

**СССР**  
**АЛЬБОМ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**  
**ФЛАНЦЫ, КРЫШКИ И ПРОКЛАДКИ ДЛЯ**  
**МАЛОГАБАРИТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

**Конструкция и размеры.**  
**Технические требования**

**АТК 24.201.18-91**

**УТВЕРЖДЕНО**

Указанием Министерства  
тяжелого машиностроения СССР  
от 03.04.91 № ВА-002-1829  
Дата введения 01.07.91

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**  
**АЛЬБОМ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**  
**ФЛАНЦЫ, КРЫШКИ И ПРОКЛАДКИ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

**Конструкция и размеры.**  
**Технические требования**

**АТК 24.201.18-91**

Первый Зам. начальника  
Научно-Технического Отдела  
Минтяжмаша СССР  
Начальник сектора НТО  
Зам. директора УкрНИИхиммаша  
Зав. отделом стандартизации  
Зав. отделом прочности  
Зав. лабораторией методов расчета  
Руководитель темы  
Исполнитель  
СОИСПОЛНИТЕЛИ  
Завод «Карпаты»  
Главный инженер  
Начальник ТО  
Начальник КБ х/а

В. А. Мажукин  
А. Н. Полтарецкий  
Л. П. Перцев  
В. В. Проголаев  
В. Н. Стогний  
П. С. Марченко  
Л. П. Гапонова  
Т. П. Голубова  
  
А. А. Мельничук  
В. П. Лазорик  
Б. М. Медведева

**АЛЬБОМ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

---

**ФЛАНЦЫ, КРЫШКИ И ПРОКЛАДКИ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ**  
**АППАРАТОВ**

**АТК 24.201.18-91**

**Конструкция и размеры.**  
**Технические требования**

---

Дата введения 01.07.91.

Настоящий альбом распространяется на фланцы, крышки и прокладки малогабаритных химических аппаратов, работающих под давлением до 0,6 МПа, под вакуумом с остаточным давлением не ниже 665 Па и температуре от минус 20 до плюс 300 °С.

Альбом устанавливает конструкции, размеры и технические требования для фланцев, крышек и прокладок.

**1. ПРЕДЕЛЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

1.1. Пределы применения фланцев и крышек в зависимости от расчетной температуры должны соответствовать указанным в таблице 1.

Таблица 1

Материал фланца, корпуса, крышки	Давление рабочее избыточное предельное МПа при температуре среды °С					
	20	100	150	200	250	300
Ст.08пс	0,6	0,57	0,6		-	-
ВСтЗсп2			0,56	0,54	-	-
12Х18Н10Т			0,55	0,52	0,50	0,48

1.2. Первая ступень рабочего избыточного предельного давления распространяется и на фланцы, работающие в условиях минусовых температур, значения которых не должны быть ниже установленных Правилами Госгортехнадзора СССР или другой нормативно-технической документацией для материалов приведенных в таблице 1 элементов.

1.3. Допускается фланцы исполнения 1 применять для малогабаритных химических аппаратов с эмалевым покрытием, изготавливаемых в соответствии с требованиями ОСТ 26-01-1.

Значения рабочих избыточных предельных давлений следует определять по формуле

$$p = 0,6 \frac{[\sigma]}{[\sigma]_{20}}$$

где  $[\sigma]_{20}$ ,  $[\sigma]$  - допускаемые напряжения при температуре 20 °С и расчетной, МПа, определяемые по ОСТ 26-01-949.

Отношение  $[\sigma]/[\sigma]_{20}$  следует принимать по материалу элемента соединения (фланца, корпуса, крышки) для которого оно является наименьшим.

1.4. При использовании материалов, которые по своим свойствам отличаются от свойств сталей, приведенных в табл. 1, значения рабочих избыточных предельных давлений следует определять по п. 1.3.

Допускаемые напряжения следует определять по ГОСТ 14249 или другой нормативно-технической документации.

1.5. Расчет фланцевых соединений выполнен при температуре 20 °С с учетом прибавки на компенсацию коррозии для углеродистых сталей С = 1 мм. При расчете принята прокладка из паронита. Метод расчета приведен в обязательном приложении.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ И РАЗМЕРЫ

2.1. Конструкция и размеры фланцев исполнения 1 для аппаратов внутренним диаметром от 250 до 1000 мм, количество зажимов для них должны соответствовать указанным на черт. 1 и в табл. 2.

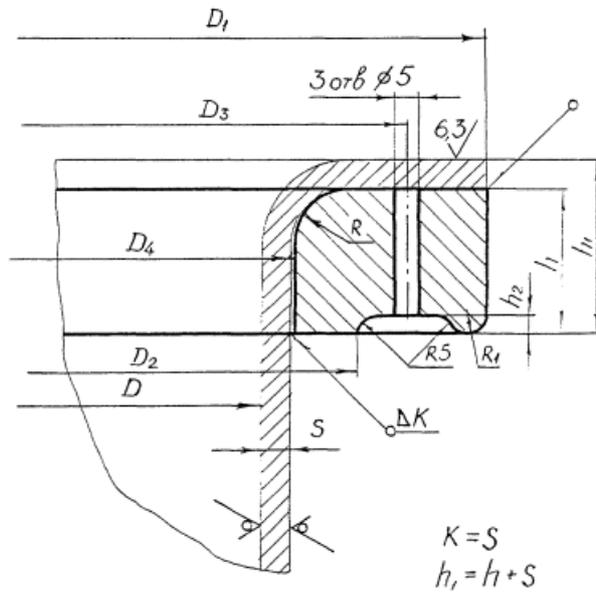
2.2. Конструкция и размеры фланцев исполнений 2 - 3 для аппаратов внутренним диаметром от 700 до 1000 мм, количество зажимов для них должны соответствовать указанным на черт. 2 и в табл. 3.

2.3. Конструкция и размеры плоских крышек должны соответствовать указанным на черт. 3 и в табл. 4.

2.4. Конструкция и размеры прокладок должны соответствовать указанным на черт. 4 и в табл. 5.

### ИСПОЛНЕНИЕ 1

12,5/√(√)



Черт. 1.

