_2 = a_0 + a_1\lambda_c + a_2\lambda_c^2 + a_3\lambda_c^3 + a_4\lambda_c^4.$$

Коэффициенты a_0 — a_4 определяют по таблице 2.

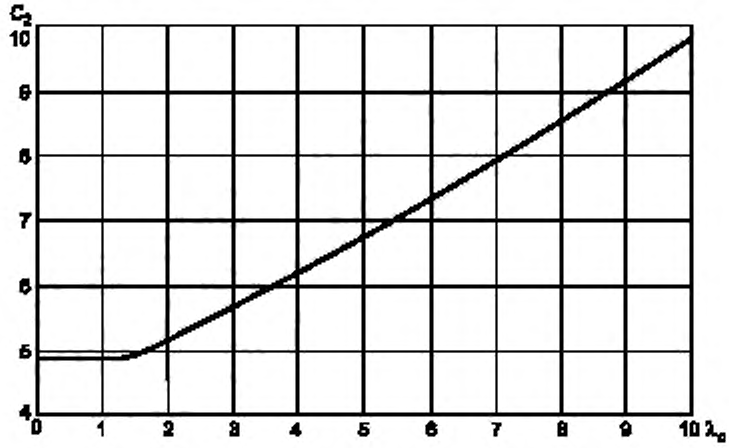

Рисунок 3 — График для определения C_2

Таблица 2 — Коэффициенты для определения C_2

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
4,526315	0,064021889	0,15887638	–0,021419298	0,0010350407

5.3.4 Определение максимального напряжения от изгибающего момента M_y

Максимальное напряжение от изгибающего момента M_y вычисляют по формуле

$$\sigma_{M_y} = \frac{2,25}{C_3}\left(\frac{4M_y}{s_3^2 d_c}\right). \quad (4)$$

Коэффициент C_3 определяют по графику, приведенному на рисунке 4, или вычисляют по формуле

$$C_3 = a_0 + a_1\lambda_c + a_2\lambda_c^2 + a_3\lambda_c^3 + a_4\lambda_c^4.$$

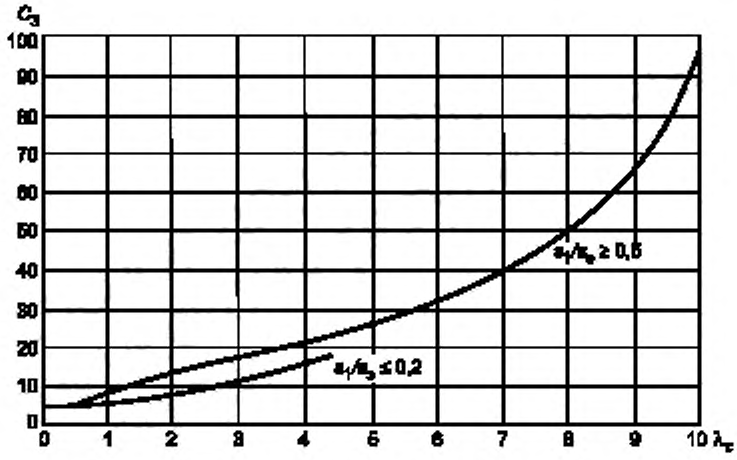

Рисунок 4 — График для определения C_3

Коэффициенты a_0 — a_4 определяют по таблице 3.

Таблица 3 — Коэффициенты для определения C_3

$s_1 / s_э$	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
≤ 0,2	4,8844124	–0,071389214	0,79991259	–0,024155709	0
≥ 0,5	6,3178075	–3,6618209	4,5145391	–0,83094839	0,050698494

5.4 Условия прочности при совместном действии статических нагрузок

Для пластичного в условиях эксплуатации материала условия прочности выполняются, если

$$\sqrt{\left(\sigma_p + \sigma_F\right)^2 + \left(\sigma_{M_x}^2 + \sigma_{M_y}^2\right)} \leq 3[\sigma]. \qquad (5)$$

При направлении F_z от поверхности стенки сосуда σ_F имеет знак плюс.

