

С С С Р

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

УПЛОТНЕНИЯ НЕПОДВИЖНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЛЯ СОСУДОВ
И АППАРАТОВ НА ДАВЛЕНИЕ СЫШЕ 10 ДО 100 МПа
(СЫШЕ 100 ДО 1000 КГС/СМ²).

Методика расчета на прочность и плотность

РД 26-01- 168 -88

Издание официальное

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника
Управления оборудования
Министерства по производству
минеральных удобрений

В.М.Прокофьев

1988 г.

Директор УкрНИИхиммаша

П.П.Прядкин

15.06 1988 г.

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

УПЛОТНЕНИЯ НЕПОДВИЖНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЛЯ СОСУДОВ И
АППАРАТОВ НА ДАВЛЕНИЕ СВЫШЕ 10 ДО 100 МПа (СВЫШЕ 100
ДО 1000 КГС/СМ²).

Методика расчета на прочность и плотность.

Л. 26-ДГ-168-88

Директор ИркутскНИИхиммаша

Е.Р.Хисматуллин

Заместитель директора
по научной работе

В.И.Лившиц

Заведующий отделом
стандартизации

В.И.Королев

Руководитель темы, заведующий
отделом прочности

Заведующий лабораторией

А.К.Древин

Научный сотрудник

В.К.Погодин

Старший научный сотрудник

В.П.Вирюкин

СОГЛАСОВАНО

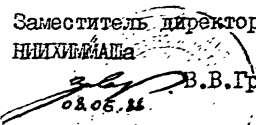
Г.Г.Золотенин

Заведующий базовым отделом
стандартизации УкрНИИхиммаша

В.В.Проголаев


СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по научной работе
НИИХИММАШ


02.05.88 В.В.Гризов

СОГЛАСОВАНО

Главный инженер ПО "Уралхиммаш"


25.04.88 Н.К.Глобин

СОГЛАСОВАНО

Главный механик ТИАПа


02.06.88 Б.М.Гусев.

СОГЛАСОВАНО

Заместитель председателя
Госгортехнадзора СССР
Зубенко В.М.

№ 15-15/27/173 от 17.06.88.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	2
2. Методика расчета на прочность и плотность . . .	5
2.1. Уплотнение с двухконусным кольцом	5
2.2. Уплотнение с кольцом треугольного сечения . .	11
2.3. Уплотнение с кольцом восьмиугольного сечения	15
2.4. Уплотнение с плоской прокладкой	20
Приложение 1 Условные обозначения	
Приложение 2 Расчетные характеристики материалов уплот- нительных колец при повышенных температу- рах	30
Приложение 3 Расчетные характеристики материалов крыш- ки и фланца корпуса при повышенных темпе- ратурах	32
Приложение 4 Средние коэффициенты линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ 1/град	33
Приложение 5 Модуль упругости материалов при повышенных температурах	34
Информационные данные	35

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

УПЛОТНЕНИЯ НЕПОДВИЖНЫЕ

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ДЛЯ СОСУДОВ И

АППАРАТОВ НА ДАВЛЕНИЕ СВЫШЕ

РД 26-01-168-88

10 ДО 100 МПа (СВЫШЕ 100 ДО

1000 КГС/СМ²)

Методика расчета на прочность

и плотность

ОКСТУ 3603

Дата введения 01.01.89

Настоящий руководящий документ распространяется на уплотнения неподвижные металлические с кольцами двухконусного, треугольного, восьмиугольного сечений и с плоской прокладкой для сосудов и аппаратов с диаметрами уплотнения 200-3200мм, работающих при статическом и малоцикловом нагружениях внутренним давлением свыше 10 до 100МПа (свыше 100 до 1000 кгс/см²) и расчетной температуре стенки от минус 40°С до 420°С. Уплотнения с двухконусными кольцами и кольцами треугольного сечения сосудов и аппаратов изготавливаемых в соответствии с ОСТ 26-01-221-86, допускается рассчитывать по данному руководящему документу, при нагружении внутренним давлением до 130 МПа.

Руководящий документ устанавливает методику расчета на прочность и плотность уплотнений сосудов и аппаратов высокого давления, рассчитанных в соответствии с ОСТ 26-1046-87, отвечающих требованиям ОСТ 26-01-9-80, ОСТ 26-01-221-86 и работа-

ющих в химической, нефтехимической промышленности, производстве минеральных удобрений и других смежных отраслях промышленности.

Руководящий документ должен применяться совместно с ОСТ 26-01-86-88

На уплотнения сосудов и аппаратов, спроектированные до 01.01.89г. в соответствии с ОСТ 26-01-87-78 и изготовленные до 01.01.90г. требования настоящего руководящего документа не распространяются.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В настоящем руководящем документе в качестве уплотнения рассматривается разъемное соединение, состоящее из уплотнительного кольца (прокладки) и элементов уплотнения в крышке и корпусе, обеспечивающих необходимое взаимное расположение данных деталей после сборки и в процессе эксплуатации сосуда или аппарата высокого давления.

1.2. В руководящем документе приведены:

1) расчеты на прочность (определение осевых усилий, действующих на шпильки от расчетного давления с учетом тепловых воздействий при стационарных режимах, пробного давления и технологического давления опрессовки);

2) расчеты геометрических размеров уплотнительных колец и прокладок;

3) расчеты на плотность (определение усилий в шпильках после затяжки, обеспечивающих герметизацию уплотнения).

1.3. Условные обозначения расчетных величин приведены в приложении I.

1.4. Определение величин рабочего и расчетного давлений,

расчетной температуры следует производить в соответствии с ГОСТ 14249-80.

Величину пробного давления следует назначать в соответствии с Правилами Госгортехнадзора и ГОСТ 11879-81.

Величина давления опрессовки и метод проведения гидравлического испытания по ОСТ 26-01-221-86, раздел 7.

1.5. Расчет геометрических размеров уплотнительных колец (прокладок) и элементов уплотнений следует производить в следующих случаях:

- 1) для уплотнения с двухконусным кольцом из материалов с пределом текучести $\sigma_T^{20} < 350 \text{ МПа}$ (3500 кгс/см^2);
- 2) для уплотнения с кольцом восьмиугольного сечения из материалов с пределом текучести $\sigma_T^{20} < 230 \text{ МПа}$ (2300 кгс/см^2);
- 3) для уплотнения с плоской прокладкой - в любом случае.

Во всех остальных случаях выбор геометрических размеров уплотнительных колец, осевых размеров прокладок и элементов уплотнений следует производить в соответствии с ОСТ 26-01-86-88.

1.6. Влияние тепловых воздействий на усилия, возникающие в шпильках, необходимо учитывать в следующих случаях:

- 1) для уплотнения с плоской прокладкой при расчетной температуре $t > 200^\circ\text{C}$;
- 2) для остальных типов уплотнений при расчетной температуре $t > 300^\circ\text{C}$;
- 3) когда разность между величинами коэффициентов линейного расширения материалов элементов уплотнения и шпилек составляет более $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/град}$ при расчетной температуре $t > 100^\circ\text{C}$.
Например: для уплотнений с кольцами двухконусного, треугольного и восьмиугольного сечений, выполненных из аустенитных сталей.