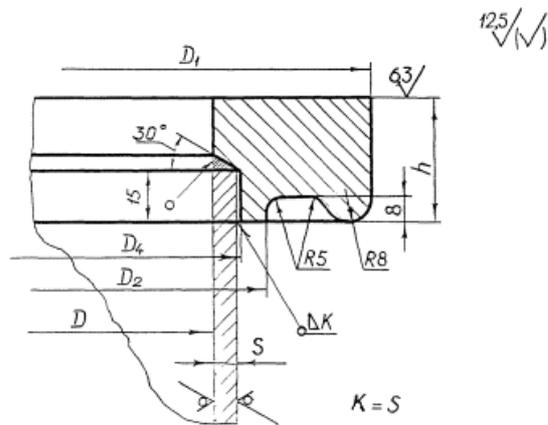
Таблица 2

Размеры в мм

Внутренний диаметр аппарата $D$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$h$	$h_2$	$s$	$R$	$R_1$	Зажимы		Масса, кг
										диаметр болта	количество	
250	330	270	280	260	22	6	4	16	6	M16	12	4,7
350	430	370	380	362			5	20			14	6,1
400	480	430	440	412			18	7,2				
500	580	530	540	514			24	9,4				
600	680	630	640	614	26	8	6	24	8	M24	28	12,2
700	785	730	745	714	32		18	18,8				
800	890	830	850	818	8		22	21,3				
1000	1090	1030	1050	1018	40		8	40			33,8	

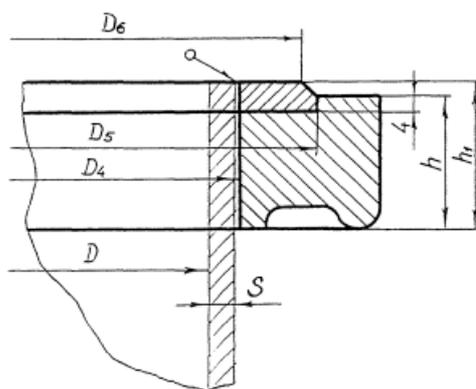
Примечание: Масса посчитана при плотности материала 7,85 г/см<sup>3</sup>.

ИСПОЛНЕНИЕ 2



ИСПОЛНЕНИЕ 3

(остальное см. исполнение 2)



Черт. 2.

Таблица 3

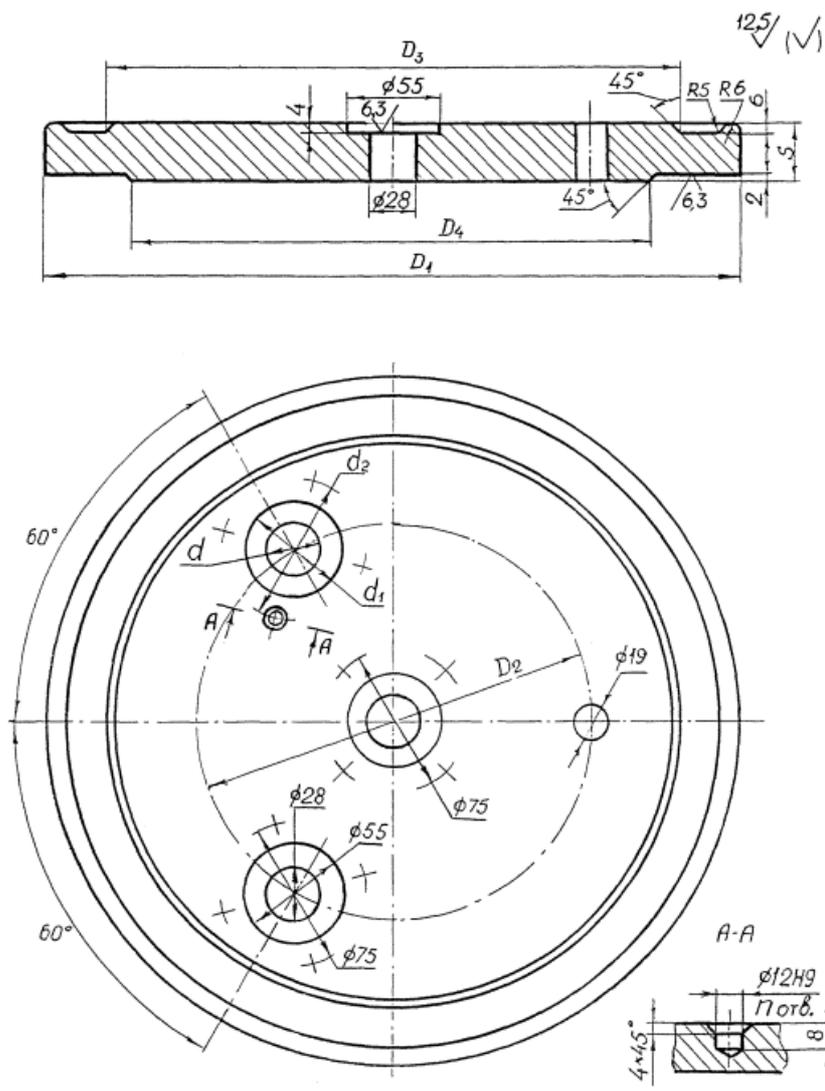
Размеры в мм

Внутренний диаметр аппарата $D$	$D_1$	$D_2$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$h$	$s$ для аппарата		Зажимы		Масса, кг
							с рубашкой	без рубашки	диаметр болта	количество	
700	785	730	714	760	744	32	8	6	M24	16	21,9
800	890	830	818	860	844	35				24	28,0
1000	1090	1030	1018	1060	1051	40				8	32

Примечание: Масса посчитана при плотности материала 7,85 г/см<sup>3</sup>.

Пример условного обозначения фланца исполнения 1 для аппарата внутренним диаметром 700 мм из стали 12X18H10T.

ФЛАНЕЦ 1-700-12X18H10T ATK 24.201.18-91



Черт. 3.

Таблица 4

Размеры в мм

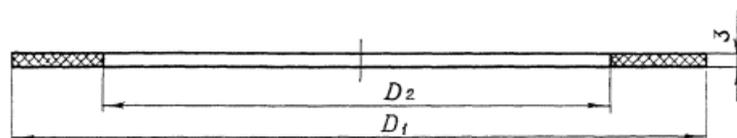
Внутренний диаметр аппарата $D$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$d$	$d_1$	$d_2$	$n$ шт.	$s$		Масса, кг
									из углеродистых сталей	из коррозионно-стойких сталей	
250	330	200	290	260	28	55	75	8	16	16	9,3
350	430	260	390	360					16		16,5
400	480	290	440	410	43	75	100	12	18	18	23,5
500	580	360	540	510					20		39,0
600	680	400	640	610					22		59,9

Примечание: Масса посчитана при плотности материала 7,85 г/см<sup>3</sup>.

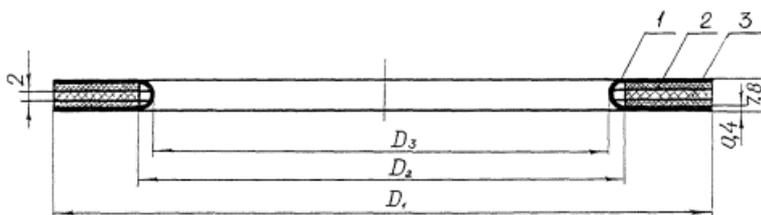
Пример условного обозначения крышки для аппарата внутренним диаметром 350 мм из стали 08пс

КРЫШКА 350-08ПС АТК 24.201.18-91

ИСПОЛНЕНИЕ 1

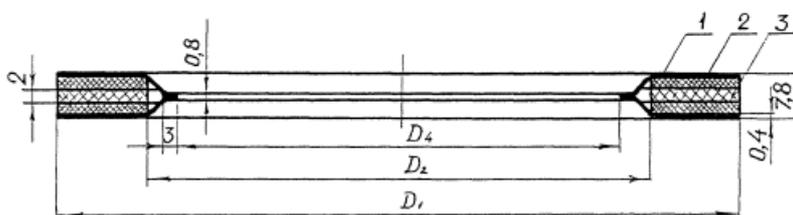


ИСПОЛНЕНИЕ 2



1 - чехол, 2 - наполнитель, 3 - сердцевина.

ИСПОЛНЕНИЕ 3



1 - чехол, 2 - наполнитель, 3 - сердцевина.

Черт. 4.

Таблица 5

Размеры в мм

Внутренний диаметр аппарата $D$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	Масса, кг	
					исполнение 1	исполнение 2
250	330	280	272	240	0,14	0,30
350	430	380	372	340	0,19	0,40
400	480	430	422	388	0,21	0,44
500	580	530	522	488	0,26	0,54
600	680	630	822	-	0,31	0,63
700	790	740	732	-	0,36	0,74
800	890	840	832	-	0,41	0,84
1000	1090	1040	1032	-	0,50	1,03

Примечание: Масса посчитана при плотности материала  $7,85 \text{ г/см}^3$ .

Пример условного обозначения прокладки исполнения 1 для аппаратов внутренним диаметром 400 мм

ПРОКЛАДКА 1-400 АТК 24.201.18-91

Материал прокладки оговаривается при заказе

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1. Фланцы и крышки должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего альбома, Правил Госгортехнадзора, ОСТ 26-291, ОСТ 26-01-1 по рабочей документации.

3.2. Материал фланцев, крышек - сталь С8пс по ГОСТ 4041, ГОСТ 19303, технические требования на материал - по ГОСТ 1577, ВСтЗсп2 по ГОСТ 380, 12Х18Н10Т по ГОСТ 7350.

Допускается применение сталей других марок, отвечающих требованиям Правил Госгортехнадзора, ОСТ 26-231, ОСТ 26-01-1.

3.3. Зажимы по ОСТ 26-01-64.

Допускается применение зажимов по действующей нормативно-технической документации с нагрузочной способностью не ниже приведенной в указанном ОСТе.

3.4. Для фланцев исполнений 1, 2 допускается приварка эллиптических днищ толщиной равной или более

толщина обечайки корпуса.

3.5. Предельные отклонения размеров фланца, крышки

$$H_{14}; h_{14}; \pm \frac{T_{14}}{2}.$$

3.6. Допуск плоскостности (или торцевого биения) уплотнительных поверхностей фланцев, крышек в готовом изделии должен соответствовать II степени точности по ГОСТ 24643.

3.7. Допускается изготавливать фланцы сварными из частей при условии выполнения сварных швов с полным проваром по всему сечению фланца.

3.8. При поставке фланцев, крышек должна быть выполнена маркировка:

товарный знак предприятия-изготовителя или его сокращенное наименование;

условное обозначение (без наименования детали) и марка материала.

Маркировку производить на торце.

3.9. Материал прокладок исполнения 1 - паронит по ГОСТ 481, резина по ГОСТ 7338, картон асбестовый по ГОСТ 2850.

Допускается применение прокладок из других неметаллических материалов исходя из условий эксплуатации по действующей нормативно-технической документации. Для фланцев исполнения 1, 2 допускается применение прокладок комбинированных с фторопластовым чехлом - исполнения 2, 3. Материал чехла (поз. 1) - фторопластовая лента по ГОСТ 24222, наполнителя (поз. 2) - картон асбестовый по ГОСТ 2850, сердцевины (поз. 3) - паронит по ГОСТ 431.

3.10. Допускается изготовление прокладок исполнения 1, а также сердцевины (поз. 3) и наполнителя (поз. 2) прокладок исполнения 2, 3 составными.

Склеивание отдельных секторов из паронита производится в соответствии с требованиями ГОСТ 431, из картона асбестового - клеем марки ХКС или БФ-2. Соединение отдельных секторов должно осуществляться «под углом внахлестку».

3.11. Предельные отклонения размеров  $D_1$  и  $D_2$ :

$h_{15}$ ,  $H_{15}$  - для прокладок из паронита и картона асбестового;

$h_{14}$ ,  $H_{14}$  - для прокладок из резины.

Для прокладок, изготавливаемых из отдельных секторов, предельные отклонения не регламентируются.

3.12. Не допускаются на уплотняющих поверхностях прокладок трещины, а также царапины в радиальном направлении. Сварной шов во фторопластовом чехле прокладки исполнения 2 должен быть защищен. Сплошность фторопластового чехла следует проверять электродефектоскопом напряжением 1500 В.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Обязательное

## МЕТОД РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ И ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Альбом устанавливает метод расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений для малогабаритной химической аппаратуры, работающей в условиях воздействия статических и повторно-статических нагрузок.

Метод расчета применим при соблюдении «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», утвержденных Госгортехнадзором СССР, ОСТ 26-291.

Допускается применять настоящий метод для расчета фланцевых соединений малогабаритной химической аппаратуры с эмалевым покрытием, изготавливаемой в соответствии с требованиями ОСТ 26-01-1.