Если материал не обладает достаточной пластичностью (удлинение при разрыве стандартного образца составит менее 14 %, а ударная вязкость на образцах KCV менее 27 Дж/см^2), то допускаемое напряжение определяют на основании специальных исследований.

5.5 Условия прочности при малоцикловой нагрузке

Условия прочности при циклическом нагружении давлением p, осевым усилием на штуцер F_z и изгибающими моментами (M_x, M_y) проверяют по ГОСТ Р 52857.6.

Допускаемое число циклов определяют по ГОСТ Р 52857.6. Амплитуды напряжений, необходимые для определения допускаемых чисел циклов, равны:

$$\sigma_{ap} = \frac{\sigma_p}{2};\ \sigma_{aF} = \frac{\sigma_F}{2};\ \sigma_{aM_x} = \frac{\sigma_{M_x}}{2};\ \sigma_{aM_y} = \frac{\sigma_{M_y}}{2}. \qquad (6)$$

5.6 Проверку прочности штуцера от меридиональных напряжений выполняют по ГОСТ Р 52857.3.

6 Расчет напряжений в сферическом днище [1)]

6.1 Условия применения расчетных формул

Формулы применимы при следующих условиях:

а) $0{,}001 \le s / R_c \le 0{,}1$;

б) расстояние от штуцера до другого концентратора напряжений должно быть не менее $\sqrt{R_c s_э}$;

в) толщина штуцера, равная s_1, должна сохраняться на длине $l \ge \sqrt{d_c s_1}$;

г) штуцер расположен перпендикулярно к поверхности оболочки;

д) $\lambda_s = \dfrac{d_c}{\sqrt{R_c s_э}} \le 10$.

6.2 Определение эквивалентной толщины стенки днища около штуцера

Эквивалентную толщину стенки днища около штуцера вычисляют:

а) если нет накладного кольца, то $s_э = s$;

б) если установлено накладное кольцо, то при $L \ge \sqrt{R_c (s + s_2)}$ $s_э = s + s_2$,

если $L < \sqrt{R_c (s + s_2)}$,

$$s_э = s + \min\left\{ s_2 \frac{L}{\sqrt{D_c (s + s_2)}}; s_2 \right\}.$$

6.3 Определение максимальных напряжений

6.3.1 Определение максимального напряжения от внутреннего давления

Максимальное напряжение от внутреннего давления вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \alpha_p \frac{p R_c}{2 s_э}, \qquad (7)$$

где α_p — коэффициент концентрации, определяемый по графикам, приведенным на рисунках 5, 6.

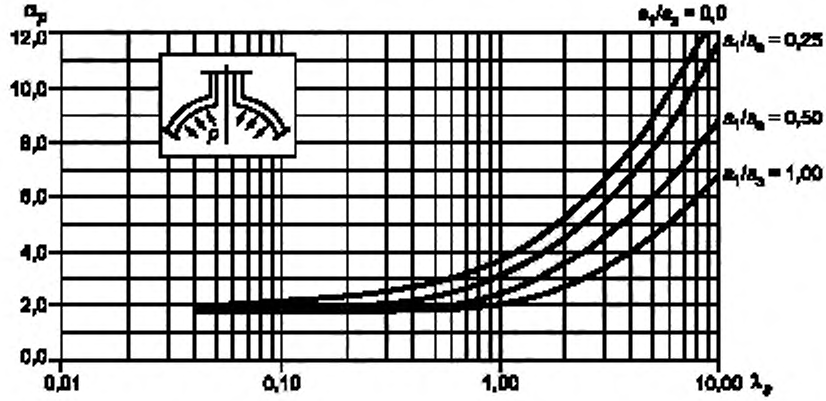

Рисунок 5 — Коэффициенты концентрации в месте пересечения штуцера со сферической оболочкой при внутреннем давлении

[1)] Расчет может быть применен для эллиптического днища, если расстояние от наружной кромки штуцера до центра днища, измеренного по хорде, не более 0,4 наружного диаметра днища. Средний радиус R_c принимается равным среднему радиусу в вершине днища.