1.7. Среднюю величину температуры деталей уплотнения для стационарных режимов работы следует определять на основании тепловых расчетов, результатов замера фактических температур на сосудах и аппаратах, аналогичных проектируемым, а также результатов экспериментов. В случае отсутствия таких данных следует принимать:

1) для сосудов и аппаратов, крышка и фланец корпуса которых не теплоизолированы с наружной поверхности и расположенных в закрытых блоках.

$$t_{\phi} = t_{\kappa} = 0,63 t \quad ;$$

$$t_{\text{ин}} = 0,8 t \quad ;$$

$$t_{\text{жк}} = t \quad .$$

2) для сосудов и аппаратов, крышка и фланец корпуса которых теплоизолированы с наружной поверхности

$$t_{\phi} = t_{\kappa} = t_{\text{ин}} = t_{\text{жк}} = t$$

1.8. Механические и физико-механические характеристики материалов элементов уплотнений для расчетных температур приведены в приложениях 2-5.

Величины механических характеристик материалов для промежуточных значений температур определяются методом интерполяции.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ

2.1. Уплотнение с двухконусным кольцом

2.1.1. Конструкция уплотнения представлена на черт. 1.

2.1.2. Расчетное усилие действующее на шпильки, вычисляют по формуле

$$Q = Q_g + Q_f + Q_t \quad (1)$$

2.1.3. Равнодействующую внутреннего давления среды на крышку вычисляют по формуле

$$Q_g = \frac{\pi}{4} \cdot \kappa_1 \cdot D_g^2 \cdot P \quad (2)$$

где $\kappa_1 = 10^6 (10^2)$

2.1.4. Средний диаметр уплотнительного соединения вычисляют по формуле

$$D_{cp} = D_o + 2b - \frac{h_1 - h_2}{2} \cdot \tan \gamma \quad (3)$$

где $\gamma = 30^\circ$

2.1.5. Осевую составляющую равнодействующей внутреннего давления среды на уплотнительное кольцо вычисляют по формуле

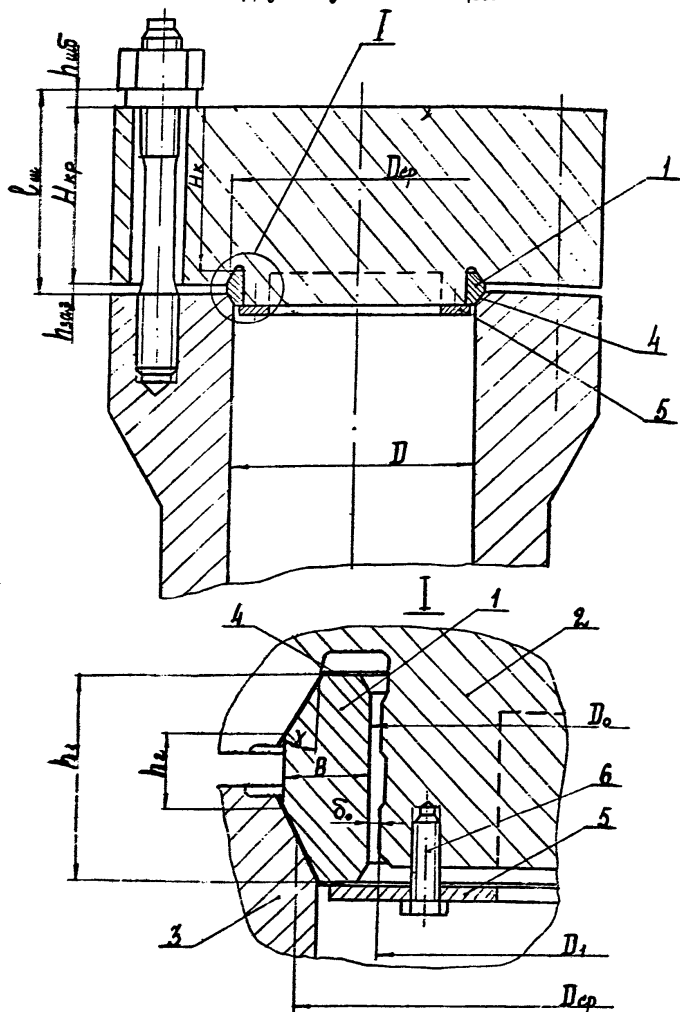
$$Q_f = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \cdot D_{cp} \cdot h_{cp} \cdot \tan \gamma \quad (4)$$

где $\kappa_2 = \max \begin{cases} P, & \text{МПа (кгс/см}^2\text{)} \\ 40 & \text{МПа (400 кгс/см}^2\text{)} \end{cases}$

2.1.6. Высоту уплотнительного кольца по средней линии уплотнительных поверхностей вычисляют по формуле

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad (5)$$

Уплотнение с двухконусным кольцом



I - уплотнительное кольцо; 2 - элемент уплотнения крышки;
 3 - элемент уплотнения корпуса; 4 - прокладка; 5 - прижимное
 кольцо; 6 - болт

Примечание. Уплотнение изображено в незатянутом состоянии.

Черт. I.

2.1.7. Осевую нагрузку, действующую на шпильки от неравномерности нагрева элементов уплотнения, а также различия величин коэффициентов линейного расширения его сопрягаемых деталей, вычисляют по формуле

$$Q_z = \frac{\delta_z}{\lambda_z} \quad (6)$$

Величину Q_z учитывают в формуле (1) при условии $Q_z > 0$. Если величина $Q_z < 0$ то при $|Q_z| \leq 0,1 Q_c$ она не учитывается в формуле (1).

В любом случае ($Q_z > 0$ или $Q_z < 0$) при $|Q_z| > 0,1 Q_c$ необходимо принять другие сочетания материалов деталей уплотнения или изменить их геометрические размеры и тепловой режим работы уплотнения.

2.1.8. Суммарное осевое температурное перемещение деталей уплотнения в зоне контакта вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} \delta_z = & \lambda_{ж} \cdot t_{жк} \cdot \left(h_{cp} + \frac{D_{cp}}{2 \cdot t_{q\gamma}} \right) + \lambda_k \cdot t_k \cdot \left(H_k - \frac{D_{cp}}{2 \cdot t_{q\gamma}} \right) + \\ & + \lambda_{ш\delta} \cdot t_{ш\delta} \cdot h_{ш\delta} - \lambda_{ф} \cdot t_{ф} \cdot \frac{D_{cp}}{2 \cdot t_{q\gamma}} - \lambda_{ш} \cdot t_{ш} \cdot l_{ш} \end{aligned} \quad (7)$$

Величины коэффициентов линейного расширения $\lambda_{жк}$, λ_k , $\lambda_{ш\delta}$, $\lambda_{ф}$, $\lambda_{ш}$ для соответствующих материалов приведены в приложении 4

2.1.9. Расчетную длину шпильки вычисляют по формуле

$$l_{ш} = h_{зз} + H_{кр} + h_{ш\delta} \quad (8)$$

Величину зазора $h_{зз}$ определяют конструктивно с учетом размеров элементов уплотнения в соответствии с ОСТ 26-01-86-88.

Толщину крышки $H_{кр}$ определяют в соответствии с СТ СЭВ 5206-85, высоту шайбы $h_{шс}$ определяют в соответствии с ОСТ 26-01-141-81.

Толщину крышки H_k на диаметре $D_{ер}$ вычисляют по формуле

$$H_k = H_{кр} - H_y - \frac{D_2 - D_{ер}}{2 \cdot \tan \gamma} \quad (9)$$

Размеры уплотнительного элемента крышки H_y , D_2 определяют согласно ОСТ 26-01-86-88.

2.1.10. Суммарный коэффициент осевой податливости уплотнения вычисляют по формуле

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{ук} + \lambda_{ф} + \lambda_k + \lambda_{ш} + \lambda_{шс} \quad (10)$$

2.1.11. Коэффициент осевой податливости уплотнительного кольца вычисляют по формуле.

$$\lambda_{ук} = \frac{0,825 \cdot K_1 \cdot D_o \cdot (D_o + 2b)}{b \cdot h_{ер} \cdot E_{ук}^t \cdot (D_o + b)} \quad (11)$$

2.1.12. Величины коэффициентов осевой податливости фланца $\lambda_{ф}$ и крышки λ_k определяют расчетным путем или экспериментально с учетом конкретного конструктивного оформления фланца и крышки.