### 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. Условные обозначения

$b_n$  - ширина прокладки, мм;

$c$  - прибавка к расчетной толщине, мм;

$D$  - внутренний диаметр фланца, мм;

$D_1$  - наружный диаметр фланца, крышки, мм;

$D_{cp}$  - средний диаметр прокладки, мм;

$D_s$  - диаметр окружности расположения зажимов, мм;

$h$ ,  $s_k$  - толщина фланца, крышки, мм;

$h_n$  - толщина прокладки, мм;

$s$  - толщина обечайки, мм;

$h_T$  - толщина траверсы зажима, мм;

$f_b$  - площадь поперечного сечения болта по внутреннему диаметру резьбы, мм<sup>2</sup>;

$n$  - число зажимов, шт;

$E$  - модуль продольной упругости материала фланца, обечайки, МПа;

$E_n$  - модуль упругости материала прокладки, МПа;

$p, p_r$  - расчетное давление и давление испытания, МПа;

$t, t_s$  - расчетная температура среды, зажимов, °С;

$a_\phi, a_o, a_T, a_b, a_{ш}$  - коэффициенты линейного расширения материалов фланца, обечайки, траверс, болта, шайбы, 1/град;

$[s]_{20}, [s]$  - допускаемое напряжение для материалов фланца при температуре 20 °С и расчетной, МПа;

$[s]_{b20}, [s]_b$  - допускаемое напряжение для материала болтов зажимов при температуре 20 °С и расчетной, МПа;

$R_{p02}, R_m$  - расчетное значение предела текучести и временного сопротивления для материалов фланца, обечайки при расчетной температуре, МПа;

$n$  - коэффициент Пуассона.

1.2. Расчетная схема и схема нагружения фланца приведены на черт. 4.

1.3. Расчетные формулы применимы при

$$\frac{D_1}{D} \leq 2 \quad \text{и} \quad \frac{2 \cdot h}{D_1 - D} \geq 0,25$$

1.4. Расчетная температура элементов фланцевых соединений определяется на основании теплотехнических расчетов или результатов испытаний.

Допускается принимать расчетную температуру:

для теплоизолированных аппаратов и аппаратов с рубашками

фланца, крышки -  $t$ ;

зажимов -  $0,55 \cdot t$ ;

для нетеплоизолированных аппаратов

фланца, крышки -  $0,96 \cdot t$ ;

зажимов -  $0,55 \cdot t$ .

1.5. Допускаемые напряжения для болтов определяются по формуле:

$$[\sigma]_b = \frac{\sigma_m}{n_m},$$

где  $\sigma_m$  - минимальное значение предела текучести для материала болтов при расчетной температуре, МПа

$n_T$  - коэффициент запаса прочности по пределу текучести,

для затяжки и условий эксплуатации

$$n_T = 2,3 - 2,6$$

для условий испытаний

$$n_T = 2,0$$

1.6. Допускаемые напряжения

В кольце фланца:

- в условиях эксплуатации

$$[\sigma]_\phi = 1,5 [s]$$

- при испытании

$$[\sigma]_{\phi r} = 2,0 [s]_{20}$$

В обечайке над сварным швом

- в условиях эксплуатации

$$[\sigma]_s = \left( 4,5 - 2,0 \frac{R_{p02}}{R_m} \right) \cdot [s]$$

- при испытании

$$[\sigma]_{s2} = \left( 6,0 - 2,7 \frac{R_{p02}}{R_m} \right) \cdot [s]_{20}$$

$R_{p02}, R_m, [s]_{20}, [s]$  - принимаются по ГОСТ 14249 или другой нормативно-технической документации.

Допускаемые напряжения для фланцев малогабаритной химической аппаратуры с эмалевым покрытием  
В кольце фланца:

- в условиях эксплуатации

$$[s]_{\phi} = [s]$$

- при испытании

$$[s]_{\phi} = [s]_r$$

В обечайке над сварным швом

- в условиях эксплуатации:

$$[s]_s = [s]$$

- при испытании:

$$[s]_{sr} = [s]_r$$

$[s]$ ,  $[s]_r$  - принимаются по ОСТ 26-01-949.

1.7. Расчет фланцевого соединения для условий испытаний не производится, если расчетное давление для условий испытания будет меньше, чем расчетное давление в условиях эксплуатации, умноженное на  $1,35 \cdot [\sigma]_{b0} / [\sigma]$ .

1.8. Прибавка к расчетным толщинам определяется по формуле

$$C = C_1 + C_2$$

Для фланцев малогабаритной химической аппаратуры с эмалевым покрытием

$$C = C_2 + C_3$$

где  $C_1$  - прибавка для компенсации коррозии, мм;

$C_2$  - прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

$C_3$  - технологическая прибавка, компенсирующая уменьшение толщины металла во время обжига аппарата в процессе изготовления,

$$C_3 = 0,5 \text{ мм.}$$

## 2. РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН

2.1. Эффективная ширина прокладки, мм

$$b_o = b_n \text{ при } b_n \leq 15 \text{ мм}$$

$$b_o = 3,8 \sqrt{b_n} \text{ при } b_n > 15 \text{ мм}$$

2.2. Характеристики прокладки  $m$ ,  $q_{обж}$  [ $q$ ],  $k$ ,  $E_n$  принимаются по таблице 6.

2.3. Податливость прокладки, мм

$$Y_n = \frac{k_1 \cdot k_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_n}$$

2.4. Угловая жесткость прокладки, мм/Н

$$k_n = \frac{D_{cn} \cdot b_o^3 \cdot E_n}{24 \cdot k_n}$$

2.5. Податливость зажимов, мм/Н

$$Y_3 = \frac{\lambda_3^{20}}{n}$$

где  $\lambda_3^{20}$  - принимается по действующей нормативно-технической документации.