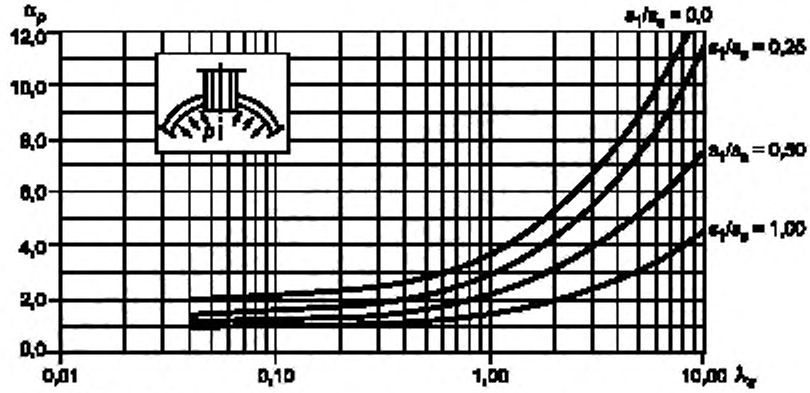

Рисунок 6 — Коэффициенты концентрации в месте пересечения проходящего штуцера со сферической оболочкой при внутреннем давлении

6.3.2 Определение максимального напряжения от осевого усилия

Максимальное напряжение от осевого усилия вычисляют по формуле

$$\sigma_F = \alpha_z \left(\frac{F_z}{\pi d_c s_3} \right) \sqrt{\frac{R_c}{s_3}}, \qquad (8)$$

где α_z — коэффициент концентрации, определяемый по графикам, приведенным на рисунках 7, 8.

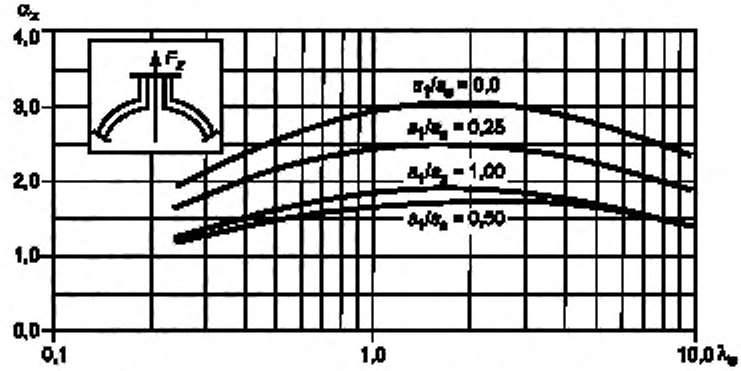

Рисунок 7 — Коэффициенты концентрации в месте пересечения штуцера со сферической оболочкой при осевом усилии на штуцер

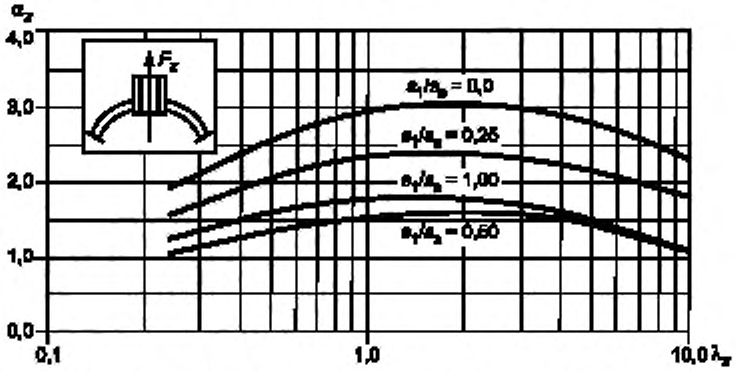

Рисунок 8 — Коэффициенты концентрации в месте пересечения проходящего штуцера со сферической оболочкой при осевом усилии на штуцер

6.3.3 Определение максимальных напряжений от изгибающего момента

Максимальное напряжение от изгибающего момента вычисляют по формуле

$$\sigma_M = \alpha_M \left(\frac{4M_B}{\pi d_c^2 s_э} \right) \sqrt{\frac{R_c}{s_э}}, \qquad (9)$$

где α_M — коэффициент концентрации, определяемый по графикам, приведенным на рисунках 9, 10.

