

Омский Государственный Технический Университет

ПРОИЗВОДСТВО ЦЕОЛИТА

Сушилка распылительная

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Омск
2012 г.

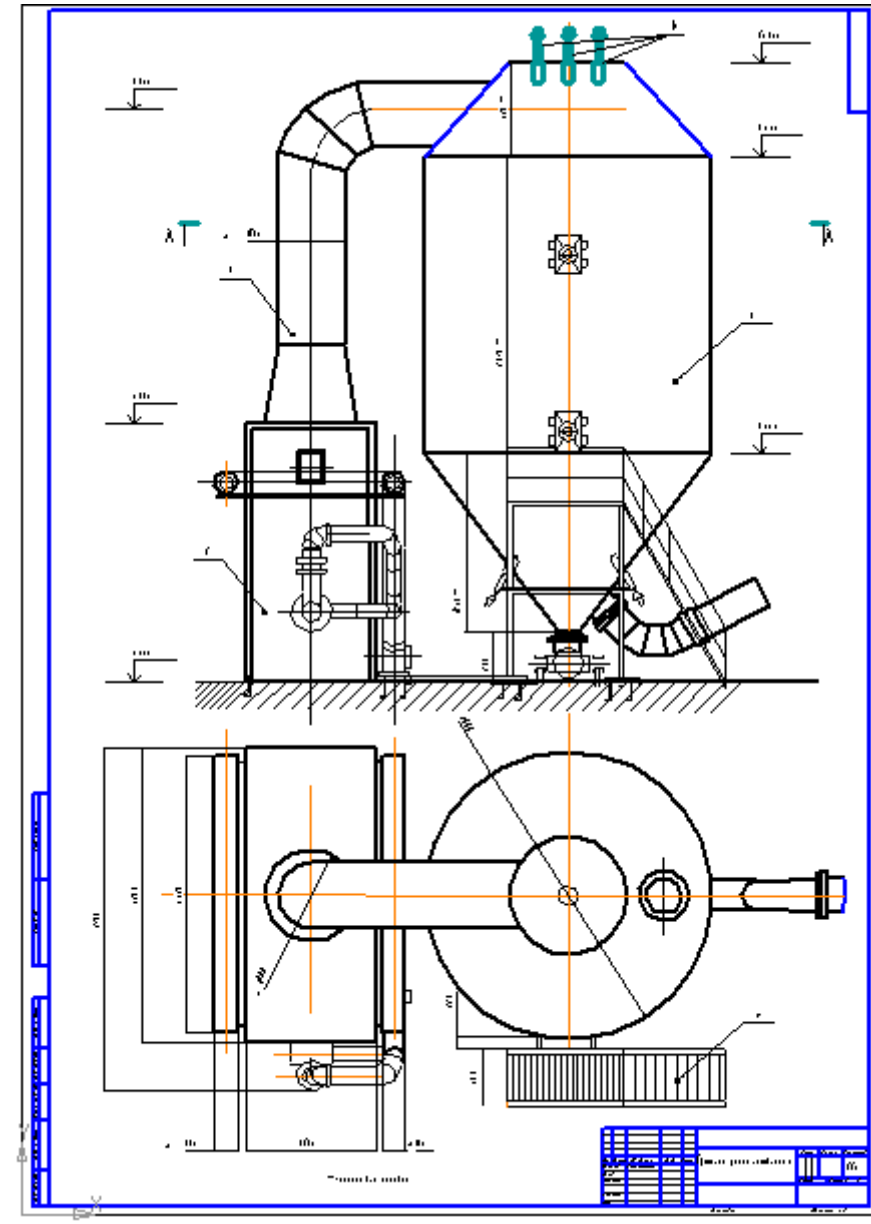
СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общие положения.....	3
2.	Исходные данные для расчета.....	4
3.	Днище разгрузки.....	6
4.	Переход конический нижний	8
5.	отвод газов в циклон	13
6.	Обечайка сушилки.....	16
7.	Опорные лапы №1	18
8.	Переход конический верхний	20
9.	Подвод топочных газов.....	24
10.	крышка штуцеров форсунок.....	27
11.	Штуцер форсунки №3.....	29
12.	Штуцер форсунки №2.....	31
13.	Штуцер форсунки №1.....	33
14.	Список использованных источников.....	35
15.	Лист регистрации изменений.....	36

Подпись и дата		Име. № дубл.		Взам. инв. №		Подпись и дата	
Име. № подл.	Разраб.	Мушаметшин	Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
	Проверил						
	Расчит.						
	Н. контр.						
	Утвердил	Корнеев С В					
СУШИЛКА РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ		Лит.	Лист	Листов			
		2	36				
Расчётно-пояснительная записка		Омский Государственный Технический Университет					

1. Общие положения

Расчет на прочность выполнен на ЭВМ по программе «Пассат 1.08», разработанной ООО НТП «Трубопровод».



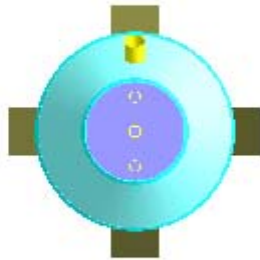
Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

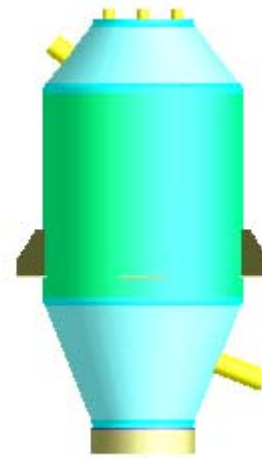
2. Исходные данные для расчета

Дата расчета	13 марта 2012 г.
Группа аппарата	
Рабочая среда	воздух
К заполнения аппарата	1,00
Плотность жидкости/газа	1,293 кг/куб.м
Вид испытаний	Не проводить

Общий вид аппарата



Вид сверху



Вид слева



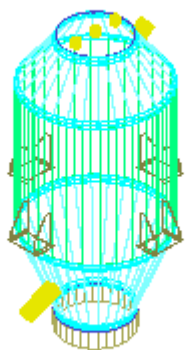
Вид спереди



Изометрический вид

Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------



Вид пользователя

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

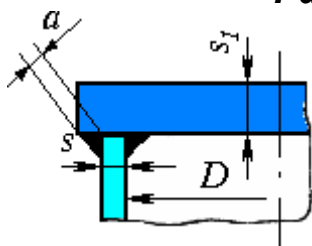
<http://bnbars.mov.su>

Лист

5

3. Днище разгрузки

Расчёт на прочность по ГОСТ 14249-89



3.1. Исходные данные

Материал:	09Г2С
Внутренний диаметр смежного элемента, D:	$1 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки смежного элемента, s:	15 мм
Толщина стенки днища, s ₁ :	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, с ₁ :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, с ₂ :	0,8 мм
Прибавка технологическая, с ₃ :	0 мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, с:	2,8 мм
Катет сварного шва, a:	18 мм
Расчётный диаметр днища, D _p =D:	$1 \cdot 10^3$ мм

Коэффициент прочности сварного шва:

$$\Phi_p = 1$$

Изоляция:

Название: изоляция сушилки

Толщина, s_{из}: 250 мм

Плотность, ρ_{из}: 200 кг/куб.м

Коэффициент конструкции K (см. ГОСТ 14249-89, табл. 3): K = 0,5

Коэффициент ослабления для днищ, не имеющих отверстий K₀ = 1.0

3.2. Расчёт в рабочих условиях

3.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 20 °С

Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,01005428 МПа

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 09Г2С при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища и крышки, нагруженные избыточным давлением (п. 4.2.).

Поправочный коэффициент для допускаемого давления K_p = 1.0

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок (п. 4.2.1):

$$s_p + c = K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{p}{\Phi \cdot [\sigma] \cdot K_p}} + c = 0,5 * 1 * 1 \cdot 10^3 * (0,01005428 / [1 * 196 * 1])^{1/2} + 2,8 = 6,381109 \text{ мм}$$

$$6,381109 \text{ мм} \leq 10 \text{ мм}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Допускаемое давление:

$$[p] = \left(\frac{s_1 - c}{K \cdot K_0 \cdot D_p} \right)^2 \cdot [\sigma] \cdot \Phi \cdot K_p = ([10 - 2,8] / [0,5 * 1 * 1 \cdot 10^3])^2 * 196 * 1 * 1 = 0,04064256 \text{ МПа}$$

$$0,04064256 \text{ МПа} \geq 0,01005428 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Инь. № дубл.	Инь. № подл.	Взам. инв. №	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

3.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

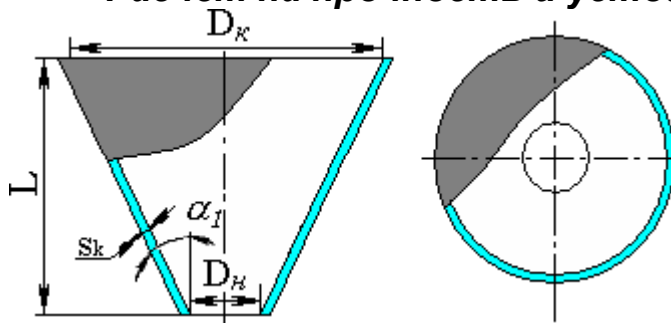
<http://bnbars.mov.su>

Лист

7

4. Переход конический нижний

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249–89



4.1. Исходные данные

Материал обечайки:	09Г2С
Внутр. диаметр большего основания, D:	$2 \cdot 10^3$ мм
Внутр. диаметр меньшего основания, D ₁ :	$1 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки, s _к :	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, с ₁ :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, с ₂ :	0,8 мм
Прибавка технологическая, с ₃ :	0 мм
Сумма прибавок, с:	2,8 мм
Длина обечайки, L:	$1,24 \cdot 10^3$ мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов:

$$\varphi_p = 1$$

Окружной шов:

$$\varphi_T = 1$$

$$a_1 = 0.7 \cdot \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} \cdot (s_1 - c)} = 0.7 \cdot (2 \cdot 10^3 / \cos(21,96056) \cdot (15 - 2,8))^{1/2} = a_1 \text{ мм}$$

$$D_k = D - 1.4 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha_1 = 2 \cdot 10^3 - 1.4 \cdot 113,5402 \cdot \sin(21,96056) = 1,940555 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Максимальный угол наклона стенки:

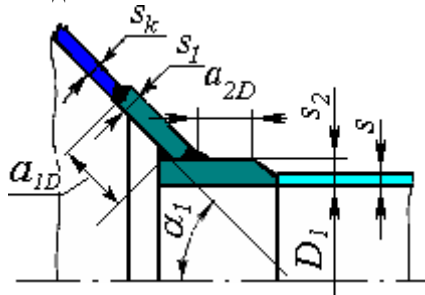
$$\alpha_1 = \arctg \left(\frac{D - D_1 + 2 \cdot \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}}{2 \cdot L} \right) = 21,96056 \text{ градус}$$

Эффективный диаметр обечайки:

$$D_F = \frac{0.9 \cdot D + 0.1 \cdot (D_1 + 2 \cdot s_2)}{\cos \alpha_1} = (0.9 \cdot 2 \cdot 10^3 + 0.1 \cdot (1 \cdot 10^3 + 2 \cdot 15)) / \cos(21,96056) = 2,051882 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Левый узел соединения:

Соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра



Параметры узла соединения:

Материал элемента s ₁ :	09Г2С
Материал элемента s ₂ :	09Г2С
Толщина стенки вставки, s ₁ :	15 мм
Толщина стенки вставки, s ₂ :	15 мм

Име. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	
Име. № подл.	
Подпись и дата	
Име. № дубл.	

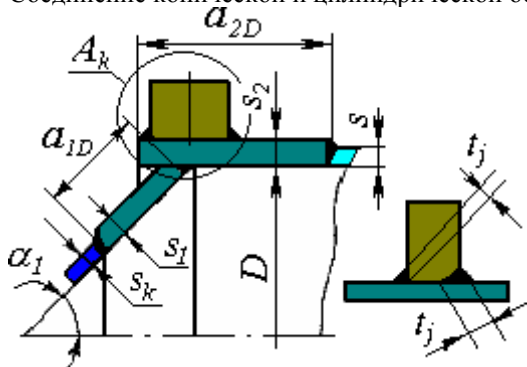
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Длина участка вставки, a_{1D} : 50 мм

Длина участка вставки, a_{2D} : 50 мм

Правый узел соединения:

Соединение конической и цилиндрической обечаек с укрепляющим кольцом



Параметры узла соединения:

Материал элемента s_1 , кольца: 09Г2С
Материал элемента s_2 : 09Г2С
Толщина стенки вставки, s_1 : 15 мм
Толщина стенки вставки, s_2 : 15 мм
Длина участка вставки, a_{1D} : 50 мм
Площадь поперечного сечения кольца, A_k : 0,49 кв. м
Сумма эффективных ширин свар. швов, t_j : 3 мм

Коэффициент прочности сварного шва кольца:

Тип шва: Стыковой или тавровый с двусторонним сплошным проваром, автоматический
Контроль 100%: Да
 φ_p : 1

4.2. Расчёт в рабочих условиях

4.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 20 °С
Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,01005341 МПа
Расчётный изгибающий момент, M: 0 Н м
Расчётное осевое растягивающее усилие, F: 0 Н

4.2.2. Результаты расчёта перехода (обечайки):

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 09Г2С при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением (п. 5.3.1.).

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{kp} + c = \frac{p \cdot D_k}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1} + c = \frac{(0,01005341 \cdot 1,940555 \cdot 10^3)}{2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01005341} / \cos(21,96056) + 2,8 = 2,853663 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s_k - c)}{\frac{D_k}{\cos \alpha_1} + (s_k - c)} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8)}{(1,940555 \cdot 10^3 / \cos(21,96056) + 10 - 2,8)} = 1,344272 \text{ МПа}$$

1,344272 МПа \geq 0,01005341 МПа

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Подпись и дата	
Изм. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Изм. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

4.2.3. Результаты расчёта левого узла соединения:

Допускаемые напряжения для элемента s_1 (s_T):

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):
 $[\sigma]_1^{20} = 196$ МПа

Допускаемые напряжения для элемента s_2 :

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):
 $[\sigma]_2^{20} = 196$ МПа

Соединение со штуцером или цилиндрическим участком меньшего диаметра, нагруженное давлением (п. 5.3.6).

$$a_1 = \sqrt{\frac{D_1}{\cos \alpha_1} \cdot (s_1 - c)} = (1 \cdot 10^3 / \cos(21,96056) \cdot (15 - 2,8))^{1/2} = 114,6929 \text{ мм}$$

Расчётные формулы применимы при условиях (п. 5.2.5.):

$$a_{1D} \geq a_1 \quad 50 \geq 114,6929$$

Условие применимости не выполнено, вместо s_1 подставляют эффективные значения:

$$s_{1E} = \max \left\{ \frac{a_{1D}}{a_1} \cdot s_1; s_k \right\} = \max \{ 50 / 114,6929 \cdot 15; 10 \} = 10 \text{ мм}$$

$$a_2 = 1,25 \cdot \sqrt{D_1 \cdot (s_2 - c)} = 1,25 \cdot (1 \cdot 10^3 \cdot (15 - 2,8))^{1/2} = 138,067 \text{ мм}$$

$$a_{2D} \geq a_2 \quad 50 \geq 138,067$$

Условие применимости не выполнено, вместо s_2 подставляют эффективные значения:

$$s_{2E} = \max \left\{ \frac{a_{2D}}{a_2} \cdot s_2; s \right\} = \max \{ 50 / 138,067 \cdot 15; 15 \} = 15 \text{ мм}$$

Отношение допускаемых напряжений

$$\chi = \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2} = 196 / 196 = 1$$

Коэффициент β_H :

$$\beta_H = \begin{cases} 0,4 \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{s_2 - c}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) \cdot \sqrt{\frac{s_1 - c}{(s_2 - c) \cdot \cos \alpha_1}} + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2}}} + 0,5 & \text{при } \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2 < 1 \\ \beta + 0,75 & \text{при } \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2 \geq 1 \end{cases} = 1,630366$$

Коэффициент β_4 :

$$\beta_4 = \max \{ 1,0; \beta_H \} = \max \{ 1,0, 1,630366 \} = 1,630366$$

Расчётный коэффициент прочности сварного шва при расчете от внутреннего давления или растягивающей силы:

$$\varphi_P = \min \{ \varphi_P; \sqrt{\varphi_T} \} = 1$$

Расчётная толщина стенок соединения обечаек с учётом прибавок:

$$s_{2P} + c = \frac{p \cdot D_1 \cdot \beta_4}{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_P - p} + c = (0,01005341 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 1,630366) / (2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01005341) + 2,8 = 2,841814 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_P \cdot (s_2 - c)}{D_1 \cdot \beta_4 + (s_2 - c)} = 2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (15 - 2,8) / (1 \cdot 10^3 \cdot 1,630366 + 15 - 2,8) = 2,911542 \text{ МПа}$$

2,911542 МПа \geq 0,01005341 МПа

Заключение: **Условие прочности выполнено**

4.2.4. Результаты расчёта правого узла соединения:

Допускаемые напряжения для элемента s_1 (s_T):

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):
 $[\sigma]_1^{20} = 196$ МПа

Инь. № дубл.	Инь. № подл.	Взам. инв. №	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	http://bnbars.mov.su	Лист 10

Допускаемые напряжения для элемента s₂:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):
 $[\sigma]_2^{20} = 196 \text{ МПа}$

Допускаемые напряжения для кольца:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):
 $[\sigma]_{Ак}^{20} = 183 \text{ МПа}$

Соединение с укрепляющим кольцом, нагруженное давлением (п. 5.3.4).

$$a_2 = 0.7 \cdot \sqrt{D \cdot (s_2 - c)} = 0.7 \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot (15 - 2.8))^{1/2} = 109,3435 \text{ мм}$$

$$a_{2D} \geq a_2 \quad 50 \geq 109,3435$$

Условие применимости не выполнено, вместо s₂ подставляют эффективные значения:

$$s_{2E} = \max \left\{ \frac{a_{2D}}{a_2} \cdot s_2; s_k \right\} = \max \{ 50 / 109,3435 \cdot 15; 10 \} = 10 \text{ мм}$$

Расчётный коэффициент прочности сварного шва при расчете от внутреннего давления или растягивающей силы:

$$\varphi_{\text{ш}} = \varphi_{\text{а}} = 1$$

Расчётный коэффициент прочности сварного шва при расчете от внутреннего давления или растягивающей силы:

$$\varphi_{\text{р}} = \sqrt{\varphi_{\text{Т}}} = 1$$

$$B_2 = \frac{1.6 \cdot A_{\text{к}} \cdot [\sigma]_{\text{к}} \cdot \varphi_{\text{ш}}}{(s_2 - c) \cdot \sqrt{D \cdot (s_2 - c)} \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_{\text{р}}} = 1.6 \cdot 0,49 / [(10 - 2,8) \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2}] \cdot [183 \cdot 1] / [196 \cdot 1] = 907,4074$$

Коэффициент B₃:

$$B_3 = 0.25$$

Расчётные формулы применимы при условиях (п. 5.2.5.):

$$a_{1D} \geq a_1 \quad 50 \geq 113,5402$$

Условие применимости не выполнено, вместо s₁ подставляют эффективные значения:

$$s_{1E} = \max \left\{ \frac{a_{1D}}{a_1} \cdot s_1; s_k \right\} = \max \{ 50 / 113,5402 \cdot 15; 10 \} = 10 \text{ мм}$$

Отношение допускаемых напряжений

$$\chi = \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2} = 196 / 196 = 1$$

Коэффициент B₄:

$$B_4 = 1 + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2 \cdot \cos \alpha_1} \cdot \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)} = 1 + \left[\frac{1 + 1 \cdot ((10 - 2,8) / [10 - 2,8])^2}{2 \cdot \cos(21,96056)} \right] \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) / (10 - 2,8)]^{1/2} = 2,038381$$

Коэффициент β₀:

$$\beta_0 = \frac{0.4 \cdot \sqrt{\frac{D}{s_2 - c}} \cdot \text{tg} \alpha_1 - B_3 \cdot B_4}{B_2 + B_4} = \frac{[0.4 \cdot (2 \cdot 10^3 / (10 - 2,8))^{1/2} \cdot \text{tg}(21,96056) - 0,25 \cdot 2,038381]}{907,4074 + 2,038381} = 0,002395499$$

Коэффициент β₂:

$$\beta_2 = \max \{ 0.5; \beta_0 \} = \max \{ 0.5, 0,002395499 \} = 0,5$$

$$s_{2p} + c = \frac{p \cdot D \cdot \beta_2}{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_{\text{р}} - p} + c = (0,01005341 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,5) / (2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01005341) + 2,8 = 2,825647 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_{\text{р}} \cdot (s_2 - c)}{D \cdot \beta_2 + (s_2 - c)} = 2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) / (2 \cdot 10^3 \cdot 0,5 + 10 - 2,8) = 2,802224 \text{ МПа}$$

2,802224 МПа ≥ 0,01005341 МПа

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Коэффициент β (без тороидального перехода):

$$\beta = 0.4 \cdot \sqrt{\frac{D}{s_2 - c}} \cdot \frac{(\text{tg} \alpha_1 - \text{tg} \alpha_2) \cdot \cos \alpha_2}{\frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_2}} + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2 \cdot \cos \alpha_1} \cdot \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)}} - 0.25 = 0.4 \cdot (2 \cdot 10^3 / (10 - 2,8))^{1/2} \cdot [(\text{tg}(21,96056) - \text{tg}(0)) \cdot \cos(0)] / [1 / \cos^{1/2}(0) + ((1 + 1 \cdot \{(10 - 2,8) / (10 - 2,8)\}^2) / (2 \cdot \cos(21,96056)) \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) / (10 - 2,8))^{1/2}] - 0.25 = 1,068778$$

Подпись и дата	
Име. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Име. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Коэффициент β_A :

$$\beta_A = \left(\frac{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_p}{p} - 1 \right) \cdot \frac{s_2 - c}{D} = (2 \cdot 196 \cdot 1 / 0,01005341 - 1) \cdot (10 - 2,8) / 2 \cdot 10^3 = 140,3667$$

Допускаемые напряжения для несущей обечайки:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Расчётная площадь поперечного сечения укрепляющего кольца:

$$A_{кр} = \frac{p \cdot D^2 \cdot \text{tg} \alpha_1}{8 \cdot [\sigma]_k \cdot \varphi_{\varphi}} \left(1 - \frac{\beta_A + 0,25}{\beta + 0,25} \right) = \frac{0,01005341 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot \text{tg}(21,96056)}{8 \cdot 183 \cdot 1} \cdot (1 - [140,3667 + 0,25] / [1,068778 + 0,25]) = (-0,001092317) \text{ кв. м}$$

Если $A_{кр} \leq 0$, то укрепления кольцом не требуется.

(-0,001092317) кв. м $\geq 0,49$ кв. м

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчёт прочности сварного шва укрепляющего кольца (п. 5.3.4.5.).

$$\sum t_j \geq \frac{4 \cdot A_{кр}}{D} \quad 3 \leq 4 \cdot (-0,001092317) / 2 \cdot 10^3 = (-2,184633) \text{ мм}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

4.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Инь. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	
Инь. № дубл.	
Подпись и дата	

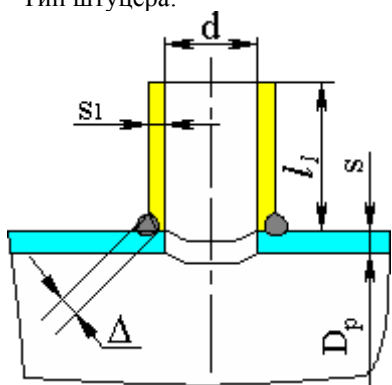
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

5. ОТВОД ГАЗОВ В ЦИКЛОН

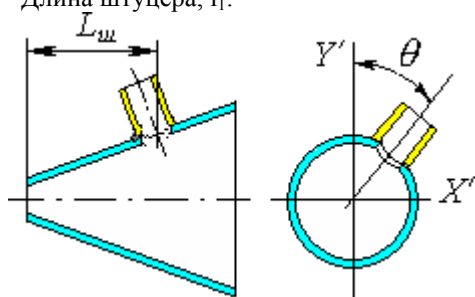
Расчёт прочности узла врезки штуцера

5.1. Исходные данные

Элемент:	отвод газов в циклон
Условное обозначение (метка)	вход газа
Элемент, несущий штуцер:	Переход конический нижний
Тип элемента, несущего штуцер:	Переход конический
Тип штуцера:	Непроходящий без укрепления



Материал несущего элемента:	09Г2С
Толщина стенки несущего элемента, s:	10 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	2,8 мм
Материал штуцера:	09Г2С
Внутренний диаметр штуцера, d:	200 мм
Толщина стенки штуцера, s ₁ :	10 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), c _s :	2 мм
Длина штуцера, l ₁ :	500 мм



Смещение штуцера, L _ш :	620 мм
Угол поворота штуцера, θ:	180 градус
Диаметр обечайки в месте врезки, D _к :	1,5·10 ³ мм
Минимальный размер сварного шва, Δ:	10 мм
Коэффициенты прочности сварных швов:	
Продольный шов штуцера:	φ ₁ = 1
Шов обечайки в зоне врезки штуцера:	φ _s = 1
Расчётный диаметр конической обечайки:	
$D_p = \frac{D_k}{\cos \alpha} = 1,5 \cdot 10^3 / \cos(21,96056 \text{ градуса}) = 1,617353 \cdot 10^3 \text{ мм}$	

Инь. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инь. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

5.2. Расчёт в рабочих условиях

5.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 20 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,01004792 МПа

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]_1^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:

$$E_1 = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_p = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 - p} = \frac{0,01004792 \cdot (200 + 2 \cdot 2)}{2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01004792} = 0,005229155 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2)}{200 + 10 + 2} = 14,79245 \text{ МПа}$$

14,79245 МПа \geq 0,01004792 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

5.2.2. Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 24755–89

Расчётная толщина стенки несущего элемента (см. расчёт элемента “Переход конический нижний”):

$$s_p = 0,05366338 \text{ мм}$$

Условный расчётный диаметр отверстия:

$$\bar{d} = d = 200 = 200 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр отверстия (ось штуцера совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия):

$$d_p = \bar{d} + 2 \cdot c_s = 200 + 2 \cdot 2 = 204 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 2,8) / 0,05366338 - 0,8) \cdot (1,617353 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} = 2,878431 \cdot 10^4 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: **Условие прочности выполнено**

Расчетная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\} = \min \{ 500; 1,25 \cdot ((200 + 2 \cdot 2) \cdot (10 - 2))^{1/2} \} = 50,49752 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений (п. 2.6)

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1,0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1,0, 196 / 196 \} = 1$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1,617353 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} = 107,9117 \text{ мм}$$

Расчетная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 107,9117 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр:

$$d_{0p} = 0,4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 0,4 \cdot (1,617353 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} =$$

Подпись и дата	
Име. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Име. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0,5 \cdot \frac{d_p - d_{оп}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (50,49752 \cdot (10 - 2) \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (0 - 2 - 0) \cdot 1) / (107,9117 \cdot (10 - 2,8))] / [1 + 0,5 \cdot (204 - 43,16469) / 107,9117 + 1 \cdot (200 + 2 \cdot 2) / 1,617353 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 50,49752 / 107,9117] = 0,8424301 \}$$

$$= 0,8424301$$

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} = 2 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) \cdot 1 \cdot 196 \cdot 0,8424301 / [1,617353 \cdot 10^3 + (10 - 2,8) \cdot 0,8424301] = 1,46461 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 1,46461 \text{ МПа} \geq 0,01004792 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0,5 \cdot (d_p - d_{оп}) \cdot s_p = 0,5 \cdot (204 - 43,16469) \cdot 0,05366338 = 0,4315483 \cdot 10^{-5} \text{ кв. м}$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) = 50,49752 \cdot (10 - 0,005229155 - 2) \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (0 - 2 - 0) \cdot 1 + 107,9117 \cdot (10 - 0,05366338 - 2,8) = 0,00117489 \text{ кв. м}$$

$$A_r = 0,4315483 \cdot 10^{-5} \text{ кв. м} \leq 0,00117489 \text{ кв. м}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

5.2.3. Минимальные размеры сварных швов

Минимальные размеры сварных швов должны удовлетворять условию:

$$\Delta \geq 2,1 \cdot \frac{l_p \cdot s_{1p}}{d + 2 \cdot s_{1p}}$$

$$2,1 \cdot \frac{l_p \cdot s_{1p}}{d + 2 \cdot s_{1p}} = 2,1 \cdot (50,49752 \cdot 0,005229155) / (200 + 2 \cdot 0,005229155) = 0,002772479 \text{ мм} \leq 10 \text{ мм}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

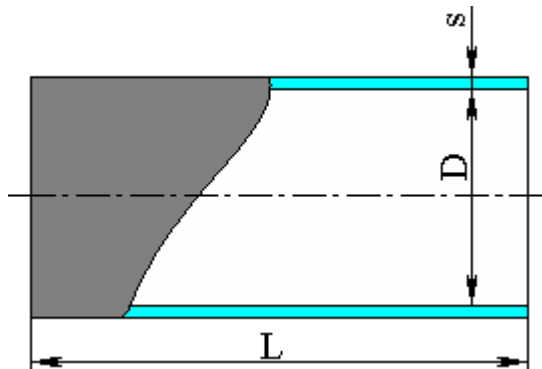
5.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Име. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Име. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

6. Обечайка сушилки



6.1. Исходные данные

Материал:	09Г2С
Внутр. диаметр, D:	$2 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки, s:	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1 :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2 :	0,8 мм
Прибавка технологическая, c_3 :	0 мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	2,8 мм
Длина обечайки, L:	$2,07 \cdot 10^3$ мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов:

$$\varphi_P = 1$$

Окружной шов:

$$\varphi_T = 1$$

Расчёт в рабочих условиях

6.1.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	20 °С
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	0,01003714 МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0 Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0 Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0 Н

6.1.2. Результаты расчёта:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 09Г2С при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

6.2. Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89

Гладкая обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением (п. 2.3.1.).

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_P \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8)}{2 \cdot 10^3 + 10 - 2,8} = 1,406138 \text{ МПа}$$

$$1,406138 \text{ МПа} \geq 0,01003714 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_P + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_P - p} + c = \frac{(0,01003714 \cdot 2 \cdot 10^3)}{(2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01003714)} + 2,8 = 2,851211 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

Подпись и дата	
Име. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Име. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s-c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = 2 * ((10-2,8) / 0,05121121 - 0,8) * (2 \cdot 10^3 * (10-2,8))^{1/2} = 3,355061 \cdot 10^4 \text{ мм}$$

Минимальное расстояние между “одиночными” штуцерами:

$$b_0 = 2 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s-c)} = 2 * (2 \cdot 10^3 * (10-2,8))^{1/2} = 240 \text{ мм}$$

6.3. Расчёт в условиях испытаний

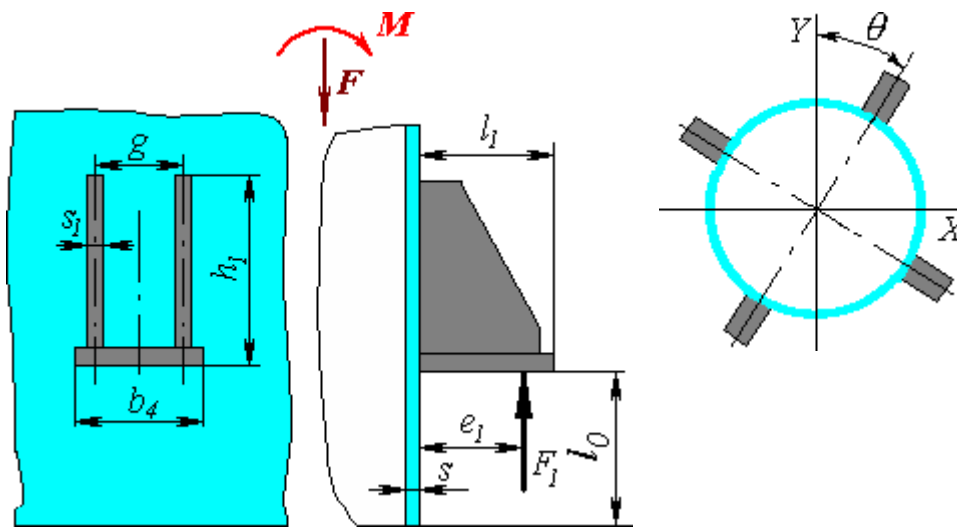
Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

7. Опорные лапы №1

Расчёт на прочность обечайки от воздействия опорных нагрузок по ГОСТ 26202–84



7.1. Исходные данные

Элемент, связанный с опорой:

Тип опоры:

Внутренний диаметр обечайки, D:

Толщина стенки обечайки, s:

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c₁:

Прибавка для компенсации минусового допуска, c₂:

Прибавка технологическая, c₃:

Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:

Число опор:

(обычный монтаж)

Расстояние от края элемента, l₀:

Ширина основной плиты, b₄:

Высота опорной лапы, h₁:

Расстояние между средними линиями рёбер, g:

Толщина стенки лапы, s₁:

Длина опорной лапы, l₁:

Расстояние между точкой приложения усилия и обечайкой или подкладным листом, e₁:

Угол расположения опор, θ:

Коэффициенты прочности сварных швов:

$\Psi_P = 1$

Обечайка сушилки

Тип А

2·10³ мм

10 мм

2 мм

0,8 мм

0 мм

2,8 мм

Четыре

200 мм

500 мм

500 мм

400 мм

10 мм

300 мм

100 мм

0 градус

7.2. Расчёт в рабочих условиях

7.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T:

20 °С

Расчётное внутреннее избыточное давление, p:

0,01003453 МПа

Расчётный изгибающий момент, M:

166,5269 Н м

Расчётное внешнее осевое усилие, F:

0 Н

7.2.2. Результаты расчёта:

Определение расчётных усилий

Инь. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инь. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Номер элемента, i	Название элемента	Вес элемента*, G _i , Н
1	Днище разгрузки	1,049285·10 ³
2	Переход конический нижний	4,883929·10 ³
3	отвод газов в циклон	253,9659
4	Обечайка сушилки	1,01381·10 ⁴
6	Переход конический верхний	2,983664·10 ³
7	Подвод топочных газов	101,5864
8	крышка штуцеров форсунок	622,8769
9	Штуцер форсунки №3	26,59505
10	Штуцер форсунки №2	26,59505
11	Штуцер форсунки №1	26,59505

*Включая вес продукта при его наличии

Общий вес сосуда:

$$G = \sum G_i = 2,011319 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Действие момента допускается только в плоскости опорных лап.

Усилие, действующее на опорную лапу:

$$F_1 = \frac{G + F}{2} + \frac{M}{D_k + 2 \cdot (s_1 + s + s_2)} = (2,011319 \cdot 10^4 + 0) / 2 + 166,5269 / (2 \cdot 10^3 + 2 \cdot (100 + 10 + 0)) = 1,013161 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

$$K_2 = \begin{cases} 1,2 - \text{для рабочих условий} \\ 1,0 - \text{для условий испытаний и монтажа} \end{cases}$$

Расчётный диаметр:

$$D_R = D = 2 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Для опор типов А, В, С (при укреплении подкладным листом – для всех типов):

$$\bar{\sigma}_m = \frac{p \cdot D_R}{2 \cdot (s - c)} = 0,01003453 \cdot 2 \cdot 10^3 / (2 \cdot (10 - 2,8)) = 1,393685 \text{ МПа}$$

$$\varphi_2 = K_2 \cdot \frac{\bar{\sigma}_m}{n_T \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = 1,2 \cdot 1,393685 / (1,5 \cdot 196 \cdot 1) = 0,005688509$$

$$\varphi_1 = 0,3$$

Коэффициент K₁:

$$K_1 = \left(\frac{1 + 3 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2}{3 \cdot \varphi_1^2} \right) \cdot \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot \varphi_1^2 \cdot (1 - \varphi_2^2)}{(1 + 3 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2)^2} + 1} - 1 \right); K_1 \geq 0 = 1,274233$$

Примечание: в соответствии с п. 1.2.3 ГОСТ 26202-84 при $\varphi_2 < 0$ в расчёте K₁ знаки φ_1 и φ_2 меняют на противоположные

Предельное напряжение изгиба:

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,274233 \cdot 196 \cdot 1,5 / 1,2 = 312,187 \text{ МПа}$$

$$x = \ln \left(\frac{D_R}{2 \cdot (s - c)} \right) = \ln (2 \cdot 10^3 / (2 \cdot (10 - 2,8))) = 4,933674$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D_R} = \ln (500 / 2 \cdot 10^3) = (-1,386294)$$

$$\ln z = (-5,964 - 11,395 \cdot x - 18,984 \cdot y - 2,413 \cdot x^2 - 7,286 \cdot x \cdot y - 2,042 \cdot y^2 + 0,1322 \cdot x^3 + 0,4833 \cdot x^2 \cdot y + 0,8469 \cdot x \cdot y^2 + 1,428 \cdot y^3) \cdot 10^{-2} = (-0,4489946)$$

Коэффициент K₇ (определяется в зависимости от конструкции опорной лапы):

$$K_7 = z = e^{(-0,4489946)} = 0,6382696$$

Допускаемое осевое усилие в месте приварки опорной лапы (при g/h₁ = 0,8):

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (s - c)^2}{K_7 \cdot e_1} = 312,187 \cdot 500 \cdot (10 - 2,8)^2 / (0,6382696 \cdot 100) = 1,267785 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы определяется выполнением условия:

$$F_1 \leq [F]_1$$

$$F_1 = 1,013161 \cdot 10^4 \text{ Н} \leq [F]_1 = 1,267785 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

7.3. Расчёт в условиях испытаний

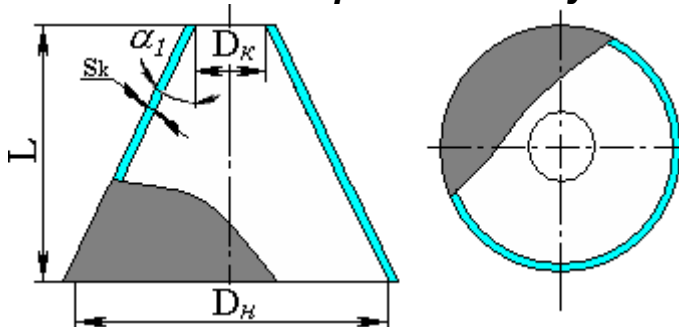
Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Име. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	
Име. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лист
					19

8. Переход конический верхний

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249–89



8.1. Исходные данные

Материал обечайки:	09Г2С
Внутр. диаметр большего основания, D:	$2 \cdot 10^3$ мм
Внутр. диаметр меньшего основания, D ₁ :	$1 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки, s _k :	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c ₁ :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c ₂ :	0,8 мм
Прибавка технологическая, c ₃ :	0 мм
Сумма прибавок, c:	2,8 мм
Длина обечайки, L:	650 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов:

$$\varphi_P = 1$$

Окружной шов:

$$\varphi_T = 1$$

$$a_1 = 0.7 \cdot \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} \cdot (s_T - c)} = 0.7 \cdot (2 \cdot 10^3 / \cos(37,56859) \cdot (15 - 2,8))^{1/2} = 122,8172 \text{ мм}$$

$$D_k = D - 2 \cdot [r \cdot (1 - \cos \alpha_1) + 0.7 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha_1] = 2 \cdot 10^3 - 2 \cdot [75 \cdot (1 - \cos(37,56859)) + 0.7 \cdot 122,8172 \cdot \sin(37,56859)] = 1,864057 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Максимальный угол наклона стенки:

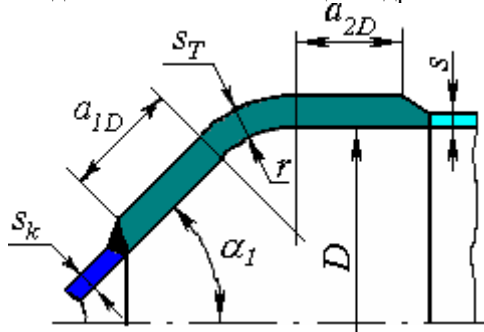
$$\alpha_1 = \arctg \left(\frac{D - D_1 + 2 \cdot \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}}{2 \cdot L} \right) = 37,56859 \text{ градус}$$

Эффективный диаметр обечайки:

$$D_F = \frac{0.9 \cdot D + 0.1 \cdot (D_1 + 2 \cdot s_2)}{\cos \alpha_1} = (0.9 \cdot 2 \cdot 10^3 + 0.1 \cdot (1 \cdot 10^3 + 2 \cdot 15)) / \cos(37,56859) = 2,400886 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Левый узел соединения:

Соединение конической и цилиндрической обечайек с тороидальным переходом



Параметры узла соединения:

Материал торовой вставки: 09Г2С

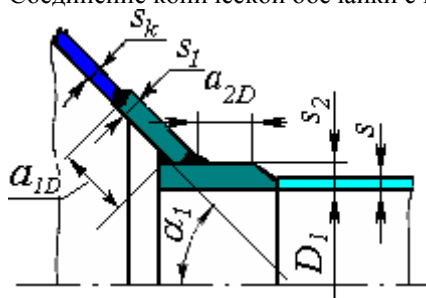
Имя, № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	
Имя, № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Длина участка вставки, a_{1D} : 50 мм
 Длина участка вставки, a_{2D} : 50 мм
 Радиус перехода, r : 75 мм
 Толщина стенки вставки, s_i : 15 мм

Правый узел соединения:

Соединение конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра



Параметры узла соединения:

Материал элемента s_1 : 09Г2С
 Материал элемента s_2 : 09Г2С
 Толщина стенки вставки, s_1 : 15 мм
 Толщина стенки вставки, s_2 : 15 мм
 Длина участка вставки, a_{1D} : 50 мм
 Длина участка вставки, a_{2D} : 50 мм

8.2. Расчёт в рабочих условиях

8.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T : 20 °С
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p : 0,0100102 МПа
 Расчётный изгибающий момент, M : 0 Н м
 Расчётное осевое растягивающее усилие, F : 0 Н

8.2.2. Результаты расчёта перехода (обечайки):

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 09Г2С при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Обечайка, нагруженная внутренним избыточным давлением (п. 5.3.1.).

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_{кр} + c = \frac{p \cdot D_k}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1} + c = (0,0100102 \cdot 1,864057 \cdot 10^3) / (2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,0100102) / \cos(37,56859) + 2,8 = 2,860056 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s_k - c)}{\frac{D_k}{\cos \alpha_1} + (s_k - c)} = 2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) / (1,864057 \cdot 10^3 / \cos(37,56859) + 10 - 2,8) = 1,196462 \text{ МПа}$$

1,196462 МПа \geq 0,0100102 МПа

Заключение: **Условие прочности выполнено**

8.2.3. Результаты расчёта левого узла соединения:

Допускаемые напряжения для элемента s_1 (s_T):

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20}_T = 196 \text{ МПа}$$

Соединение обечаек с тороидальным переходом, нагруженное давлением (п. 5.3.5.).

Расчётные формулы применимы при условиях (п. 5.2.5.):

Инь. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	
Инь. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

$$a_{1D} \geq a_1 \quad 50 \geq 122,8172$$

Условие применимости не выполнено, вместо s_1 подставляют эффективные значения:

$$s_{1E} = \max \left\{ \frac{a_{1D}}{a_1} \cdot s_T; s_k \right\} = \max \{ 50 / 122,8172 * 15; 10 \} = 10 \text{ мм}$$

$$a_2 = 0.5 \cdot \sqrt{D \cdot (s_T - c)} = 0.5 * (2 \cdot 10^3 * (15 - 2,8))^{1/2} = 78,1025 \text{ мм}$$

$$a_{2D} \geq a_2 \quad 50 \geq 78,1025$$

Условие применимости не выполнено, вместо s_2 подставляют эффективные значения:

$$s_{2E} = \max \left\{ \frac{a_{2D}}{a_2} \cdot s_T; s_k \right\} = \max \{ 50 / 78,1025 * 15; 10 \} = 10 \text{ мм}$$

Коэффициент β_3 (с тороидальным переходом):

$$\beta_3 = 0.4 \cdot \frac{D}{\sqrt{s_2 - c}} \cdot \frac{(\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2) \cdot \cos \alpha_2}{\frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_2}} + \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)^2}{2 \cdot \cos \alpha_1} \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c}\right)}} - 0.25$$

$$= 0.4 * (2 \cdot 10^3 / (10 - 2,8))^{1/2} * [\operatorname{tg}(37,56859) - \operatorname{tg}(0)] * \cos(0) / [1 / \cos^{1/2}(0) + (1 + \{(10 - 2,8) / (10 - 2,8)\}^2) / (2 * \cos(37,56859)) * (10 - 2,8) / (10 - 2,8)]^{1/2} - 0.25 = 2,165292$$

Коэффициент β_T :

$$\beta_T = \frac{1}{1 + \frac{0.028 \cdot r}{D} \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{s_T - c}} \cdot (\alpha_1 - \alpha_2)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_1}} + \frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_2}}}$$

$$= 1 / [1 + (0.028 * 75 / 2 \cdot 10^3 * [2 \cdot 10^3 / (15 - 2,8)]^{1/2} * (37,56859 - 0)) / (1 / \cos^{1/2}(37,56859) + 1 / \cos^{1/2}(0))] = 0,8078343$$

Коэффициент β_3 :

$$\beta_3 = \max \{ 0.5; \beta \cdot \beta_T \} = \max \{ 0.5, 2,165292 * 0,8078343 \} = 1,749197$$

Расчётный коэффициент прочности сварного шва при расчете от внутреннего давления или растягивающей силы:

$$\varphi_P = \sqrt{\varphi_T} = 1$$

Расчётная толщина стенок соединения обечаек с учётом прибавок:

$$s_{TP} + c = \frac{p \cdot D \cdot \beta_3}{2 \cdot [\sigma]_T \cdot \varphi_P - p} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_2} + c = (0,0100102 * 2 \cdot 10^3 * 1,749197) / (2 * 196 * 1 - 0,0100102) / \cos(0) + 2,8 = 2,889338 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_T \cdot \varphi_P \cdot (s_T - c)}{\frac{D \cdot \beta_3}{\cos \alpha_2} + (s_T - c)} = 2 * 196 * 1 * (15 - 2,8) / (2 \cdot 10^3 * 1,749197 / \cos(0) + 15 - 2,8) = 1,362277 \text{ МПа}$$

$$1,362277 \text{ МПа} \geq 0,0100102 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

8.2.4. Результаты расчёта правого узла соединения:

Допускаемые напряжения для элемента s_1 (s_T):

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]_1^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения для элемента s_2 :

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]_2^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Соединение со штуцером или цилиндрическим участком меньшего диаметра, нагруженное давлением (п. 5.3.6.).

$$a_1 = \sqrt{\frac{D_1}{\cos \alpha_1}} \cdot (s_1 - c) = (1 \cdot 10^3 / \cos(37,56859) * (15 - 2,8))^{1/2} = 124,0642 \text{ мм}$$

Расчётные формулы применимы при условиях (п. 5.2.5.):

$$a_{1D} \geq a_1 \quad 50 \geq 124,0642$$

Условие применимости не выполнено, вместо s_1 подставляют эффективные значения:

$$s_{1E} = \max \left\{ \frac{a_{1D}}{a_1} \cdot s_1; s_k \right\} = \max \{ 50 / 124,0642 * 15; 10 \} = 10 \text{ мм}$$

Подпись и дата	
Име. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Име. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	http://bnbars.mov.su	Лист 22

$$a_2 = 1.25 \cdot \sqrt{D_1 \cdot (s_2 - c)} = 1.25 \cdot (1 \cdot 10^3 \cdot (15 - 2,8))^{1/2} = 138,067 \text{ мм}$$

$$a_{2D} \geq a_2 \quad 50 \geq 138,067$$

Условие применимости не выполнено, вместо s_2 подставляют эффективные значения:

$$s_{2E} = \max \left\{ \frac{a_{2D}}{a_2} \cdot s_2; s \right\} = \max \{ 50 / 138,067 \cdot 15; 15 \} = 15 \text{ мм}$$

Отношение допускаемых напряжений

$$\chi = \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2} = 196 / 196 = 1$$

Коэффициент β_H :

$$\beta_H = \begin{cases} 0.4 \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{s_2 - c}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) \cdot \sqrt{\frac{s_1 - c}{(s_2 - c) \cdot \cos \alpha_1}} + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2}}} + 0.5 & \text{при } \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2 < 1 \\ \beta + 0.75 & \text{при } \chi \cdot \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2 \geq 1 \end{cases} = 2,594038$$

Коэффициент β_4 :

$$\beta_4 = \max \{ 1.0; \beta_H \} = \max \{ 1.0, 2,594038 \} = 2,594038$$

Расчётный коэффициент прочности сварного шва при расчёте от внутреннего давления или растягивающей силы:

$$\varphi_P = \min \left\{ \varphi_P, \sqrt{\varphi_T} \right\} = 1$$

Расчётная толщина стенок соединения обечаек с учётом прибавок:

$$s_{2P} + c = \frac{p \cdot D_1 \cdot \beta_4}{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_P - p} + c = (0,0100102 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 2,594038) / (2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,0100102) + 2,8 = 2,866244 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_2 \cdot \varphi_P \cdot (s_2 - c)}{D_1 \cdot \beta_4 + (s_2 - c)} = 2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (15 - 2,8) / (1 \cdot 10^3 \cdot 2,594038 + 15 - 2,8) = 1,834982 \text{ МПа}$$

$$1,834982 \text{ МПа} \geq 0,0100102 \text{ МПа}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

8.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

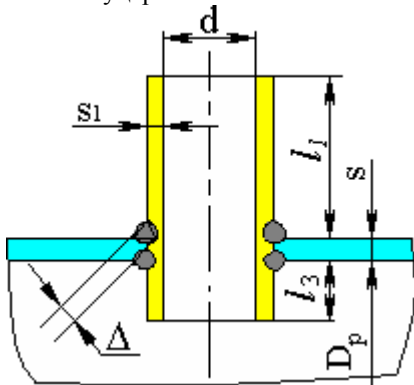
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

9. Подвод топочных газов

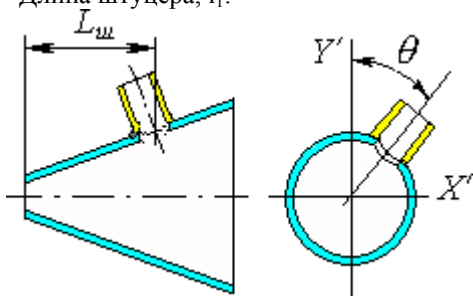
Расчёт прочности узла врезки штуцера

9.1. Исходные данные

Элемент:	Подвод топочных газов
Условное обозначение (метка)	подвод газа
Элемент, несущий штуцер:	Переход конический верхний
Тип элемента, несущего штуцер:	Переход конический
Тип штуцера:	Проходящий без укрепления



Материал несущего элемента:	09Г2С
Толщина стенки несущего элемента, s:	10 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	2,8 мм
Материал штуцера:	09Г2С
Внутренний диаметр штуцера, d:	200 мм
Толщина стенки штуцера, s1:	10 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), cs:	2 мм
Длина штуцера, l1:	200 мм



Смещение штуцера, Lш:	325 мм
Угол поворота штуцера, θ:	0 градус
Диаметр обечайки в месте врезки, Dк:	1,5·10 ³ мм
Длина внутр. части штуцера, l3:	0 мм
Прибавка на коррозию, cs1:	0 мм
Минимальный размер сварного шва, Δ:	10 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:

Продольный шов штуцера:

$$\varphi_1 = 1$$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:

$$\varphi_s = 1$$

Расчётный диаметр конической обечайки:

$$D_p = \frac{D_k}{\cos \alpha} = 1,5 \cdot 10^3 / \cos(37,56859 \text{ градуса}) = 1,892448 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Инь. № дубл.	Инь. № подл.	Взам. инв. №	Инь. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

9.2. Расчёт в рабочих условиях

9.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, Т: 20 °С
Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 0,01000608 МПа

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):
[σ]²⁰ = 196 МПа
Модуль продольной упругости при температуре 20 °С:
E = 1,99·10⁵ МПа

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):
[σ]₁²⁰ = 196 МПа
Модуль продольной упругости при температуре 20 °С:
E₁ = 1,99·10⁵ МПа

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{\text{ш}} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 - p} = 0,01000608 \cdot (200 + 2 \cdot 2) / (2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01000608) = 0,00520738 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = 2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2) / (200 + 10 + 2) = 14,79245 \text{ МПа}$$

14,79245 МПа ≥ 0,01000608 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

9.2.2. Расчёт укрепления отверстия по ГОСТ 24755–89

Расчётная толщина стенки несущего элемента (см. расчёт элемента “Переход конический верхний”):
s_p = 0,06005648 мм

Отношения допускаемых напряжений (п. 2.6)

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1,0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} = \min \{ 1,0, 196 / 196 \} = 1$$

Условный расчётный диаметр отверстия:

$$\bar{d} = d + 2 \cdot s_1 \cdot (1 - \chi_1) = 200 + 2 \cdot 10 \cdot (1 - 1) = 200 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр отверстия (ось штуцера совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия):

$$d_p = \bar{d} + 2 \cdot c_s = 200 + 2 \cdot 2 = 204 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 2,8) / 0,06005648 - 0,8) \cdot (1,892448 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} = 2,780182 \cdot 10^4 \text{ мм}$$

d_p < d₀: **Условие прочности выполнено**

Расчетная длина внешней части штуцера:

$$l_{\text{ш}} = \min \left[l_1; 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right] = \min \{ 200; 1,25 \cdot ((200 + 2 \cdot 2) \cdot (10 - 2))^{1/2} \} = 50,49752 \text{ мм}$$

Расчетная длина внутренней части штуцера:

$$l_{\text{вн}} = \min \left[l_3; 0,5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_3 - c_s - c_{s1})} \right] = \min \{ 0; 0,5 \cdot ((200 + 2 \cdot 2) \cdot (10 - 2 - 0))^{1/2} \} = 0 \text{ мм}$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = (1,892448 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} = 116,7289 \text{ мм}$$

Расчетная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 116,7289 \text{ мм}$$

Подпись и дата						
Изн. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Изн. № подл.						
http://bnbars.mov.su						Лист
						25
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Расчетный диаметр:

$$d_{0p} = 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}$$

$$= 0.4 \cdot \sqrt{(1,892448 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2}} = 46,69155 \text{ мм}$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (s - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s \cdot \varphi \cdot l_{1p}}{D_p \cdot \varphi_1 \cdot l_p}} \right\}$$

$$= \min \{ 1; [1 + (50,49752 \cdot (10 - 2) \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (10 - 2 - 0) \cdot 1) / (116,7289 \cdot (10 - 2,8))] / [1 + 0.5 \cdot (204 - 46,69155) / 116,7289 + 1 \cdot (200 + 2 \cdot 2) / 1,892448 \cdot 10^3 \cdot 1 / 1 \cdot 50,49752 / 116,7289] = 0,8606293 \}$$

= 0,8606293

$$[p]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (s - c) \cdot V} = \frac{2 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) \cdot 1 \cdot 196 \cdot 0,8606293}{1,892448 \cdot 10^3 + (10 - 2,8) \cdot 0,8606293} = 1,279355 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление $[p] = 1,279355 \text{ МПа} \geq 0,01000608 \text{ МПа}$

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_p = 0.5 \cdot (204 - 46,69155) \cdot 0,06005648 = 0,4723696 \cdot 10^{-5} \text{ кв. м}$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_a = l_p \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - s_p - c) = 50,49752 \cdot (10 - 0,00520738 - 2) \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0 \cdot (10 - 2 - 0) \cdot 1 + 116,7289 \cdot (10 - 0,06005648 - 2,8) = 0,001237155 \text{ кв. м}$$

$$A_r = 0,4723696 \cdot 10^{-5} \text{ кв. м} \leq 0,001237155 \text{ кв. м}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

9.2.3. Минимальные размеры сварных швов

Минимальные размеры сварных швов должны удовлетворять условию:

$$\Delta \geq 2.1 \cdot \frac{l_p \cdot s_{1p}}{d + 2 \cdot s_{1p}}$$

$$2.1 \cdot \frac{l_p \cdot s_{1p}}{d + 2 \cdot s_{1p}} = 2.1 \cdot (50,49752 \cdot 0,00520738) / (200 + 2 \cdot 0,00520738) = 0,002760934 \text{ мм} \leq 10 \text{ мм}$$

Заключение: **Условие прочности выполнено**

9.3. Расчёт в условиях испытаний

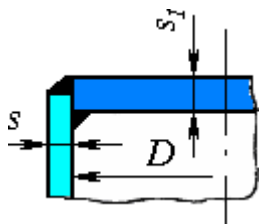
Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Име. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Име. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

10. крышка штуцеров форсунок

Расчёт на прочность по ГОСТ 14249-89



10.1. Исходные данные

Материал: 09Г2С
 Внутренний диаметр смежного элемента, D: $1 \cdot 10^3$ мм
 Толщина стенки смежного элемента, s: 15 мм
 Толщина стенки днища, s_1 : 10 мм
 Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, s_1 : 2 мм
 Прибавка для компенсации минусового допуска, s_2 : 0,8 мм
 Прибавка технологическая, s_3 : 0 мм
 Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c: 2,8 мм
 Расчётный диаметр днища, $D_p=D$: $1 \cdot 10^3$ мм

Коэффициент прочности сварного шва:

$$\varphi_p = 1$$

Коэффициент конструкции K (см. ГОСТ 14249-89, табл. 3): $K = 0,38$

Номер штуцера, i	Название штуцера	Хорда, d_i , мм
1	Штуцер форсунки №3	100
2	Штуцер форсунки №2	100
3	Штуцер форсунки №1	100

Коэффициент ослабления для днищ, имеющих отверстия (число отверстий: 3):

$$K_0 = \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{\sum d_i}{D_p}\right)^3}{1 - \left(\frac{\sum d_i}{D_p}\right)}} = 1,178983$$

Положение наиболее опасного сечения (см. п. 4.2.4 ГОСТ 14249-89):

Угол наиболее опасного сечения, φ : 0 градус

10.2. Расчёт в рабочих условиях

10.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 20 °С
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,01000141 МПа

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 09Г2С при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища и крышки, нагруженные избыточным давлением (п. 4.2.).

Поправочный коэффициент для допускаемого давления $K_p = 1.0$

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок (п. 4.2.1):

$$s_p + c = K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{p}{\varphi \cdot [\sigma] \cdot K_p}} + c = 0,38 * 1,178983 * 1 \cdot 10^3 * \sqrt{\frac{0,01000141}{1 * 196 * 1}} + 2,8 = 6,000321 \text{ мм}$$

$$6,000321 \text{ мм} \leq 10 \text{ мм}$$

Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Заключение: **Условие прочности выполнено**

Допускаемое давление:

$$[P] = \left(\frac{s_1 - c}{K \cdot K_0 \cdot D_p} \right)^2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot K_p = ([10 - 2,8] / [0,38 * 1,178983 * 1 \cdot 10^3])^2 * 196 * 1 * 1 = 0,05062197 \text{ МПа}$$

0,05062197 МПа \geq 0,01000141 МПа

Заключение: **Условие прочности выполнено**

10.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

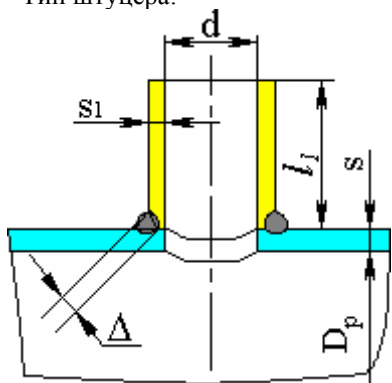
Изм. № подл.						http://bnbars.mov.su		
Подпись и дата							Лист	
Взам. инв. №							28	
Изн. № дубл.								
Подпись и дата								
Изн. № дубл.								

11. Штуцер форсунки №3

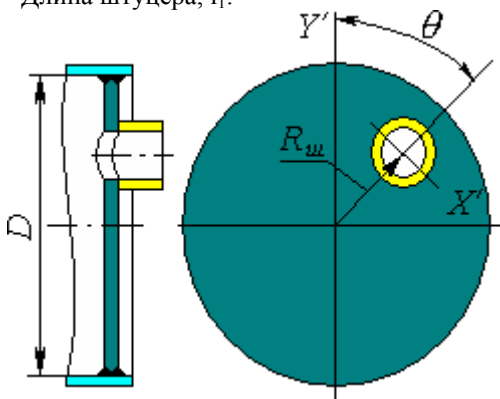
Расчёт прочности узла врезки штуцера

11.1. Исходные данные

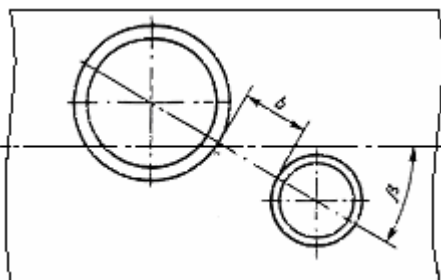
Элемент: Штуцер форсунки №3
 Условное обозначение (метка): Штуцер №3
 Элемент, несущий штуцер: крышка штуцеров форсунок
 Тип элемента, несущего штуцер: Днище плоское(крышка)
 Тип штуцера: Непроходящий без укрепления



Материал несущего элемента: 09Г2С
 Толщина стенки несущего элемента, s: 10 мм
 Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c: 2,8 мм
 Материал штуцера: 09Г2С
 Внутренний диаметр штуцера, d: 100 мм
 Толщина стенки штуцера, s₁: 10 мм
 Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), c_s: 2 мм
 Длина штуцера, l₁: 100 мм



Смещение штуцера, R_ш: 350 мм
 Угол поворота штуцера, θ: 180 градус
 Минимальный размер сварного шва, Δ: 10 мм
 Расчётные параметры размещения штуцера:
 Ближайший штуцер



Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Название штуцера: Штуцер форсунки №2
 Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b:
 (для наклонных штуцеров определяется приближенно) 230 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:
 Продольный шов штуцера:
 $\varphi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:
 $\varphi_s = 1$

11.2. Расчёт в рабочих условиях

11.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 20 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,01000127 МПа

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):
 $[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:
 $E = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):
 $[\sigma]_1^{20} = 196 \text{ МПа}$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:
 $E_1 = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{\text{ш}} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = \frac{0,01000127 \cdot (100 + 2 \cdot 2)}{2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01000127} = 0,002653465 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2)}{100 + 10 + 2} = 28 \text{ МПа}$$

28 МПа \geq 0,01000127 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

11.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Изм. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Изн. № дубл.
Изн. № подл.	Подпись и дата

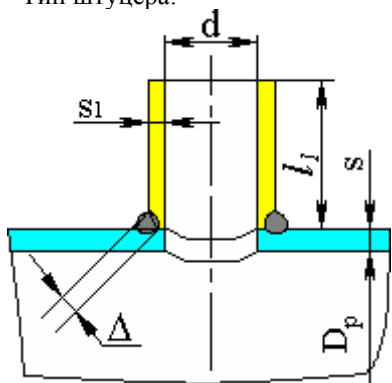
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

12. Штуцер форсунки №2

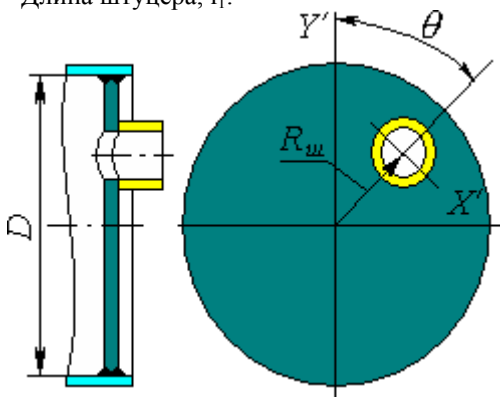
Расчёт прочности узла врезки штуцера

12.1. Исходные данные

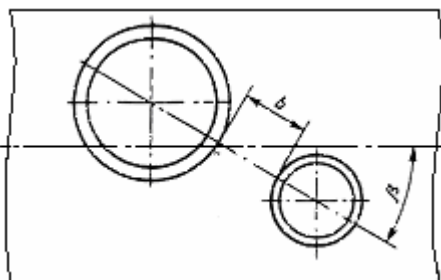
Элемент:	Штуцер форсунки №2
Условное обозначение (метка)	Штуцер №2
Элемент, несущий штуцер:	крышка штуцеров форсунок
Тип элемента, несущего штуцер:	Днище плоское(крышка)
Тип штуцера:	Непроходящий без укрепления



Материал несущего элемента:	09Г2С
Толщина стенки несущего элемента, s:	10 мм
Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c:	2,8 мм
Материал штуцера:	09Г2С
Внутренний диаметр штуцера, d:	100 мм
Толщина стенки штуцера, s ₁ :	10 мм
Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), c _s :	2 мм
Длина штуцера, l ₁ :	100 мм



Смещение штуцера, R _ш :	0 мм
Угол поворота штуцера, θ:	0 градус
Минимальный размер сварного шва, Δ:	10 мм
Расчётные параметры размещения штуцера:	
Ближайший штуцер	



Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Название штуцера: Штуцер форсунки №3
 Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b:
 (для наклонных штуцеров определяется приближенно) 230 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:
 Продольный шов штуцера:
 $\varphi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:
 $\varphi_s = 1$

12.2. Расчёт в рабочих условиях

12.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 20 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,01000127 МПа

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):
 $[\sigma]^{20} = 196 \text{ МПа}$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:
 $E = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):
 $[\sigma]_1^{20} = 196 \text{ МПа}$

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:
 $E_1 = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{\text{ш}} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = \frac{0,01000127 \cdot (100 + 2 \cdot 2)}{2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01000127} = 0,002653465 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2)}{100 + 10 + 2} = 28 \text{ МПа}$$

28 МПа \geq 0,01000127 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

12.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Изм. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

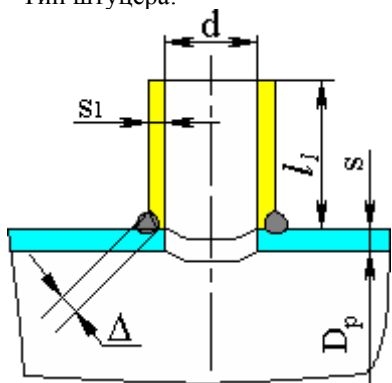
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

13. Штуцер форсунки №1

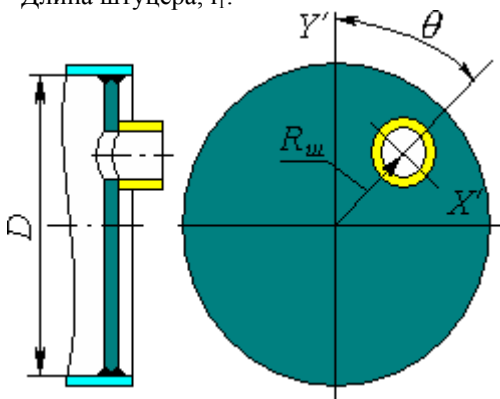
Расчёт прочности узла врезки штуцера

13.1. Исходные данные

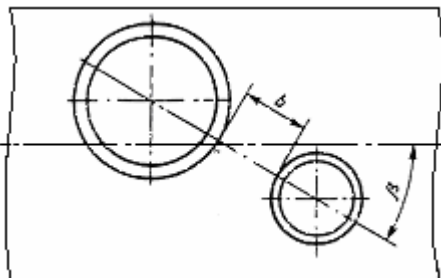
Элемент: Штуцер форсунки №1
 Условное обозначение (метка) Штуцер №1
 Элемент, несущий штуцер: крышка штуцеров форсунок
 Тип элемента, несущего штуцер: Днище плоское(крышка)
 Тип штуцера: Непроходящий без укрепления



Материал несущего элемента: 09Г2С
 Толщина стенки несущего элемента, s : 10 мм
 Сумма прибавок к стенке несущего элемента, c : 2,8 мм
 Материал штуцера: 09Г2С
 Внутренний диаметр штуцера, d : 100 мм
 Толщина стенки штуцера, s_1 : 10 мм
 Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию), c_s : 2 мм
 Длина штуцера, l_1 : 100 мм



Смещение штуцера, $R_{ш}$: 350 мм
 Угол поворота штуцера, θ : 0 градус
 Минимальный размер сварного шва, Δ : 10 мм
 Расчётные параметры размещения штуцера:
 Ближайший штуцер



Изн. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

Название штуцера: Штуцер форсунки №2
 Расстояние до стенки ближайшего штуцера, b:
 (для наклонных штуцеров определяется приближенно) 230 мм

Коэффициенты прочности сварных швов:
 Продольный шов штуцера:
 $\varphi_1 = 1$

Шов обечайки в зоне врезки штуцера:
 $\varphi_s = 1$

13.2. Расчёт в рабочих условиях

13.2.1. Условия нагружения:

Расчётная температура, T: 20 °C
 Расчётное внутреннее избыточное давление, p: 0,01000127 МПа

Свойства материала элемента, несущего штуцер

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):
 $[\sigma]^{20} = 196$ МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:
 $E = 1,99 \cdot 10^5$ МПа

Свойства материала штуцера

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С при температуре 20 °C (рабочие условия):
 $[\sigma]_1^{20} = 196$ МПа

Модуль продольной упругости при температуре 20 °C:
 $E_1 = 1,99 \cdot 10^5$ МПа

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$s_{\text{ш}} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 - p} = \frac{0,01000127 \cdot (100 + 2 \cdot 2)}{2 \cdot 196 \cdot 1 - 0,01000127} = 0,002653465 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \varphi_1 \cdot (s_1 - c_s)}{d_1 + s_1 + c_s} = \frac{2 \cdot 196 \cdot 1 \cdot (10 - 2)}{100 + 10 + 2} = 28 \text{ МПа}$$

28 МПа \geq 0,01000127 МПа

Заключение: **Условие прочности и устойчивости выполнено**

13.3. Расчёт в условиях испытаний

Расчёт испытаний не выбран и не проводился.

Изм. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

14. Список использованных источников

1. СА-03-004-07. Расчет на прочность сосудов и аппаратов.
2. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
3. ГОСТ 25221-82. Сосуды и аппараты. Днища и крышки сферические неотбортованные. Нормы и методы расчета на прочность.
4. ГОСТ 26202-84. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
5. ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.
6. РД 26-15-88. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений.
7. РД РТМ 26-01-96-83. Крышки и днища плоские круглые с радиальными ребрами жесткости сосудов и аппаратов.
8. РД 26-01-169-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность днищ в местах крепления опор-стоек.
9. ASME VIII, Div 1, 2002.
10. WRC-107 Welding Research Council. Bulletin. "Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings". 1979.
11. WRC-297 Welding Research Council. Bulletin. "Local Stresses in Cylindrical Shells due to External Loadings on Nozzles – Supplement to WRC Bulletin №107". 1987.
12. ГОСТ Р 51273-99. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий.
13. ГОСТ Р 51274-99. Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность.

Изн. № подл.		Подпись и дата		Взам. инв. №		Изн. № дубл.		Подпись и дата		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	http://bnbars.mov.su					Лист
										35

15. Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	Измененных	Замененных	Новых	Изъятых					

Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

<http://bnbars.mov.su>