Допускается при упрощенных расчетах принимать в формуле (10) величины коэффициентов $\lambda_{ф} = \lambda_k = 0$

2.1.13. Коэффициент осевой податливости шпилек вычисляют по формуле

$$\lambda_{ш} = \frac{4 \cdot K_1 \cdot (l_{ш} + d_{ш})}{\pi \cdot z \cdot E_{ш}^t \cdot d_{ш}^2}, \quad (12)$$

где диаметр резьбы шпилек $d_{ш}$ принимают в соответствии с ГОСТ 26303-84, ОСТ 26-01-139-81.

2.1.14. Коэффициент осевой податливости шайб вычисляют по формуле

$$\lambda_{шд} = -\frac{k_1 \cdot h_{шд}}{z \cdot E_{шд} \cdot F_{шд}}, \quad (13)$$

где площадь поперечного сечения шайбы $F_{шд}$ принимают в соответствии с ОСТ 26-01-141-81.

2.1.15. При пробном гидравлическом давлении $P_{пр}$ усилие, действующее на шпильки $Q_{пр}$ вычисляют по формуле (1), при этом в расчетные формулы (2) и (4) подставляют значение $P_{пр}$ вместо P , а Q_t принимают равным нулю.

2.1.16. При технологической опрессовке сосуда или аппарата давлением $P_{тех}$, усилие, действующее на шпильки $Q_{тех}$, вычисляют по формуле (1), при этом в расчетные формулы (2) и (4) подставляют значение $P_{тех}$ вместо P и Q_t принимают равным нулю.

2.1.17. При выполнении уплотнительного кольца из материала с пределом текучести $\sigma_T^{20} < 350 \text{ МПа}$ (3500 кгс/см^2) рассчитывают его диаметральные размеры.

Осевые размеры элементов уплотнения для соответствующего диаметра принимают по ОСТ 26-01-168-88.

2.1.18. Толщину уплотнительного кольца вычисляют по формуле

$$b = \frac{(2,63 \cdot D_{шд} + a)(h_1 - h_2)}{4,92 \cdot D_{шд} \cdot h_1} \left[2,42 \frac{\sigma_{с.шд}^{20}}{\sigma_T^{20}} D_{шд} + (h_1 - h_2) \right], \quad (14)$$

где $a = 160 \text{ мм}$.

2.1.19. Напряжение смятия ^{промежуточной} прокладки в зависимости от ее материала принимают:

- 1) для алюминия $\sigma_{с.шд}^{20} = 70 \text{ МПа}$ (700 кгс/см^2);
- 2) для меди $\sigma_{с.шд}^{20} = 100 \text{ МПа}$ (1000 кгс/см^2).

2.1.20. Средний диаметр уплотнения вычисляют по формуле

$$D_{\varphi} = D' + \frac{h_1 - h_2}{2} \cdot \operatorname{tg} \gamma, \quad (15)$$

где $D' \geq D + c. \quad (16)$

Величина c выбирается из табл. 1

Таблица 1

мм	
D	c
От 200 до 300 включ.	2
Св. 300 " 600 "	3
" 600 " 1200 "	4
" 1200 " 1800 "	5
" 1800 " 2400 "	6
" 2400 " 2800 "	7
" 2800 " 3200 "	8

2.1.21. Внутренний диаметр уплотнительного кольца вычисляют по формуле

$$D_o = D' + (h_1 - h_2) \cdot \operatorname{tg} \gamma - 2b \quad (17)$$

2.1.22. Диаметр упора на крышке вычисляют по формуле

$$D_i = D_o - 2\delta_o \quad (18)$$

2.1.23. Радиальный зазор между уплотнительным кольцом и упором на крышке вычисляют по формуле

$$\delta_o = \frac{D_o \cdot \sigma_{T_{\text{ук}}}^t}{2 \cdot 2 \cdot E_{\text{ук}}^t} \quad (19)$$

2.1.24. Усилие в шпильках после их затяжки перед гидравлическим испытанием технологическим давлением опрессовки

$P_{тек}$, пробным давлением $P_{пр}$ и перед эксплуатацией в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$Q_{з\text{ те}} = Q_{з\text{ пр}} = Q_z = \frac{\sigma_{зм}^{20} \cdot \pi \cdot D_{ср} \cdot l_p \cdot \sin(\gamma + \rho)}{K_1 \cdot \cos \rho} \quad (20)$$

2.1.25. Расчетную ширину уплотнительной поверхности вычисляют по формуле

$$l_p = \frac{h_1 - h_2}{2 \cdot \cos \gamma} \quad (21)$$

2.1.26. Угол трения на уплотнительных поверхностях принимают $\rho = 15^\circ$.

2.2. Уплотнение с кольцом треугольного сечения

2.2.1. Конструкция уплотнения представлена на черт. 2.

2.2.2. Расчетное усилие Q , действующее на шпильки, вычисляют по формуле (1).

2.2.3. Равнодействующую внутреннего давления среды на крышку вычисляют по формуле

$$Q_g = \frac{\pi}{4 \cdot K_1} \cdot D_k^2 \cdot P \quad (22)$$

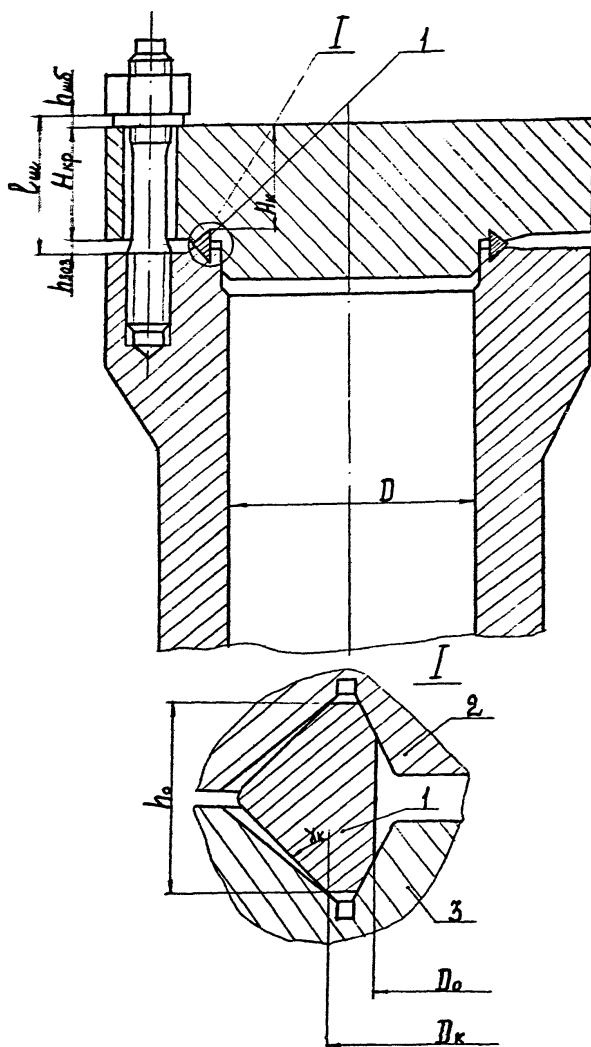
2.2.4. Осевую составляющую равнодействующей внутреннего давления среды на уплотнительное кольцо вычисляют по формуле

$$Q_i = \frac{\pi}{2 \cdot K_1} \cdot D_k \cdot h_o \cdot P \cdot \operatorname{tg} \gamma_k, \quad (23)$$

где

$$\gamma_k = 47^\circ.$$

Уплотнение с кольцом треугольного сечения



- 1 - уплотнительное кольцо; 2 - элемент уплотнения крышки;
3 - элемент уплотнения корпуса.

2.2.5. Осевую нагрузку действующую на шпильки от неравномерности нагрева элементов уплотнения, а также различия величин коэффициентов линейного расширения сопрягаемых деталей

Q_z вычисляют по формуле (6) и учитывают в соответствии с условиями п. 2.1.7.

2.2.6. Суммарное осевое температурное перемещение в зоне контакта вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} \delta_z = & L_{yk} \cdot t_{yk} \cdot \left(h_0 + \frac{D_0}{2 \cdot tg \gamma_k} \right) + L_k \cdot t_k \cdot \left(H_k - \frac{D_k}{2 \cdot tg \gamma_k} \right) + \\ & + L_{mb} \cdot t_{mb} \cdot h_{mb} - L_f \cdot t_f \cdot \frac{D_k}{2 \cdot tg \gamma_k} - L_m \cdot t_m \cdot l_m \end{aligned} \quad (24)$$

Величины коэффициентов линейного расширения L_{yk} , L_k , L_{mb} , L_f , L_m для соответствующих материалов, приведены в приложении 4.

2.2.7. Размер H_k вычисляют по формуле

$$H_k = H_{kp} - \frac{h_0 - h_{заз}}{2} \quad (25)$$

Толщину крышки H_{kp} определяют в соответствии с СТ СЭВ 5206-85.

Размеры h_c , D , D_k определяют в соответствии с ОСТ 26-01-86-88.

Величину зазора $h_{заз}$ и осевые размеры l_m и h_{mb} определяют согласно п. 2.1.9.

2.2.8. Суммарный коэффициент осевой податливости λ_z вычисляют по формуле (10).

2.2.9. Коэффициент осевой податливости уплотнительного кольца вычисляют по формуле

$$\lambda_{ук} = \frac{0,85 \cdot K_1 \cdot \beta}{E_{ук} \cdot h_0 \cdot (\beta^2 - 1)} , \quad (26)$$

где
$$\beta = \frac{D_k + 0,5 h_0}{D_0} .$$

2.2.10. Коэффициенты осевой податливости фланца $\lambda_{ф}$, крышки λ_k , шпилек $\lambda_{ш}$, шайб $\lambda_{шб}$ определяют в соответствии с п.п.2.1.12., 2.1.13, 2.1.14.

2.2.11. При пробном гидравлическом давлении $P_{пр}$ усилие, действующее на шпильки $Q_{пр}$ вычисляют по формуле (1), при этом в расчетные формулы (22) и (23) подставляют значение $P_{пр}$ вместо P и Q_t принимают равным нулю.

2.2.12. При технологической опрессовке сосуда или аппарата давлением $P_{тех}$ усилие, действующее на шпильки $Q_{тех}$ вычисляют по формуле (1), при этом в расчетные формулы (22), (23) подставляют значение $P_{тех}$ вместо P и Q_t принимают равным нулю.

2.2.13. Усилие в шпильках после их затяжки перед гидравлическим испытанием пробным давлением $P_{пр}$, технологическим давлением опрессовки $P_{тех}$ и перед эксплуатацией в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$Q_{зпр} = Q_{зтех} = Q_z = \frac{S_f \cdot D_k}{K_3} \cdot q_z , \quad (27)$$

где $q_z = 0,6 \frac{MN}{M}$ (600 кгс/см) - герметизирующее усилие затяжки на единицу длины окружности контакта;

$$K_3 = 10^3 (10) .$$

2.3. Уплотнение с кольцом восьмиугольного сечения

2.3.1. Конструкция уплотнения представлена на черт.3.

2.3.2. Расчетное усилие, действующее на шпильки, вычисляют по формуле

$$Q = Q_z + R_i + Q_t \quad (28)$$

2.3.3. равнодействующую внутреннего давления среды на крышку Q_z вычисляют по формуле (2).

2.3.4. Осевую составляющую реакции уплотнительного кольца вычисляют по формуле

$$R_i = F \cdot D_f \cdot \sigma_{сн.ук}^{20} \cdot l_p \cdot \frac{\sin(\gamma + \rho)}{k_i \cdot \cos \rho}, \quad (29)$$

где $\gamma = 23^\circ$.

Угол трения на уплотнительных поверхностях принимает $\rho = 11^\circ 20'$.

2.3.5. Герметизирующее напряжение смятия уплотнительного кольца для условий эксплуатации принимают

$$\sigma_{сн.ук}^{20} = 12 \cdot \sigma_{т.ук}^{20} \quad (30)$$

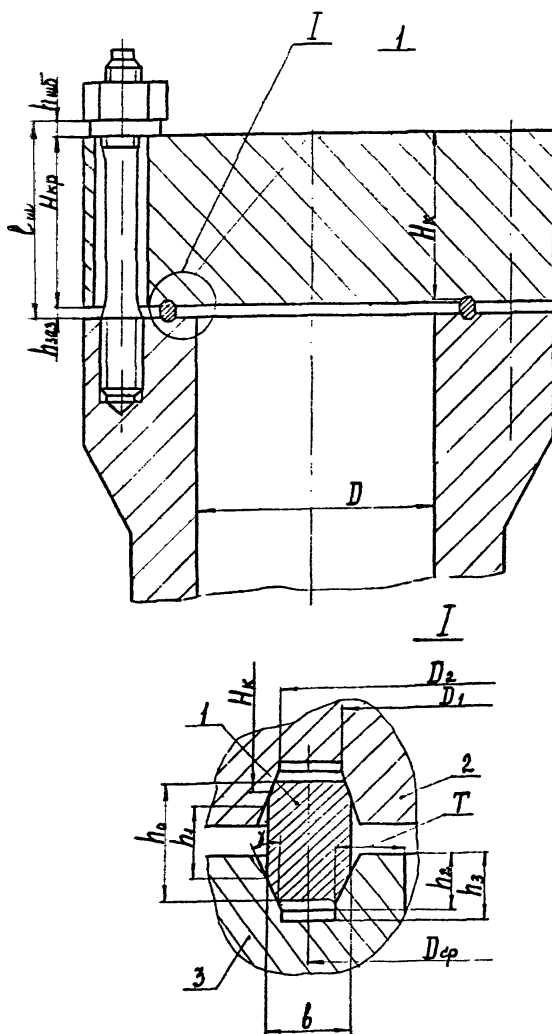
2.3.6. Расчетную ширину уплотнительной поверхности вычисляют по формуле

$$l_p = \frac{h_0 - h_i}{2 \cdot \cos \gamma} \quad (31)$$

2.3.7. Осевую нагрузку, действующую на шпильки от неравномерности нагрева элементов уплотнения, а также различия величин коэффициентов линейного расширения сопрягаемых деталей

Q_t вычисляют по формуле (6). При этом величину Q_t учитывают в формуле (28) при условии $Q_t > 0$.

Уплотнение с кольцом восьмиугольного сечения



уплотнительное кольцо; 2 - элемент уплотнения крышки;
элемент уплотнения корпуса.

Если величина $Q_{\pm} < Q$ то при $|Q_{\pm}| \leq 0,1 R_f$ она не учитывается в формуле (28).

В любом случае ($Q_{\pm} > Q$ или $Q_{\pm} < 0$) при $|Q_{\pm}| > 0,1 R_f$ необходимо принять другие сочетания материалов деталей уплотнения или изменить их геометрические размеры и тепловой режим работы уплотнения.

2.3.8. Суммарное осевое температурное перемещение в зоне контакта вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma} = L_{yk} t_{yk} \left(\frac{h_a + h_k}{2} + \frac{D_{cp}}{2tg\gamma} \right) + L_k t_k \left(H_k - \frac{D_{cp}}{2tg\gamma} \right) + L_{ms} t_{ms} h_{ms} - L_{\phi} t_{\phi} \frac{D_{cp}}{2tg\gamma} - L_m t_m l_m \quad (32)$$

Величина коэффициентов линейного расширения L_{yk} , L_k , L_{ms} , L_m для соответствующих материалов, приведены в приложении 4.

2.3.9. Размер H_k вычисляют по формуле

$$H_k = H_{kp} - \frac{h_a + h_k - 2h_{заз}}{4} \quad (33)$$

Толщину крышки H_{kp} определяют в соответствии с СТ СЭВ 5206-85. Размеры h_a , h определяют согласно СТ 26-01-86-88. Величину зазора $h_{заз}$ и осевые размеры l_m и h_{ms} определяют согласно п. 2.1.9.

2.3.10. Суммарный коэффициент осевой податливости вычисляют по формуле

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{yk} + \lambda_k + \lambda_{ms} + \lambda_m + \lambda_{\phi} \quad (34)$$

2.3.11. Коэффициент осевой податливости уплотнительного кольца вычисляют по формуле

$$\lambda_{yk} = \frac{K_1}{\pi \cdot D_{cp} E_{yk}} \left[\frac{h_1}{b} + 4,25 \cdot \frac{K_4 \cdot \cos \rho}{\sin \gamma \cdot \sin(\gamma + \rho)} \right], \quad (35)$$

где
$$\kappa_4 = \frac{b}{h_0 - h_1} - \frac{1}{2} \cdot \lg \gamma . \quad (36)$$

2.3.12. Коэффициенты осевой податливости крышки λ_k , шпилек $\lambda_{ш}$ и шайб $\lambda_{шд}$ определяют в соответствии с п.п. 2.1.12-2.1.14.

2.3.13. При пробном гидравлическом давлении $P_{пр}$ усилие, действующее на шпильки $Q_{пр}$ вычисляют по формуле (28), при этом в расчетную зависимость (2) подставляют значение $P_{пр}$ вместо P , в формулу (29) подставляют значение напряжения смятия $\sigma_{сн.пр}^{20} = 0,8 \cdot \sigma_{т.шк}^{20}$, а величину Q_ϵ принимают равной нулю.

2.3.14. При технологической опрессовке сосуда или аппарата давлением $P_{тех}$ усилие, действующее на шпильки $Q_{тех}$ вычисляют по формуле (28), при этом в расчетную зависимость (2) подставляют значение $P_{тех}$ вместо P , в формулу (29) подставляют значение напряжения смятия $\sigma_{сн.тех}^{20} = 0,8 \sigma_{т.шк}^{20}$, а величину Q_ϵ принимают равной нулю.

2.3.15. При выполнении уплотнительного кольца из материала, имеющего предел текучести $\sigma_T^{20} < 230 \text{ МПа}$ (2300 кгс/см^2), определяют геометрические размеры деталей и элементов уплотнительного соединения согласно п.п. 2.3.16-2.3.25.

2.3.16. Средний диаметр уплотнительного соединения вычисляют по формуле

$$D_{ср} \geq \frac{D}{1 - 1,16 \frac{P}{\sigma_{т.шк}^{20}}} . \quad (37)$$

2.3.17. Ширину перемычки в корпусе сосуда или аппарата вычисляют по формуле

$$T \geq 0,515 \cdot D_{ср} \frac{P}{\sigma_{т.ф}^{20}} . \quad (38)$$

2.3.18. Полную высоту уплотнительного кольца вычисляют по формуле

$$h_0 = h_1 + 2 \cdot \ell \cdot \cos \gamma . \quad (39)$$

2.3.19. Высоту цилиндрической части уплотнительного кольца принимают в зависимости от внутреннего диаметра D сосуда (горловины):

$$h_1 = 6 - 8 \text{ мм} - \text{при } 400 \text{ мм} \leq D \leq 800 \text{ мм}$$

$$h_1 = 8 - 10 \text{ мм} - \text{при } 800 \text{ мм} < D \leq 1000 \text{ мм}$$

$$h_1 = 10 - 12 \text{ мм} - \text{при } 1000 \text{ мм} < D \leq 1200 \text{ мм}$$

2.3.20. Ширину уплотнительной поверхности кольца вычисляют по формуле

$$\ell = 0,155 \cdot D_{ef} \cdot \frac{P}{\sigma_{т.ук}} . \quad (40)$$

2.3.21. Толщину уплотнительного кольца вычисляют по формуле

$$b = 0,25 \cdot D_{ef} \cdot \frac{P}{\sigma_{т.ук}} \quad (41)$$

2.3.22. Полную глубину канавки под уплотнительное кольцо вычисляют по формул

$$h_3 = h_2 + h_2' , \quad (42)$$

где $h_2' = 0,005 D$, но не менее 3 мм.

2.3.23. Глубину конической части канавки под уплотнительное кольцо вычисляют по формуле

$$h_2 = \frac{h_2 - h_1}{2} + 0,007 D \quad (43)$$

2.3.24. Внутренний диаметр проточки вычисляют по формуле

$$D_1 = D_{cp} - b + 2 (h_2 - h'_1) \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (44)$$

2.3.25. Наружный диаметр проточки вычисляют по формуле

$$D_2 = D_{cp} + b - 2 (h_2 - h'_1) \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (45)$$

2.3.26. Усилие в шпильках после их затяжки вычисляют по формулам:

перед технологической опрессовкой давлением P_{tex}

$$Q_{3tex} = \frac{\pi \cdot D_{cp}^2}{4 \cdot K_1} \cdot \left[P_{tex} + 0,5 \cdot \frac{\sin(\gamma + \rho)}{\cos \rho} \cdot P \right], \quad (46)$$

Перед гидроиспытанием пробным давлением P_{np} и последующей эксплуатацией при расчетном давлении P

$$Q_{3np} = \frac{\pi \cdot D_{cp}^2}{4 \cdot K_1} \cdot \left[P_{np} + 0,5 \cdot P \cdot \frac{\sin(\gamma + \rho)}{\cos \rho} \right] - Q_t; \quad (47)$$

перед эксплуатацией при расчетном давлении P (без гидроиспытаний)

$$Q_3 = \frac{\pi \cdot D_{cp}^2}{4 \cdot K_1} \cdot P \cdot \left[1 + 0,5 \cdot \frac{\sin(\gamma + \rho)}{\cos \rho} \right] - Q_t. \quad (48)$$

При этом должны соблюдаться следующие условия:

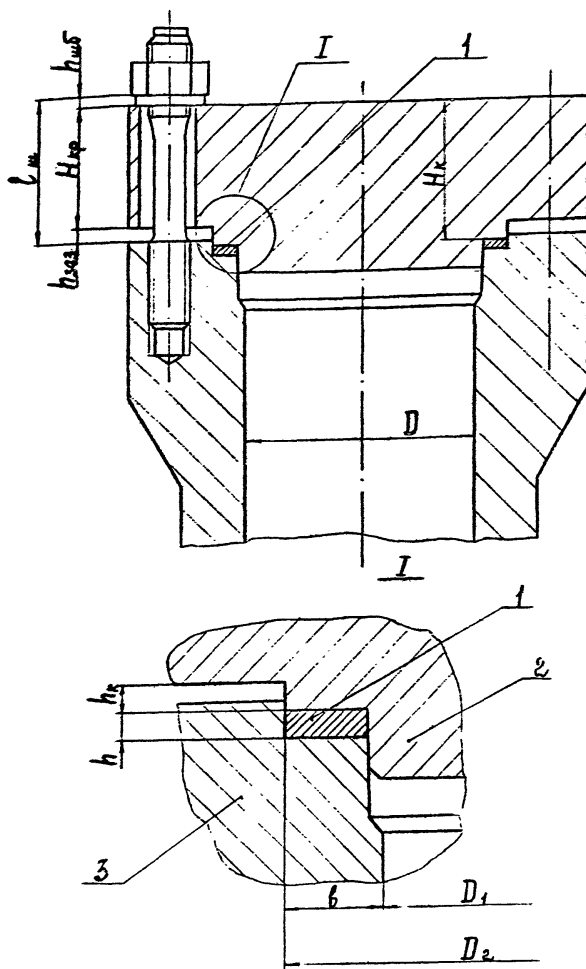
$$\begin{aligned} Q_{3np} &\leq Q_{np}; \\ Q_3 &\leq Q. \end{aligned}$$

Если они не соблюдаются, то следует выполнить конструктивные изменения уплотнения или изменить температурный режим его работы.

2.4. Уплотнение с плоской прокладкой

2.4.1. Конструкция уплотнения представлена на черт. 4.

Уплотнение с плоской прокладкой



- 1 - плоская прокладка; 2 - элемент уплотнения крышки;
3 - элемент уплотнения корпуса.

Черт. 4

2.4.2. Расчетное усилие действующее на шпильки, вычисляют по формуле

$$Q = Q_g + R_n + Q_t \quad (49)$$

2.4.3. Равнодействующую внутреннего давления среды на крышку Q_g вычисляют по формуле (2).

2.4.4. Осевую реакцию прокладки в рабочих условиях вычисляют по формуле

$$R_n = \pi \cdot D_p \cdot \frac{b}{K_1} \cdot \sigma_{см.п}^{20} \quad (50)$$

2.4.5. Расчетную ширину прокладки принимают большей из двух величин, вычисленных по формулам

$$b_p = \frac{0,25 \cdot P \cdot D_1}{\sigma_{гор}^{20} - \sigma_{см.п}^{20} - 0,25 \cdot P} ; \quad (51)$$

$$b_p = \frac{0,25 \cdot P_{np} \cdot D_1}{\sigma_{гор}^{20} - \sigma_{см.пp}^{20} - 0,25 \cdot P_{np}} \quad (52)$$

Исполнительную ширину прокладки b принимают большей или равной расчетной ширине b_p .

Исполнительную ширину прокладки b проверяют по формуле

$$\sigma^{\pm} = \frac{Q}{\pi \cdot D_p \cdot b} \quad (53)$$

Должно соблюдаться условие

$$\sigma^{\pm} \leq \sigma_{гор}^{\pm} \quad (54)$$

Если условие не выполняется, то увеличивают ширину прокладки b и вновь определяют Q по формуле (49) и σ^{\pm} при новых значениях Q и b . Если условие (54) не выпол-

няется, то проверку повторяют при другом значении δ , до выполнения условия (54).

2.4.6. Внутренний диаметр уплотнительной поверхности принимают конструктивно или вычисляют по формуле

$$D_1 = D + 5 \quad (55)$$

2.4.7. Средний диаметр уплотнительного соединения вычисляют по формуле

$$D_{cp} = D_1 + \delta \quad (56)$$

2.4.8. Наружный диаметр уплотнительной поверхности вычисляют по формуле

$$D_2 = D_1 + 2\delta \quad (57)$$

2.4.9. Допускаемые контактные напряжения на уплотнительных поверхностях $\sigma_{\text{ср}}^t$ и $\sigma_{\text{ср}}^{20}$ принимают по меньшему из значений предела текучести материалов корпуса или крышки

$$\sigma_{\text{ср}}^t = 0,35 \sigma_{т.к}^t + 180 \text{ МПа} \quad (\sigma_{\text{ср}}^t = 0,35 \sigma_{т.к}^t + 1800 \text{ кгс/см}^2) \quad (58)$$

Вычисление $\sigma_{\text{ср}}^{20}$ производят по формуле (58) при подстановке $\sigma_{т.к}^{20}$ вместо $\sigma_{т.к}^t$.

$\sigma_{т.к}^{20}$ и $\sigma_{т.к}^t$ принимают по приложению 3.

2.4.10. Герметизирующее напряжение смятия материала прокладки для расчетного давления принимают:

$$\sigma_{\text{сж.п}}^{20} = 70 \text{ МПа} (700 \text{ кгс/см}^2) - \text{для алюминия};$$

$$\sigma_{\text{сж.п}}^{20} = 100 \text{ МПа} (1000 \text{ кгс/см}^2) - \text{для меди};$$

$$\sigma_{\text{сж}}^{20} = 180 \text{ МПа} (1800 \text{ кгс/см}^2) - \text{для сталей с } \sigma_{т}^{20} \leq 230 \text{ МПа} (2300 \text{ кгс/см}^2).$$

2.4.11. Осевую нагрузку, действующую на шпильки от неравномерности нагрева элементов уплотнения, а также различия величин коэффициентов линейного расширения сопрягаемых деталей Q_t

вычисляют по формуле (6). При этом величину Q_t учитывают в формуле (49) при условии $Q_t > 0$.

Если величина $Q_t < 0$, то при $|Q_t| \leq 0,1 R_n$ она не учитывается в формуле (49).

В любом случае ($Q_t > 0$ или $Q_t < 0$) при $|Q_t| > 0,1 R_n$ необходимо принять другие сочетания материалов деталей уплотнения или изменить их геометрические размеры и тепловой режим работы уплотнения.

2.4.12. Суммарное осевое температурное перемещение в зоне контакта вычисляют по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \alpha_n \cdot t_n \cdot h_n + \alpha_k \cdot t_k \cdot H_k + \alpha_{ш\delta} \cdot t_{ш\delta} \cdot h_{ш\delta} - \alpha_{ш} \cdot t_{ш} \cdot l_{ш} \quad (59)$$

Величины коэффициентов линейного расширения α_n , α_k , $\alpha_{ш\delta}$, $\alpha_{ш}$ для соответствующих материалов приведены в приложении 4.

2.4.13. Размер H_k вычисляют по формуле

$$H_k = H_{kp} + h_k \quad (60)$$

Толщину крышки H_{kp} определяют в соответствии с СТ СЭВ 5206-85. Размеры h_k и h_n определяют согласно ОСТ 26-01-86-88. Осевые размеры $l_{ш}$ и $h_{ш\delta}$ определяют согласно п.2.1.9.

2.4.14. Суммарный коэффициент осевой податливости вычисляют по формуле

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_n + \lambda_k + \lambda_{ш\delta} + \lambda_{ш} \quad (61)$$

2.4.15. Коэффициент осевой податливости прокладки вычисляют по формуле

$$\lambda_n = \frac{4 \cdot h_n \cdot K_1}{E \cdot F \cdot D_{cp}^2} \quad (62)$$

2.4.16. Коэффициенты осевой податливости крышки λ_k , шпильки λ_w , шайбы λ_{ws} определяют в соответствии с п.п.2.1.12-2.1.14.

2.4.17. При пробном гидравлическом давлении P_{np} усилие, действующее на шпильки Q_{np} вычисляют по формуле (49), при этом в расчетную зависимость (2) подставляют значение P_{np} вместо P в формулу (50) подставляют значение напряжения смятия $\sigma_{см np}^{20} = 0,5 \cdot \sigma_{см.п}^{20}$, а величину Q_ϵ принимают равной нулю.

2.4.18. При технологической опрессовке сосуда или аппарата давлением $P_{тех}$ усилие, действующее на шпильки $Q_{тех}$ вычисляют по формуле (49), при этом в расчетную зависимость (2) подставляется значение $P_{тех}$ вместо P , в формулу (50) подставляется значение напряжения смятия $\sigma_{см тех}^{20} = 0,5 \cdot \sigma_{см.п}^{20}$ а величину Q_ϵ принимают равной нулю.

2.4.19. Усилие в шпильках после их затяжки $Q_{з тех}$ перед технологической опрессовкой давлением $P_{тех}$ принимают равным $Q_{тех}$ (п. 2.4.18).

2.4.20. Усилие в шпильках после их затяжки $Q_{з np}$ перед гидроиспытанием пробным давлением P_{np} принимают равным Q_{np} (п.2.4.17).

2.4.21. Усилие в шпильках после их затяжки $Q_{з np}$ перед гидроиспытанием пробным давлением P_{np} с последующей эксплуатацией без демонтажа уплотнения принимают большим из величин Q или Q_{np} , определяемых, соответственно по п.п.2.4.2 и 2.4.17.

2.4.22. Усилие в шпильках после их затяжки Q_3 для условий эксплуатации при рабочем давлении принимают равным расчетному усилию Q (п.2.4.2).

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- P - расчетное давление, МПа (кгс/см^2);
- $P_{пр}$ - пробное гидравлическое давление, МПа (кгс/см^2);
- $P_{тех}$ - технологическое давление опрессовки, МПа (кгс/см^2);
- σ_T^{20} - предел текучести материала при температуре 20°C , МПа (кгс/см^2);
- $\sigma_{\text{кон}}^{20}$ - допускаемые контактные напряжения при температуре 20°C , МПа (кгс/см^2);
- σ_T^t - предел текучести материала при расчетной температуре, МПа (кгс/см^2);
- $\sigma_{\text{кон}}^t$ - допускаемые контактные напряжения при расчетной температуре, МПа (кгс/см^2);
- $\sigma_{сшн}^{20}$ - герметизирующее напряжение смятия прокладки при расчетном давлении, МПа (кгс/см^2);
- $\sigma_{сшн пр}^{20}$ - герметизирующее напряжение смятия прокладки при пробном гидравлическом давлении, МПа (кгс/см^2);
- $\sigma_{сшн}^x$ - герметизирующее напряжение смятия прокладки при технологическом давлении опрессовки, МПа (кгс/см^2);
- E^{20} - модуль продольной упругости материала при температуре 20°C , МПа (кгс/см^2);
- E^t - модуль продольной упругости материала при расчетной температуре, МПа (кгс/см^2);
- q_3 - герметизирующее усилие затяжки на единицу длины окружности контакта, МН/м (кгс/см);
- α - коэффициент линейного расширения материала элемента уплотнительного соединения при расчетной температуре, $1/^\circ\text{град}$;

- λ - коэффициент осевой податливости элемента уплотнения, мм/МН (мм/кгс);
- λ_z - суммарный коэффициент осевой податливости элементов уплотнения, мм/МН (мм/кгс);
- Q - расчетное усилие в шпильках при действии расчетного давления, МН (кгс);
- $Q_{гг}$ - расчетное усилие в шпильках при действии пробного гидравлического давления, МН (кгс);
- $Q_{тех}$ - расчетное усилие в шпильках при действии технологического давления опрессовки, МН (кгс);
- Q_z - усилие в шпильках после их затяжки для условий эксплуатации при рабочем давлении, МН (кгс);
- $Q_{згг}$ - усилие в шпильках после их затяжки перед гидроиспытанием пробным давлением, МН (кгс);
- $Q_{зтех}$ - усилие в шпильках после их затяжки перед опрессовкой технологическим давлением, МН (кгс);
- Q_f - равнодействующая внутреннего давления среды на крышку, МН (кгс);
- Q_b - осевая составляющая равнодействующей внутреннего давления среды на уплотнительное кольцо, МН (кгс);
- R_b - осевая составляющая реакции уплотнительного кольца, МН (кгс);
- R_n - осевая реакция прокладки в рабочих условиях, МН (кгс);
- Q_t - осевая нагрузка, действующая на шпильки от неравномерности нагрева элементов уплотнения, а также различия величин коэффициентов линейного расширения сопрягаемых деталей, МН (кгс);
- D - внутренний диаметр сосуда или горловины, мм;
- $l_{ш}$ - расчетная длина шпильки, мм;

$H_{кр}, H_k$ - осевые размеры крышки, мм;

$h_{шд}$ - высота шайбы, мм;

$h_{заз}$ - осевый зазор между торцами крышки и фланца, мм;

$D_{ср}$ - средний диаметр уплотнительного соединения, мм;

D_k - диаметр контакта, мм;

$h, h', h_1, h'_1, h_2, h'_2, h_3, h'_3$ - осевые размеры уплотнительных колец (прокладок) и канавок для них, мм;

ℓ_p - расчетная ширина уплотнительной поверхности, мм;

ℓ - толщина (ширина) уплотнительного кольца (прокладки), мм

T - ширина перемычки в корпусе сосуда под уплотнительное кольцо восьмугольного сечения, мм;

$D_0, D_1, D_2, D_n, D_{пр}, D_{шд}$ - диаметральные размеры уплотнительных колец (прокладок), мм;

δ_0 - радиальный зазор между двухконусным уплотнительным кольцом и упором крышки, мм;

δ - осевое перемещение элемента уплотнительного соединения, мм;

δ_t - суммарное осевое температурное перемещение элементов уплотнения в зоне контакта, мм;

t - расчетная температура, °С;

γ - угол конусности уплотнительных поверхностей, заключенный между осью вращения детали и образующей уплотнительной поверхности, град;

ρ - угол трения на уплотнительных поверхностях, град;

K_1, K_2 - коэффициенты пропорциональности;

K_2 - условная величина внутреннего давления, действующая на уплотнительное кольцо, МПа (кгс/см²);

$ук, к, ф, ш, шд, n$ - индексы при величинах относящихся к элементам уплотнительного соединения, соответственно уплотнительное кольцо, крышка, фланец корпуса, шпилька, шайба, прокладка.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное
Таблица 2

РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ КОЛЕЦ
ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Марка стали	Предел текучести, предел прочности МПа ² (кгс/см ²)	Температура, °C					
		20	100	200	300	400	420
10	σ_T	210(2100)	200(2000)	180(1800)	140(1400)	100(1000)	90(900)
	σ_b	340(3400)	340(3400)	340(3400)	320(3200)	280(2800)	270(2700)
20	σ_T	200(2000)	200(2000)	190(1900)	160(1600)	120(1200)	120(1200)
	σ_b	400(4000)	400(4000)	400(4000)	390(3900)	375(3750)	360(3600)
25	σ_T	280(2800)	270(2700)	250(2500)	220(2200)	180(1800)	170(1700)
	σ_b	460(4600)	460(4600)	460(4600)	440(4400)	390(3900)	380(3800)
09Г2С	σ_T	300(3000)	285(2850)	260(2600)	210(2100)	190(1900)	180(1800)
	σ_b	460(4600)	450(4500)	440(4400)	390(3900)	360(3800)	370(3700)
18ХЗМФА	σ_T	450(4500)	435(4350)	400(4000)	380(3800)	350(3500)	335(3350)
	σ_b	600(6000)	575(5750)	550(5500)	525(5250)	50(5000)	485(4850)
20ХЗМВФ	σ_T	680(6800)	660(6600)	630(6300)	600(6000)	580(5800)	565(5650)
	σ_b	800(8000)	760(7600)	730(7300)	690(6900)	650(6500)	635(6350)
22ХЗМ	σ_T	450(4500)	425(4250)	400(4000)	350(3500)	300(3000)	285(2850)
	σ_b	600(6000)	580(5800)	555(5550)	500(5000)	450(4500)	440(4400)
30ХМА	σ_T	400(4000)	380(3800)	370(3700)	340(3400)	330(3300)	320(3200)
	σ_b	600(6000)	580(5800)	550(5500)	520(5200)	490(4900)	480(4800)