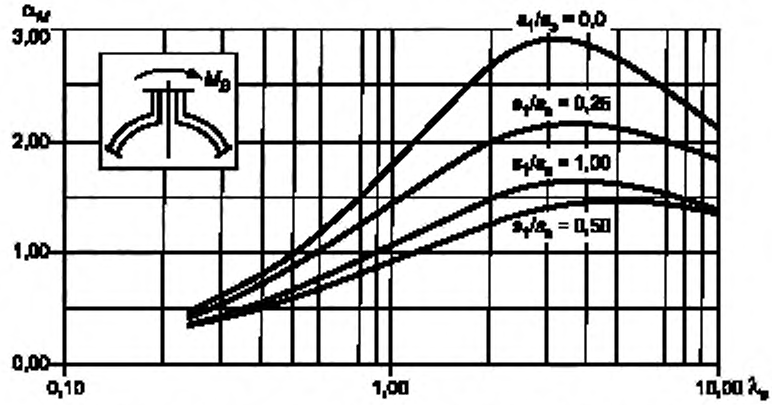

Рисунок 9 — Коэффициенты концентрации в месте пересечения штуцера со сферической оболочкой при нагружении штуцера изгибающим моментом

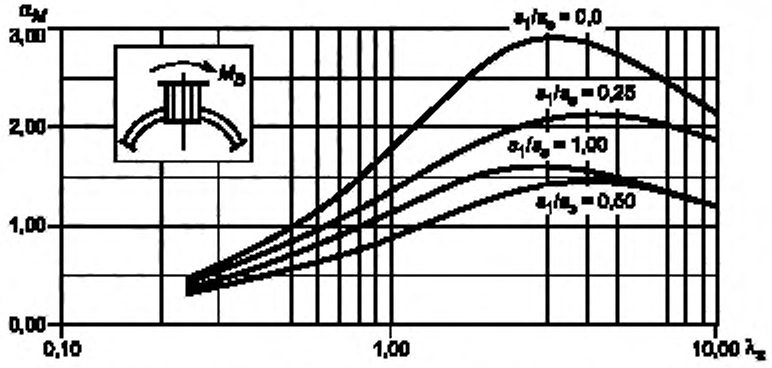

Рисунок 10 — Коэффициенты концентрации в месте пересечения проходящего штуцера со сферической оболочкой при нагружении штуцера изгибающим моментом

6.4 Условия прочности при совместном действии статических нагрузок

Для пластичного в условиях эксплуатации материала условия прочности выполняются, если:

$$\sqrt{\sigma_p^2 + (\sigma_F + \sigma_M)^2} \le 3[\sigma]. \qquad (10)$$

Если материал не обладает достаточной пластичностью (удлинение при разрыве стандартного образца составит менее 14 %, а ударная вязкость на образцах KCV менее 27 Дж/см^2), то допускаемое напряжение определяют на основании специальных исследований.

6.5 Условия прочности при малоцикловой нагрузке

Условия прочности при совместном действии малоцикловой нагрузок от давления p, осевого усилия F_z и изгибающего момента M_B выполняются по ГОСТ Р 52857.6.

Амплитуды напряжений, необходимые для определения допускаемых чисел циклов, равны

$$\sigma_{ap} = \frac{\sigma_p}{2};\ \sigma_{aF} = \frac{\sigma_F}{2};\ \sigma_{aM} = \frac{\sigma_M}{2}. \qquad (11)$$

6.6 Проверку прочности штуцера от продольных напряжений выполняют по ГОСТ Р 52857.3.

УДК 66.023:006.354 ОКС 71.120 75.200 Г02 ОКП 36 1500

Ключевые слова: сосуды и аппараты, штуцера, определение напряжений, нормы и методы расчета на прочность

Редактор *Р. Г. Говердовская*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Н. И. Гаврищук*
Компьютерная верстка *А. П. Финогеновой*

Подписано в печать 20.05.2009. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 0,95. Тираж 73 экз. Зак. 978.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru