

**ДОПУСТИМОЕ ДАВЛЕНИЕ ДЛЯ ОТВОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ  
ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 120°С НА ПЕРИОД РАБОТЫ 10<sup>5</sup> ЧАСОВ**

**Расчет на прочность**

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение .....	3
2	Исходные данные .....	3
3	Допустимое давление .....	4
	Список использованной литературы .....	8

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<b>Допустимое давление для отводов                  трубопроводов при температуре 120°C                  на период работы 10<sup>5</sup> часов                  Расчет на прочность</b>	Литер.	Лист	Листов
Разраб.							2	8
Проверил								
Н.контр.								
Утв.								

## 1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Целью данного расчета на прочность является определение допустимого давления для отводов трубопроводов из условия соответствия действующим нормам прочности.

1.2 С точки зрения расчетов на прочность данные отводы являются низкотемпературными. При расчетах на прочность низкотемпературных трубопроводов не учитываются процессы ползучести металла и зависимость прочностных характеристик металла от расчетного ресурса.

1.3 Расчет на прочность отводов трубопроводов выполнен в соответствии с РД 10-249-98.

## 2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- 2.1 Наружный диаметр и толщина стенки отводов ..... 45x3,5 мм,  
57x3,0 мм,  
57x3,5 мм,  
76x3,5 мм,  
89x3,5 мм,  
102x3,5 мм,  
108x3,5 мм,  
114x3,5 мм,  
114x4,0 мм,  
133x3,5 мм,  
133x4,0 мм,  
159x4,0 мм,  
159x4,5 мм,  
159x8,0 мм,  
168x4,0 мм,  
168x8,0 мм,  
219x5,0 мм,  
219x6,0 мм,  
273x6,0 мм,  
273x8,0 мм,  
325x8,0 мм,  
325x10,0 мм.
- 2.2 Материал..... Сталь 20.
- 2.3 Расчетная температура .....  $T = +120$  °С.
- 2.4 Допускаемое напряжение при расчетной температуре.....  $[\sigma] = 145,5$  МПа.
- 2.5 Рабочая среда ..... вода, насыщенный пар;  
перегретый пар;  
газ.

					Лист
					3
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

### 3 ДОПУСТИМОЕ ДАВЛЕНИЕ

3.1 Допустимое давление для отводов трубопроводов определяется по формуле

$$[p] = \min \left[ \frac{2\varphi_w [\sigma]}{D_a - \frac{s-c}{K_i Y_i}} \frac{s-c}{K_i Y_i} \right] \text{ МПа,}$$

где  $i=1, 2, 3$  – внешняя, внутренняя и нейтральная зоны (участки) отвода;

$$K_1 = \frac{4 \cdot R / D_a + 1}{4 \cdot R / D_a + 2}, \quad K_2 = \frac{4 \cdot R / D_a - 1}{4 \cdot R / D_a - 2}, \quad K_3 = 1 - \text{торовые коэффициенты;}$$

$R$ , мм – радиус гйба отвода.

$Y_1, Y_2, Y_3$  - коэффициенты формы:

- для отводов из углеродистой стали, температура стенки которых не превышает 350 °С

$$Y_1 = 0,12 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + 0,4 \frac{a}{\alpha} \cdot q} \right), \quad Y_2 = Y_1, \quad Y_3 = 0,12 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + 0,4 \frac{a}{\alpha}} \right);$$

$a=6\%$  - овальность сечения в соответствии с ГОСТ 17380-2001;

$$\alpha = \frac{p}{2 \cdot [\sigma] + p}, \text{ если } \alpha < 0,03 \text{ то принимается } \alpha = 0,03;$$

$$q = \min \left( 1; 2 \cdot \alpha \cdot \frac{R}{D} + 0,5 \right);$$

$\varphi_w = 1$  - коэффициент сварных соединений;

$c = c_{11} + c_{21}$ , мм – суммарная прибавка к толщине стенки магистрали на расчетный срок службы  $10^5$  часов (11 лет);

$c_{11} = 0,15 \cdot S$ , мм - прибавка на минусовое отклонение в соответствии с ГОСТ 17380-2001;

$c_{21}$ , мм – нормативная величина прибавки на коррозионно-эрозионный износ для периода работы  $10^5$  часов:

- для горячей воды и насыщенного пара: для труб диаметром свыше 32 до 76 мм включительно  $c_{21} = 0,5$  мм, для труб диаметром свыше 76 мм  $c_{21} = 1,0$  мм в соответствии с таблицей 1.2 РД 10-249-98;

- для перегретого пара: для труб диаметром свыше 32 до 76 мм включительно  $c_{21} = 0,3$  мм, для труб диаметром свыше 76 мм  $c_{21} = 0,5$  мм в соответствии с таблицей 1.2 РД 10-249-98;

- для газа:  $c_{21} = 0$ .