Продолжение табл. 2

Марка стали	Предел текучести, предел прочности МПа (кгс/см ²)	Температура, °С					
		20	100	200	300	400	420
20Х2МА	σ_T	400(4000)	385(3850)	360(3600)	345(3450)	330(3300)	320(3200)
	σ_b	550(5500)	535(5350)	510(5100)	495(4950)	480(4800)	470(4700)
08Х13	σ_T	380(3800)	380(3800)	340(3400)	330(3300)	300(3000)	295(2950)
	σ_b	570(5700)	550(5500)	510(5100)	500(5000)	460(4600)	440(4400)
12Х13	σ_T	380(3800)	380(3800)	340(3400)	330(3300)	320(3200)	315(3150)
	σ_b	600(6000)	600(6000)	550(5500)	550(5500)	520(5200)	510(5100)
20Х13	σ_T	480(4800)	460(4600)	420(4200)	370(3700)	370(3700)	360(3600)
	σ_b	640(6400)	600(6000)	540(5400)	500(5000)	470(4700)	460(4600)
30Х13	σ_T	570(5700)	550(5500)	530(5300)	510(5100)	450(4500)	440(4400)
	σ_b	710(7100)	680(6800)	670(6700)	640(6400)	580(5800)	570(5700)
15ЛМ	σ_T	280(2800)	240(2400)	240(2400)	220(2200)	200(2000)	195(1950)
	σ_b	450(4500)	440(4400)	430(4300)	420(4200)	380(3800)	365(3650)
12Х18Н10Т	σ_T	200(2000)	195(1950)	175(1750)	150(1500)	130(1300)	130(1300)
	σ_b	500(5000)	440(4400)	400(4000)	400(4000)	380(3800)	380(3800)
10Х17Н13М2Т	σ_T	200(2000)	195(1950)	175(1750)	150(1500)	130(1300)	130(1300)
	σ_b	500(5000)	440(4400)	400(4000)	400(4000)	380(3800)	380(3800)
08Х18Н10Т	σ_T	200(2000)	195(1950)	175(1750)	150(1500)	130(1300)	130(1300)
	σ_b	500(5000)	440(4400)	400(4000)	400(4000)	380(3800)	380(3800)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Справочное

РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ КРЫШКИ И
ФЛАНЦА КОРПУСА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Таблица 3

Марка стали	Пре- дел проч- ности, пре- дел теку- чес- ти МПа <i>(кгс/см²)</i>	Температура, °C				
		20	100	200	300	400
20	σ_T	170(1700)	170(1700)	160(1600)	140(1400)	110(1100)
	σ_b	340(3400)	340(3400)	320(3200)	300(3000)	280(2800)
22K	σ_T	220(2200)	220(2200)	200(2000)	190(1900)	170(1700)
	σ_b	440(4400)	440(4400)	400(4000)	380(3800)	370(3700)
09Г2С	σ_T	300(3000)	285(2850)	260(2600)	210(2100)	190(1900)
	σ_b	460(4600)	450(4500)	440(4400)	390(3900)	380(3800)
20Х2МА	σ_T	400(4000)	385(3850)	355(3550)	310(3100)	265(2650)
	σ_b	550(5500)	530(5300)	510(5100)	460(4600)	410(4100)
22ХЗМ Ø до 550 мм	σ_T	450(4500)	425(4250)	400(4000)	350(3500)	300(3000)
	σ_b	600(6000)	580(5800)	550(5500)	500(5000)	450(4500)
22ХЗМ Ø - 551 - - 700 мм	σ_T	400(4000)	380(3800)	350(3500)	300(3000)	250(2500)
	σ_b	550(5500)	535(5350)	500(5000)	450(4500)	400(4000)
I5X2MФA	σ_T	440(4400)	430(4300)	420(4200)	405(4050)	375(3750)
25X2MФA	σ_b	550(5500)	550(5500)	530(5300)	510(5100)	480(4800)
25X3MФA						
18X2MФA	σ_T	540(5400)	530(5300)	520(5200)	505(5050)	460(4600)
25X2MФA	σ_b	650(6500)	630(6300)	600(6000)	570(5700)	530(5300)
25X3MФA						

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Справочное

СРЕДНИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ $\alpha \cdot 10^6$ 1/град

Таблица 4

Группы сталей	Интервал температур, °C							
	29-50	20-100	20-150	20-200	20-250	20-300	20-350	20-400
Углеродистые и низко- легированные стали: ст 10, 20, 25, 09Г2С, 15ХМ, 30ХМ, 20Х2МА, 20Х3МВФ, 22Х3М, 18Х3МФА	11,5	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,6
Хромистые нержавеющие стали: 08Х13, 12Х13, 20Х13, 30Х13	10,0	10,3	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6
Хромоникелиевые аустенитные стали 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т	16,4	16,6	16,8	17,0	17,2	17,4	17,6	17,8

ДП 26-01-168-88

С.33

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Справочное

Таблица 5

МОДУЛЬ УПРУГОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ $E \cdot 10^{-4}$ МПа ($E \cdot 10^{-5}$ кгс/см²)

Группы сталей	Температура, °С				
	20	100	200	300	400
Углеродистая сталь C ≤ 0,25% ст. 10, 20, 25	20,0	19,5	19,0	18,0	17,0
Низколегированная сталь C < 0,25% 09Г2С, 15ХМ, 20Х2М	21,0	20,5	20,0	19,5	18,5
Низколегированная сталь C > 0,25% 30ХМА, 22Х3М, 18Х3МФА, 20Х3МФА	21,5	21,0	20,5	20,0	19,0
Высокохромистая сталь 08Х13, 12Х13, 20Х13, 30Х13	22,0	21,5	21,0	20,0	19,0
Хромоникелевые аустенитные стали 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т	20,5	20,0	19,0	18,0	17,0

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. УТВЕРЖДЕН Министерством химического и нефтяного машиностроения, УкрНИИхиммаш
2. ИСПОЛНИТЕЛИ Древин А.К., канд. техн. наук (руководитель темы), Виракин Е.П., Погодин В.К., канд. техн. наук, Золотенко Г.Г.
3. Срок первой проверки 1991 г;
периодичность проверки 5 лет.
4. Использовано изобретение - авторское свидетельство
№ 479930
5. Взамен ОСТ 26-01-87-78
6. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения
1. ГОСТ 11879-81	I.4
2. ГОСТ 14249-80	I.4
3. ГОСТ 26303-84	2.1.9, 2.1.13,
4. СТ СЭВ 5206-85	2.1.9, 2.2.7, 2.3.9, 2.4.13
5. ОСТ 26-01-9-80	лист I
6. ОСТ 26-01-86-88	лист I, I.5, 2.1.9, 2.1.17, 2.2.7, 2.3.9, 2.4.13
7. ОСТ 26-01-138-81 - - ОСТ 26-01-144-81	2.1.9, 2.1.13, 2.1.14,
8. ОСТ 26-01-221-86	лист I, I.4
9. ОСТ 26-1046-87	лист I.

