

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

СОСУДЫ И АППАРАТЫ СТАЛЬНЫЕ

НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ МАЛОЦИКЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

ГОСТ 25859—83

(СТ СЭВ 3648—82)

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 62.023.001.24 : 006.354 Группа Г02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

СОСУДЫ И АППАРАТЫ СТАЛЬНЫЕ

Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках

Steel vessels and apparatuses.
Norms and methods of fatigue strength calculation under low-cyclic loads

ГОСТ 25859—83

(СТ СЭВ 3648—82)

ОКП 36 1510

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 11 июля 1983 г. № 3046 срок введения установлен

с 01.07.84

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на стальные сосуды и аппараты, применяемые в химической, нефтеперерабатывающей и смежных отраслях промышленности и отвечающие требованиям ГОСТ 24306—80, и устанавливает нормы и методы их расчета на прочность при количестве главных циклов нагружения от давления, стесненности температурных деформаций или других видов нагружений от 10^1 до $5 \cdot 10^5$ за весь срок эксплуатации сосуда.

Настоящий стандарт должен применяться совместно с ГОСТ 14249—80.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 3648—82.

1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛ

1.1. Расчетные формулы настоящего стандарта применимы при условии, что расчетные температуры не превышают значений, при которых учитывают ползучесть материалов, т. е. при таких температурах, когда допускаемое напряжение определяют по ГОСТ

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

Переиздание. Ноябрь 1984 г.

© Издательство стандартов, 1985

14249—80 по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности).

Если нет точных данных, то формулы применимы при условии, что расчетная температура стенки из углеродистой стали не превышает 380°С, из низколегированной стали 420°С и из аустенитной стали 525°С.

1.2. Расчетные формулы применимы для сосудов, отвечающих условиям прочности при статических нагрузках по нормативно-технической документации.

1.3. Расчетные формулы применимы для элементов сосудов и аппаратов, для которых в нормативно-технической документации не приведен расчет на малоцикловую усталость.

2. ЦИКЛЫ НАГРУЖЕНИЯ

2.1. Под циклом нагружения понимают последовательность изменения нагрузки, которая заканчивается первоначальным состоянием и затем повторяется.

2.2. Под размахом колебания нагрузки следует понимать абсолютное значение разности между максимальным и минимальным ее значениями в течение одного цикла.

2.3. При расчете на малоцикловую усталость учитывают следующие циклы нагружения:

1) рабочие циклы, которые имеют место между пуском и остановом рассчитываемого сосуда и относятся к нормальной эксплуатации сосудов;

2) циклы нагружения при повторяющихся испытаниях давлением;

3) циклы дополнительных усилий от воздействия крепления элементов сосуда или аппарата и крепления трубопроводов;

4) циклы нагружения, вызванные стесненностью температурных деформаций при нормальной эксплуатации сосудов.

2.4. При расчете на малоцикловую усталость не учитывают циклы нагружения от:

а) ветровых и сейсмических нагрузок;

б) нагрузок, возникающих при транспортировании и монтаже;

в) нагрузок, у которых размах колебания не превышает 15% для углеродистых и низколегированных сталей, а также 25% для аустенитных сталей от допускаемого значения, установленного при расчете на статическую прочность. При совместном действии нагрузок по подпунктам *а—в* этим условиям должна удовлетворить сумма размахов нагрузок. При определении суммы размахов нагрузок от различных воздействий не учитывают вспомогательную нагрузку, которая составляет менее 10% от всех остальных нагрузок;

г) температурных нагрузок, при которых размах колебания разности температур в двух соседних точках менее 15°С для углеродистых и низколегированных сталей и 20°С для аустенитных сталей. Под соседними точками следует понимать две точки стенки сосуда, расстояние между которыми не превышает $\sqrt{2Ds}$, где D — диаметр сосуда, s — толщина стенки сосуда.

2.5. Размах колебания главных нагрузок определяют на основе рабочих значений этих нагрузок.

2.6. Число циклов нагружения определяют по установленной в документации долговечности сосуда или аппарата. При отсутствии таких данных принимают долговечность 10 лет.

3. УСЛОВИЯ ПРОВЕРКИ НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ

3.1. Расчет на малоцикловую усталость не проводят, если имеются положительные результаты эксплуатации аналогичного сосуда при тех же условиях работы и в течение времени не менее расчетной долговечности.

3.2. Расчет на малоцикловую усталость по разд. 4 и 5 не проводят, если для всех элементов сосуда выполняются следующие условия:

1) все изменения нагрузок, кроме давления, удовлетворяют условиям п. 2.4;

2) размах давления принимают постоянным в течение всего срока эксплуатации;

3) удовлетворяется условие

$$N_p \leqslant [N_p] \qquad (1)$$

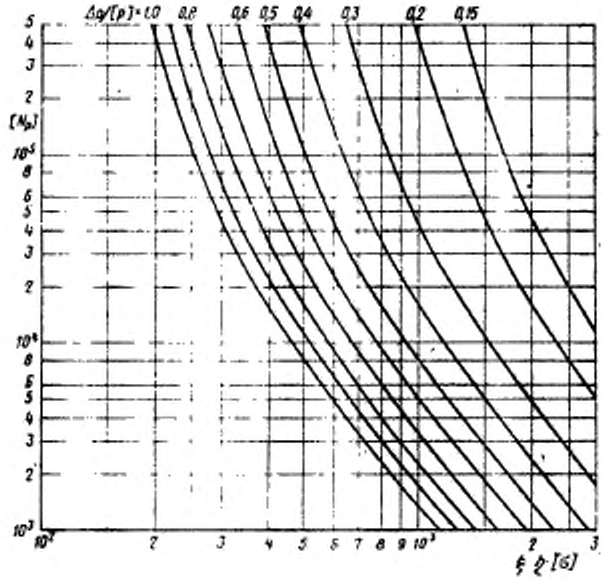
для всех элементов сосуда. Допускаемое число циклов нагружения давлением $[N_p]$ определяют по черт. 1—3.

Формулу (1) применяют на основании расчета отдельных узлов при соответствующих значениях ξ η $[\sigma]$ и $[p]$. Допускается проводить расчет аппарата в целом при наибольших значениях ξ $\eta[\sigma]$ и наименьшем $[p]$.

3.3. Если условие формулы (1) не выполняется, то проводят либо упрощенный, либо уточненный расчет на малоцикловую усталость по разд. 4 или 5.

Допускается уточненный расчет не проводить, если упрощенный расчет дает положительные результаты.

Допускаемое число циклов нагружения давлением для элементов сосудов и аппаратов из углеродистых сталей

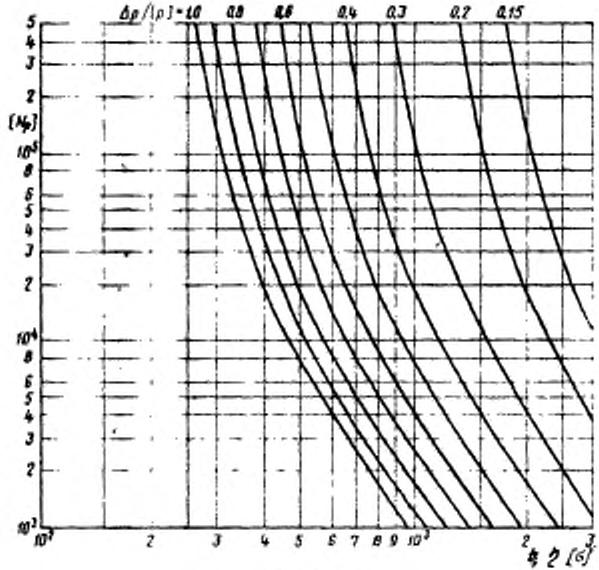


$$\sigma_A = \frac{\xi\eta[\sigma]}{2} \cdot \frac{\Delta p}{[p]}$$

Черт. 1

Примечание. Номограмма построена при значениях $A = 60 \cdot 10^3$ МПа, $B = 160$ МПа, $t = 380$°С.

