ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 52857.11— 2007**

## Сосуды и аппараты

# НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

## Метод расчета на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек

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 Смещение кромок сварных швов . . . . . 3
6 Общая некруглость цилиндрических обечаек (овальность) . . . . . 4
7 Локальная некруглость (увод сварных соединений, вмятины) . . . . . 6
Приложение А (справочное) Рисунки, поясняющие текст стандарта . . . . . 9

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Сосуды и аппараты**

**НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ**

# Метод расчета на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек

Vessels and apparatus. Norms and methods of strength calculation.
Method of strength calculation of shells and heads according to weld misalignment, angular misalignment and shell nonroundness

**Дата введения — 2008—04—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает нормы и методы расчета на прочность обечаек, выпуклых днищ и крышек сосудов и аппаратов, работающих в условиях однократных и многократных статических нагрузок под внутренним или наружным давлением, с учетом отклонений от правильной геометрической формы (общая и локальная некруглости, угловатость, смещение кромок сварных соединений).

## 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 52857.2 — 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек

ГОСТ Р 52857.6 — 2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках

ГОСТ Р 52630 — 2006 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

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:

$a$ — параметр, характеризующий некруглость, %;

$c$ — сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки, мм;

$D$ — внутренний диаметр идеальной обечайки, мм;

$D_к$ — расчетный диаметр гладкой конической обечайки, мм;

$D_{max}$ — наибольший наружный диаметр обечайки, мм;

**Издание официальное**

$D_{min}$ — наименьший наружный диаметр обечайки, мм;
$E$ — модуль продольной упругости при расчетной температуре, МПа;
$f$ — геометрический параметр обечайки;
$K_1$, $K_2$, $K_y$ — безразмерные коэффициенты;
$K_э$ — эффективный коэффициент концентрации напряжений для сварных швов;
$l$ — расчетная длина гладкой обечайки, мм (см);
$[N]$ — допускаемое число циклов нагружения;
$n$ — параметр зоны некруглости;
$n_y$ — коэффициент запаса устойчивости;
$p$ — расчетное внутреннее избыточное или наружное давление, МПа;
$[p]$ — допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление, МПа;
$[p]^0_E$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости для обечайки с отклонениями формы, МПа;
$[p]_E$ — допускаемое наружное давление из условия устойчивости в пределах упругости для оболочки круговой формы (без дефектов), МПа;
$p_{кр}$ — критическое давление длинной обечайки, МПа;
$[p]_р$ — допускаемое наружное давление из условия прочности $\varphi = 1$, МПа;
$R_{m/t}$ — минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при расчетной температуре, МПа;
$R_{e/t}$ ($R_{p0,2/t}$) — предел текучести материала при расчетной температуре, МПа;
$r_в$ — радиус вмятины в плане, мм;
$s$ — исполнительная толщина стенки обечайки, мм;
$s_к$ — исполнительная толщина стенки конической обечайки, мм;
$\alpha_\sigma$ — коэффициент концентрации напряжений;
$\delta$ — величина отклонения от идеальной круговой формы или величина смещения и увода кромок, мм;
$\lambda_0$, $\lambda_{0y}$, $\lambda_1$, $\lambda_{1y}$ — безразмерные коэффициенты;
$\sigma_н$ — номинальное напряжение, МПа;
$\sigma_a$ — амплитуда напряжений, МПа;
$[\sigma_a]$ — допускаемая амплитуда напряжений, МПа;
$[\sigma]$ — допускаемое напряжение для материала обечайки при расчетной температуре, МПа;
$\varphi$ — коэффициент прочности сварных швов;
$\psi$ — половина центрального угла зоны некруглости, рад.

## 4 Общие положения

4.1 Приведенный в настоящем стандарте расчет применим, если предварительно определены толщины стенок элементов и допускаемые давления для элементов сосудов и аппаратов, удовлетворяющих техническим требованиям к качеству изготовления и контроля по нормативным документам.

4.2 Расчетные значения допускаемых напряжений и механических характеристик материала принимаются по ГОСТ Р 52857.1.

4.3 Формулы применимы для сосудов, изготовленных из материалов, пластичных в условиях эксплуатации.

4.4 Методы расчета не применимы при сочетании отдельных дефектов в расчетных элементах. В отдельных случаях методы расчета могут быть применены при наличии нескольких дефектов в расчетном элементе сосуда, если расстояние между ними превышает $1{,}5\sqrt{Ds}$.

4.5 Приведенные методы расчета допустимы, если неточности изготовления (за исключением смещения стенок кольцевых сварных швов) находятся от штуцеров, фланцевых соединений, колец жесткости и т.п. на расстоянии не менее $1{,}5\sqrt{Ds}$.

4.6 Максимальные напряжения в местах нарушения правильной формы обечаек и днищ определяются в предположении неограниченной упругости материала согласно ГОСТ Р 52857.1 (пункт 8.10).

4.7 Допускается проводить оценку прочности сосудов и аппаратов с учетом отклонений от идеальной формы с помощью специальных исследований, например экспериментальным методом или численными методами, например конечных элементов.

## 5 Смещение кромок сварных швов (см. рисунки А.1, А.2)

**5.1 Смещение кромок продольного сварного шва цилиндрической или конической обечайки**

**5.1.1 Проверка прочности при нагружении внутренним избыточным давлением**

Максимальное напряжение для цилиндрической обечайки вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD}{2(s-c)}\left[1+3\frac{\delta}{s-c}\right]. \quad (1)$$

Условие прочности $\sigma_{max} \le 1{,}5\varphi\,[\sigma]$,

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение по ГОСТ Р 52857.1;

$\varphi$ — коэффициент прочности сварного шва, определяемый по ГОСТ Р 52857.1.

Максимальное напряжение для конической обечайки вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD_p}{2(s-c)\cos\alpha}\left[1+3\frac{\delta}{s-c}\right]. \quad (2)$$

$D_p$ наибольший внутренний диаметр конической обечайки в месте смещения кромок сварного шва.

Условие прочности $\sigma_{max} \le 1{,}5\varphi\,[\sigma]$,

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение по ГОСТ Р 52857.1;

$\varphi$ — коэффициент прочности сварного шва, определяемый по ГОСТ Р 52857.1.

**5.1.2 Проверка устойчивости при нагружении внешним давлением**

Допускаемое внешнее давление вычисляют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1+\left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}. \quad (3)$$

Допускаемое давление из условий устойчивости $[p]_E$ определяют по ГОСТ Р 52857.2.

Допускаемое давление из условий прочности вычисляют по формуле

- для цилиндрической обечайки:

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](s-c)}{D+(s-c)}\lambda_1; \quad (4)$$

- для конической обечайки:

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](s_к-c)}{\frac{D_к}{\cos\alpha}+(s_к-c)}\lambda_1. \quad (5)$$

Коэффициент $\lambda_1$ равняется:

$$\lambda_1 = 1 \quad \text{при} \quad \frac{\delta}{s} \le 0{,}1; \quad (6)$$

$$\lambda_1 = \frac{1{,}105}{\frac{\delta}{s}+\sqrt{\left(\frac{\delta}{s}\right)^2+1}} \quad \text{при} \quad \frac{\delta}{s} > 0{,}1.$$

**5.2 Смещение кромок кольцевого сварного шва в цилиндрической или конической обечайке**

**5.2.1 Проверка прочности при нагружении внутренним избыточным давлением**

Максимальное напряжение для цилиндрической обечайки вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD}{4(s-c)}\left[1+3\frac{\delta}{s-c}\right]. \quad (7)$$

Условие прочности $\sigma_{max} \le 1{,}5\varphi\,[\sigma]$,

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение по ГОСТ Р 52857.1;

$\varphi$ — коэффициент прочности сварного шва, определяемый по ГОСТ Р 52857.1.

Максимальное напряжение для конической обечайки вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD_p}{4(s-c)\cos\alpha}\left[1+3\frac{\delta}{s-c}\right]. \qquad (8)$$

$D_p$ — внутренний диаметр конической обечайки в месте, где расположен кольцевой сварной шов со смещением.

Условие прочности $\sigma_{max} \le 1{,}5\varphi\,[\sigma]$,

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение по ГОСТ Р 52857.1;

$\varphi$ — коэффициент прочности сварного шва, определяемый по ГОСТ Р 52857.1.

5.2.2 Проверка устойчивости при нагружении внешним давлением по ГОСТ Р 52857.2.

**5.3 Оценка малоцикловой прочности по ГОСТ Р 52857.6**

Амплитуду напряжений вычисляют по формуле

$$\sigma_a = K_э \frac{\sigma_{max}}{2}. \qquad (9)$$

Эффективный коэффициент концентрации по таблице 1.

Условие прочности при циклическом нагружении $\sigma_a \le [\sigma_a]$.

## 6 Общая некруглость цилиндрических обечаек (овальность) (см. рисунок А.3)

Под общей некруглостью (овальностью) понимается общее отклонение от круговой формы по всему периметру поперечного сечения цилиндрической обечайки.

Некруглость вычисляют по формуле

$$a = \frac{2(D_{max}-D_{min})}{D_{max}+D_{min}}100\ \%. \qquad (11)$$

**6.1 Проверка прочности при нагружении внутренним избыточным давлением**

Максимальное напряжение вычисляют по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{pD}{2(s-c)}\left[1+\frac{3a\dfrac{D}{200(s-c)}}{1+0{,}455\dfrac{p}{E}\left(\dfrac{D}{s-c}\right)^3}\right]. \qquad (12)$$

Предварительно проверяется условие прочности без учета овальности по ГОСТ Р 52857.2. Затем проверяется условие прочности с учетом овальности обечайки по формуле

$$\sigma_{max} \le 3\varphi\,[\sigma].$$

Условие прочности при малоцикловой нагрузке:

$$\sigma_a \le [\sigma]_a.$$

Амплитуду напряжений при малоцикловой нагрузке вычисляют по формуле

$$\sigma_a = \frac{pD}{4(s-c)}\left[1+3a\frac{D}{200(s-c)}\right]. \qquad (13)$$

**6.2 Расчет обечаек, нагруженных наружным давлением**

6.2.1 Допускаемое наружное давление вычисляют по формуле

$$[p]=\frac{[p]_p}{\sqrt{1+\left(\frac{[p]_p}{[p]_E^0}\right)^2}}. \qquad (14)$$

Допускаемое давление $[p]_E^0$ из условия устойчивости овальной обечайки в пределах упругости вычисляют по формуле

$$\left.\begin{array}{l}\text{- при } a \le 0{,}5\ \%\quad [p]_E^0 = [p]_E,\\ \text{- при } 0{,}5\ \% \le a \le 2\ \%\quad [p]_E^0 = \dfrac{[p]_E}{1+1{,}5af\dfrac{[p]_E}{p_т}n_y}\end{array}\right\}; \qquad (15)$$

$$p_т=\frac{2R_{p0,2/t}(s-c)}{D+(s-c)}; \qquad (16)$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{- при } 0{,}02\dfrac{D}{l}\sqrt{\dfrac{D}{s-c}} \le 1\quad f = 1 - 0{,}02\dfrac{D}{l}\sqrt{\dfrac{D}{s-c}};\\ \text{- при } 0{,}02\dfrac{D}{l}\sqrt{\dfrac{D}{s-c}} > 1\quad f = 0.\end{array}\right\} \qquad (17)$$

Допускаемое давление $[p]_p$ из условия прочности вычисляют по формуле

$$[p]_p=\frac{2[\sigma](s-c)}{D+(s-c)}\lambda_{0y}, \qquad (18)$$

где $\lambda_{0y} = 1$ при $a \le 0{,}5$ %,

$$\lambda_{0y}=\frac{\dfrac{DK_y}{400(s-c)}+\sqrt{\left(\dfrac{DK_y}{400(s-c)}\right)^2+1}}{\dfrac{aDK_y}{200(s-c)}+\sqrt{\left(\dfrac{aDK_y}{200(s-c)}\right)^2+1}} \quad \text{при } 0{,}5\ \% < a \le 2\ \%. \qquad (19)$$

Коэффициент $K_y$ рассчитывают по соотношениям:

$$\left.\begin{array}{l}\text{при } \dfrac{l}{D} > \sqrt{\dfrac{D}{2(s-c)}}\quad K_y = \dfrac{1}{1-\dfrac{p}{p_{кр}}}\\ \text{при } \dfrac{l}{D} \le \sqrt{\dfrac{D}{2(s-c)}}\quad K_y = 1\end{array}\right\}, \qquad (20)$$

где $p_{кр}=0{,}275\left[\dfrac{2(s-c)}{D}\right]^3 E.$ (21)

**6.2.2 Амплитуду напряжений в условиях циклического нагружения наружным давлением вычисляют по формуле**

$$\sigma_a=\frac{pD}{4(s-c)}\left[1+\frac{3aDK_y}{200(s-c)}\right]. \qquad (22)$$

Условие прочности при циклической нагрузке:

$$\sigma_a \le [\sigma_a].$$

## 7 Локальная некруглость (увод сварных соединений, вмятины) (см. рисунок А.4)

Под локальной некруглостью понимаются отклонения оболочки от правильной формы распределенной на части окружности, обусловленные уводом кромок сварного шва или вмятиной.

**7.1 Проверка прочности при нагружении внутренним избыточным давлением**

**7.1.1 Определение максимальных напряжений**

Максимальное напряжение вычисляют по формулам:

- при вытянутой вдоль оси обечайки вмятине или при уводе сварного шва (угловатость):

$$\sigma_{max} = \frac{pD}{2(s-c)}\left[1+\frac{\frac{6\delta}{(s-c)}}{1+\frac{1{,}365}{n^2-1}\frac{p}{E}\left(\frac{D}{s-c}\right)^3}\right], \quad (23)$$

где $n=\frac{\pi}{2\psi}$ — параметр, характеризующий зону отклонения (см. рисунок А.4);

- при круговой в плане вмятине:

$$\sigma_{max} = \alpha_\sigma \sigma_н. \quad (24)$$

Номинальное напряжение вычисляют по формулам:

- для цилиндрической обечайки:

$$\sigma_н = \frac{pD}{2(s-c)}; \quad (25)$$

- для выпуклого днища:

$$\sigma_н = \frac{pR_p}{2(s-c)}, \quad (26)$$

где $R_p$ — радиус кривизны выпуклого днища в зоне вмятины.

Коэффициент концентрации вычисляют по формуле

$$\alpha_\sigma = 1 + B\left(\frac{\delta'}{s}\right)^m, \quad (27)$$

где для цилиндрической обечайки:

$$B = -0{,}234\frac{r_в^2}{Ds} + \frac{r_в}{\sqrt{Ds}} + 1{,}05,$$

$$m = -0{,}222\frac{r_в}{\sqrt{Ds}} + 0{,}358,$$

$\delta' = \delta\,(1 - \sigma_н / R_{mt})$;

- для сферического днища:

$$B = -0{,}216\frac{r_в^2}{R_p s} + 0{,}84\frac{r_в}{\sqrt{R_p s}} + 1{,}36,$$

$$m = 0{,}315\frac{r_в}{\sqrt{R_p s}} + 0{,}232,$$

$$\delta' = \delta\,(1 - \sigma_н / R_{m/t}).$$

**7.1.2 Проверка прочности**

Предварительно проверяют условие прочности без учета отклонений от идеальной геометрической формы обечаек по ГОСТ Р 52857.2. Затем проверяют условие прочности с учетом местных напряжений по формуле

$$\sigma_{max} \le 3\varphi\,[\sigma]. \qquad (28)$$

**7.2 Расчет обечаек, нагруженных наружным давлением**

Допускаемое давление вычисляют по формулам (14) — (17). Параметр *a*, входящий в формулу (15), вычисляют по формулам:

$a = \frac{4\delta}{D}100\%$ — в случае вмятины; (29)

$a = 0$ — в случае наружного увода кромок (наружной вмятины) [см. рисунок А.4б].

Давление $[p]_р$ вычисляют по формуле

$$[p]_р = \frac{2[\sigma](s-c)}{D+(s-c)}\lambda_{1y}, \qquad (30)$$

где $\lambda_{1y}$ вычисляют по формулам:

- при толщине листов $s \le 20$ мм

при $\frac{\delta}{s} \le 0{,}1$ $\quad \lambda_{1y} = 1$

при $\frac{\delta}{s} > 0{,}1$ $\quad \lambda_{1y} = \frac{1{,}105}{\frac{\delta}{s}K_y + \sqrt{\left(\frac{\delta}{s}K_y\right)^2 + 1}}$;

- при толщине листов от 20 до 50 мм

при $\frac{\delta}{s} \le 0{,}15$ $\quad \lambda_{1y} = 1$

при $\frac{\delta}{s} > 0{,}15$ $\quad \lambda_{1y} = \frac{1{,}160}{\frac{\delta}{s}K_y + \sqrt{\left(\frac{\delta}{s}K_y\right)^2 + 1}}$.

Если увод кромок (вмятины) направлен наружу, то при вычислении $[p]_р$ $K_y$ принимают равным единице.

7.3 При циклической нагрузке условия прочности проверяют по формуле

$$\sigma_a = 0{,}5K_э\,\sigma_{max} \le [\sigma_a].$$

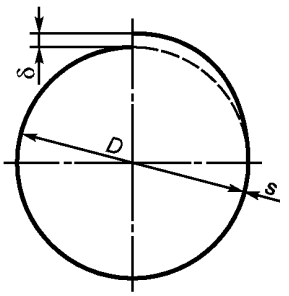
Эффективный коэффициент концентрации $K_э$ определяют по таблице 1.

Таблица 1

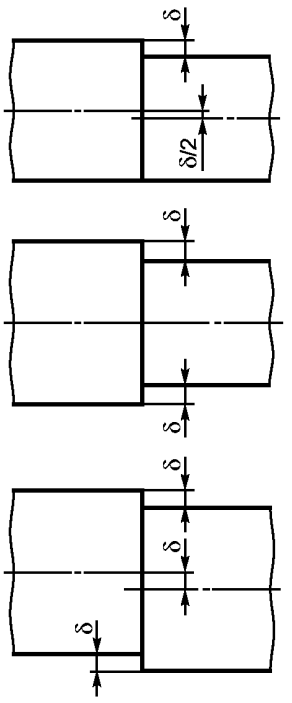
| Характеристика сварного шва | Схема сварного шва | Эффективный коэффициент концентрации напряжений | |
|---|---|---|---|
| | | Углеродистая сталь | Низколегированная и аустенитная сталь |
| Стыковой сварной шов с плавным переходом и полным проваром |  | 1,0 | 1,0 |
| Стыковой сварной шов с подкладным листом по всей длине шва |  | 1,2 | 1,4 |
| Стыковой сварной шов (односторонний) с неполным проваром |  | 1,5 | 1,8 |
| Стыковой шов со смещением кромок |  | 1,3 | 1,5 |

**Приложение А**
**(справочное)**

## Рисунки, поясняющие текст стандарта

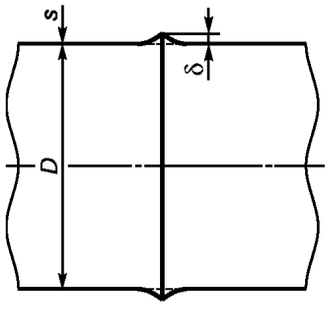



*а* — продольный сварной шов

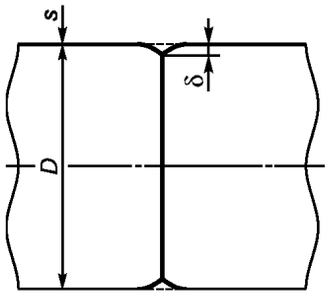



*б* — кольцевые сварные швы

Рисунок А.1 — Смещение кромок




*а* — наружный увод кромок




*б* — внутренний увод кромок

Рисунок А.2 — Увод кромок кольцевого шва

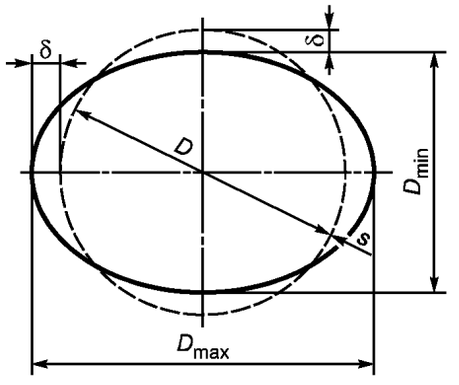
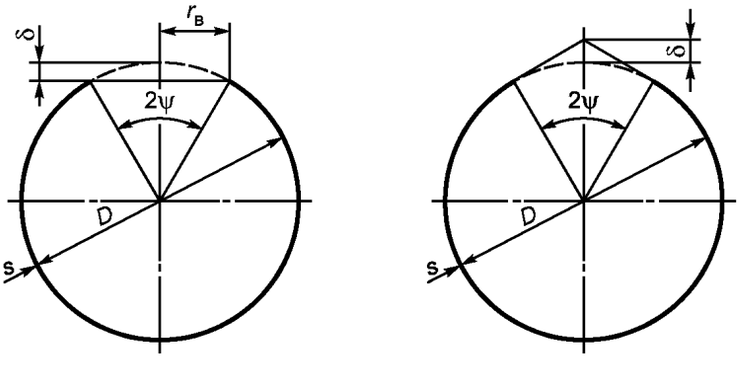



Рисунок А.3 — Общая некруглость




*а* — вмятина

*б* — наружный увод кромок

Рисунок А.4 — Локальная некруглость

| | | | |
|---|---|---|---|
| УДК 66.023:006.354 | ОКС 71.120<br>75.200 | Г02 | ОКП 36 1500 |

Ключевые слова: сосуды и аппараты, нормы и методы расчета на прочность, смещение кромок сварных швов, некруглость

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. 1,10. Тираж 73 экз. Зак. 980.

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