

1.4.5. Для стального листового проката, изготавливаемого согласно техническим условиям по двум группам прочности, допускаемые напряжения для первой группы прочности принимают по табл.5 приложения 1. Для листового проката второй группы прочности (стали ВСтЗпс, ВСтЗсп, ВСтЗГпс и 09Г2С) допускаемое напряжение, принимаемое по табл.5 приложения 1, увеличивают на 6%, а для стали 09Г2 - на 7%. При применении сталей ВСтЗпс, ВСтЗсп и ВСтЗГпс второй группы прочности при температуре выше 250 °С, а сталей 09Г2С и 09ГС второй группы прочности при температуре свыше 300 °С допускаемые напряжения принимают такими же, как для стали первой группы.

1.4.6. Разрешается допускаемое напряжение при температуре 20 °С определять по п.1.4.1, принимая гарантированные значения механических характеристик в соответствии со стандартами или техническими условиями на стали с учетом толщины листового проката. При повышенных температурах допускаемые напряжения, принимаемые с учетом толщины проката и групп прочности стали, разрешается определять по нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке.

1.4.7. Расчетные механические характеристики, необходимые для определения допускаемых напряжений при повышенных температурах для сталей, не приведенных в приложении 1, определяют после проведения испытаний представительного количества образцов, обеспечивающих гарантированные значения прочностных свойств.

1.4.8. Для элементов сосудов и аппаратов, работающих в условиях ползучести при разных за весь период эксплуатации расчетных температурах, в качестве допускаемого напряжения разрешается принимать эквивалентное допускаемое напряжение $[\sigma]_{\text{ЭКВ}}$, вычисляемое по формуле

$$[\sigma]_{\text{ЭКВ}} = \frac{[\sigma]_1}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{T_0} \left(\frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_i} \right)^m \right]^{1/m}}, \quad (5)$$

где $[\sigma]_i = [\sigma]_1; [\sigma]_2; \dots; [\sigma]_n$ - допускаемое напряжение для расчетного срока эксплуатации при температурах t_i ($i = 1, 2 \dots$);

T_i - длительность этапов эксплуатации элементов с температурой стенки соответственно t_i ($i = 1, 2 \dots$), ч;

$T_0 = \sum_{i=1}^n T_i$ - общий расчетный срок эксплуатации, ч;

m - показатель степени в уравнениях длительной прочности стали (для легированных жаропрочных сталей при разнице расчетных температур эксплуатации не более 30 °С рекомендуется принимать $m = 8$).

Этапы эксплуатации при разной температуре стенки рекомендуется принимать по ступеням температуры в 5 и 10 °С.

(Поправка).

1.4.9. Для сосудов и аппаратов, работающих при многократных нагрузках, допускаемую амплитуду напряжений определяют по [ГОСТ 25859](#).

1.4.10. Для элементов сосудов и аппаратов, рассчитываемых не по предельным нагрузкам (например, фланцевых соединений), допускаемые напряжения должны определять по соответствующей нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке.

1.4.11. Расчетные значения предела текучести, временного сопротивления и коэффициентов линейного расширения приведены в приложениях 2, 3.

1.4.12. Коэффициент запаса устойчивости (n_y) при расчете сосудов и аппаратов на устойчивость по нижним критическим напряжениям в пределах упругости следует принимать:

4.3.7. Толщину края плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом вне зоны уплотнения s_3 (черт.18) определяют по формуле (82), при этом вместо $D_{с.п}$ следует принять D_2 .

4.3.8. Допускаемое давление для плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом при проверочных расчетах определяют по формуле

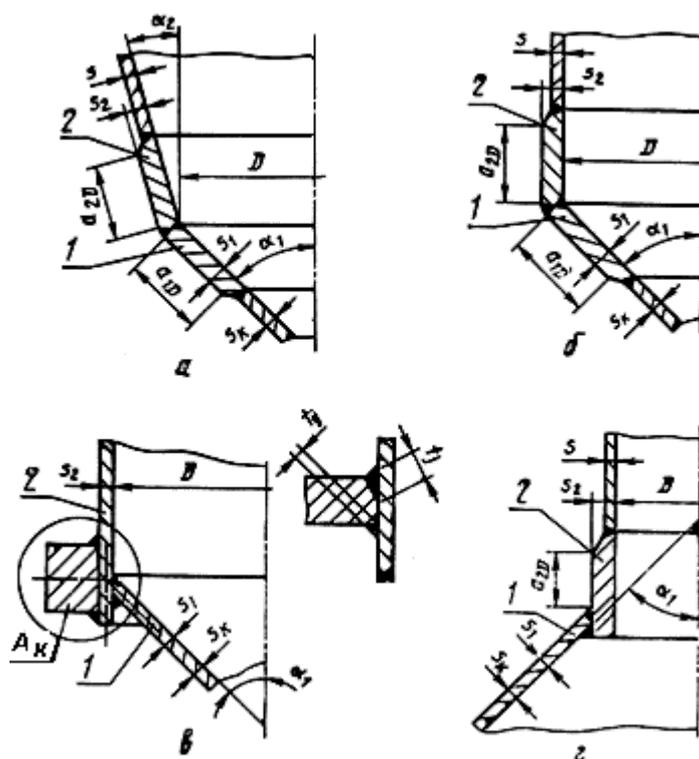
$$[p] = \left(\frac{s_1 - c}{K_0 K_6 D_p} \right)^2 [\sigma] \varphi. \quad (84)$$

5. РАСЧЕТ ОБЕЧАЕК КОНИЧЕСКИХ

5.1. Расчетные схемы и расчетные параметры

5.1.1. На черт.21-26 приведены расчетные схемы узлов конических обечаек.

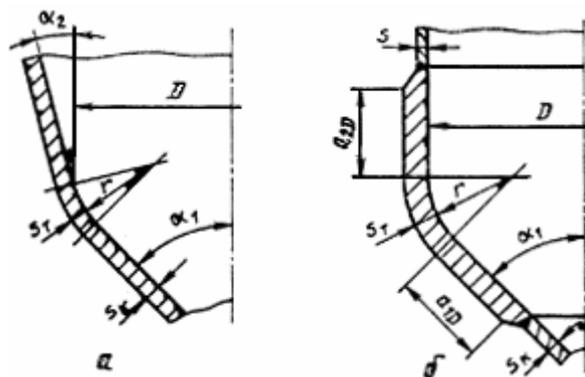
Соединение обечаек без тороидального перехода



а - соединение двух конических обечаек, б - соединение конической и цилиндрической обечаек, в - соединение конической и цилиндрической обечаек с укрепляющим кольцом, з - соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра

Черт.21

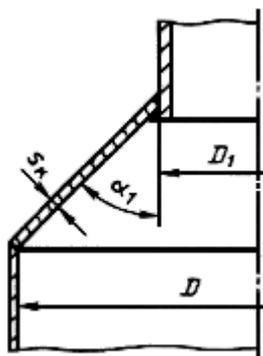
Соединение обечаек с тороидальным переходом



а - соединение двух конических обечаек, б - соединение конической и цилиндрической обечаек

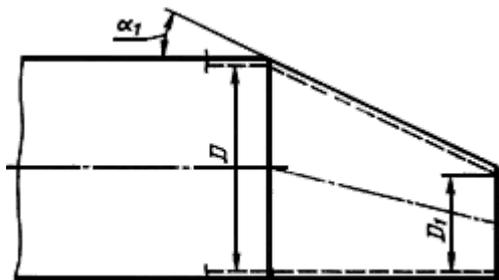
Черт.22

Основные размеры конического перехода



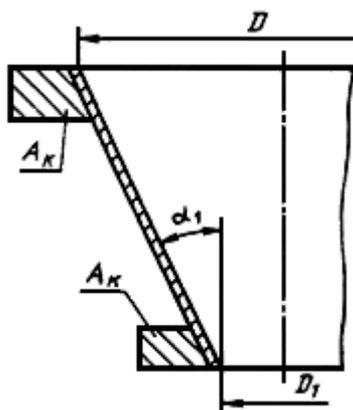
Черт.23

Соединение кососимметричных обечаек



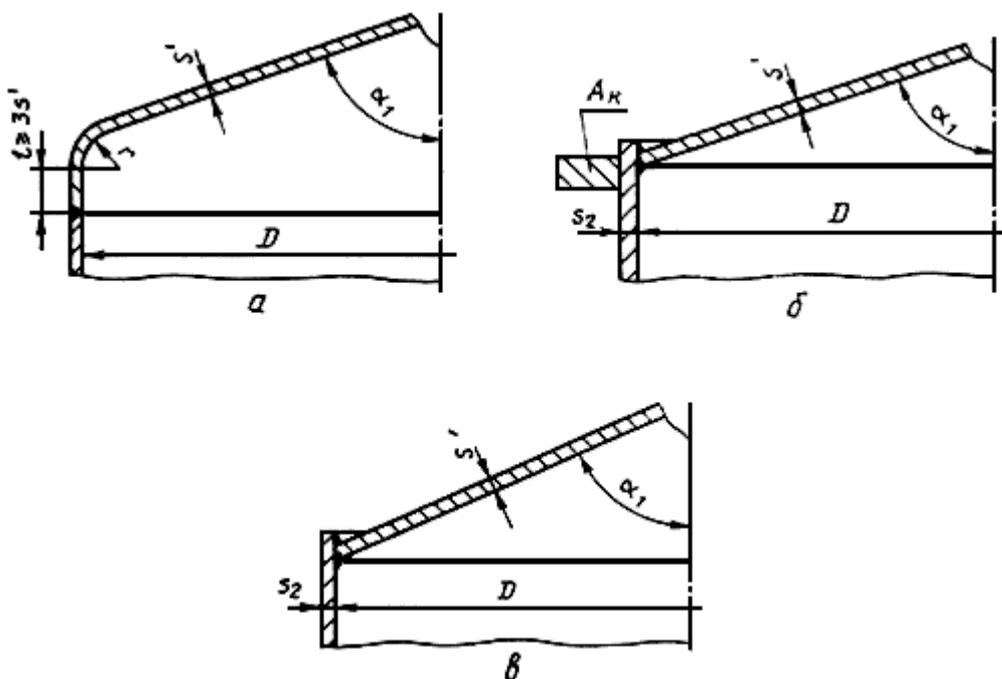
Черт.24

Коническая обечайка с кольцами жесткости



Черт.25

Пологие конические днища



а - днище с тороидальным переходом, б - днище с укрепляющим кольцом, в - днище без тороидального перехода и укрепляющего кольца

Черт.26

5.1.2. Расчетные параметры

5.1.2.1. Расчетные длины переходных частей определяют по формулам:

- для конических обечайек (черт.21а, 21б, 21в)

$$a_1 = 0,7 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} (s_1 - c)}; a_2 = 0,7 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_2} (s_2 - c)};$$

- для конической обечайки (черт.22а, 22б)

$$a_1 = 0,7 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} (s_T - c)};$$

- для конической обечайки (черт.21а)

$$a_1 = \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} (s_1 - c)};$$

- для цилиндрических обечаек (черт.21б, 21в)

$$a_2 = 0,7 \sqrt{D(s_2 - c)};$$

- для тороидальных переходов (черт.22а, 22б)

$$a_2 = 0,5 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_2} (s_T - c)}; a_2 = 0,5 \sqrt{D(s_T - c)};$$

- для цилиндрической обечайки или штуцера (см. черт.21а)

$$a_2 = 1,25 \sqrt{D(s_2 - c)}.$$

5.1.2.2. Расчетный диаметр гладкой конической обечайки определяют по формулам:

- для конической обечайки без тороидального перехода (черт.21а, 21б, 21в)

$$D_K = D - 1,4a_1 \sin \alpha_1;$$

- для конической обечайки с тороидальным переходом (черт.22а, 22б)

$$D_K = D - 2[r(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) + 0,7a_1 \sin \alpha_1];$$

для конических обечаек со ступенчатым изменением толщин стенки для второй и всех последующих частей за расчетный диаметр D_K данной части обечайки принимают внутренний диаметр большего основания.

5.1.2.3. Расчетный коэффициент прочности сварных швов переходов обечаек определяют по табл.4.

Таблица 4

Вид соединений обечаек	Расчетный коэффициент прочности сварных швов			
	По пп.5.3.3, 5.4.3	По пп.5.3.4, 5.3.8	По пп.5.3.5, 5.3.7, 5.3.9, 5.4.5	По пп.5.3.6, 5.4.6
Внутреннее давление или растягивающая сила	$\varphi_p = \sqrt{\varphi_T}$	$\varphi_p = \sqrt{\varphi_T}$ $\varphi_{ap} = \varphi_a$	$\varphi_p = \sqrt{\varphi_T}$	$\varphi_p = \min$ $\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$
Наружное давление или сжимающая сила	$\varphi_p = \min$ $\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$	$\varphi_p = \min$ $\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$ $\varphi_{ap} = 1$	$\varphi_p = \min$ $\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$	$\varphi_p = \sqrt{\varphi_T}$
Изгибающий	$\varphi_p = \min$	$\varphi_p = \min$	$\varphi_p = \min$	$\varphi_p = \min$

МОМЕНТ	$\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$	$\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$ $\varphi_{ap} = \varphi_a$	$\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$	$\{\varphi_p; \sqrt{\varphi_T}\}$
--------	-----------------------------------	---	-----------------------------------	-----------------------------------

5.2. Область и условия применения расчетных формул

5.2.1. Расчетные формулы применимы при соотношении между толщиной стенки наружной обечайки и диаметром в пределах

$$0,001 \leq \frac{s_1 \cos \alpha_1}{D} \leq 0,050.$$

Выполнение такого условия для пологого конического днища ($\alpha_1 > 70^\circ$) не требуется.

5.2.2. Расчетные формулы, приведенные в пп.5.3.2, 5.4.2 и 5.5.1, применимы при условии, что расчетные температуры не превышают значений, при которых должна учитываться ползучесть металлов, т.е. при температурах, когда допускаемое напряжение определяется только по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности). Если точных данных не имеется, то формулы применимы при условии, что расчетная температура стенки обечайки из углеродистой стали не превышает 380°C , из низколегированной стали 480°C и из аустенитной стали 525°C .

5.2.3. Расчетные формулы настоящего стандарта не применимы для расчета на прочность конических переходов в местах крепления рубашки к корпусу.

В этом случае расчет проводится по [ГОСТ 25867](#).

5.2.4. Расчетные формулы не применимы, если расстояние между двумя соседними узлами обечаек менее суммы соответствующих расчетных длин обечаек, или, если расстояние от узлов до опорных элементов сосуда (за исключением юбочных опор и опорных колец) менее удвоенной расчетной длины обечайки по п.5.1.2.1.

5.2.5. Расчетные формулы применимы при условии, что исполнительные длины переходных частей обечаек не менее расчетных длин a_1 и a_2 .

Если это условие не выполнено, нужно провести проверку допускаемого давления, причем вместо s_1 и s_2 подставляют:

- для соединения обечаек без тороидального перехода

$$s_{1E} = \max \left\{ \frac{a_{1D}}{a_1} s_1; s_K \right\}; \quad s_{2E} = \max \left\{ \frac{a_{2D}}{a_2} s_2; s \right\};$$

- для соединения обечаек с тороидальным переходом при определении коэффициента β по формуле (98)

$$s_{1E} = \max \left\{ \frac{a_{1D}}{a_1} s_T; s_K \right\}; \quad s_{2E} = \max \left\{ \frac{a_{2D}}{a_2} s_T; s \right\};$$

s_K, s - фактические толщины стенок присоединенных обечаек (черт.21а, 21б, 21г, 22б).

5.2.6. Расчетные формулы узлов конических и цилиндрических обечаек без тороидального перехода применимы при условии выполнения углового шва с двусторонним сплошным проваром.

5.2.7. Исполнительную толщину стенки конического элемента в месте соединения двух обечаек s_1, s_2 или s_T всегда принимают не менее толщины s_K , определяемой по пп.5.3.1 или 5.3.2, 5.4.1 или 5.4.2 и 5.5.1 для

соответствующих нагрузок.

Исполнительная толщина стенки цилиндрического элемента в месте соединения двух обечайек должна быть не менее минимальной толщины стенки, определяемой по формулам разд.2.

5.2.8. Расчет укрепления отверстий конических обечайек проводят в соответствии с [ГОСТ 24755](#).

5.2.9. Расчет толщины стенок переходной части обечайек проводят либо методом последовательных приближений на основании предварительного подбора и последующей проверки для выбранных значений

$$\frac{D}{s_2 - c} \text{ и } \frac{s_1 - c}{s_2 - c},$$

либо сразу при помощи диаграмм.

Расчет по диаграммам проводят для конических переходов, у которых $\alpha_2 = 0$. Если допускаемые напряжения материалов частей перехода отличаются друг от друга, то расчет по диаграммам проводят при использовании меньшего из них.

За допускаемое давление, осевую силу и изгибающий момент для конической обечайки принимают меньшее значение, полученное из условия прочности или устойчивости гладкой конической обечайки и из условия прочности переходной части.

5.2.10. Расчет применим также для кососимметричных обечайек, соединенных с цилиндрическими обечайками. Расчетные величины α_1 , D и D_1 принимают по черт.24.

5.3. Конические обечайки, нагруженные давлением

5.3.1. Гладкие конические обечайки, нагруженные внутренним избыточным давлением

5.3.1.1. Толщину стенки определяют по формулам

$$s_k \geq s_{k,p} + c, \quad (85)$$

где

$$s_{k,p} = \frac{p D_k}{2\varphi_p [\sigma] - p} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1}. \quad (86)$$

5.3.1.2. Допускаемое внутреннее избыточное давление определяют по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p (s_k - c)}{\frac{D_k}{\cos \alpha_1} + (s_k - c)}. \quad (87)$$

5.3.2. Гладкие конические обечайки, нагруженные наружным давлением

5.3.2.1. Расчетные формулы применимы при условии $\alpha_1 \leq 70^\circ$.

5.3.2.2. Толщину стенки в первом приближении определяют по формулам п.2.3.2.1 с последующей проверкой по формуле (88).

При предварительном определении толщины стенки в качестве расчетных l_E и D_E принимают величины, определяемые по формулам (91) и (92).

5.3.2.3. Допускаемое наружное давление определяют по формуле

$$[p] = \frac{[p]_{\Pi}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_{\Pi}}{[p]_E}\right)^2}}, \quad (88)$$

где допускаемое давление из условия прочности:

$$[p]_{\Pi} = \frac{2[\sigma](s_K - c)}{\frac{D_K}{\cos \alpha_1} + (s_K - c)}, \quad (89)$$

и допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E D_E}{n_y \cdot B_1 l_E} \left[\frac{100(s_K - c)}{D_E} \right]^{2,5}. \quad (90)$$

Эффективные размеры конической обечайки определяют по формулам:

$$l_E = \frac{D - D_1}{2 \sin \alpha_1}; \quad (91)$$

$$D_E = \max \left\{ \frac{D + D_1}{2 \cos \alpha_1}; \frac{D}{\cos \alpha_1} - 0,31(D + D_1) \sqrt{\frac{D + D_1}{s_K - c}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \right\}. \quad (92)$$

Значение коэффициента B_1 определяют по формуле

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \frac{D_E}{l_E} \sqrt{\frac{D_E}{100(s_K - c)}} \right\}. \quad (93)$$

5.3.3. Соединение обечаек без тороидального перехода (см. черт.21а, 21б).

5.3.3.1. Расчетные формулы применимы при условиях:

$$\alpha_1 \leq 70^\circ; 0 \leq \alpha_2 < \alpha_1; (s_1 - c) \geq (s_2 - c).$$

Если $(s_1 - c) < (s_2 - c)$, то при поверочном расчете следует принимать

$$s_1 - c = s_2 - c.$$

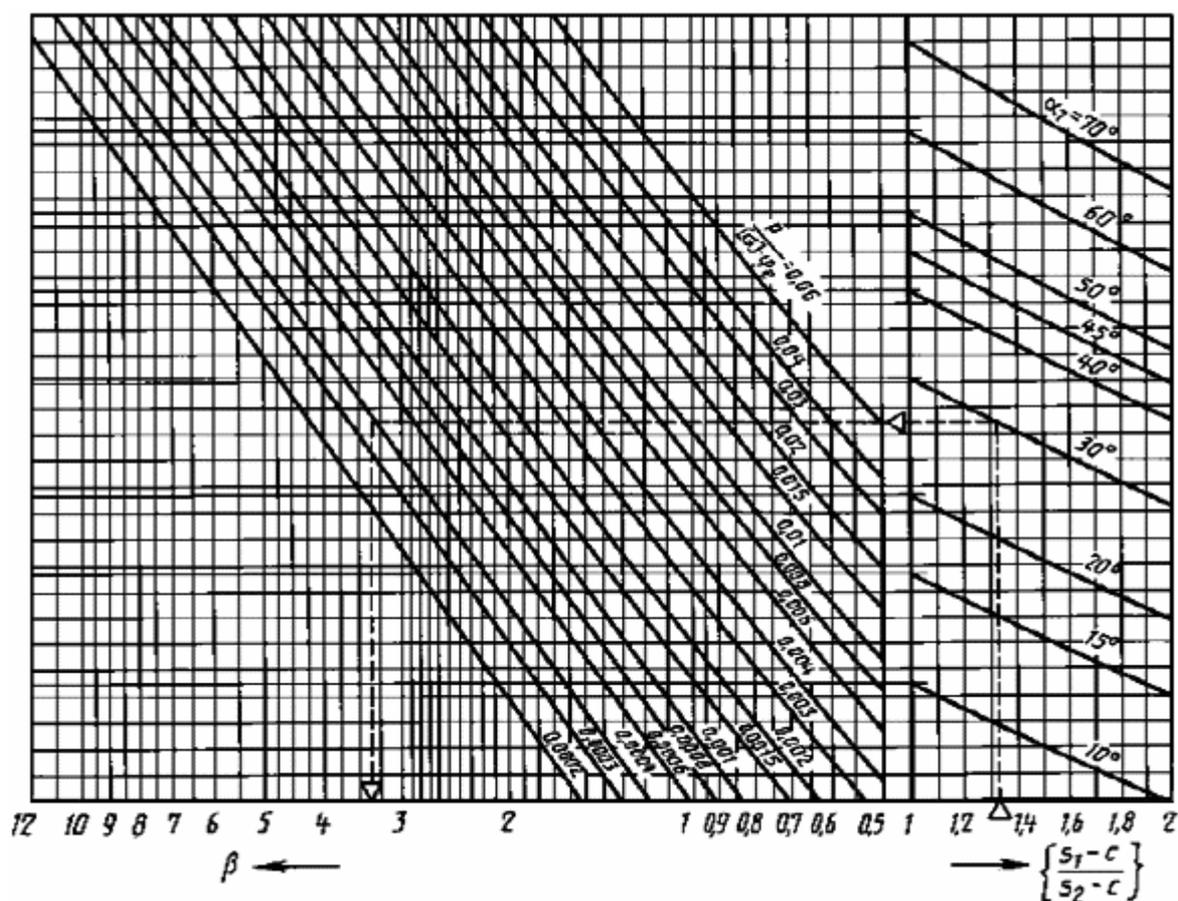
5.3.3.2. Толщину стенки определяют по формулам:

$$s_{2p} = \frac{p D \beta_1}{2[\sigma]_2 \cdot \varphi_p - p} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_2}; \quad (94)$$

$$s_2 \geq s_{2p} + c. \quad (95)$$

В случае соединения конической и цилиндрической обечаек (черт.21б) $\cos \alpha_2 = 1$. При определении β_1 коэффициент β рассчитывают по формуле (98) или определяют по диаграмме (черт.27).

Диаграмма для определения коэффициента β при расчете толщин стенок переходов обечаек



Черт.27

Расчет толщины стенки конического элемента перехода проводят с помощью отношения толщин стенок $\left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)$:

$$s_1 \geq \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) s_{2p} + c. \tag{96}$$

5.3.3.3. Коэффициент формы определяют по формуле

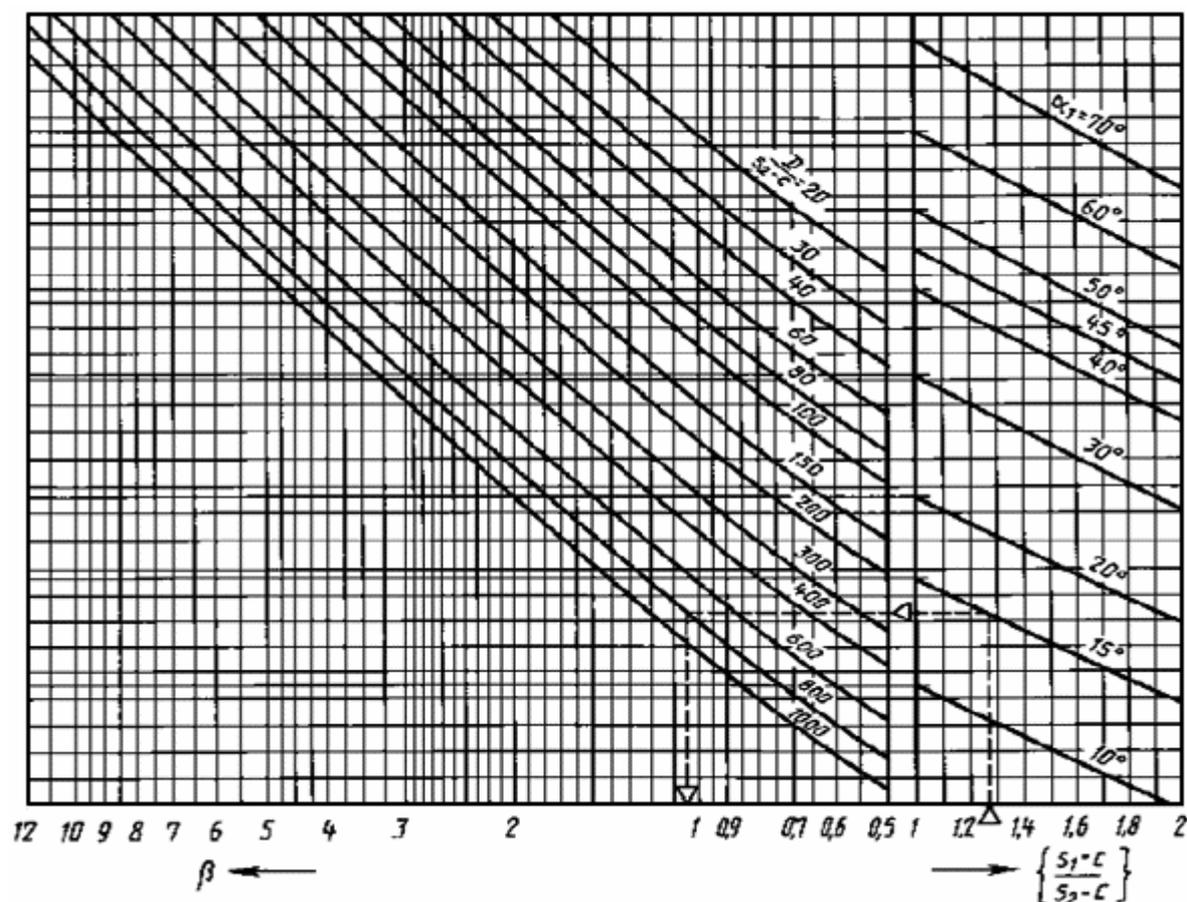
$$\beta_1 = \max \{ 0,5; \beta \}, \tag{97}$$

где β определяют по формуле

$$\beta = 0,4 \sqrt{\frac{D_2}{s_2 - c}} \cdot \frac{(\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2) \cos \alpha_2}{\sqrt{\frac{1}{\cos \alpha_2} + \sqrt{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}} - 0,25} \cdot \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right). \tag{98}$$

Для соединения конической и цилиндрической обечаек ($\alpha_2 = 0$) коэффициент β может быть определен по диаграмме (черт.27 или 28).

Диаграмма для определения коэффициента β при выполнении поверочного расчета



Черт.28

(Поправка).

5.3.3.4. Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление $[p]$ из условия прочности переходной части определяют по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]_2 \varphi_p (s_2 - c)}{\frac{D\beta_1}{\cos \alpha_2} + (s_2 - c)}, \quad (99)$$

где коэффициент β_1 определяют по п.5.3.3.3.

5.3.4. Соединение конической обечайки с укрепляющим кольцом (черт.21в, 25)

5.3.4.1. Расчетные формулы применимы при условиях:

$$\alpha_1 \leq 70^\circ$$

- при соединении с цилиндрической обечайкой (черт.21е)

$$(s_1 - c) \geq (s_2 - c).$$

Если $(s_1 - c) < (s_2 - c)$, то при проверочном расчете следует принимать $s_1 - c = s_2 - c$;

- при соединении по черт.25 только при отсутствии изгибающего момента на кольце.

5.3.4.2. Площадь поперечного сечения укрепляющего кольца определяют по формуле

при соединении по черт.21в

$$A_k = \frac{pD^2 \operatorname{tg} \alpha_1}{8[\sigma]_k \varphi_{ap}} \left(1 - \frac{\beta_A + 0,25}{\beta + 0,25} \right), \quad (100)$$

$$\text{где } \beta_A = \left(\frac{2[\sigma]_2 \varphi_p}{p} - 1 \right) \frac{s_2 - c}{D}. \quad (101)$$

Коэффициент β определяют либо по формуле (98), либо по диаграмме (черт.28).

При $A_k \leq 0$ укрепление кольцом жесткости не требуется;

при соединении по черт.25

$$A_k = \frac{pD^2 \operatorname{tg} \alpha_1}{8[\sigma]_k \varphi_{ap}}. \quad (102)$$

В случаях действия нагрузки от наружного давления или осевой сжимающей силы, или изгибающего момента сварной шов стыкового соединения кольца должен быть проварен непрерывным швом. При определении площади поперечного сечения A_k следует учитывать также сечение стенок обечаек, расположенное между наружными швами кольца и обечаек.

(Поправка).

5.3.4.3. Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части определяют по формулам:

- при соединении по черт.21в

$$[p] = \frac{2[\sigma]_2 \varphi_p (s_2 - c)}{D\beta_2 + (s_2 - c)}; \quad (103)$$

- при соединении по черт.25

$$[p] = A_k \frac{8[\sigma]_k \varphi_{ap}}{D^2 \operatorname{tg} \alpha_1}. \quad (104)$$

5.3.4.4. Общий коэффициент формы для переходной части определяют по формуле

$$\beta_2 = \max \{ 0,5; \beta_0 \}, \quad (105)$$

где

$$\beta_0 = \frac{0,4 \sqrt{\frac{D}{s_2 - c}} \operatorname{tg} \alpha_1 - B_3 \left[1 + \sqrt{\frac{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2 \cos \alpha_1} \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)} \right]}{B_2 + \left[1 + \sqrt{\frac{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2 \cos \alpha_1} \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)} \right]}. \quad (106)$$

Коэффициенты B_2 и B_3 определяют по формулам:

$$B_2 = \frac{1,6 A_K}{(s_2 - c) \sqrt{D(s_2 - c)}} \cdot \frac{[\sigma]_K \varphi_{ap}}{[\sigma]_2 \varphi_p}; \quad B_3 = 0,25.$$

5.3.4.5. Проверка прочности сварного шва укрепляющего кольца

$$\sum t_j \geq \frac{4 A_K}{D}, \quad (107)$$

где $\sum t_j$ - сумма всех эффективных ширин несущих сварных швов между укрепляющим кольцом и обечайкой (черт.21е).

У прерывистого сварного шва действительная его ширина уменьшается в отношении длин сварного шва и всего периметра обечайки. Расстояние между концами прерывистых сварных швов должно быть не более восьми толщин стенки обечайки и сумма всех длин сварных швов не менее половины длины контура кольца.

5.3.5. Соединение обечаек с тороидальным переходом (черт.22а, 22б)

5.3.5.1. Расчетные формулы применимы при условиях:

$$\alpha_1 \leq 70^\circ; \quad 0 \leq \alpha_2 < \alpha_1; \quad 0 \leq \frac{r}{D} < 0,3.$$

5.3.5.2. Толщину стенки определяют по формуле

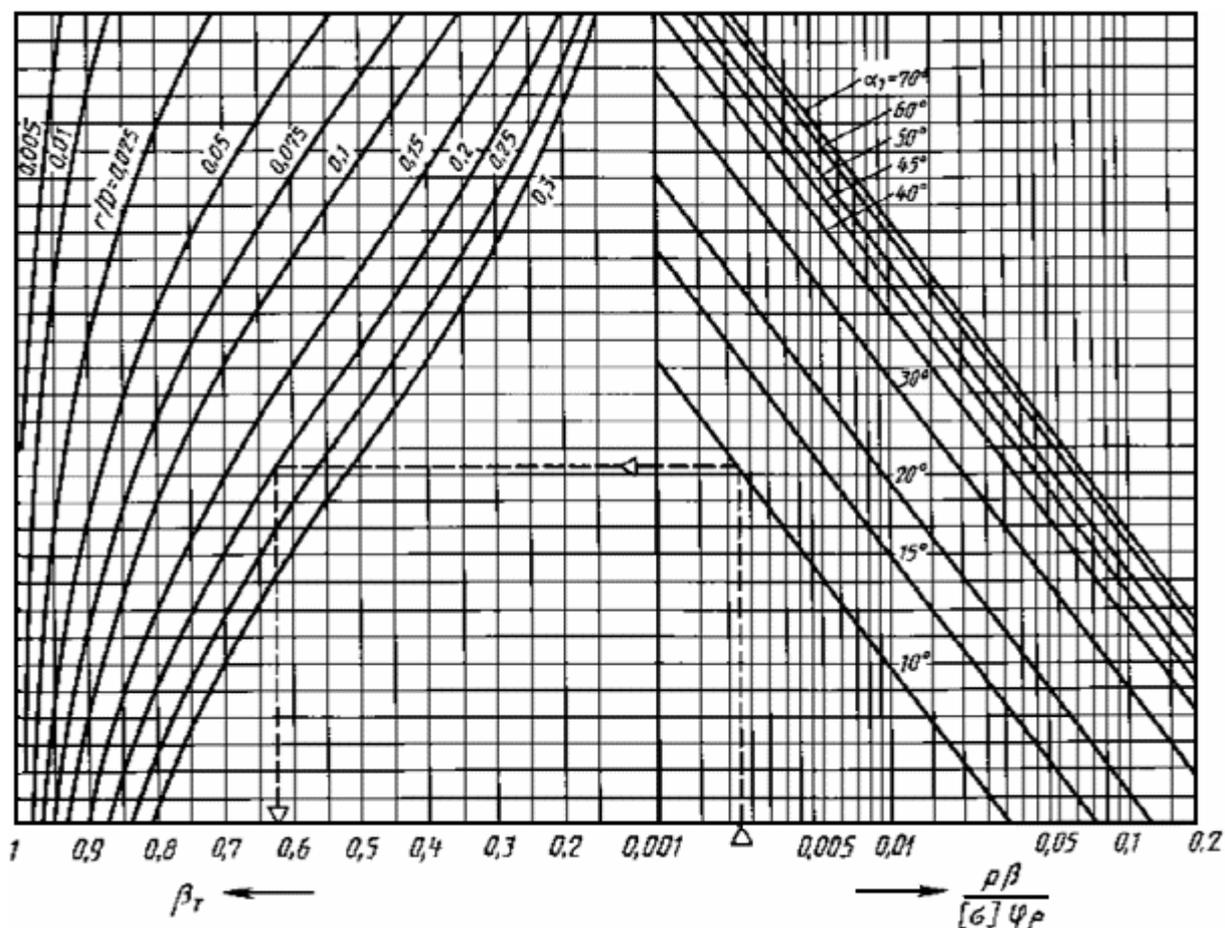
$$s_T \geq s_{T,p} + c, \quad (108)$$

где

$$s_{T,p} = \frac{p D \beta_3}{2 \varphi_p [\sigma] - p} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_2}. \quad (109)$$

В случае соединения конической и цилиндрической обечаек (черт.22б) $\cos \alpha_2 = 1$. Коэффициент β_3 определяют по формуле (111) и коэффициенты β и β_T определяют по формулам (98) и (112) или по диаграммам (черт.27 и 29).

Диаграмма для определения коэффициента β_T при расчете толщин стенок переходов обечаек