Допускаемое число циклов нагружения давлением для элементов сосудов и аппаратов из низколегированных сталей

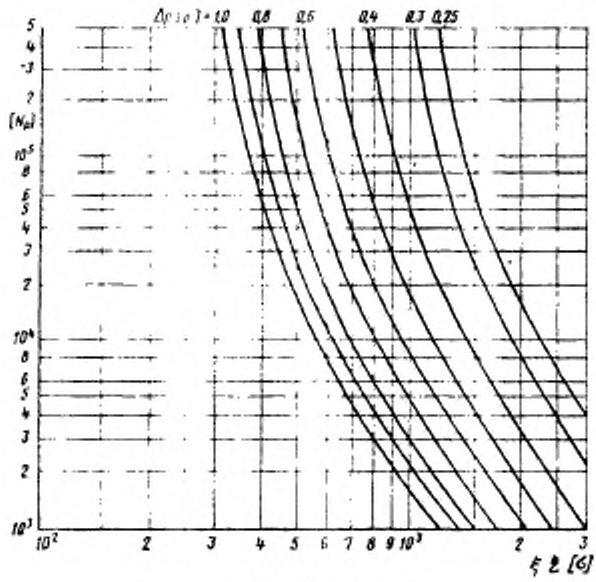


$$\sigma_A = \frac{\xi\eta[\sigma]}{2} \cdot \frac{\Delta p}{[p]}$$

Черт. 2

Примечание. Номограмма построена при значениях $A = 45 \cdot 10^3$ МПа, $B = 230$ МПа, $t = 420$ °С.

Допускаемое число циклов нагружения давлением для элементов сосудов и аппаратов из аустенитных сталей



$$\sigma_A = \frac{\xi\eta[\sigma]}{2} \cdot \frac{\Delta p}{[\sigma]}$$

Черт. 3

Примечание. Номограмма построена при значениях $A = 66 \cdot 10^3$ МПа, $B = 270$ МПа, $t = 525$°С.

4. УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ

4.1. Для всех нагруженных элементов сосуда должно выполняться условие

$$U=\Sigma\frac{N_j}{[N_j]}\leqslant 1. \qquad (2)$$

Значение допускаемого числа циклов нагружения j-го вида определяют по разд. 6 в зависимости от амплитуды напряжения j-го вида.

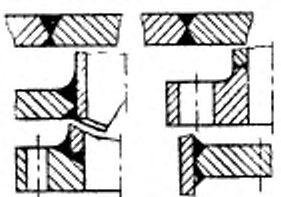
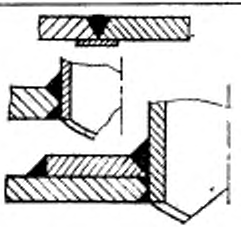
4.2. Амплитуду напряжений при нагружении j-го вида определяют по формуле

$$\sigma_A=\frac{|\sigma|\xi\eta}{2}\cdot\left(\frac{\Delta p_j}{[p]}+\frac{\Delta F_j}{[F]}+\frac{\Delta M_j}{[M]}\right)+\frac{\eta}{2}\left(E\alpha\Delta T_{1j}+\right.$$
$$\left.+|E_1\alpha_1-E_2\alpha_2|\Delta T_{aj}\right), \qquad (3)$$

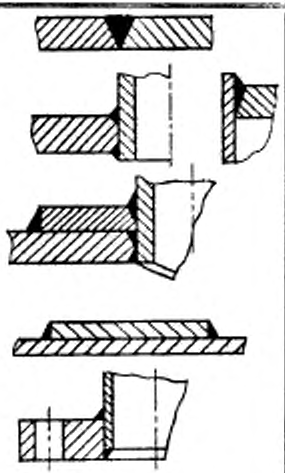
где ξ и η определяют по табл. 1 и 2. При расчете гладкой обечайки коэффициент ξ принимают только для продольных сварных швов.

Значения $[M]$ и $[F]$ определяют по ГОСТ 14249—80, ГОСТ 24757—81 и ГОСТ 25221—82.

Таблица 1

Тип сварного шва или соединение элементов	Примеры сварных швов	
Стыковые сварные швы с полным проваром и плавным переходом. Тавровые сварные швы с полным проваром и плавным переходом. Бесшовная обечайка		1,0
Сварные швы сосуда с подкладным листом по всей длине. Стыковые и тавровые сварные швы с полным проваром без плавного перехода. Сварные швы штуцеров с укрепляющим кольцом с полным проваром		1,2

Продолжение табл. 1

Тип сварного шва или соединение элементов	Примеры сварных швов	k
Односторонние сварные швы без подкладного листа с непроваром в корне шва. Сварные швы штуцеров с конструктивным зазором. Сварные швы подкладных листов. Сварные швы плоских приварных фланцев с конструктивным зазором. Сварные швы штуцеров с укрепляющим кольцом и конструктивным зазором		1,6

5. УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ

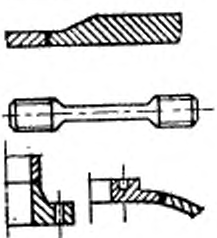
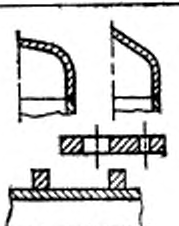
5.1. Уточненный расчет на малоцикловую усталость основан на определении напряжений для упругого материала по теории пластин, оболочек, колец и балок при линейном распределении напряжений по толщине стенки. При расчете определяют напряжения для проверяемого узла в нескольких точках каждого элемента на внутренней и наружной поверхностях в трех направлениях.

Полученные таким образом решения для некоторых наиболее типичных узлов приведены в справочном приложении 1.

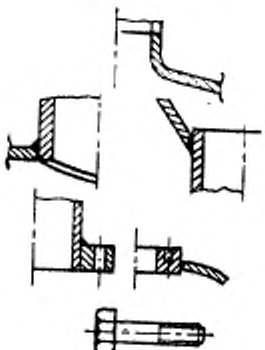
5.2. Для упрощения расчетов эпюры циклов нагружения принимают в виде прямоугольников (черт. 4), причем количество циклов определяют при постоянной нагрузке, или одна нагрузка может иметь в одном главном цикле (пуск в эксплуатацию и останов) несколько второстепенных целых циклов.

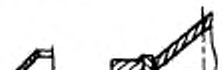
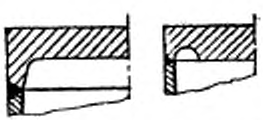
5.3. Для каждого вида нагрузки рассчитывают размах отдельных составляющих напряжений $\Delta\sigma_x$, $\Delta\sigma_y$, $\Delta\sigma_z$, $\Delta\tau_{xy}$, $\Delta\tau_{xz}$, $\Delta\tau_{yz}$, $\Delta\sigma_1$, $\Delta\sigma_2$, $\Delta\sigma_3$ как разность напряжений обоих нагруженных состояний, входящих в цикл.

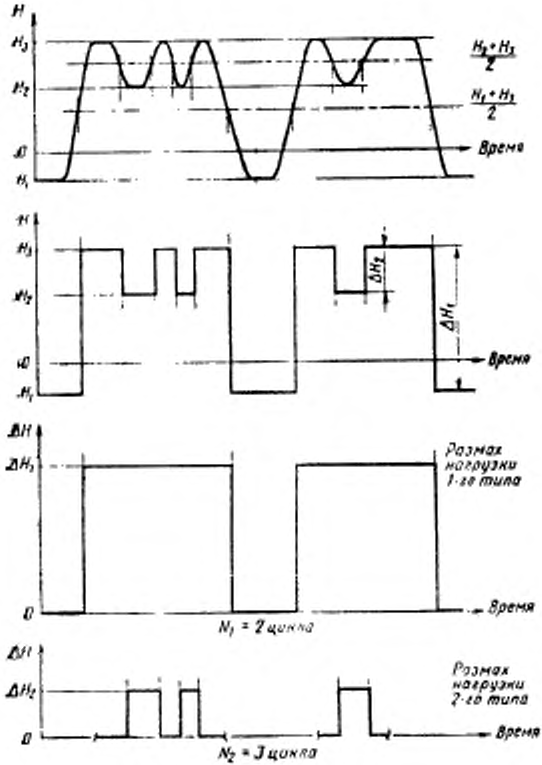
Таблица 2

Узел или элемент сосуда	Расчетный элемент	Эскиз узла	n
Гладкая оболочка Сферическая часть выпуклых днищ без отверстий	Оболочка		1,5
Соединение оболочек разных толщин. Плоское днище или крышка без отверстий (отверстия для болтов не учитываются). Эллипсоидное днище. Шпильки фланцевых соединений. Приварные встык фланцы с плавным переходом	Более тонкая оболочка. Плоское днище, крышка. Эллипсоидное днище. Шпильки. Оболочка и фланец		2,0
Отбортованная часть тороферического и конического днища. Плоское днище или крышка с отверстием, трубная решетка. Обечайка с кольцом жесткости	Переход. Днище, крышка, трубная решетка. Обечайка		3,0

Продолжение табл. 2

Узел или элемент сосуда	Расчетный элемент	Эскиз узла	n
Отбортованные штуцеры и лазы.	Оболочка в месте установки штуцера или лаза.		
Оболочка со штуцером без накладного кольца.	Оболочка в месте установки штуцера.		
Соединение конической обечайки с цилиндрической обечайкой меньшего диаметра.	Конический переход.		. 3,0
Приварные плоские фланцы к оболочке.	Оболочка и фланец.		
Болты с головкой	Болт		

Узел или элемент сосуда	Расчетный элемент	Эскиз узла	η
Оболочка со штуцером и укрепляющим кольцом.	Оболочка в месте установки штуцера		4,0
Угловые соединения конической или сферической обечайки.	Переход.		
Болты и шпильки из высокопрочной стали	Болт или шпилька в зоне резьбы		
Сферическая крышка с кольцом.	Сферический сегмент.		4,0
Соединение с обечайкой плоского днища с отбортовкой или выточкой	Обечайка		
Соединение с обечайкой приварных плоских днищ остальных типов	Обечайка		6,0



Черт. 4

Амплитуду напряжений для каждого цикла определяют по формуле

$$\sigma_A = \frac{K_\sigma}{2} \max \{|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|;\ |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|;\ |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|\}; \quad (4)$$

при расчетах с помощью ЭВМ допускается амплитуду напряжений определять по формуле

$$\sigma_A = \frac{K_\sigma}{2} \sqrt{\Delta\sigma_x^2 + \Delta\sigma_y^2 + \Delta\sigma_z^2 - \Delta\sigma_x\Delta\sigma_y - \Delta\sigma_x\Delta\sigma_z - \Delta\sigma_y\Delta\sigma_z + 3(\Delta\tau_{xy}^2 + \Delta\tau_{xz}^2 + \Delta\tau_{yz}^2)}; \quad (5)$$

для плоского напряженного состояния при главных напряжениях $\Delta\sigma_1$ и $\Delta\sigma_2$

$$\sigma_A = \frac{K_\sigma}{2}\sqrt{\Delta\sigma_1^2 + \Delta\sigma_2^2 - \Delta\sigma_1\Delta\sigma_2}\ . \qquad (6)$$

5.4. Значение эффективного коэффициента концентрации напряжения K_σ определяют по формуле

$$K_\sigma = 1 + q\cdot(\alpha_\sigma - 1), \qquad (7)$$

где $0 \leqslant q \leqslant 1$ — коэффициент чувствительности материала к концентрации;

α_σ — теоретический коэффициент концентрации.

Значения q и α_σ определяют в зависимости от применяемых материалов и концентрации напряжений.

При отсутствии точных данных

$$K_\sigma = \xi, \qquad (8)$$

где ξ — определяют по табл. 1.

5.5. Для полученного значения σ_A по формуле (11) определяют $[N_1]$.

5.6. При известных значениях N_1 и $[N_1]$ для отдельных типов циклов нагружения определяют коэффициент линейного суммирования повреждений U, который должен удовлетворять условию формулы (2).

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКАЕМОЙ АМПЛИТУДЫ НАПРЯЖЕНИЙ И ДОПУСКАЕМОГО ЧИСЛА ЦИКЛОВ НАГРУЖЕНИЯ

6.1. Допускаемую амплитуду напряжений определяют по формуле (9) или графикам черт. 5—8

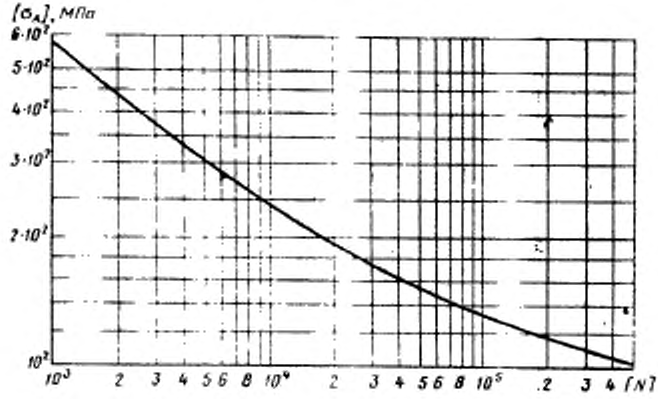
$$[\sigma_A] = \left(\frac{2300 - t}{2300}\right)\cdot\frac{A}{\sqrt{n_H N}} + \frac{B}{n_\sigma}\ . \qquad (9)$$

6.2. Допускаемое число циклов нагружения определяют по формуле (10) или графикам черт. 5—8

$$[N] = \frac{1}{n_H}\left[\frac{A}{\left(\overline{\sigma}_A - \frac{B}{n_\sigma}\right)}\cdot\left(\frac{2300 - t}{2300}\right)\right]^2, \qquad (10)$$

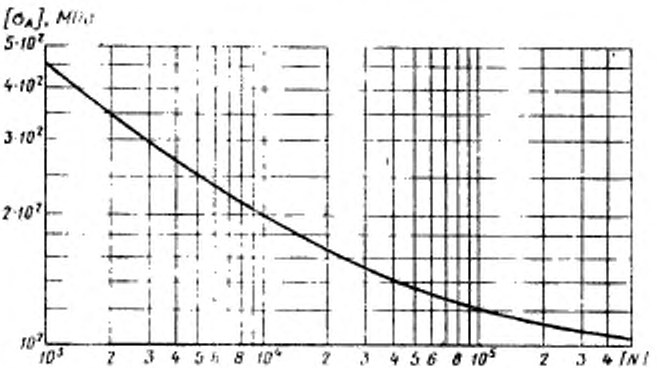
где $$\overline{\sigma}_A = \max\left\{\sigma_A\ ;\ \frac{B}{n_\sigma}\right\}. \qquad (11)$$

Расчетная кривая усталости для углеродистых сталей до температуры 380°С



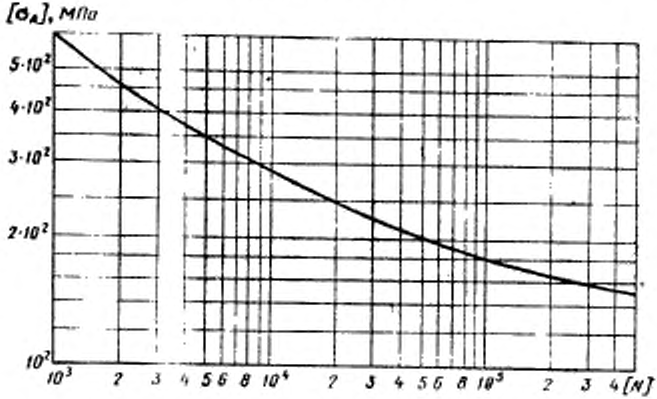
Черт. 5

Расчетная кривая усталости для низколегированных сталей до температуры 420°С



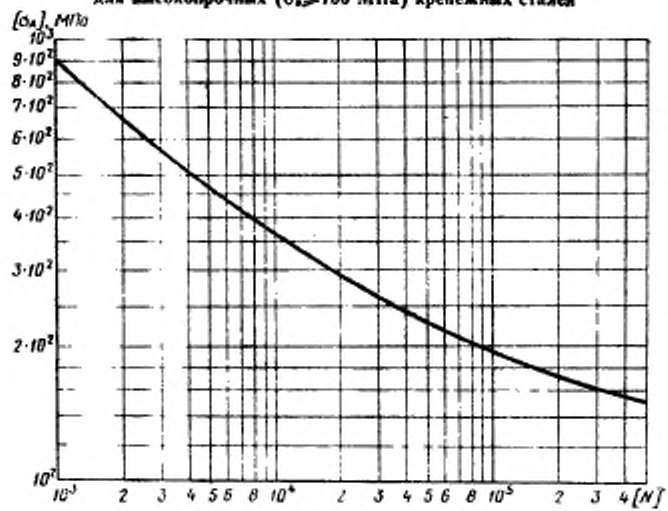
Черт. 6

Расчетная кривая усталости для аустенитных сталей до температуры 525°С



Черт. 7

Расчетная кривая усталости для высокопрочных ($\sigma_в \geq 700$ МПа) крепежных сталей



Черт. 8

6.3. Значения A и B в МПа определяют по табл. 3.

Таблица 3

Стали	A	B
Углеродистые	$0{,}6 \cdot 10^5$	$1{,}43\,\sigma_{c0} - 0{,}43\,\sigma_{t20}$ или $0{,}66\,\sigma_{s20} - 0{,}43\,\sigma_{t20}$
Низколегированные	$0{,}45 \cdot 10^5$	
Аустенитные коррозионностойкие	$0{,}6 \cdot 10^5$	σ_{c0} или 270
Высокопрочные для болтов с $\sigma_s \geqslant 700$	$0{,}95 \cdot 10^5$	$1{,}43\,\sigma_{c0} - 0{,}43\,\sigma_{t20}$ или $0{,}66\,\sigma_{s20} - 0{,}43\,\sigma_{t20}$

6.4. Коэффициенты запаса прочности по числу циклов $n_N = 10$, по напряжениям $n_\sigma = 2$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНЫХ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Ниже приведены расчетные зависимости для определения наибольших упругих напряжений из условия напряженного состояния краевого эффекта в зонах сопряжения элементов сосудов и аппаратов. Зависимости получены методом строительной механики (метод сил) с использованием результатов и основных соотношений теории тонкостенных оболочек вращения и прикладной теории упругости. Зависимости получены для некоторых наиболее типичных узлов, когда сосуд или аппарат находится под действием внешних нагрузок (давление, температура).

Приведенные расчетные зависимости не исключают возможности использования решений, полученных другими способами (и для других узлов и типов сопряжений элементов), содержащихся в специальной и справочной литературе.

1. Составные оболочки вращения под действием внутреннего давления

1.1. Наибольшие упругие напряжения, возникающие под действием внутреннего давления в узлах сопряжения элементов сосудов и аппаратов, составленных из оболочек вращения (табл. 1), определяют следующими вычислениями:

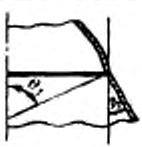
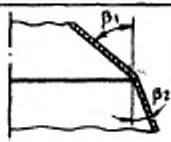
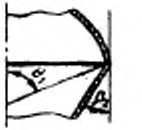
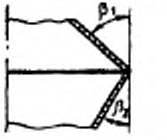
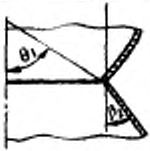
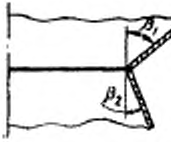
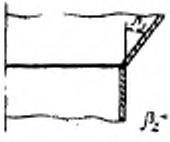
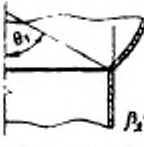
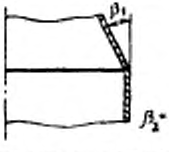
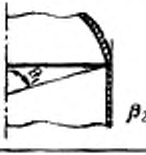
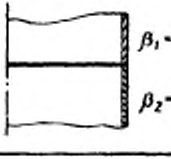
а) определение вспомогательных безразмерных величин

$$\gamma = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)};\ \varepsilon = \frac{E_1}{E_2};\ \delta = \sqrt{\frac{s_1}{s_2}};\ \rho_1 = \sqrt{\frac{R_0}{s_1}},\ \text{где } i = 1;\ 2;$$

$$a_{11} = f_1 + \varepsilon\delta^3 f_2;\quad a = -(1 - \varepsilon\delta^4);$$

Таблица 1

Различные типы сопряжения оболочек

1			7
2			8
3			9
4			10
5			11
6			12

$$a_{22}=2\left(\frac{1}{f_1}+\frac{\varepsilon\delta^2}{f_2}\right);\ \Delta=a_{11}a_{22}-a^2;$$

$$b_1=-u_1+\varepsilon\delta^2u_2+f_1q_{01}+\varepsilon\delta^2f_2q_{02};$$

$$b_2=\vartheta_1+\varepsilon\delta^2\vartheta_2-q_{01}+\varepsilon\delta^4q_{02};$$

$$q_0=\frac{1}{\Delta}(b_1a_{22}-b_2a);\ m_0=\frac{1}{\Delta}(b_2a_{11}-b_1a).$$

Величины f_i, u_i, ϑ_i и q_{0i} $(i=1;\ 2)$ в приведенных выражениях определяют по табл. 2.

Таблица 2

Сопровождающие функции и безразмерные распорные усилия для оболочек вращения

Величина	Тип оболочки			
	цилиндрическая	коническая	сферическая	сплющенная эллипсоидальная (при отношении осей 1 : 2)
f_i	1	$\sqrt{\cos\beta_i}$	$\sqrt{\sin\theta_i}$	$\frac{\sqrt{\sin\theta_i}}{(b+3\sin^2\theta_i)^{1/4}}$
u_i	$\frac{2-\mu}{2}$	$\frac{2-\mu}{2\cos\beta_i}$	$\frac{1-\mu}{2\sin\theta_i}$	$\frac{1-\mu-3\sin^2\theta_i}{2\sin\theta_i}$
ϑ_i	0	$\frac{3\sin\beta_i}{2\gamma\rho_i\cos^2\beta_i}$	0	0
q_{0i}	0	$\pm\gamma\rho_i\operatorname{tg}\beta_i$	$\pm\gamma\rho_i\operatorname{ctg}\theta_i$	$\pm\gamma\rho_i\operatorname{ctg}\theta_i$

Примечание. Знак «+» в выражении для q_{0i} соответствует верхнему положению полюса оболочки (табл. 1 настоящего приложения);

б) вычисление краевого усилия Q_{0i} и изгибающего момента M_0 (черт. 1 настоящего приложения);

$$Q_{0i}=(q_0-q_{0i})\frac{pR_0}{2\gamma\rho_i};\ M_0=m_0\frac{pR_0s_i}{2\gamma^2};$$

в) вычисление упругих напряжений в крайних волокнах обечаек по линии их сопряжения

$$\sigma_{x,i}=\frac{pR_0}{2(s_i-c)}\cdot\eta_x\pm\frac{6M_0}{(s_i-c)^2};$$

$$\sigma_{\varphi,i}=\frac{pR_0}{(s_i-c)}\cdot\eta_\varphi+(-1)^{i-1}2\gamma\rho_i\frac{Q_{0i}}{(s_i-c)}-2\gamma^2\frac{M_0}{(s_i-c)^2}\pm$$

$$\pm\frac{6\mu M_0}{(s_i-c)^2}.$$

где $\eta_x = \eta_\varphi = 1$ — для цилиндрической оболочки;

$$\eta_x = \eta_\varphi = \frac{1}{\cos\beta_1}$$ — для конической оболочки;

$$\eta_x = \frac{1}{\sin\Theta_1};\ \eta_\varphi = \frac{1}{2\sin\Theta_1}$$ — для сферической оболочки;

$$\eta_x = \frac{1}{\varphi\sin\Theta_1};\ \eta_\varphi = \frac{1-3\sin^2\Theta_1}{2\sin\Theta_1}$$ — для эллипсоидальной оболочки.

Знак «+» в выражениях для напряжений относится к внешней поверхности оболочки.

1.2. Наибольшие упругие напряжения, возникающие при действии внутреннего давления в узлах сопряжения обечаек сосудов и аппаратов через распорное кольцо (черт. 2), определяют следующими вычислениями:

а) определение вспомогательных величин и коэффициентов

$$\varepsilon = \frac{E_1}{E_2};\ \varepsilon_\kappa = \frac{E_\kappa}{E_2};\ \delta = \sqrt{\frac{s_1}{s_2}};\ \gamma = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)};$$

$$\rho_i = \sqrt{\frac{R_i}{s_i}};\ \eta_i = \gamma\left(\frac{k}{\rho\cdot s}\right)_i;\ (i = 1;\ 2)$$

$$\Phi_1 = 2\gamma\cdot\varepsilon_\kappa\frac{A_\kappa\cdot\rho_2}{R_\kappa s_2};\ \Phi_2 = 2\gamma^2\varepsilon_\kappa\frac{I_\kappa\rho_2}{R_\kappa R_2 s_2^2};$$

$$A_{11} = \Phi_1 + 2\left(\frac{\varepsilon\delta^3}{f_1} + \frac{1}{f_2}\right);$$

$$A_{12} = \frac{(2\eta_1+f_1)\varepsilon\delta^4}{f_1} - \frac{(2\eta_2+f_2)}{f_2};$$

$$A_{22} = \Phi_2 + (\eta_2+f_2) + \frac{(2\eta_2+f_2)\eta_2}{f_2} + \left[(\eta_1+f_1) + \frac{(2\eta_1+f_1)\eta_1}{f_1}\right]\varepsilon\delta^4;$$

$$B_1 = 2\left(\frac{\delta u_1}{f_1} + \frac{u_2}{f_2}\right) + q_{02} - \delta q_{01};$$

$$B_2 = \frac{(2\eta_1+f_1)\delta^2}{f_1}\cdot u_1 - \frac{(2\eta_2+f_2)}{f_2}\cdot u_2 - \delta^2\eta_1 q_{01} - \eta_2 q_{02};$$

$$\Delta = A_{11}A_{22} - A_{12}^2;\ u = \frac{1}{\Delta}(B_1A_{22} - B_2A_{12});\ \theta = \frac{1}{\Delta}(B_2A_{11} - B_1A_{12}).$$

Остальные параметры определяют по п. 1.1, а.

б) вычисление краевых усилий Q_i и моментов M_i

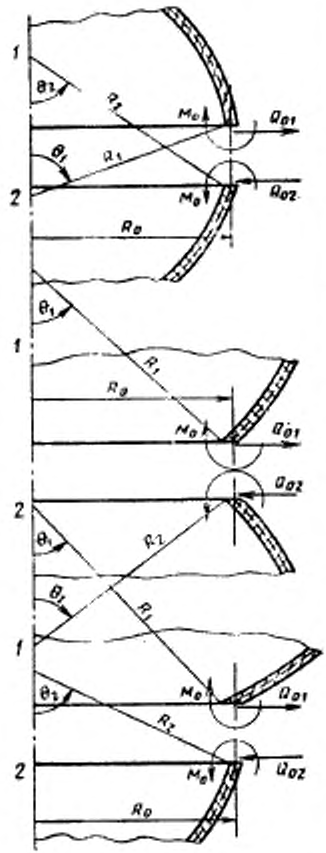
$$Q_1 = [2\varepsilon\delta^2 u + (2\eta_1 + f_1)\varepsilon\delta^3\theta - 2u_1]\frac{pR_0}{2\gamma\rho_1 f_1};$$

$$M_1 = [\varepsilon\cdot\delta^2 u + (\eta_1 + f_1)\varepsilon\delta^2\theta - u_1]\frac{pR_0 s_1}{2\gamma^2};$$

$$Q_2 = [-2u + (2\eta_2 + f_2)\theta + 2u_2]\frac{pR_0}{2\gamma\rho_2 f_2};$$

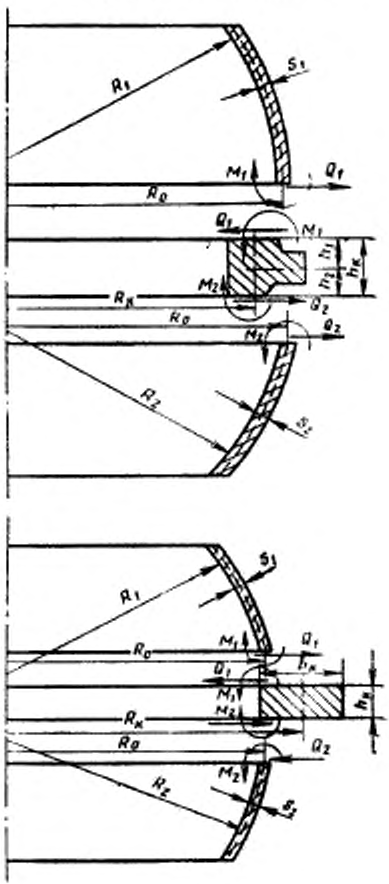
$$M_2 = [u - (\eta_2 + f_2)\theta - u_2]\frac{pR_0 s_2}{2\gamma^2};$$

Схемы пересечения оболочек вращения различной ориентации



Черт. 1

Схемы сопряжения оболочек через кольцо жесткости



Черт. 2

в) вычисление упругих напряжений в крайних волокнах обечаек по линиям их сопряжения с распорным кольцом

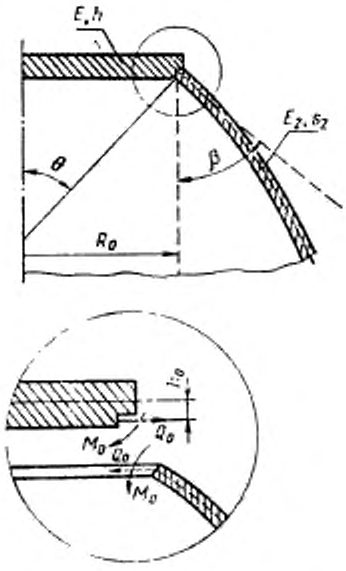
$$\sigma_{x,\,i}=\frac{pR_0}{2(s_i-c)}\cdot\eta_x\pm\frac{6M_i}{(s_i-c)^2};$$

$$\sigma_{\varphi,\,i}=\frac{pR_0}{(s_i-c)}\cdot\eta_{\varphi}+(-1)^{i-1}2\gamma\rho_i\bar{f}_i\frac{Q_i}{(s_i-c)}-2\gamma^2\frac{M_i}{(s_i-c)^2}\pm\frac{6\mu M_i}{(s_i-c)^2}$$

Значения коэффициентов η_x и η_φ принимают по п. 1.1.

1.3. Наибольшие упругие напряжения, возникающие под действием внутреннего давления в узле сопряжения оболочки вращения с плоским днищем (черт. 3), определяют следующими вычислениями:

Схема сопряжения оболочки с плоским днищем



Черт. 3

а) определение вспомогательных безразмерных величин

$$\varphi_2=\sqrt{\frac{R_0}{s_2}};\ \gamma=\sqrt[4]{3(1-\mu^2)};\ \eta=\frac{\gamma h_0}{\rho_2 s_2};\ c_0=\frac{6(1-\mu)}{\gamma^3}\rho_2\frac{E_2}{E}\left(\frac{s_2}{h}\right)^3;$$

$$a_{11}=f_2+\eta^2 c_0;\ a_{12}=1-\eta c_0;\ a_{22}=\frac{2}{f_2}+c_0;$$

$$b_1 = u_2 + f_2 q_{02};\quad b_2 = \vartheta_2 + q_{02} - c_0\left(\frac{\gamma\rho_2}{2}\right)^2;$$

$$\left.\begin{aligned} q_0 &= \frac{1}{\Delta}(b_1 a_{22} - b_2 a_{12});\\ m_0 &= \frac{1}{\Delta}(b_2 a_{11} - b_1 a_{12}); \end{aligned}\right\} \quad \text{при } \Delta = a_{11}a_{22} - a_{12}^2 .$$

Значения u_2, f_2, ϑ_2 и q_{02} определяют по табл. 2 настоящего приложения;

б) вычисление краевого усилия Q_0 и момента M_0

$$Q_0 = (q_0 - q_{02})\frac{pR_0}{2\gamma\rho_2};\quad M_0 = m_0 \cdot \frac{pR_0 s_2}{2\gamma^2};$$

в) вычисление напряжений в крайних волокнах оболочки

$$\sigma_x = \frac{pR_0}{2(s_2 - c)}\eta_x \pm \frac{6M_0}{(s_2 - c)^2};$$

$$\sigma_\varphi = \frac{pR_0}{(s_2 - c)}\eta_\varphi - 2\gamma\rho_2 f_2\frac{Q_0}{(s_2 - c)} - 2\gamma^2\frac{M_0}{(s_2 - c)^2} \pm \frac{6\mu M_0}{(s_2 - c)^2}.$$

Значения коэффициентов η_x и η_φ определяют согласно п. 1.1, *в*.

Расчетные зависимости справедливы при выполнении следующих условий:

1) угловая меридиональная координата края сферической или эллипсоидальной оболочки

$$\Theta_1 \geqslant 15°;$$

2) $\frac{s}{D} < 0{,}1$ — для сферической, цилиндрической и эллипсоидальной оболочек;

$\frac{(s-c)\cos\beta}{D} \leqslant 0{,}05$ — для конической оболочки;

3) $\frac{2R_x + b_x}{2R_x - b_x} < 1{,}4$ и $\frac{h_x}{b_x} > 0{,}2$,

где h_x и b_x — размеры поперечного сечения распорного кольца (см. черт. 2).

Кроме того, должны удовлетворяться условия, позволяющие считать оболочки достаточно длинными (табл. 3).

1.4. Соединение конического днища через тороидальную вставку с цилиндрической обечайкой сосуда или аппарата (черт. 4).

Напряжения в тороидальной вставке (сечение $\Theta = \Theta_0$)

$$\sigma_x = \frac{pR_0}{s_0 - c}\left(\frac{1}{2} + A \cdot \sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}}\right);\quad \sigma_\varphi = \frac{pR_0}{s_0 - c}\left[1 + \left(1 + \mu A \cdot \sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}}\right)\right].$$

Напряжения в сварном соединении вставки с цилиндром

$$\sigma_x = \frac{pR_2}{s_2 - c}\left(\frac{1}{2} + B \cdot \sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}}\right);\quad \sigma_\varphi = \frac{pR_2}{s_2 - c}\left[1 + \left(1 + \mu B \cdot \sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}}\right)\right].$$

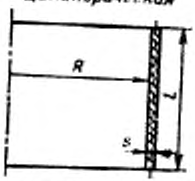
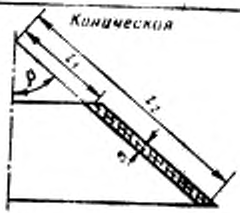
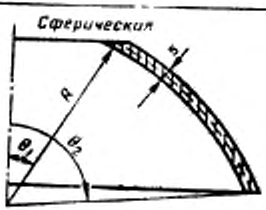
Напряжения в сварном соединении вставки с конусом

$$\sigma_x = \frac{pR_1}{s_1 - c}\left[\frac{1}{2} + \left(\sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}} + \frac{\operatorname{tg}\beta}{\gamma}\sqrt{\frac{s_1}{R_1}}\right)C \cdot \right];$$

$$\sigma_\varphi = \frac{pR_1}{s_1 - c}\left[1 + \left(1 + \sqrt{\frac{3\mu^2}{1-\mu^2}}\right)C \cdot \right].$$

Таблица 3

Условия «длинности» для оболочек вращения

Оболочка	Условие «длинности»	Погрешность расчета, %
Цилиндрическая 	$L > 1{,}55\sqrt{R\,s}$	10
	$L > 2{,}34\sqrt{R\,s}$	5
Коническая 	$\sqrt{l_1} - \sqrt{l_2} > 0{,}8\sqrt{s\,\mathrm{tg}\,\beta}$	10
	$\sqrt{l_1} - \sqrt{l_2} > 1{,}2\sqrt{s\,\mathrm{tg}\,\beta}$	5
Сферическая 	$\theta_2 - \theta_1 > 1{,}65\sqrt{\frac{s}{R}}$	10
	$\theta_2 - \theta_1 > 2{,}30\sqrt{\frac{s}{R}}$	5

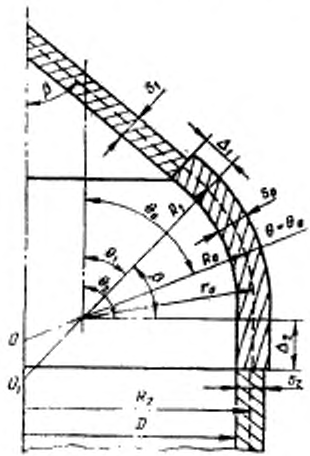
В этих выражениях обозначены

$$A_* = \frac{\nu}{2}\sqrt{\frac{R_0}{s_0}}\,\mathrm{ctg}\,\theta_0;$$

$$B_* = \frac{s_2}{s_0}\left[A_*\frac{R_0^2}{R_2^2}\Phi(\lambda_2) + \frac{2-\mu}{2}\left(1 - \frac{s_0}{s_2}\right)\right];$$

$$C_* = \frac{s_1}{s_0\cos\beta}\left[A_*\frac{R_0^2}{R_1^2}\Phi(\lambda_1) + \frac{2-\mu}{2}\left(1 - \frac{s_0\cos\beta}{s_1}\right)\right].$$

Эскиз соединения конуса с цилиндром через тороидальную отбортовку



Черт. 4

Функцию $\Phi(\lambda_i)$ определяют соотношением

$$\Phi(\lambda i)=e^{-\lambda_i}(\sin\lambda_i+\cos\lambda_i).$$

Значения аргументов λ_i равны

$$\lambda_1=[\Delta_1+(\theta_в-\theta_1)r_в]\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{R_1 s_в}};\ \lambda_2=[\Delta_2+(\theta_в-\theta_в)r_в]\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{R_2 s_в}}.$$

Окружные радиусы кривизны в соответствующих сечениях равны

$$R_в=\frac{(D+s_в)-2r_в(1-\sin\theta_в)}{2\sin\theta_в};$$

$$R_1=\frac{(D+s_в)-2r_в(1-\sin\theta_1)}{2\sin\theta_1};$$

$$R_2=0{,}5(D+s_2),$$

где $r_в$ — радиус отбортовки;

Δ_1, Δ_2 — длины прямолинейных участков тороидальной вставки, примыкающих к обечайкам

Расчетные зависимости применимы при выполнении условий

$$20°<\theta<90°;\ \frac{\sqrt{Ds_в}}{2r_в+s_в}<0{,}6.$$

2. Составные оболочки вращения при воздействии температуры

2.1. Наибольшие упругие напряжения при непосредственном сопряжении обечаек, разнородных по термомеханическим свойствам (например, из углеродистых и аустенитных сталей), определяют следующими вычислениями

а) определение вспомогательных величин

$$\varepsilon = \frac{E_1}{E_2}; \delta = \sqrt{\frac{s_1}{s_2}}; \quad \gamma = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)}; \quad \rho_i = \sqrt{\frac{R_0}{s_i}}; \quad (i=1; 2)$$

$$a_{11} = f_1 + \varepsilon\delta^3 f_2; \quad a_{22} = 2\left(\frac{1}{f_1} + \frac{\varepsilon\delta^5}{f_2}\right);$$

$$a_{12} = -(1-\varepsilon\delta^4); \quad b = \frac{\alpha_2 f_2 - \alpha_1 f_1}{2\gamma};$$

$$\Delta = a_{11}a_{22} - a_{12}^2;$$

б) вычисление краевого усилия Q_0 и момента M_0

$$Q_0 = \frac{a_{22}b}{\rho_1\Delta}E_1 s_1; \quad M_0 = -\frac{a_{12}b}{\gamma\cdot\Delta}E_1 s_1^2;$$

в) вычисление напряжений в крайних волокнах обечаек по линии их сопряжения

$$\sigma_{x,i} = \pm\frac{6M_0}{(s_i-c)^2};$$

$$\sigma_{\varphi,i} = (-1)^{i-1}2\gamma\rho_i f_1 \frac{Q_0}{(s_i-c)} - 2\gamma^2 \frac{M_0}{(s_i-c)^2} \pm \frac{6\mu\cdot M_0}{(s_i-c)^2}$$

В приведенных соотношениях знак «+» относится к наружной поверхности обечайки. Кроме того, в зависимости от индекса ($i=1,2$) обечайки f_i выбирают по табл. 2.

Отсчет температуры стенки обечайки при определении температурных напряжений ведут от начальной температуры или температуры при монтаже сосуда или аппарата. Модули упругости E_1, E_2 и коэффициенты температурного удлинения α_1, α_2 материалов для каждой из сталей принимают постоянными в пределах рассматриваемого интервала температур по гарантированным справочным данным. При отсутствии последних для приближенных расчетов можно использовать зависимости, представленные на черт. 5 настоящего приложения.