2.6. Параметры крышки

$$A_{кр} = \frac{1}{1 + \frac{12(1-\nu) \cdot k_n}{E \cdot s_n^3}}$$

$$y_{\text{зр}} = \frac{1 - A_{\text{зр}}}{2\pi k_{\text{н}}}$$

Расчетная схема фланца

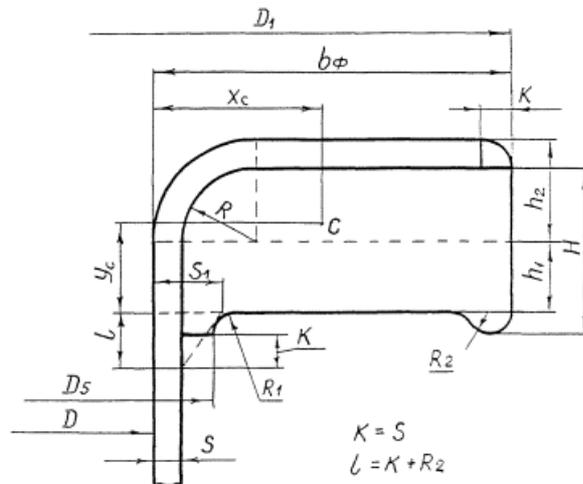
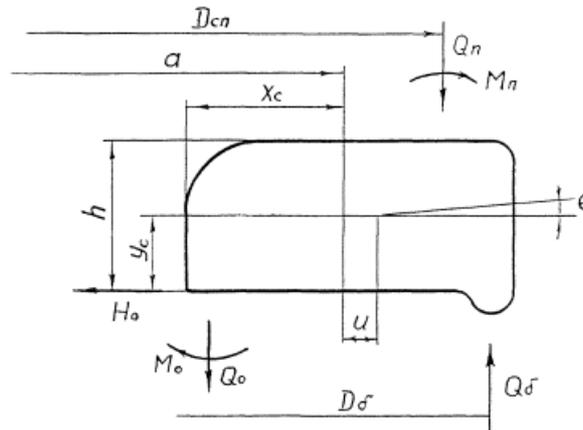


Схема нагружения фланцевого кольца



Черт. 4.

Таблица 6

Материал прокладки	Коэффициент $m$	Коэффициент $k_1$	Удельное давление обжатия прокладки $q_{\text{обж}}$	Допускаемое удельное давление $[q]$ , МПа	Модуль упругости $E_p \cdot 10^{-5}$ , МПа
Резина по ГОСТ 7333 с твердостью по Шору А до 65 единиц	0,5	0,04	2,0	18,0	$0,3 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 + \frac{b_{\text{н}}}{2 \cdot h_{\text{н}}}\right)$
Резина по ГОСТ 7338 с твердостью по Шору А более 65 единиц	1,0	0,09	4,0	20,0	$0,4 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 + \frac{b_{\text{н}}}{2 \cdot h_{\text{н}}}\right)$
Картон асбестовый по ГОСТ 2850 при толщине 1-3 мм	2,5	0,90	20,0	130,0	0,02
Паронит по ГОСТ 481 при толщине 3 мм	2,5	0,90	10,0*	130,0	0,02
Прокладка комбинированная во фторопластовом чехле	2,5	0,75	10,0	80,0	0,02

\* Примечание: Для сред с высокой проникающей способностью (водород, гелий, легкие нефтепродукты, сжиженные газы и т.п.)

$q_{\text{обж}} = 35,0$  МПа.

## 2.7. Параметры фланца

Координаты центра тяжести, мм

$$x_c = \frac{0,5 F_1 b_\phi + F_2 (R_3 + 0,5 b_{2p}) + F_3 (R_3 - z_3) + F_4 (b_\phi - R_2)}{F}$$

$$y_c = \frac{0,5 F_1 h_{1p} + F_2 (h_{1p} + 0,5 h_{2p}) + F_3 (h_{1p} + z_3) - F_4 z_4}{F}$$

где

$$b_\phi = 0,5(D_1 - D), \quad h_1 = H - R - R_2,$$

$$b_2 = b_\phi - R - s, \quad h_2 = R - s,$$

при  $h_1 \leq 0$ ,  $h_{1p} = 0$ ,  $b_{2p} = b_2 - h_1$ ,  $h_{2p} = h_2 + h_1$

при  $h_1 > 0$ ,  $h_{1p} = h_1$ ,  $b_{2p} = b_2$ ,  $h_{2p} = h_2$

$$F_1 = b_\phi \cdot h_{1p}, \quad F_2 = b_\phi \cdot h_{2p},$$

$$R_3 = h_{2p}, \quad z_3 = 0,4244 R_3, \quad F_3 = 0,785 R_3^2$$

$$z_4 = 0,4244 R_2, \quad F_4 = 1,571 R_2^2$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

Для фланца без отбортовки

$$x_c = \frac{0,5 F_1 b_\phi + F_4 (b_\phi - R_2)}{F}$$

$$y_c = \frac{0,5 F_1 (H - R_2) - F_4 z_4}{F}$$

где

$$b_\phi = \frac{D_1 - D}{2}, \quad F_1 = b_\phi (H - R_2), \quad F = F_1 + F_4$$

Момент инерции, мм

$$I = I_1 + F_1 y_1^2 + I_2 + F_2 y_2^2 + I_3 + F_3 y_3^2 + I_4 + F_4 y_4^2$$

Для фланца без отбортовки

$$I = I_1 + F_1 y_1^2 + I_4 + F_4 y_4^2$$

где

$$I_1 = \frac{b_\phi h_{1p}^3}{12}, \quad I_2 = \frac{b_{2p} h_{2p}^3}{12}, \quad I_3 = 0,055 R_3^4, \quad I_4 = 0,11 R_2^4$$

$$y_1 = y_c - 0,5 h_1, \quad y_2 = h_1 + 0,5 h_2 - y_c,$$

$$y_3 = h_1 + z_3 - y_c, \quad y_4 = y_c + z_4.$$

для фланца без отбортовки

$$I_1 = \frac{b_\phi (H - R_2)^3}{12}$$

$$y_1 = 0,5(H - R_2) - y_c$$

Радиус центра тяжести  $a = 0,5 D + x_c$ .

Эквивалентная толщина обечайки, мм

$$s_\theta = c s$$

где

$$x = l + (\beta - l) \frac{x}{x + \frac{l + \beta}{4}},$$

$$s_1 = 0,5(D_2 - D + R_1)$$

$$\beta = \frac{s_1}{s}, \quad x = \frac{l}{\sqrt{D \cdot s}}$$

Параметры обечайки

$$\lambda = 1,8178 \frac{l}{\sqrt{D \cdot s_3}}$$

При  $l < 0,3$

$$\delta_{11} = \delta_{13} = \frac{3 \cdot D^2 \cdot s_3}{l^3},$$

$$\delta_{12} = \delta_{14} = \frac{3 \cdot D^2}{2 \cdot l^2},$$

$$\delta_{22} = \frac{D^2}{l \cdot s_3}, \quad \delta_{24} = 0,5 \delta_{22}$$

При  $0,3 \leq l / \sqrt{\varepsilon \rho}$

$$\omega = 1,8178 \sqrt{\frac{s_3}{D}}$$

$$\delta_{11} = \frac{12(1-\nu^2)}{\omega} \cdot \frac{\operatorname{ch} \lambda \cdot \operatorname{sh} \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \lambda}{\operatorname{sh}^2 \lambda - \sin^2 \lambda},$$

$$\delta_{12} = \frac{6(1-\nu^2)}{\omega^2} \cdot \frac{\operatorname{ch}^2 \lambda - \cos^2 \lambda}{\operatorname{sh}^2 \lambda - \sin^2 \lambda},$$

$$\delta_{13} = \frac{12(1-\nu^2)}{\omega} \cdot \frac{\operatorname{ch} \lambda \cdot \sin \lambda + \operatorname{sh} \lambda \cdot \cos \lambda}{\operatorname{sh}^2 \lambda - \sin^2 \lambda},$$

$$\delta_{14} = \frac{12(1-\nu^2)}{\omega^2} \cdot \frac{\operatorname{sh} \lambda \cdot \sin \lambda}{\operatorname{sh}^2 \lambda - \sin^2 \lambda},$$

$$\delta_{22} = \frac{6(1-\nu^2)}{\omega^3} \cdot \frac{\operatorname{sh} \lambda \cdot \operatorname{ch} \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \lambda}{\operatorname{sh}^2 \lambda - \sin^2 \lambda},$$

$$\delta_{24} = \frac{6(1-\nu^2)}{\omega^3} \cdot \frac{\operatorname{ch} \lambda \cdot \sin \lambda + \operatorname{sh} \lambda \cdot \cos \lambda}{\operatorname{sh}^2 \lambda - \sin^2 \lambda},$$

$$\omega = 0,9089 \sqrt{\frac{D}{s}}$$

$$B_{11} = \frac{8 \cdot s}{D} \cdot \omega_0^3; \quad B_{12} = 2 \cdot \omega_0^2; \quad B_{22} = \frac{D}{s} \cdot \omega_0$$

$$\Delta = (\delta_{12} - \chi B_{12})^2 - (\delta_{11} + \chi^2 B_{11})(\delta_{22} + B_{22}),$$

$$\bar{\delta}_{11} = \frac{1}{\Delta} (\delta_{11} + \chi^2 B_{11}); \quad \bar{\delta}_{12} = \frac{1}{\Delta} (\delta_{12} - \chi B_{12});$$

$$\bar{\delta}_{22} = \frac{1}{\Delta} (\delta_{22} + B_{22}); \quad \bar{\delta}_{13} = \bar{\delta}_{12} \delta_{14} - \bar{\delta}_{22} \delta_{13};$$

$$\bar{\delta}_{14} = \bar{\delta}_{11} \delta_{14} - \bar{\delta}_{12} \delta_{13}; \quad \bar{\delta}_{23} = \bar{\delta}_{12} \delta_{24} - \bar{\delta}_{22} \delta_{14};$$

$$\bar{\delta}_{24} = \bar{\delta}_{11} \delta_{24} - \bar{\delta}_{12} \delta_{14};$$

$$\bar{B}_{11} = \delta_{11} - \bar{\delta}_{13} \delta_{13} + \bar{\delta}_{14} \delta_{14};$$

$$\bar{B}_{12} = \delta_{12} - \bar{\delta}_{23} \delta_{13} + \bar{\delta}_{24} \delta_{14};$$

$$\bar{B}_{13} = \bar{\delta}_{14} (\chi - 1); \quad \bar{B}_{22} = \delta_{22} - \bar{\delta}_{23} \delta_{14} + \bar{\delta}_{24} \delta_{24};$$

$$\bar{B}_{23} = 1 + \bar{\delta}_{24} (\chi - 1);$$

$$\rho_1 = \bar{B}_{22} + \frac{a \cdot D}{2 \cdot F}; \quad \rho_2 = \frac{v}{2} - \frac{D^2}{D_{\alpha}^2};$$

$$A_1 = \frac{\rho_1 + \frac{y_c}{s_3} \bar{B}_{12}}{\bar{B}_{11} \cdot \rho_1 - \bar{B}_{12}^2};$$

$$A_2 = \frac{\bar{B}_{12} + \frac{y_c}{s_3} \bar{B}_{11}}{\bar{B}_{11} \cdot \rho_1 - \bar{B}_{12}^2};$$

$$A_3 = \frac{\bar{B}_{11} \bar{B}_{23} - \bar{B}_{12} \bar{B}_{13}}{\bar{B}_{11}};$$

$$B_2 = \frac{\bar{B}_{11}}{\pi} \cdot \frac{A_3 \cdot \rho_2 + \frac{2 \cdot a \cdot D \cdot h \cdot s_3}{D_{\alpha}^2 \cdot F}}{\bar{B}_{11} \cdot \rho_1 - \bar{B}_{12}^2}$$

$$B_1 = \frac{\bar{B}_{12}}{\bar{B}_{11}} \cdot B_2 - \frac{\bar{B}_{13}}{\pi \cdot \bar{B}_{11}} \cdot \rho_2$$

2.8. Угловая жесткость фланца, 1/Н·мм

$$k_{\phi} = \frac{E \cdot I}{a} + \frac{E \cdot D \cdot s_3^2}{2} \cdot \left( A_1 - \frac{y_c}{s_3} A_2 \right)$$

2.9. Угловая податливость системы, 1/Н·мм  
фланец - плоская крышка - прокладка

$$y_{\phi} = \frac{A_{\text{фп}}}{2 \cdot \pi \cdot (k_{\phi} + A_{\text{фп}} k_{\text{н}})}$$

фланец - эллиптическая крышка - прокладка

$$y_{\phi} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot (k_{\phi} + 2 \cdot k_{\text{н}})}$$

2.10. Плечи моментов, мм

$$b = 0,5(D_{\text{в}} - D_{\alpha}),$$

где

$$D_{\text{в}} = (D_1 - 2 \cdot R_2),$$

$$j = \pi \cdot D \cdot \left( B_1 + \frac{y_c}{s_3} B_2 \right)$$

$$e = 0,5(D_{\alpha} - D - s_3) - j + (A_{\text{фп}} - 1) \frac{D_{\alpha}}{8}$$

Для фланца без отбортовки

$$e = 0,5(D_{\alpha} - D - s_3) - j$$

### 3. КОЭФФИЦИЕНТ ЖЕСТКОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ФЛАНЦА

С плоской крышкой

$$\alpha = I - \frac{I}{\eta} \left[ y_{\text{н}} - \left( y_{\phi} e + y_{\text{фп}} \frac{D_{\alpha}}{8} \right) \cdot b \right],$$

где  $\eta = y_{\text{н}} + y_{\text{в}} + (y_{\phi} A_{\text{фп}} + y_{\text{фп}}) \cdot b^2$ .  
с эллиптической крышкой

$$\alpha = I - \frac{I}{\eta} [y_{\text{н}} - 2y_{\phi} b \cdot e],$$

где  $\eta = y_x + y_b + 2y_\phi b^2$ .