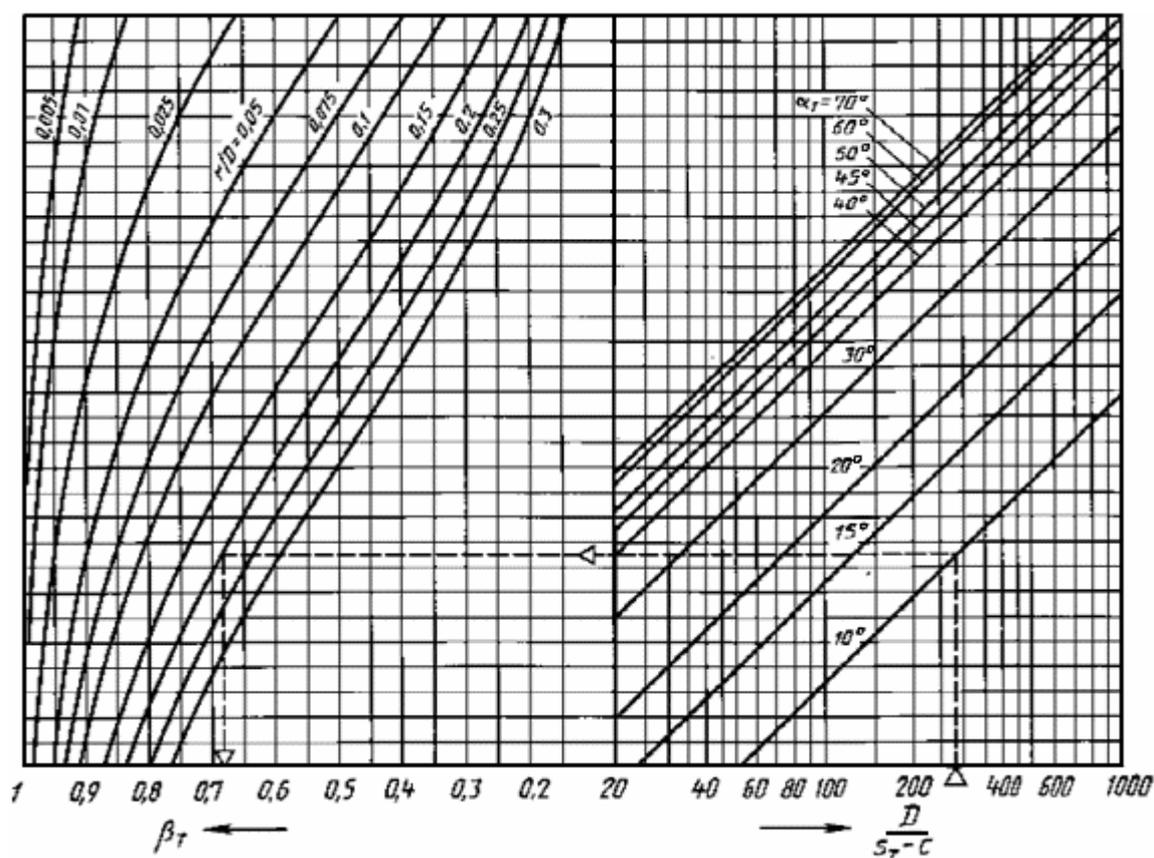
Черт.29

5.3.5.3. Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(s_T - c)}{\frac{D\beta_3}{\cos\alpha_2} + (s_T - c)} \quad (110)$$

Коэффициент β_3 определяют по формуле (111) и коэффициенты β и β_T определяют по формулам (98) и (112) или по диаграммам (черт.28, 30).

Диаграмма для определения коэффициента β_T при выполнении поверочного расчета



Черт.30

5.3.5.4. Коэффициенты формы определяют по формулам

- коэффициент β_3

$$\beta_3 = \max(0,5; \beta \cdot \beta_T), \quad (111)$$

где β определяют по формуле (98) при

$$\kappa = 1 \text{ и } \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) = 1,$$

- коэффициент β_T

$$\beta_T = \frac{1}{1 + \frac{0,028 \frac{r}{D} \sqrt{\frac{D}{s_T - c}} \cdot (\alpha_1 - \alpha_2)}{\frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_2}}}}. \quad (112)$$

5.3.6. Соединение штуцера или внутреннего цилиндрического корпуса с конической обечайкой (черт.21г)

5.3.6.1. Расчетные формулы применимы при выполнении условия

$$\alpha_1 \leq 70^\circ.$$

5.3.6.2. Толщину стенки определяют по формуле

$$s_2 \geq s_{2p} + c, \quad (113)$$

где

$$s_{2p} = \frac{pD\beta_4}{2\varphi_p[\sigma] - p}. \quad (114)$$

Расчет толщины стенки конического элемента переходной части проводят с помощью отношения толщин стенок

$$s_1 \geq \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) s_{2p} + c. \quad (115)$$

5.3.6.3. Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части определяют по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]_2 \varphi_p (s_2 - c)}{B\beta_4 + (s_2 - c)}. \quad (116)$$

5.3.6.4. Коэффициент формы определяют по формулам:

$$\beta_4 = \max\{1, 0, \beta_H\}, \quad (117)$$

где

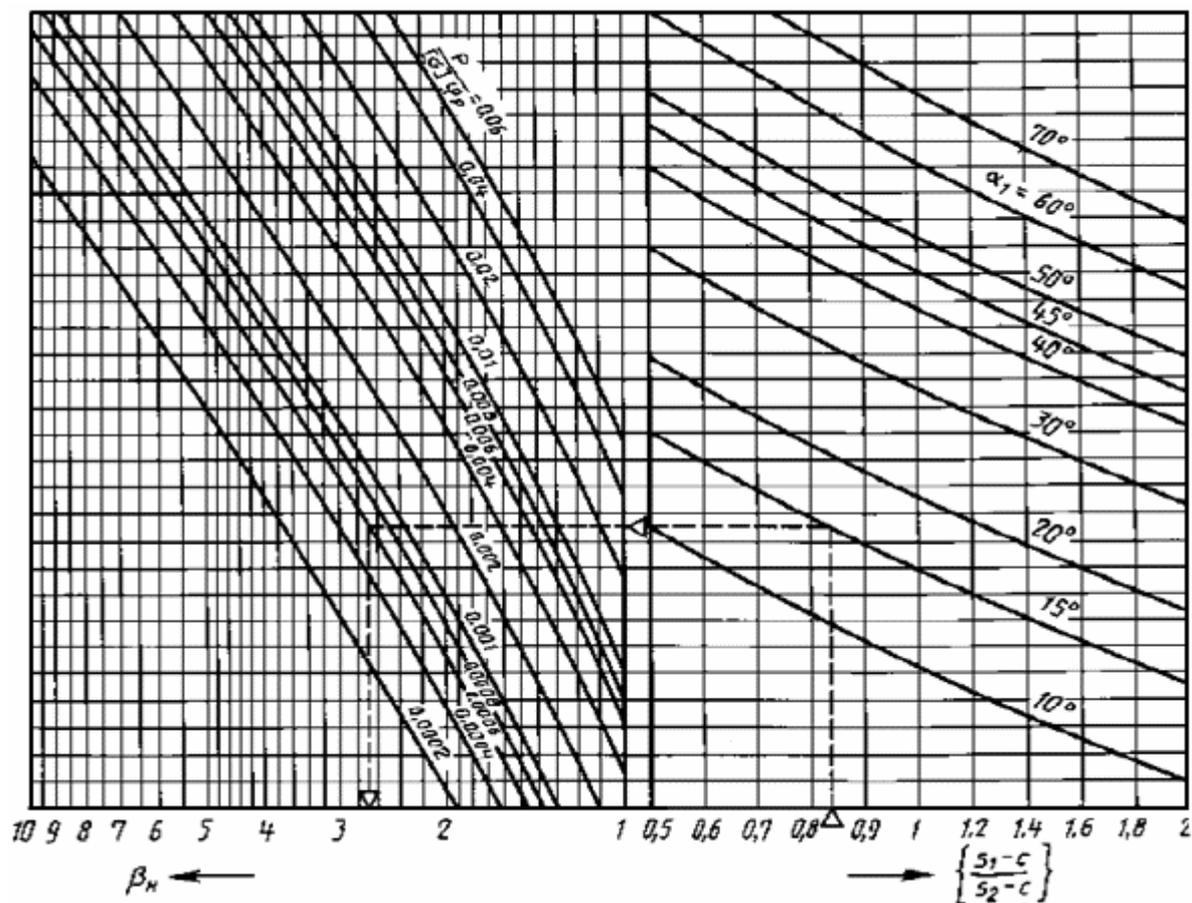
$$\beta_H = \beta + 0,75 \text{ при } \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2 \geq 1; \quad (118)$$

$$\beta_H = 0,4 \sqrt{\frac{D_2}{s_2 - c}} \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) \sqrt{\frac{s_1 - c}{(s_1 - c) \cos \alpha_1}} + \sqrt{\frac{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2}}} + 0,5 \quad (119)$$

при $\kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2 < 1$.

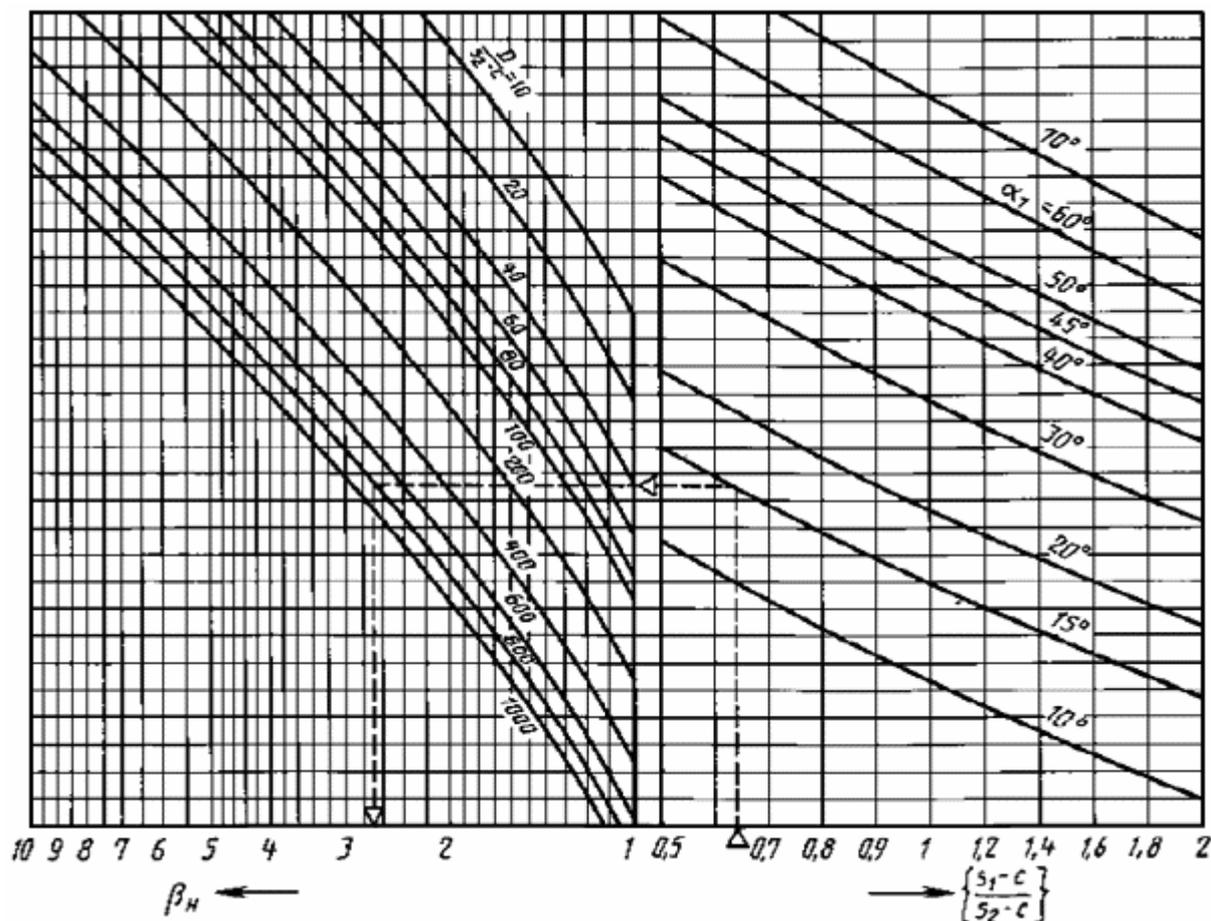
Коэффициент β_H можно в обоих случаях определить также по диаграммам (черт.31 и 32).

Диаграмма для определения коэффициента β_H при расчете толщин стенок переходов обечаек



Черт.31

Диаграмма для определения коэффициента β_K при выполнении поверочного расчета



Черт.32

(Поправка).

5.3.7. Пологое коническое днище с тороидальным переходом (см. черт.26а)

5.3.7.1. Расчетные формулы применимы для действия внутреннего избыточного давления при выполнении условия

$$\alpha_1 > 70^\circ.$$

5.3.7.2. Толщину стенки принимают:

$$s' \geq \min\{\max\{s_K; s_T\}; s'_p + c\}; \quad (120)$$

$$s'_p = 0,3(D-r) \frac{\alpha_1}{90} \sqrt{\frac{p}{[\sigma]\varphi_p}}, \quad (121)$$

где s_K определяют по п.5.3.1 при $D_K = D$ и s_T определяют по п.5.3.5.

5.3.7.3. Допускаемое внутреннее избыточное давление принимают как большее из значения

$$[p] = \varphi_p [\sigma] \left[\frac{(s' - c) 90^\circ}{0,3(D-r) \alpha_1} \right]^2 \quad (122)$$

и меньшее из значений $[p]$, определяемых по пп.5.3.1 при $s_K = s'$ и 5.3.5 $s_T = s'$.

5.3.8. Пологое коническое днище с укрепляющим кольцом (см. черт.26б)

5.3.8.1. Расчетные формулы применимы для действия внутреннего избыточного давления при выполнении условий

$$\alpha_1 > 70^\circ; s' = s_K.$$

5.3.8.2. Толщину стенки конического днища определяют по п.5.3.1.1 при $D_K = D$.

5.3.8.3. Площадь поперечного сечения укрепляющего кольца определяют по п.5.3.4.2, в котором при определении β следует принять $(s_1 - c) = 0$.

5.3.8.4. Допускаемое внутреннее избыточное давление определяют для конического днища по п.5.3.1.2 при $D_K = D$ и для укрепляющего кольца по п.5.3.4.3, в котором при определении β_2 следует принять $(s_1 - c) = 0$. Расчет применим при соблюдении требований п.5.3.4.5.

5.3.9. Пологое коническое днище без тороидального перехода и без укрепляющего кольца (см. черт.26в)

5.3.9.1. Расчетные формулы применимы для действия внутреннего избыточного давления при выполнении условия

$$\alpha_1 > 70^\circ.$$

5.3.9.2. Толщину стенки принимают:

$$s' \geq \min\{\max\{s_K; s_1\}; s'_p + c\}; \quad (123)$$

s'_p определяют по формуле (121) при $r = 0$;

s_K определяют по п.5.3.1 при $D_K = D$;

s_1 определяют по п.5.3.3.

5.3.9.3. Допускаемое внутреннее избыточное давление принимают как большее из значения $[p]$, определяемого по формуле (122) при $r = 0$, и меньшее из значений $[p]$, определяемых по п.5.3.1, при $s_K = s'$ и $D_K = D$ и по п.5.3.3.

5.3.9.2, 5.3.9.3. (Поправка).

5.3.10. Пологое коническое днище, нагруженное наружным давлением

5.3.10.1. Расчетные формулы применимы для действия наружного давления при условии

$$\alpha_1 > 70^\circ.$$

5.3.10.2. Допускаемое наружное давление определяют по формуле (88), допускаемое давление в пределах пластичности по формуле (89) и допускаемое давление в пределах упругости по формуле

$$[p]_E = \frac{4EK}{n_y} \left(\frac{s' - c}{D_K} \right)^2 \cos^2 \alpha_1, \quad (124)$$

где

$$K = \min \left\{ 0,36; \max \left\{ \frac{0,1\xi + 5}{\xi - 4}; 0,12 \right\} \right\}; \quad (125)$$

$$\xi = \frac{D_K}{2(s' - c) \cos \alpha_1}. \quad (126)$$

(Поправка).

5.4. Конические обечайки, нагруженные осевыми усилиями

5.4.1. Гладкие конические обечайки, нагруженные осевой растягивающей силой

5.4.1.1. Толщину стенки определяют по формуле

$$s_k \geq s_{k.p} + c, \quad (127)$$

где

$$s_{k.p} = \frac{F}{\pi D \varphi_T [\sigma]} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1}. \quad (128)$$

5.4.1.2. Допускаемая растягивающая сила

$$[F] = \pi D_1 (s_k - c) \varphi_T [\sigma] \cos \alpha_1. \quad (129)$$

5.4.2. Гладкие конические обечайки, нагруженные осевой сжимающей силой

5.4.2.1. Расчетные формулы применимы при условии

$$\alpha_1 \leq 70^\circ.$$

5.4.2.2. Допускаемую осевую сжимающую силу $[F]$ определяют по формуле

$$[F] = \min \left\{ \frac{[F]_{\Pi}}{1 + \left(\frac{[F]_{\Pi}}{[F]_E} \right)^2}; \frac{D_1}{D_F} [F]_{\Pi} \right\}, \quad (130)$$

где допускаемая осевая сила из условия прочности

$$[F]_{\Pi} = \pi D_F (s_k - c) [\sigma] \cos \alpha_1 \quad (131)$$

и допускаемая осевая сила из условия устойчивости в пределах упругости

$$[F]_E = \frac{310 \cdot 10^{-6} E}{n_y} (D_F \cos \alpha_1)^2 \left[\frac{100(s_k - c)}{D_F} \right]^{2,5}; \quad (132)$$

$$D_F = \frac{0,9D + 0,1D_1}{\cos \alpha_1}. \quad (133)$$

5.4.3. Соединение обечаек без тороидального перехода (черт.21а, 21б)

5.4.3.1. Расчетные формулы применимы при выполнении условий п.5.3.3.1.

5.4.3.2. Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу $[F]$ из условия прочности переходной части определяют по формуле

$$[F] = \pi D \frac{(s_2 - c) [\sigma]_2 \cdot \varphi_p \cos \alpha_2}{\beta_5}, \quad (134)$$

$$\text{где коэффициент формы } \beta_5 = \max\{1,0; (2\beta + 1,2)\}. \quad (135)$$

Коэффициент β определяют по формуле (98) или по диаграмме (см. черт.28).

5.4.4. Соединение конической и цилиндрической обечаек с укрепляющим кольцом (черт.21в).

5.4.4.1. Расчетные формулы применимы при выполнении условий п.5.3.4.1.

5.4.4.2. Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу $[F]$ из условия прочности переходной части определяют по формуле

$$[F] = \pi D \frac{(s_2 - c)[\sigma]_2 \cdot \varphi_p}{\beta_6}, \quad (136)$$

где

$$\beta_6 = \max\{1,0; 2\beta_0\}. \quad (137)$$

Коэффициент β_0 определяют по формуле (106), в которой следует принять $B_3 = -0,35$.

5.4.4.3. Проверку сварного шва укрепляющего кольца выполняют по п.5.3.4.5.

5.4.5. Соединение обечаек с тороидальным переходом (черт.22а, 22б).

5.4.5.1. Расчетные формулы применимы при выполнении условий п.5.3.5.1.

5.4.5.2. Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу $[F]$ из условия прочности переходной части определяют по формуле

$$[F] = \pi D \frac{(s_T - c)[\sigma] \varphi_p \cos \alpha_2}{\beta_7}, \quad (138)$$

где

$$\beta_7 = \max\{1,0; \beta_T (2\beta + 1,2)\}. \quad (139)$$

Коэффициенты β и β_T определяют по формулам (98) и (112) или по диаграммам (черт.28 и 30).

5.4.6. Соединение штуцера или внутреннего цилиндрического корпуса с конической обечайкой (черт.21г)

5.4.6.1. Расчетные формулы применимы при выполнении условия п.5.3.6.1.

5.4.6.2. Допускаемую осевую растягивающую или сжимающую силу $[F]$ из условия прочности переходной части определяют по формуле

$$[F] = \pi D \frac{(s_2 - c)[\sigma]_2 \cdot \varphi_p}{\beta_8}, \quad (140)$$

где

$$\beta_8 = \max\{1,0; (2\beta_H - 1)\}. \quad (141)$$

Коэффициент формы β_H определяют по формулам (118) или (117), или по диаграмме (черт.32).

5.5. Конические обечайки, нагруженные изгибающим моментом

5.5.1. Допускаемый изгибающий момент рассчитывают по формулам:

- из условия прочности

$$[M] = \frac{D_p}{4} [F], \quad (142)$$

где расчетный диаметр $D_p = D_1$ для конического перехода (черт.23) и $[F]$ определяют по (129);

- из условия устойчивости

$$[M] = \frac{[M]_{\pi}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_{\pi}}{[M]_E}\right)^2}}, \quad (143)$$

$$\text{где } [M]_{\pi} = \frac{D_F}{4} [F]_{\pi}; \quad (144)$$

$$[M]_E = \frac{D_F}{3,5} [F]_E \quad (145)$$

и D_F определяют по формуле (133).

Допускаемые осевые силы определяют $[F]$ по п.5.4.1.2; $[F]_{\pi}$ и $[F]_E$ по п.5.4.2.2.

5.5.2. Соединения обечаек

5.5.2.1. Допускаемый изгибающий момент из условия прочности переходной части определяют по формуле

$$[M] = \frac{D}{4} [F], \quad (146)$$

где допускаемую осевую силу $[F]$ определяют по формулам пп.5.4.3.2, 5.4.4.2, 5.4.5.2 и 5.4.6.2.

5.6. Сочетания нагрузок

5.6.1. Условия применения формул

Если коническая обечайка нагружена давлением, осевой силой и изгибающим моментом и сумма эквивалентных давлений от этих нагрузок, определяемых по формулам

$$P_F = \frac{4F}{\pi D_p^2}; P_M = \frac{16M}{\pi D_p^3}, \quad (147)$$

составляет для соответствующего расчетного диаметра менее 10% рабочего давления, то коническую обечайку рассчитывают только на действие давления.

5.6.2. Совместное действие нагрузок

При проверке прочности или устойчивости для совместного действия нагрузок в формулах (148) и (150) для расчетного наружного давления подставляют минус P , а для осевой сжимающей силы минус F . Изгибающий момент M всегда принимают со знаком плюс.

5.6.2.1. Гладкие конические обечайки

В случае действия наружного давления необходимо проверить условия устойчивости по формуле

$$-\frac{P}{[P]} - \frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} \leq 1. \quad (148)$$

Кроме того, должна быть выполнена проверка устойчивости от отдельных нагрузок

$$|P| \leq [P]; |F| \leq [F]; |M| \leq [M]. \quad (149)$$

Допускаемые нагрузки $[P]$, $[F]$, $[M]$ определяют по пп.5.3.2.3, 5.4.2.2 и 5.5.1. Проверку проводят, если не выполнено условие п.5.6.1 хотя бы для одного из расчетных диаметров конической обечайки.

При внутреннем давлении в формуле (148) следует принять $P = 0$.

5.6.2.2. Переходные части конических обечаек.

Кроме проверки условий прочности от отдельных нагрузок по формулам (149) необходимо проверить выполнение условия

$$\left| \frac{P}{[P]} + \frac{F}{[F]} \right| + \frac{M}{[M]} \leq 1, \quad (150)$$

где $[P]$, $[F]$, $[M]$ - допускаемые нагрузки для переходной части обечайки. Проверку проводят, если не выполнено условие п.5.6.1 при $D_p = D$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Обязательное

Таблица 5

Допускаемые напряжения для углеродистых и низколегированных сталей

Расчетная температура стенки сосуда или аппарата, °С	Допускаемое напряжение $[\sigma]$, МПа (кгс/см ²), для сталей марок								
	ВСт3		09Г2С, 16ГС		20, 20К	10	10Г2, 09Г2	17ГС, 17Г1С, 10Г2С1	
	толщина, мм						130 (1300)	180 (1800)	183 (1830)
	до 20	свыше 20	до 32	свыше 32	до 160				
20	154 (1540)	140 (1400)	196 (1960)	183 (1830)	147 (1470)	130 (1300)	180 (1800)	183 (1830)	