2.2. Наибольшие упругие напряжения при сопряжении разнородных по термомеханическим свойствам обечаек через распорное кольцо определяют следующей последовательностью вычислений:

а) определение вспомогательных величин

$$\delta = \sqrt{\frac{s_1}{s_2}}; \quad \varepsilon = \frac{E_1}{E_2}; \quad \varepsilon_к = \frac{E_к}{E_2};$$

$$\rho_к = \frac{R_к}{R_0}; \quad \rho_i = \sqrt{\frac{R_0}{s_i}}; \quad \eta_i = \gamma\left(\frac{h}{\rho s}\right)_i; \quad (i=1; 2)$$

$$\gamma = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)} \quad (\gamma \approx 1{,}2854 \text{ при } \mu = 0{,}3);$$

$$\Phi_1 = 2\gamma\varepsilon_к\frac{A_к\rho_2}{R_к s_2}; \quad \Phi_2 = 2\gamma^2\varepsilon_к\frac{I_к\rho_2}{R_к R_к s_2^2};$$

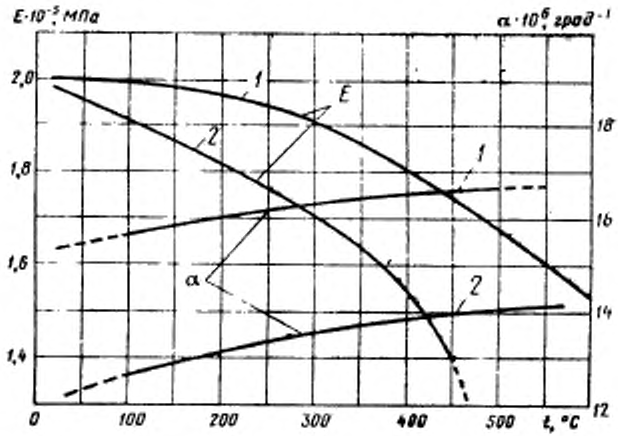
$$A_{11}=\Phi_1+2\left(\frac{e\delta^3}{f_1}+\frac{1}{f_2}\right);$$

$$A_{12}=\frac{(2\eta_1+f_1)e\delta^4}{f_1}-\frac{(2\eta_2+f_2)}{f_2};$$

$$A_{22}=\Phi_2+(\eta_1+f_1)e\delta^3+(\eta_2+f_2)+\frac{(2\eta_1+f_1)\eta_1 e\delta^5}{f_1}+\frac{(2\eta_2+f_2)\eta_2}{f_2};$$

$$\Delta=A_{11}A_{22}-A_{12}^2;$$

Зависимость модуля упругости* и коэффициента линейного расширения от температуры



1 – легированные стали; *2* – углеродистые.

Черт. 5

* Значения модуля упругости E взяты в соответствии с ГОСТ 14249—80.

$$B_1=2\left(\frac{\alpha_2 l_2}{f_2}+\frac{\alpha_1 f_1}{f_1}e\delta^3\right)+\alpha_n l_n \rho_n \Phi_1;$$

$$B_2=\alpha_1 l_1 e\delta^4-\alpha_2 l_2+2\left(\frac{\alpha_1 l_1 \eta_1 e\delta^4}{f_1}-\frac{\alpha_2 l_2 \eta_2}{f_2}\right);$$

$$u=\frac{1}{\Delta}(B_1A_{22}-B_2A_{12});\quad \Phi=\frac{1}{\Delta}(B_2A_{11}-B_1A_{12});$$

б) вычисление краевых усилий Q_i и моментов $M_i (i=1; 2)$

$$Q_1=[2\mu+(2\eta_1+f_1)\delta\theta-2\alpha_1 t_1]\frac{E_1 s_1}{2\gamma\rho_1 f_1};$$

$$M_1=[\mu+(\eta_1+f_1)\delta\theta-\alpha_1 t_1]\frac{E_1 s_1^2}{2\gamma^2};$$

$$Q_2=[-2\mu+(2\eta_2+f_2)\delta+2\alpha_2 t_2]\frac{E_2 s_2}{2\gamma\rho_2 f_2};$$

$$M_2=[\mu-(\eta_2+f_2)\delta-\alpha_2 t_2]\frac{E_2 s_2^2}{2\gamma^2};$$

в) вычисление напряжений в крайних волокнах обечаек по линии их сопряжения с распорным кольцом ($i=1; 2$)

$$\sigma_{x.i}=\frac{6M_i}{(s_i-c)^2};$$

$$\sigma_{\varphi.i}=(-1)^{i-1}2\gamma\rho_i f_i\left[\frac{Q_i}{(s_i-c)}-2\gamma^2\frac{M_i}{(s_i-c)^2}\pm\frac{6\mu M_i}{(s_i-c)^2}\right].$$

Расчетные зависимости данного раздела справедливы при выполнении условий п. 1.3 настоящего приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ТЕРМИНЫ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Термин	Обозначение
Характеристика материала, МПа (кгс/см²)	A
Коэффициенты	A_{11}, A_{12}, A_{22}, A_*
	a, a_{11}, a_{12}, a_{22}
Характеристика материала, МПа (кгс/см²)	B
Ширина распорного кольца, мм (см)	$b_к$
Коэффициенты	B_1, B_2, $B_к$
	b, b_1, b_2
	C_*
	c_0
Сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки, мм (см)	c
Диаметр сосуда, мм (см)	D
Модуль продольной упругости материалов при расчетной температуре, МПа (кгс/см²)	E, E_1, E_2, $E_к$
Площадь поперечного сечения распорного кольца, мм² (см²)	$F_к$
Допускаемое растягивающее или сжимающее усилие, Н (кгс)	$[F]$
Размах колебаний усилия, Н (кгс)	ΔF_i
Сопровождающие функции	f_i $(i=1, 2)$
Нагрузка j-го вида (давление, момент, усилие и др. или их совместное воздействие)	H_j
Размах нагрузки	ΔH_j
Толщина плоского днища, мм (см)	h
Плечи краевых поперечных сил, мм (см)	h_0, h_i $(i=1, 2)$
Толщина распорного кольца, мм (см)	$h_к$
Момент инерции поперечного сечения распорного кольца, мм⁴ (см⁴)	$I_к$
Индекс оболочки	i
Индекс для обозначения одинаковых (одного типа) циклов нагружения	j
Эффективный коэффициент концентрации напряжений	K_σ

Продолжение

Термин	Обозначение
Длина цилиндрической оболочки вдоль образующей, мм (см)	L
Расстояние от полюса конической оболочки до ее краев, мм (см)	l_1, l_2
Краевой изгибающий момент, Н·мм/мм (кгс·см/см)	M_0, M_i $(i=1,2)$
Допускаемый изгибающий момент, Н·мм (кгс·см)	$[M]$
Размах колебания изгибающего момента, Н·мм (кгс·см)	ΔM_i
Безразмерное краевое усилие	m_0
Число циклов нагружения	N_i
Допускаемое число циклов нагружения	$[N_i]$
Число циклов нагружения давлением	N_p
Допускаемое число циклов нагружения давлением	$[N_p]$
Коэффициент запаса прочности по числу циклов	n_N
Коэффициент запаса прочности по напряжениям	n_σ
Расчетное давление в сосуде в состоянии эксплуатации или испытания, МПа (кгс/см²); если абсолютное давление больше атмосферного, то $p>0$, если абсолютное давление меньше атмосферного (вакуум), то $p<0$.	p
Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление, МПа (кгс/см²)	$[p]$
Размах колебания рабочего давления, МПа (кгс/см²)	Δp_i
Краевая поперечная сила, Н/мм (кгс/см)	Q_0, Q_{0i}, Q_i $(i=1,2)$
Коэффициент чувствительности к концентрации напряжений	q
Безразмерное краевое усилие	q_0
Безразмерные распорные усилия	$\tilde{q}_{0i}$ $(i=1,2)$
Средний радиус распорного кольца, мм (см)	R_K
Радиус сопряжения оболочек, мм (см)	R_0
Средние радиусы сопрягаемых оболочек, мм (см)	R_1, R_2
Средний радиус торондальной отбортовки, мм (см)	r_0
Толщина стенки торондальной отбортовки, мм (см)	s_0
Исполнительные толщины стенок оболочек, мм (см)	s_i $(i=1,2)$
Размах колебания разности температур двух соседних точек стенки сосуда, °С	ΔT_{Ti}

Продолжение

Термин	Обозначение
Размах колебания расчетной температуры в месте соединения двух материалов с различными коэффициентами линейного расширения, °С	ΔT_{ω}
Расчетные температуры, °С	t, t_k, t_i $(i=1,2)$
Коэффициент линейного суммирования повреждений	U
Сопровождающие функции	u_i $(i=1,2)$
Температурные коэффициенты линейного расширения материалов, 1/°С	α, α_1, α_2
Половина угла раствора при вершине конической обечайки, ...°	β, β_1 $(i=1,2)$
Безразмерный параметр	ν
Коэффициент	Δ
Безразмерные параметры	δ
	ε, ε_k
Коэффициент, учитывающий местные напряжения	η
Безразмерные параметры	η_i $(i=1,2)$
Характеристические функции обечайки	η_x, η_φ
Угловая меридиональная координата сферической оболочки, ...°	θ, θ_0, θ_i $(i=1,2)$
Сопровождающие функции	θ_i $(i=1,2)$
Аргументы сопровождающей функции Ф	λ_i $(i=1,2)$
Коэффициент поперечной деформации материала	μ
Коэффициент, учитывающий тип сварного соединения	ξ
Безразмерные параметры	ρ_x, ρ_i $(i=1,2)$
Амплитуда напряжений, МПа (кгс/см²)	σ_A
Предел текучести материала при 20°С, МПа (кгс/см²)	$\sigma_{т20}$
Временное сопротивление материала при 20°С, МПа (кгс/см²)	$\sigma_{в20}$
Предел выносливости при изгибе для 10^6 циклов, МПа (кгс/см²)	σ_{c0}
Суммарное меридиональное напряжение, МПа (кгс/см²)	σ_x, σ_{xi} $(i=1,2)$
Суммарное кольцевое напряжение, МПа (кгс/см²)	σ_φ, $\sigma_{\varphi i}$ $(i=1,2)$
Допускаемое напряжение материала элемента сосуда при расчетной температуре, МПа (кгс/см²)	$[\sigma]$
Допускаемая амплитуда напряжений, МПа (кгс/см²)	$[\sigma_A]$
Размах напряжений МПа (кгс/см²)	$\Delta\sigma$
	$\Delta\tau$
Сопровождающая функция	Φ
Безразмерные параметры	Φ_1, Φ_2

Изменение № 1 ГОСТ 25859—83 Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета на прочность при малоцикловых нагрузках

Утверждено и введено в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 17.04.90 № 906

Дата введения 01.11.90

Пункт 2.4 дополнить абзацем: «д) размахов колебаний температуры в месте соединения материалов с различными коэффициентами линейного расширения, которые не превышают 50 °С».

Таблицу 1 дополнить примечанием: «Примечание. Значение ξ действительно только в том случае, когда площадь поперечного сечения и момент сопротивления сварного соединения не меньше соответствующих значений в наиболее слабом элементе узла».

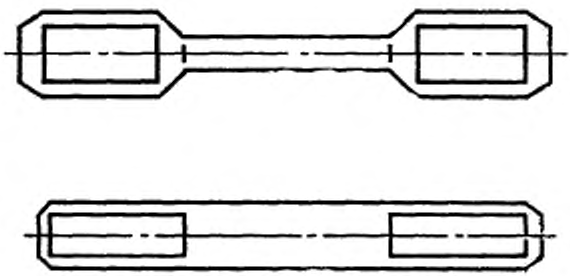
Таблица 2. Графы «Узел или элемент сосуда» и «Расчетный элемент» для $\eta = 2{,}0$; 3,0; 4,0; 5,0 изложить в новой редакции:

Узел или элемент сосуда	Расчетный элемент
Соединение оболочек разных толщин	Более тонкая оболочка
Плоское днище или крышка без отверстия (отверстия для болтов не учитываются), центральная зона	Плоское днище, крышка
Эллипсоидное днище	Эллипсоидное днище
Шпильки	Стержень
Обечайки с кольцом жесткости	Обечайка
Приварные встык фланцы с плавным переходом	Оболочка и фланец

Узел или элемент сосуда	Расчетный элемент
Отбортованная часть торосферического и конического днища	Переход
Плоское днище или крышка с отверстием, трубная решетка	Днище, крышка, трубная решетка
Отбортованные штуцеры и лазы	Оболочка в месте установки штуцера или лаза
Оболочка со штуцером без накладного кольца	Оболочка в месте установки штуцера
Соединение конической обечайки с цилиндрической обечайкой меньшего диаметра	Конический переход
Приварные плоские фланцы к оболочке	Оболочка и фланец
Болты и шпильки ($\sigma_в \leqslant 540$ МПа)	Резьба
Оболочка со штуцером и укрепляющим кольцом	Оболочка в месте установки штуцера
Угловые соединения конической или сферической обечайки	Переход
Болты и шпильки ($\sigma_в > 540$ МПа)	Резьба
Сферическая крышка с кольцом	Сферический сегмент
Соединение с обечайкой плоского днища с отбортовкой или выточкой	Цилиндрическая обечайка или плоское днище без отверстия (определяющим является элемент с более низким допускаемым давлением), в краевой зоне

Узел или элемент сосуда	Расчетный элемент
Соединение с обечайкой приварных плоских днищ остальных типов	Цилиндрическая обечайка или плоское днище без отверстия (определяющим является элемент с более низким допускаемым давлением) в краевой зоне

графу «Эскиз узла» для $\eta = 3{,}0$ дополнить чертежами шпилек:



Формулу (8) и экспликацию изложить в новой редакции:

$$K_\sigma = \rho\xi/\varphi,$$

где φ — коэффициент прочности сварного шва по ГОСТ 14249—89;

ξ — определяется по табл. 1.

$\rho = \begin{cases} 1{,}0 \text{ для шлифованных поверхностей и сварных швов;} \\ 1{,}1 \text{ для необработанных поверхностей и швов».} \end{cases}$

Чертеж 8 исключить.

Таблица 3. Последнюю строку для высокопрочных сталей исключить.

Раздел 6 дополнить пунктом — 6.5: «6.5. В случае соединения сталей с разными механическими характеристиками определяющей является сталь, дающая меньшие значения $[\sigma_A]$ и $[N]$».

Приложение 1. Таблица 2. Заменить формулу и обозначение:

$$\frac{\sqrt{\sin\theta_1}}{(1+3\sin^2\theta_1)^{5/4}} \text{ на } \sqrt{\sin\vartheta_1};$$

ρ_i на ρ_1;

пункт 1.4. Заменить формулы:

$$\sigma_\varphi = \frac{pR_0}{s_0-c}\left[1+\left(1+\mu A\divideontimes\sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}}\right)\right] \text{ на } \sigma_\varphi = \frac{pR_0}{s_0-c}\left[1+\left(1+\sqrt{\frac{3\mu^2}{1-\mu^2}}\right)A\divideontimes\right];$$

$$\sigma_\varphi = \frac{pR_2}{s_2-c}\left[1+\left(1+\mu B\divideontimes\sqrt{\frac{3}{1-\mu^2}}\right)\right] \text{ на } \sigma_\varphi = \frac{pR_2}{s_2-c}\left[1+\left(1+\sqrt{\frac{3\mu^2}{1-\mu^2}}\right)B\divideontimes\right];$$

таблица 3. Графа «Условие «длинности». Заменить формулы:

$$\sqrt{l_1}-\sqrt{l_2}>0{,}8\sqrt{\operatorname{stg}\beta} \text{ на } \sqrt{l_2}-\sqrt{l_1}>0{,}8\sqrt{\operatorname{stg}\beta};$$

$$\sqrt{l_1}-\sqrt{l_2}>1{,}2\sqrt{\operatorname{stg}\beta} \text{ на } \sqrt{l_2}-\sqrt{l_1}>1{,}2\sqrt{\operatorname{stg}\beta}.$$

в формулах заменить обозначения:

A_*, B_*, C_* на A^*, B^*, C^*.

(ИУС № 7 1990 г.)

Редактор *М. В. Глушкова*
Технический редактор *М. М. Герасименко*
Корректор *Г. И. Чуйко*

Сдgost.e-ecolog.ru

в печ. 24.07.85 2,0 усл. п. л. 2,0 усл. кр. отт. 1,55 уч.-изд. л. Тираж 30000

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндаугo, 12/14. Зак. 2067