Результаты расчета допустимого давления для отводов трубопроводов приведены в таблицах 3.1-3.3.

					Лист
					4
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

Таблица 3.1 Для воды и насыщенного пара

Отвод	45x3,5	57x3,0	57x3,5	76x3,5	89x3,5	102x3,5	108x3,5	114x3,5	114x4,0	133x3,5	133x4,0
D <sub>a</sub> , мм	45	57	57	76	89	102	108	114	114	133	133
R, мм	60	75	75	100	120	150	150	150	150	190	133
S, мм	3,5	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	3,5	4,0
c <sub>11</sub> , мм	0,525	0,45	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,6	0,525	0,6
c <sub>21</sub> , мм	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
c, мм	1,025	0,95	1,025	1,025	1,525	1,525	1,525	1,525	1,6	1,525	1,6
[σ], МПа	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5
K <sub>1</sub>	0,864	0,862	0,862	0,862	0,865	0,873	0,868	0,862	0,862	0,870	0,870
K <sub>2</sub>	1,300	1,306	1,306	1,306	1,295	1,258	1,281	1,306	1,306	1,269	1,269
α	0,042	0,03	0,033	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
q	0,613	0,579	0,587	0,579	0,581	0,588	0,583	0,579	0,579	0,586	0,586
Y <sub>1</sub> = Y <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Y <sub>3</sub>	1,032	1,200	1,147	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
[p], МПа	<b>12,85</b>	<b>8,2</b>	<b>10,0</b>	<b>7,44</b>	<b>5,06</b>	<b>4,55</b>	<b>4,2</b>	<b>3,9</b>	<b>4,75</b>	<b>3,44</b>	<b>4,19</b>

Продолжение таблицы 3.1 Для воды и насыщенного пара

Отвод	159x4,0	159x4,5	159x8,0	168x4,0	168x8,0	219x5,0	219x6,0	273x6,0	273x80	325x80	325x10,0
D <sub>a</sub> , мм	159	159	159	168	168	219	219	273	273	325	325
R, мм	225	225	225	225	225	300	300	375	375	450	450
S, мм	4,0	4,5	8,0	4,0	8,0	5,0	6,0	6,0	8,0	8,0	10,0
c <sub>11</sub> , мм	0,6	0,675	1,2	0,6	1,2	0,75	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5
c <sub>21</sub> , мм	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
c, мм	1,6	1,675	2,2	1,6	2,2	1,75	1,9	1,9	2,2	2,2	2,5
[σ], МПа	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5
K <sub>1</sub>	0,869	0,869	0,869	0,864	0,864	0,866	0,866	0,867	0,867	0,867	0,867
K <sub>2</sub>	1,273	1,273	1,273	1,298	1,298	1,287	1,287	1,286	1,286	1,283	1,283
α	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
q	0,585	0,585	0,585	0,580	0,580	0,582	0,582	0,582	0,582	0,583	0,583
Y <sub>1</sub> = Y <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Y <sub>3</sub>	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
[p], МПа	<b>3,48</b>	<b>4,11</b>	<b>8,57</b>	<b>3,23</b>	<b>7,95</b>	<b>3,39</b>	<b>4,29</b>	<b>3,43</b>	<b>4,88</b>	<b>4,1</b>	<b>5,33</b>

											Лист
											5
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата							

Таблица 3.2 Для перегретого пара

Отвод	45x3,5	57x3,0	57x3,5	76x3,5	89x3,5	102x3,5	108x3,5	114x3,5	144x4,0	133x3,5	133x4,0
D <sub>а</sub> , мм	45	57	57	76	89	102	108	114	114	133	133
R, мм	60	75	75	100	120	150	150	150	150	190	190
S, мм	3,5	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	3,5	4,0
c <sub>11</sub> , мм	0,525	0,45	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,6	0,525	0,6
c <sub>21</sub> , мм	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
c, мм	0,825	0,75	0,825	0,825	1,025	1,025	1,025	1,025	1,1	1,025	1,1
[σ], МПа	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5
K <sub>1</sub>	0,864	0,862	0,862	0,862	0,865	0,873	0,868	0,862	0,862	0,870	0,870
K <sub>2</sub>	1,300	1,306	1,306	1,306	1,295	1,258	1,281	1,306	1,306	1,269	1,269
α	0,046	0,03	0,036	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
q	0,622	0,579	0,595	0,579	0,581	0,588	0,583	0,579	0,579	0,586	0,586
Y <sub>1</sub> = Y <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Y <sub>3</sub>	1,000	1,200	1,108	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
[ρ], МПа	<b>13,94</b>	<b>9,06</b>	<b>10,84</b>	<b>8,05</b>	<b>6,38</b>	<b>5,72</b>	<b>5,3</b>	<b>4,91</b>	<b>5,77</b>	<b>4,33</b>	<b>5,08</b>

Продолжение таблицы 3.2 Для перегретого пара

Отвод	159x4,0	159x4,5	159x8,0	168x4,0	168x8,0	219x5,0	219x6,0	273x6,0	273x80	325x80	325x10,0
D <sub>а</sub> , мм	159	159	159	168	168	219	219	273	273	325	325
R, мм	225	225	225	225	225	300	300	375	375	450	450
S, мм	4,0	4,5	8,0	4,0	8,0	5,0	6,0	6,0	8,0	8,0	10,0
c <sub>11</sub> , мм	0,6	0,675	1,2	0,6	1,2	0,75	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5
c <sub>21</sub> , мм	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
c, мм	1,1	1,175	1,7	1,1	1,7	1,25	1,4	1,4	1,7	1,7	2,0
[σ], МПа	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5
K <sub>1</sub>	0,869	0,869	0,869	0,864	0,864	0,866	0,866	0,867	0,867	0,867	0,867
K <sub>2</sub>	1,273	1,273	1,273	1,298	1,298	1,287	1,287	1,286	1,286	1,283	1,283
α	0,03	0,03	0,031	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
q	0,585	0,585	0,588	0,580	0,580	0,582	0,582	0,582	0,582	0,583	0,583
Y <sub>1</sub> = Y <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Y <sub>3</sub>	1,200	1,200	1,181	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
[ρ], МПа	<b>4,23</b>	<b>4,86</b>	<b>9,34</b>	<b>3,92</b>	<b>8,65</b>	<b>3,92</b>	<b>4,82</b>	<b>3,86</b>	<b>5,31</b>	<b>4,46</b>	<b>5,69</b>

											Лист
											6
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата							

Таблица 3.3 Для газа

Отвод	45x3,5	57x3,0	57x3,5	76x3,5	89x3,5	102x3,5	108x3,5	114x3,5	114x4,0	133x3,5	133x4,0
D <sub>a</sub> , мм	45	57	57	76	89	102	108	114	114	133	133
R, мм	60	75	75	100	120	150	150	150	150	190	190
S, мм	3,5	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	3,5	4,0
c <sub>11</sub> , мм	0,525	0,45	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,6	0,525	0,6
c <sub>21</sub> , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c, мм	0,525	0,45	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,6	0,525	0,6
[σ], МПа	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5
K <sub>1</sub>	0,864	0,862	0,862	0,862	0,865	0,873	0,868	0,862	0,862	0,870	0,870
K <sub>2</sub>	1,300	1,306	1,306	1,306	1,295	1,258	1,281	1,306	1,306	1,269	1,269
α	0,051	0,034	0,040	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
q	0,636	0,590	0,605	0,579	0,581	0,588	0,583	0,579	0,579	0,586	0,586
Y <sub>1</sub> = Y <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Y <sub>3</sub>	1,000	1,132	1,058	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
[p], МПа	<b>15,59</b>	<b>10,32</b>	<b>12,1</b>	<b>8,98</b>	<b>7,71</b>	<b>6,9</b>	<b>6,39</b>	<b>5,93</b>	<b>6,79</b>	<b>5,22</b>	<b>5,98</b>

Продолжение таблицы 3.3 Для газа

Отвод	159x4,0	159x4,5	159x8,0	168x4,0	168x8,0	219x5,0	219x6,0	273x6,0	273x80	325x80	325x10,0
D <sub>a</sub> , мм	159	159	159	168	168	219	219	273	273	325	325
R, мм	225	225	225	225	225	300	300	375	375	450	450
S, мм	4,0	4,5	8,0	4,0	8,0	5,0	6,0	6,0	8,0	8,0	10,0
c <sub>11</sub> , мм	0,6	0,675	1,2	0,6	1,2	0,75	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5
c <sub>21</sub> , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c, мм	0,6	0,675	1,2	0,6	1,2	0,75	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5
[σ], МПа	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5
K <sub>1</sub>	0,869	0,869	0,869	0,864	0,864	0,866	0,866	0,867	0,867	0,867	0,867
K <sub>2</sub>	1,273	1,273	1,273	1,298	1,298	1,287	1,287	1,286	1,286	1,283	1,283
α	0,03	0,03	0,034	0,03	0,031	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
q	0,585	0,585	0,595	0,580	0,583	0,582	0,582	0,582	0,582	0,583	0,583
Y <sub>1</sub> = Y <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Y <sub>3</sub>	1,200	1,200	1,142	1,200	1,180	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
[p], МПа	<b>4,96</b>	<b>5,6</b>	<b>10,1</b>	<b>4,6</b>	<b>9,36</b>	<b>4,45</b>	<b>5,36</b>	<b>4,28</b>	<b>5,74</b>	<b>4,82</b>	<b>6,05</b>

											Лист
											7
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата							

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды. РД 10-249-98.

						Лист
						8
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		