#### 4. РАСЧЕТ НАГРУЗОК

4.1. Равнодействующая внутреннего давления, Н  
в условиях эксплуатации

$$T = 0,785 \cdot D_{cn}^2 \cdot p$$

при испытании

$$T_2 = 0,785 \cdot D_{cn}^2 \cdot p_2$$

4.2. Реакция прокладки, Н  
в условиях эксплуатации

$$R_x = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_o \cdot m \cdot p$$

при испытании

$$R_{x2} = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_o \cdot m \cdot p_2$$

4.3. Нагрузка, возникающая от температурных деформаций, Н

$$Q_t = \frac{\Delta_t}{\eta},$$

где для соединения с плоской крышкой

$$\Delta_t = \alpha_o (t - t_o) s + \alpha_\phi (t - t_o) H + \alpha_{xp} (t - t_o) s_x + 2\alpha_m (t_2 - t_o) h_m + \\ + 2\alpha_w (t_2 - t_o) h_w - \alpha_\phi (t_2 - t_o) (s + H + s_x + 2h_m + 2h_w),$$

для соединения с эллиптической крышкой

$$\Delta_t = \alpha_\phi (t - t_o) H + \alpha_m (t_2 - t_o) h_m + 2\alpha_w (t_2 - t_o) h_w + \alpha_\phi (t_2 - t_o) + \\ + \alpha_\phi (t_2 - t_o) (2H + s_x + 2h_m + 2h_w),$$

4.4. Нагрузка в болтах зажимов при затяжке, Н

$$P_{\phi 1} = \max \{ P_{\phi 2}, P_{обж}, P_{\phi 3}, P_{\phi 2} \}$$

где  $P_{\phi 2} = 0,4 \cdot B \cdot n$ ,

$$P_{обж} = p \cdot D_{cn} \cdot b_o \cdot q_{обж}$$

$$P_{\phi 3}^* = R_n + a \cdot T - Q_t$$

$$P_{\phi 2} = R_{nT} + a \cdot T_r$$

$B$  - нагрузочная способность зажимов, принимается по нормативно-технической документации.

\* При определении  $P_{\phi 3}$  величина  $Q_t$  учитывается при  $Q_t < 0$ .

4.5. Нагрузка в болтах зажимов, Н  
в условиях эксплуатации

$$P_\phi = P_{\phi 1} + (1 - \alpha) \cdot T + Q_t,$$

при испытании

$$P_{\phi 2} = P_{\phi 1} + (1 - \alpha) \cdot T_2$$

#### 5. РАСЧЕТ БОЛТОВ ЗАЖИМОВ

5.1. Условие прочности болтов  
при затяжке

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_{\phi 1}}{n \cdot l_\phi} < [\sigma]_{\phi 20},$$

в условиях эксплуатации

$$\sigma_{\theta 1} = \frac{P_{\theta 1}}{n I_{\theta}} < [\sigma]_{\theta} ,$$

при испытании

$$\sigma_{\theta 2} = \frac{P_{\theta 2}}{n I_{\theta}} < [\sigma]_{\theta} .$$

## 6. РАСЧЕТ НАГРУЗОК И ДЕФОРМАЦИИ ВО ФЛАНЦЕ

в условиях эксплуатации

$$M_o = A_1 E \cdot s^2 \theta + B_1 T ,$$

$$H_o = A_2 E \cdot s \cdot \theta + \frac{B_2}{s} T ,$$

где  $\theta = y_{\phi} (P_{\theta} b \cdot A_{\theta} + T \cdot e)$ ;

для фланца без отбортовки

$$\theta = y_{\phi} (P_{\theta} b + T \cdot e) ,$$

$$M_1 = \bar{\delta}_{13} M_o - \bar{\delta}_{23} H_o s - \bar{\delta}_{12} (\chi - 1) \gamma ,$$

$$H_1 = \frac{-\bar{\delta}_{14}}{s} M_o + \bar{\delta}_{24} H_o + \bar{\delta}_{11} \frac{\chi - 1}{s} \gamma ,$$

$$U_1 = \frac{1}{E s} [-B_{12} M_1 + B_{22} H_1 s + \gamma] ,$$

где  $\gamma = \frac{1}{\pi} \left( \frac{D^2}{D_{\alpha}^2} - \frac{\nu}{2} \right) T ,$

$$N = \frac{E \cdot s \cdot (D_1^2 - D^2)}{(1 - \nu) D_1^2 + (1 + \nu) D^2} \left[ (\alpha_{\phi} - \alpha_o)(t - t_o) + \frac{2U}{D_1} - \frac{2(k_{1\gamma} + k_{2\gamma} - y_c - s)}{D_1} \cdot \theta \right]$$

где  $U = \frac{\alpha D}{2 E F} [(k_{1\gamma} + k_{2\gamma}) p - H_o]$

для фланца без отбортовки  $N = 0$ .

При испытании

$$M_{o2} = A_1 E s^2 \theta_2 + B_1 T_2 ,$$

$$H_{o2} = A_2 E s \theta_2 + \frac{B_2}{s} T_2 ,$$

где  $\theta_2 = y_{\phi} (P_{\theta 2} b \cdot A_{\theta} + T_2 \cdot e)$  ,

для фланца без отбортовки

$$\theta_2 = y_{\phi} (P_{\theta 2} b + T_2 \cdot e) ,$$

$$M_{12} = \bar{\delta}_{13} M_{o2} - \bar{\delta}_{23} H_{o2} s - \bar{\delta}_{12} (\chi - 1) \gamma ,$$

$$H_{12} = \frac{-\bar{\delta}_{14}}{s} M_{o2} + \bar{\delta}_{24} H_{o2} + \bar{\delta}_{11} \frac{\chi - 1}{s} \gamma ,$$

$$U_{12} = \frac{1}{E s} [-B_{12} M_{12} + B_{22} H_{12} s + \gamma_2] ,$$

где  $\gamma_2 = \frac{1}{\pi} \left( \frac{D^2}{D_{\alpha}^2} - \frac{\nu}{2} \right) T_2 ,$

$$N_2 = \frac{E \cdot s \cdot (D_1^2 - D^2)}{(1 - \nu) D_1^2 + (1 + \nu) D^2} \left[ \frac{2U_2}{D_1} - \frac{2(k_{1\gamma} + k_{2\gamma} - y_c - s)}{D_1} \cdot \theta_2 \right]$$

$$U_z = \frac{aD}{2EF} [(h_{1p} + h_{2p})p_z - H_{oz}],$$

где  
для фланца без отбортовки  $N_r = 0$ .

## 7. УСЛОВИЯ ПРОЧНОСТИ ФЛАНЦА

7.1. Условия прочности обечайки над сварным швом:  
в условиях эксплуатации

$$\sigma_s \leq [\sigma]_s$$

где

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_p^2 - \sigma_x \sigma_p},$$

$$\sigma_x = \frac{T}{\pi D(s-c)} + \frac{6M_1}{(s-c)^2},$$

для фланцев с эмалевым покрытием

$$\sigma_x = \frac{T}{\pi D(s-c)} - \frac{6M_1}{(s-c)^2},$$

$$\sigma_p = \nu \cdot \sigma_x + \frac{2 \cdot E \cdot U_1}{D}$$

при испытаниях

$$\sigma_{sz} \leq [\sigma]_{sz}$$

где

$$\sigma_{sz} = \sqrt{\sigma_{xz}^2 + \sigma_{pz}^2 - \sigma_{xz} \sigma_{pz}},$$

$$\sigma_{xz} = \frac{T_z}{\pi D(s-c)} + \frac{6M_{1z}}{(s-c)^2},$$

для фланцев с эмалевым покрытием

$$\sigma_{xz} = \frac{T_z}{\pi D(s-c)} - \frac{6M_{1z}}{(s-c)^2},$$

$$\sigma_{pz} = \nu \cdot \sigma_{xz} + \frac{2 \cdot E \cdot U_{1z}}{D}.$$

7.2. Условия прочности кольца фланца:  
в условиях эксплуатации

$$\sigma_\phi \leq [\sigma]_\phi$$

$$\sigma_\phi = \frac{2 \cdot E (y_c + R_2)}{D + 2 \cdot s} \cdot \theta$$

где  
для фланца без отбортовки

$$\sigma_\phi = \frac{2 \cdot E (y_c + R_2)}{D} \cdot \theta$$

при испытаниях

$$\sigma_{\phi z} \leq [\sigma]_{\phi z}$$

$$\sigma_{\phi z} = \frac{2 \cdot E (y_c + R_2)}{D + 2 \cdot s} \cdot \theta_z$$

где  
для фланца без отбортовки

$$\sigma_{\phi z} = \frac{2 \cdot E (y_c + R_2)}{D} \cdot \theta_z$$

7.3. Оценка прочности приварки отбортовки к кольцу фланца:  
в условиях эксплуатации

$$\tau \leq [\tau]$$

где

$$\tau = \frac{|M|}{\kappa}$$

$$[\tau] = 0,5[\sigma]$$

$$\kappa = s$$

при испытании

$$\tau_2 \leq [\tau]_2$$

где

$$\tau_2 = \frac{|M|_2}{\kappa}$$

$$[\tau]_2 = 0,5[\sigma]_{\text{до}}$$

### 8. УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ПРОКЛАДКИ

$$q = \frac{\max\{P_{\phi 1}; P_{\phi} - T; P_{\phi 2} - T_2\}}{\pi D_{\text{ок}} b_n} + \Delta q \leq [q]$$

где для условий эксплуатации

$$\Delta q = \frac{b_e \cdot E_n}{2 \cdot h_n} \cdot \theta_n,$$

$$\theta_n = (A_{\text{нр}} y_{\phi} + y_{\text{нр}}) \cdot P_{\phi} b + \left( y_{\phi} e + y_{\text{нр}} \frac{D_{\text{ок}}}{8} \right) \cdot T,$$

для фланца без отбортовки

$$\theta_n = 2 \cdot \theta,$$

при испытании

$$\Delta q = \frac{b_e \cdot E_n}{2 \cdot h_n} \cdot \theta_{\text{н}},$$

$$\theta_{\text{н}} = (A_{\text{нр}} y_{\phi} + y_{\text{нр}}) \cdot P_{\phi 2} b + \left( y_{\phi} e + y_{\text{нр}} \frac{D_{\text{ок}}}{8} \right) \cdot T_2,$$

для фланца без отбортовки

$$\theta_{\text{н}} = 2 \cdot \theta_2.$$

### 9. УСЛОВИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ

в условиях эксплуатации

$$\frac{P_{\phi} - T}{\pi \cdot D_{\text{ок}} \cdot b_n} \geq m \cdot p,$$

при испытании

$$\frac{P_{\phi} - T}{\pi \cdot D_{\text{ок}} \cdot b_n} \geq m \cdot p.$$

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН УкрНИИХиммашем, заводом «Карпаты»

ИСПОЛНИТЕЛИ

Л. П. Гапонова (руководитель темы); Т. П. Голубова; П. С. Марченко, канд. техн. наук

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Указанием Министерства тяжелого машиностроения СССР от 03.04.91 № ВА-002-1829

3. ЗАРЕГИСТРИРОВАН НИИХИММАШ за № 24.201.18 от 26.03. 1991 г.

#### 4. Сведения о сроках и периодичности проверки документа

Срок первой проверки 1997 г.

Периодичность проверки 5 лет.

#### 5. ВЗАМЕН ВПЕРВЫЕ

### ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД на которые дана ссылка	Номер пункта, подпункта, приложения
ГОСТ 380-88	п. 3.2
ГОСТ 481-80	п. 3.9; п. 3.10
ГОСТ 1577-81	п. 3.2
ГОСТ 2850-80	п. 3.9
ГОСТ 4041-71	п. 3.2
ГОСТ 7338-77	п. 3.9
ГОСТ 7350-77	п. 3.2
ГОСТ 14249-80	п. 1.4; приложение
ГОСТ 19903-74	п. 3.2
ГОСТ 24222-80	п. 3.9
ОСТ 26-01-1-85	п. 1.3; п. 3.1; п.3.2
ОСТ 26-01-64-83	п. 3.3
ОСТ 26-291-87	п. 3.1; п. 3.2; приложение
ОСТ 26-01-949-80	п. 1.3; приложение

### СОДЕРЖАНИЕ

1. Пределы применения

2. Конструкция и размеры

3. Технические требования

*Приложение* Метод расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений