

АО «Омский каучук»
Проектно-конструкторский отдел

АО «Омский каучук»
гр.И - гр.М

Замена аппарата воздушного
охлаждения поз. ТА-101

Расчет трубопровода и его соединений на прочность

23550-ТХ.РТП

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

Омск
2025

Лист 1 из 1

Содержание

1 Общие данные 3

2 Расчетная часть..... 4

3 Исходные данные 14

4 Результаты расчета..... 19

5 Список принятых сокращений..... 25

6 Используемая литература..... 26

Таблица регистрации изменений 27

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разраб.					
Пров.					
И.о. ГИПа					
Н. контр.					
Утв.					

23550-ТХ.РТП

Замена аппарата воздушного
охлаждения поз. ТА-101

Расчет трубопровода
и его соединений на прочность

Стадия	Лист	Листов
Р	2	27
АО «Омский каучук» ПКО		

1 Общие данные

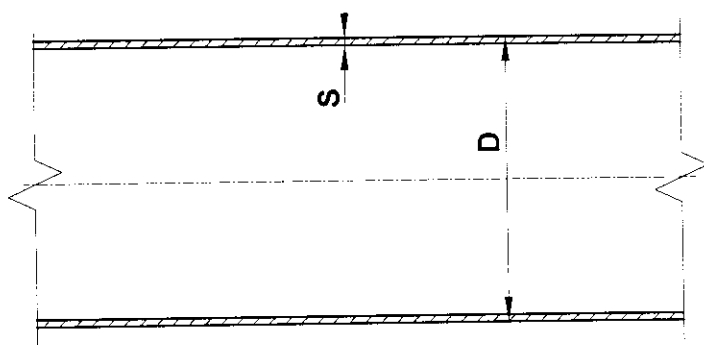
Расчет трубопровода и его соединений на прочность проведен согласно ГОСТ 32388-2013 «Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмическое воздействие», ГОСТ 34233.1-2017 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования».

Порядок расчета приведен в разделе 2 «Расчетная часть». Исходные данные представлены в таблицах 1 ÷ 6 раздела 3 «Исходные данные». Выполненные расчеты согласно разделу 2 «Расчетная часть» сведены в таблицы 7 ÷ 12 раздела 4 «Результаты расчета».

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП			3

2 Расчетная часть

2.1 Определение толщины стенки и допустимого давления для трубопровода



2.1.1 Номинальную толщину стенки трубопровода рассчитаем по формуле

$$S \geq S_R + c \quad [1, \text{с. 13}],$$

где S_R – расчетная толщина стенки трубопровода, мм;
 c – суммарная прибавка к толщине стенки трубопровода, мм.

2.1.2 Суммарную прибавку к толщине стенки трубопровода рассчитаем по формуле [1, с. 13],

$$c = c_1 + c_2$$

где c_1 – прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки трубопровода при технологических операциях, мм;

c_2 — прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм.

2.1.3 Расчетную толщину стенки трубопровода рассчитаем по формуле

$$S_R = \frac{|P| \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] + |P|} \quad [1, \text{c. 18}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;

D – наружный диаметр трубопровода, мм;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении, $\varphi = 1$ [1, с. 10];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа.

2.1.4 Допускаемое давление для трубопровода рассчитаем по формуле

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D - (S - c)} \quad [1, \text{c. 18}],$$

где φ — коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении, $\varphi = 1$ [1, с. 10];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

S — номинальная толщина стенки трубопровода, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки трубопровода, мм;

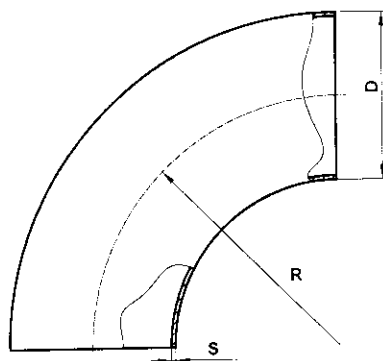
D — наружный диаметр трубопровода, мм.

2.1.5 Расчетные формулы применимы при следующих условиях:

$$\frac{S-c}{D} \leq 0,25 \quad [1, \text{с. } 1].$$

[illegible]

2.2 Определение толщины стенки и допустимого давления для отвода



2.2.1 Номинальную толщину стенки отвода рассчитаем по формуле

$$S \geq S_{RO} + c \quad [1, \text{с. 13}],$$

где S_{RO} – расчетная толщина стенки отвода, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки отвода, мм.

2.2.2 Суммарную прибавку к толщине стенки отвода рассчитаем по формуле

$$c = c_1 + c_2 \quad [1, \text{с. 13}],$$

где c_1 – прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки отвода при технологических операциях, мм;

c_2 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм.

2.2.3 Расчетную толщину стенки отвода рассчитаем по формуле

$$S_{RO} = S_R \cdot k \quad [1, \text{с. 19}],$$

где S_R – расчетная толщина стенки трубопровода, мм;

k – коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения радиуса кривизны осевой линии отвода к наружному диаметру отвода. При соотношении $R/D \leq 1,0$ – $k = 1,3$; при соотношении $R/D \geq 2,0$ – $k = 1,0$; для промежуточных значений R/D значение k определяют линейной интерполяцией [1, с. 19].

2.2.4 Расчетную толщину стенки трубопровода рассчитаем по формуле

$$S_R = \frac{|P| \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] + |P|} \quad [1, \text{с. 18}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;

D – наружный диаметр трубопровода, мм;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении, $\varphi = 1$ [1, с. 10];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа.

2.2.5 Допускаемое давление для отвода рассчитаем по формуле

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D \cdot k - (S - c)} \quad [1, \text{с. 20}],$$

где φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении, $\varphi = 1$ [1, с. 10];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

S – номинальная толщина стенки отвода, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки отвода, мм;

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм. Кол. уч. Лист № док. Подп. Дата

23550-TX.PTII

Лист

5

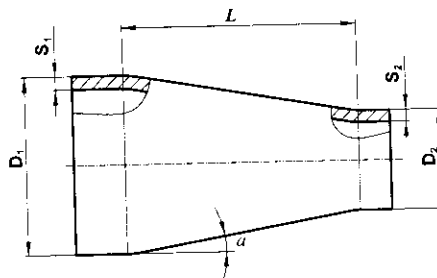
D – наружный диаметр отвода, мм;

k – коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения радиуса кривизны осевой линии отвода к наружному диаметру отвода. При соотношении $R/D \leq 1,0$ – $k = 1,3$; при соотношении $R/D \geq 2,0$ – $k = 1,0$; для промежуточных значений R/D значение k определяют линейной интерполяцией [1, с. 19].

2.2.6 Расчетные формулы применимы при следующих условиях:

$$\frac{S-c}{D} \leq 0,25 \text{ [1, с. 1].}$$

2.3 **Определение толщины стенки и допустимого давления для перехода**



2.3.1 Номинальную толщину стенки перехода рассчитаем по формуле

$$S \geq S_{RP} + c \quad [1, \text{с. 13}],$$

где S_{RP} – расчетная толщина стенки перехода, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки перехода, мм.

2.3.2 Суммарную прибавку к толщине стенки перехода рассчитаем по формуле

$$c = c_1 + c_2 \quad [1, \text{с. 13}],$$

где c_1 – прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки перехода при технологических операциях, мм;

c_2 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм.

2.3.3 Расчетную толщину стенки перехода со стороны большего диаметра рассчитаем по формуле

$$S_{RP1} = \frac{|P| \cdot D_1}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot \cos \alpha + |P|} \quad [1, \text{с. 20}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;

D_1 – больший наружный диаметр перехода, мм;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении, $\varphi = 1$ [1, с. 10];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа;

α – угол наклона образующей перехода, °.

2.3.4 Расчетную толщину стенки перехода со стороны меньшего диаметра рассчитаем по формуле

$$S_{RP2} = \frac{|P| \cdot D_2}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot \cos \alpha + |P|} \quad [1, \text{с. 20}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;

D_2 – меньший наружный диаметр перехода, мм;

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

23550-ТХ.РТП

Лист

6

2.4.1 Номинальную толщину стенки магистрали врезки рассчитаем по формуле

$$S_M \geq S_{RM} + c \quad [1, \text{с. 13}],$$

где S_{RM} – расчетная толщина стенки магистрали врезки, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки врезки, мм.

2.4.2 Номинальную толщину стенки ответвления врезки рассчитаем по формуле

$$S_O \geq S_{RO} + c \quad [1, \text{с. 13}],$$

где S_{RO} – расчетная толщина стенки ответвления врезки, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки врезки, мм.

2.4.3 Суммарную прибавку к толщине стенки врезки рассчитаем по формуле

$$c = c_1 + c_2 \quad [1, \text{с. 13}],$$

где c_1 – прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки врезки при технологических операциях, мм;

c_2 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм.

2.4.4 Расчетную толщину стенки магистрали врезки рассчитаем по формуле

$$S_{RM} = \frac{|P| \cdot D_M}{2 \cdot \min\{\varphi; \varphi_1\} \cdot [\sigma] + |P|} \quad [1, \text{с. 21}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;

D_M – наружный диаметр магистрали врезки, мм;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении,
 $\varphi = 1$ [1, с. 10];

φ_1 – расчетный коэффициент снижения прочности магистрали врезки;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение магистрали врезки при расчетной температуре, МПа.

2.4.5 Расчетный коэффициент снижения прочности магистрали врезки рассчитаем по формуле

$$\varphi_1 = \frac{2}{1,75 + \frac{(D_O - 2 \cdot S_O)}{\sqrt{(D_M - S_M + c) \cdot (S_M - c)}}} \cdot \left(1 + \frac{\Sigma A}{2 \cdot (S_M - c) \cdot \sqrt{(D_M - S_M + c) \cdot (S_M - c)}} \right) \quad [1, \text{с. 21}],$$

где D_O – наружный диаметр ответвления врезки, мм;

S_O – номинальная толщина стенки ответвления врезки, мм;

D_M – наружный диаметр магистрали врезки, мм;

S_M – номинальная толщина стенки магистрали врезки, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки врезки, мм;

ΣA – сумма укрепляющих площадей ответвления и накладки (если таковая имеется), мм².

2.4.6 Сумму укрепляющих площадей ответвления и накладки рассчитаем по формуле
[1, с. 22],

$$\Sigma A = A_O + A_n$$

где A_O – укрепляющая площадь ответвления, мм²;

A_n – укрепляющая площадь накладки, мм².

2.4.7 Укрепляющую площадь ответвления рассчитаем по формуле

$$A_O = 2 \cdot h_O \cdot [(S_O - c) - S_{Ob}] \quad [1, \text{с. 22}],$$

где h_O – высота ответвления, мм;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	23550-TX.РТП				8

S_O – номинальная толщина стенки ответвления врезки, мм;
 c – суммарная прибавка к толщине стенки врезки, мм;
 S_{Ob} – минимальная толщина стенки ответвления врезки, мм.

2.4.8 Высоту ответвления рассчитаем по формуле

$$h_o = 1,25 \sqrt{(D_o - S_o + c) \cdot (S_o - c)} \quad [1, \text{с. 23}],$$

где D_o – наружный диаметр ответвления врезки, мм;
 S_o – номинальная толщина стенки ответвления врезки, мм;
 c – суммарная прибавка к толщине стенки врезки, мм.

2.4.9 Минимальную толщину стенки ответвления рассчитаем по формуле

$$S_{ob} = \frac{|P| \cdot (D_o - 2 \cdot S_o)}{2 \cdot [\sigma]_o - |P|} \quad [1, \text{с. 22}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;
 D_o – наружный диаметр ответвления врезки, мм;
 S_o – номинальная толщина стенки ответвления врезки, мм;
 $[\sigma]_o$ – допускаемое напряжение ответвления врезки при расчетной температуре, МПа.

2.4.10 Укрепляющую площадь накладки рассчитаем по формуле

$$A_n = 2 \cdot b_n \cdot S_n \quad [1, \text{с. 22}],$$

где b_n – ширина накладки, мм. Используемое значение b_n должно соответствовать размеру накладки по чертежу, но приниматься для расчета не более величины, рассчитанной по формуле $b_{нн} = \sqrt{(D_M - S_M + c) \cdot (S_M + S_n - c)}$ [1, с. 23];

S_n – толщина накладки, мм.

2.4.11 Расчетную толщину стенки ответвления врезки рассчитаем по формуле

$$S_{RO} = \frac{|P| \cdot D_o}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_o + |P|} \quad [1, \text{с. 21}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;
 D_o – наружный диаметр ответвления врезки, мм;
 φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении,
 $\varphi = 1$ [1, с. 10];
 $[\sigma]_o$ – допускаемое напряжение ответвления врезки при расчетной температуре, МПа.

2.4.12 Допускаемое давление для врезки рассчитаем по формуле

$$[P] = \min \left\{ \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \min\{\varphi, \varphi_1\} \cdot (S_M - c)}{D_M - (S_M - c)}, \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_o - c)}{D_o - (S_o - c)} \right\} \quad [1, \text{с. 24}],$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение магистрали врезки при расчетной температуре, МПа;
 φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении,
 $\varphi = 1$ [1, с. 10];
 φ_1 – расчетный коэффициент снижения прочности магистрали врезки;
 S_M – номинальная толщина стенки магистрали врезки, мм;
 c – суммарная прибавка к толщине стенки врезки, мм;

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

23550-ТХ.РТП

Лист

9

D_M – наружный диаметр магистрали врезки, мм;
 D_O – наружный диаметр ответвления врезки, мм;
 S_O – номинальная толщина стенки ответвления врезки, мм.

2.4.13 Расчетные формулы применимы при следующих условиях:

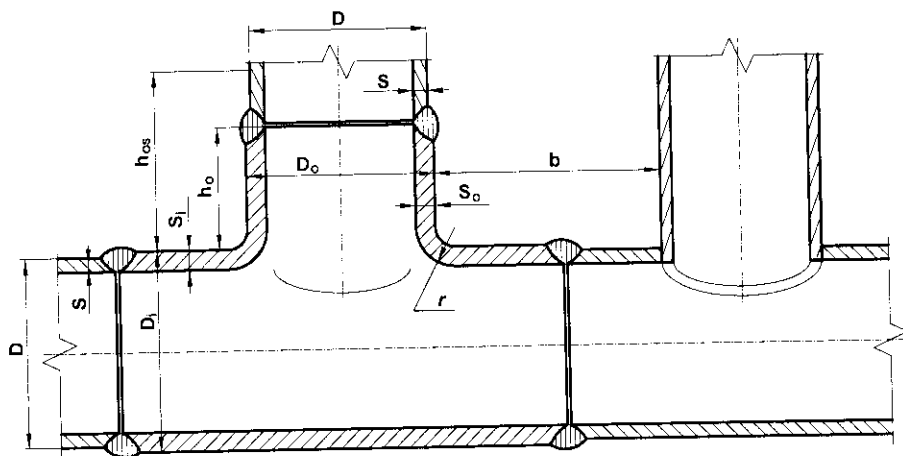
$$\frac{S_M - c}{D_M} \leq 0,1, \quad \frac{S_O - c}{D_O} \leq 0,25 \quad [1, \text{с. } 1],$$

$$\alpha > 75^\circ \quad [1, \text{с. } 21],$$

$$\frac{D_O - 2 \cdot S_O}{D_M - 2 \cdot S_M} \leq 1 \quad [1, \text{с. } 21],$$

$$b > 2\sqrt{(D_M - S_M - c) \cdot (S_M - c)} \quad [1, \text{с. } 21].$$

2.5 Определение толщины стенки и допустимого давления для штампованного тройника



2.5.1 Номинальную толщину стенки магистрали тройника рассчитаем по формуле [1, с. 13],

$$S_M \geq S_{RM} + c$$

где S_{RM} – расчетная толщина стенки магистрали тройника, мм;
 c – суммарная прибавка к толщине стенки тройника, мм.

2.5.2 Номинальную толщину стенки ответвления тройника рассчитаем по формуле [1, с. 13],

$$S_O \geq S_{RO} + c$$

где S_{RO} – расчетная толщина стенки ответвления тройника, мм;
 c – суммарная прибавка к толщине стенки тройника, мм.

2.5.3 Суммарную прибавку к толщине стенки тройника рассчитаем по формуле [1, с. 13],

$$c = c_1 + c_2$$

где c_1 – прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки врезки при технологических операциях, мм;
 c_2 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм.

2.5.4 Расчетную толщину стенки магистрали тройника рассчитаем по формуле

$$S_{RM} = \frac{|P| \cdot D_M}{2 \cdot \min\{\varphi; \varphi_1\} \cdot [\sigma] + |P|} \quad [1, \text{с. } 21],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;
 D_M – наружный диаметр магистрали тройника, мм;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	2.5.3 Суммарную прибавку к толщине стенки тройника рассчитываем по формуле						[1, с. 13],	
			$c = c_1 + c_2$							
			где c_1 – прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки врезки при технологических операциях, мм;							
			c_2 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм.							
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	2.5.4 Расчетную толщину стенки магистрали тройника рассчитаем по формуле							
			$S_{RM} = \frac{ P \cdot D_M}{2 \cdot \min\{\varphi; \varphi_1\} \cdot [\sigma] + P }$						[1, с. 21],	
			где P – расчетное внутреннее давление, МПа;							
			D_M – наружный диаметр магистрали тройника, мм;							
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП				Лист
										10

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении,
 $\varphi = 1$ [1, с. 10];

φ_1 – расчетный коэффициент снижения прочности магистрали тройника;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение тройника при расчетной температуре, МПа.

2.5.5 Расчетный коэффициент снижения прочности магистрали тройника рассчитаем по формуле

$$\varphi_1 = \frac{2}{1,75 + \frac{(D_O - 2 \cdot S_O) + 0,25 \cdot r}{\sqrt{(D_M - S_M + c) \cdot (S_M - c)}}} \cdot \left(1 + \frac{A_b}{2 \cdot (S_M - c) \cdot \sqrt{(D_M - S_M + c) \cdot (S_M - c)}} \right) [1, с. 21],$$

где D_O – наружный диаметр ответвления тройника, мм;

S_O – номинальная толщина стенки ответвления тройника, мм;

D_M – наружный диаметр магистрали тройника, мм;

S_M – номинальная толщина стенки магистрали тройника, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки тройника, мм;

r – радиус скругления горловины тройника, мм;

A_b – укрепляющая площадь ответвления, мм².

2.5.6 Укрепляющую площадь ответвления рассчитаем по формуле

$$A_b = 2 \cdot h_O \cdot [(S_O - c) - S_{Ob}] [1, с. 22],$$

где h_O – высота ответвления тройника, мм;

S_O – номинальная толщина стенки ответвления тройника, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки тройника, мм;

S_{Ob} – минимальная толщина стенки ответвления тройника, мм.

2.5.7 Минимальную толщину стенки ответвления рассчитаем по формуле

$$S_{Ob} = \frac{|P| \cdot (D_O - 2 \cdot S_O - 0,25 \cdot r)}{2 \cdot [\sigma] - |P|} [1, с. 22],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;

D_O – наружный диаметр ответвления тройника, мм;

S_O – номинальная толщина стенки ответвления тройника, мм;

r – радиус скругления горловины тройника, мм;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение тройника при расчетной температуре, МПа.

2.5.8 Расчетную толщину стенки ответвления тройника рассчитаем по формуле

$$S_{RO} = \frac{|P| \cdot D_O}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] + |P|} [1, с. 21],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;

D_O – наружный диаметр ответвления тройника, мм;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении,
 $\varphi = 1$ [1, с. 10];

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение тройника при расчетной температуре, МПа.

2.5.9 Допускаемое давление для тройника рассчитаем по формуле

$$[P] = \min \left\{ \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \min\{\varphi, \varphi_1\} \cdot (S_M - c)}{D_M - (S_M - c)}, \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_O - c)}{D_O - (S_O - c)} \right\} [1, с. 24],$$

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП				11

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение магистрали тройника при расчетной температуре, МПа;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении, $\varphi = 1$ [1, с. 10];

φ_1 – расчетный коэффициент снижения прочности магистрали тройника;

S_M – номинальная толщина стенки магистрали тройника, мм;

c – суммарная прибавка к толщине стенки тройника, мм;

D_M – наружный диаметр магистрали тройника, мм;

D_O – наружный диаметр ответвления тройника, мм;

S_O – номинальная толщина стенки ответвления тройника, мм.

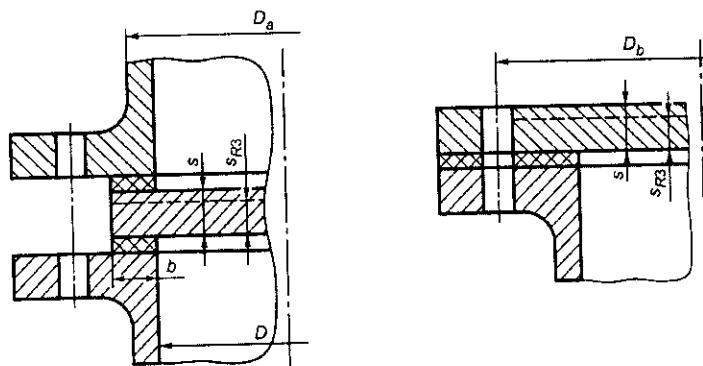
2.5.10 Расчетные формулы применимы при следующих условиях:

$$\frac{S_M - c}{D_M} \leq 0,1, \quad \frac{S_O - c}{D_O} \leq 0,25 \quad [1, \text{с. 1}],$$

$$\frac{D_O - 2 \cdot S_O}{D_M - 2 \cdot S_M} \leq 1 \quad [1, \text{с. 21}],$$

$$b > 2\sqrt{(D_M - S_M - c) \cdot (S_M - c)} \quad [1, \text{с. 21}].$$

2.6 Определение толщины стенки и допустимого давления для заглушки



2.6.1 Плоская межфланцевая заглушка

2.6.2 Номинальную толщину стенки заглушки рассчитаем по формуле

$$S_3 \geq S_{R3} + c$$

[1, с. 13],

где S_{R3} – расчетная толщина стенки заглушки. Если расчетная толщина стенки заглушки получается менее расчетной толщины трубопровода при $\varphi = 1$, то

$$S_{R3} = S_R [1, \text{с. 25}], \text{ мм};$$

c – суммарная прибавка к толщине стенки заглушки, мм.

2.6.3 Суммарную прибавку к толщине стенки заглушки рассчитаем по формуле [1, с. 13],

$$c = c_1 + c_2$$

где c_1 – прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки врезки при технологических операциях, мм;

c_2 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм.

2.6.4 Расчетную толщину стенки заглушки рассчитаем по формуле

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
									12	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата					

$$S_{R3} = 0,41 \cdot (D + b) \cdot \sqrt{\frac{|P|}{[\sigma]_3}} \quad [1, \text{с. 24}],$$

где P – расчетное внутреннее давление, МПа;
 D – внутренний диаметр трубопровода, мм;
 $[\sigma]_3$ – допускаемое напряжение заглушки при расчетной температуре, МПа;
 b – ширина уплотнительной прокладки, мм.

2.6.5 Допускаемое давление для заглушки рассчитаем по формуле

$$[P] = \frac{(S_3 - c)^2}{0,17 \cdot (D + b)^2} \cdot [\sigma]_3 \quad [1, \text{с. 24}],$$

где S_3 – номинальная толщина стенки заглушки, мм;
 c – суммарная прибавка к толщине стенки заглушки, мм;
 D – внутренний диаметр трубопровода, мм;
 b – ширина уплотнительной прокладки, мм;
 $[\sigma]_3$ – допускаемое напряжение заглушки при расчетной температуре, МПа.

2.6.6 Расчетные формулы применимы при следующих условиях:

$$\frac{S - c}{D} \leq 0,25 \quad [1, \text{с. 1}].$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							23550-ТХ.РТП	Лист
										13
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

3 Исходные данные

3.1 Трубопровод

Таблица 1

Номер трубопровода по экспликации	5, 11	4, 10	2, 6	8	дренажи (поз. 10)	дренажи (поз. 6)
Параметр						
Наружный диаметр трубопровода, мм	219	159	57	32	32	32
Номинальная толщина стенки трубопровода, мм	9,0	7,0	5,0	4,0	4,0	4,0
Расчетная температура, °С	280	280	200	200	280	200
Расчетное внутреннее давление, МПа	5,47	5,47	1,0	0,9	5,47	1,0
Прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки врезки при технологических операциях, мм	1,35	1,05	0,75	0,6	0,6	0,6
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм	2	2	2	2	2	2
Материал трубопровода	09Г2С	09Г2С	Ст. 20	09Г2С	09Г2С	09Г2С
Допускаемое напряжение магистрали врезки при расчетной температуре, МПа	155,0	155,0	136,0	165,0	155,0	155,0
Коэффициент прочности продольного сварного шва при растяжении	1	1	1	1	1	1

3.2 Отвод

Таблица 2

Номер трубопровода по экспликации	5, 11	10	2, 6	-	-	-
Параметр						
Наружный диаметр трубопровода, мм	219	159	57	-	-	-
Номинальная толщина стенки отвода, мм	10,0	8,0	6,0	-	-	-
Радиус кривизны осевой линии отвода, мм	300	225	75	-	-	-
Расчетная температура, °С	280	280	200	-	-	-
Расчетное внутреннее давление, МПа	5,47	5,47	1,0	-	-	-
Прибавка для компенсации минусового допуска и утонения стенки врезки при технологических операциях, мм	1,5	1,2	0,75	-	-	-
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм	2	2	2	-	-	-
Материал отвода и трубопровода	09Г2С	09Г2С	Ст. 20	-	-	-

Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.								Лист
							23550-ТХ.РТП	14				
	Изм.		Кол.уч		Лист	№ док	Подп.	Дата				

3.4 Врезка

Таблица 4

Номер трубопровода по экспликациям	10-10	6-6	8-8	дренажи (поз. 2)	дренажи (поз. 6)	-
Параметр						
Наружный диаметр магистрали врезки, мм	159	57	32	57	57	-
Номинальная толщина стенки маги- страли врезки, мм	7,0	5,0	4,0	5,0	5,0	-
Наружный диаметр ответвления врезки, мм	32	57	32	32	32	-
Номинальная толщина стенки от- ветвления врезки, мм	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	-
Расчетная температура, °С	280	200	200	280	200	-
Расчетное внутреннее давление, МПа	5,47	5,47	0,9	5,47	1,0	-
Прибавка для компенсации минусо- вого допуска и утонения стенки врезки при технологических опера- циях, мм	1,05	0,75	0,6	0,75	0,75	-
Прибавка для компенсации корро- зии и эрозии, мм	2	2	2	2	2	-
Материал магистрали врезки	09Г2С	Ст. 20	09Г2С	Ст. 20	Ст. 20	-
Допускаемое напряжение магистра- ли врезки при расчетной температу- ре, МПа	155,0	136,0	165,0	124,0	136,0	-
Материал ответвления врезки	09Г2С	Ст. 20	09Г2С	09Г2С	09Г2С	-
Допускаемое напряжение ответвле- ния врезки при расчетной темпера- туре, МПа	155,0	136,0	165,0	155,0	155,0	-
Коэффициент прочности продоль- ного сварного шва при растяжении	1	1	1	1	1	-
Угол наклона ответвления к маги- страли врезки, °	90	90	90	90	90	-
Расстояние до ближайшей врезки, мм	100	100	100	100	100	-

3.5 Тройник

Таблица 5

Номер трубопровода по экспликациям	5, 11	10	4	-	-	-
Параметр						
Наружный диаметр магистрали тройника, мм	219	159	159	-	-	-
Номинальная толщина стенки маги- страли тройника, мм	10,0	8,0	10,0	-	-	-
Наружный диаметр ответвления тройника, мм	219	159	108	-	-	-
Номинальная толщина стенки от- ветвления тройника, мм	10,0	8,0	9,0	-	-	-

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП	Лист
							16

Параметр \ Номер трубопровода по экспликациям	5, 11	10	4	-	-	-
Радиус скругления горловины трой- ника, мм	10,0	8,0	8	-	-	-
Высота ответвления тройника, мм	140	110	110	-	-	-
Расчетная температура, °С	280	280	280	-	-	-
Расчетное внутреннее давление, МПа	5,47	5,47	5,47	-	-	-
Прибавка для компенсации минусо- вого допуска и утонения стенки врезки при технологических опера- циях, мм	1,5	1,2	1,5	-	-	-
Прибавка для компенсации корро- зии и эрозии, мм	2	2	2	-	-	-
Материал тройника	09Г2С	09Г2С	09Г2С	-	-	-
Допускаемое напряжение тройника при расчетной температуре, МПа	155,0	155,0	155,0	-	-	-
Коэффициент прочности продоль- ного сварного шва при растяжении	1	1	1	-	-	-
Расстояние до ближайшей врезки, мм	100	100	100	-	-	-

3.6 Заглушка

Таблица 6

Параметр \ Номер трубопровода по экспликациям	4, 10	дренажи (поз. 6)	-	-	-	-
Тип заглушки	межфлан- цевая	межфлан- цевая	-	-	-	-
Наружный диаметр трубопровода, мм	32	32	-	-	-	-
Номинальная толщина стенки тру- бопровода, мм	4,0	4,0	-	-	-	-
Номинальная толщина стенки за- глушки, мм	28,0	6,0				
Прибавка для компенсации минусо- вого допуска и утонения стенки врезки при технологических опера- циях, мм	0,9	0,6	-	-	-	-
Прибавка для компенсации корро- зии и эрозии, мм	2	2	-	-	-	-
Расчетная температура, °С	280	200	-	-	-	-
Расчетное внутреннее давление, МПа	5,47	1,0	-	-	-	-
Материал трубопровода	09Г2С	Ст. 20	-	-	-	-

Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		23550-ТХ.РТП						Лист
					17							
	Изм.		Кол.уч.		Лист							№ док

Номер трубопровода по экспликациям	4, 10	дренажи (поз. 6)	-	-	-	-
Параметр						
Допускаемое напряжение трубо- провода при расчетной температу- ре, МПа	155,0	136,0	-	-	-	-
Коэффициент прочности продоль- ного сварного шва при растяжении	-	-	-	-	-	-
Наличие штуцера в заглушке	-	-	-	-	-	-
Материал заглушки	09Г2С	09Г2С	-	-	-	-
Допускаемое напряжение заглушки при расчетной температуре, МПа	155,0	155,0	-	-	-	-

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП	Лист
							18

4 Результаты расчета

4.1 Трубопровод

Таблица 7

Номер трубопровода по экспликациям	5, 11	4, 10	2, 6	8	дренажи (поз. 10)	дренажи (поз. 6)
Параметр						
Суммарная прибавка к толщине стенки трубопровода, мм	3,35	3,05	2,75	2,6	2,6	2,6
Расчетная толщина стенки трубо- провода, мм	3,7973	2,7569	0,2088	0,087	0,5549	0,0967
Неравенство $S \geq S_R + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но
Допускаемое внутреннее давление, МПа	8,2095	7,8975	11,1781	15,098	14,183	15,098
Неравенство $[P] \geq P$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но
Запас прочности	1,26	1,21	1,47	1,49	1,27	1,48
Условия применения формул:						
Отношение $\frac{S - c}{D}$	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
Неравенство $\frac{S - c}{D} \leq 0,25$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но

4.2 Отвод

Таблица 8

Номер трубопровода по экспликациям	5, 11	10	2, 6	-	-	-
Параметр						
Суммарная прибавка к толщине стенки, мм	3,5	3,2	2,75	-	-	-
Расчетная толщина стенки трубо- провода, мм	3,7973	2,7569	0,2088	-	-	-
Отношение радиуса кривизны осе- вой линии отвода к наружному диаметру отвода	1,37	1,415	1,316	-	-	-
Коэффициент k	1,189	1,176	1,205	-	-	-
Расчетная толщина стенки отвода, мм	4,515	3,2407	0,2517	-	-	-
Неравенство $S \geq S_{RO} + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-	-	-
Допускаемое внутреннее давление, МПа	9,4824	9,6498	16,4465	-	-	-
Неравенство $[P] \geq P$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-	-	-
Запас прочности	1,37	1,34	2,03	-	-	-

Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.							Лист
									19
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП

Номер трубопровода по экспликация	5, 11	10	2, 6	-	-	-
Параметр						
Условия применения формул:						
Отношение $\frac{S - c}{D}$	0,03	0,03	0,04	-	-	-
Неравенство $\frac{S - c}{D} \leq 0,25$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-	-	-

4.3 Переход

Таблица 9

Номер трубопровода по экспликация	4, 10	4	4			-
Параметр						
Суммарная прибавка к толщине стенки перехода, мм	3,5	3,35	2,9			-
Угол наклона образующей перехо- да, °	12,09	10,32	15,52			-
Коэффициент k	2	2	2			-
Расчетная толщина стенки перехода со стороны большего диаметра, мм	3,882	1,9029	1,0251			-
Неравенство $S_1 \geq S_{RП1} + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но			-
Расчетная толщина стенки перехода со стороны меньшего диаметра, мм	2,8184	1,0043	0,5755			-
Неравенство $S_2 \geq S_{RП2} + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но			-
Допускаемое внутреннее давление, МПа	6,42	7,9	6,1			-
Неравенство $[P] \geq P$	выполне- но	выполне- но	выполне- но			-
Запас прочности	1,17	1,38	1,12			-
Условия применения формул:						
Отношение $\frac{S - c}{D}$	0,02	0,02	0,02			-
Неравенство $\frac{S - c}{D} \leq 0,25$	выполне- но	выполне- но	выполне- но			-
Неравенство $S_1 \geq S_2$	выполне- но	выполне- но	выполне- но			-
Неравенство $\alpha \leq 15^\circ$	выполне- но	выполне- но	выполне- но			-
Отношение $\frac{S_2 - c}{D_1 - 2 \cdot S_1}$	0,023	0,029	0,024			-

Взм. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Номер трубопровода по экспликация	4, 10	4	4			-
Параметр						
Неравенство $0,003 \leq \frac{S_2 - c}{D_1 - 2 \cdot S_1} \leq 0,15$	выполне- но	выполне- но	выполне- но			-

4.4 Врезка

Таблица 10

Номер трубопровода по экспликация	10-10	6-6	8-8	дренажи (поз. 2)	дренажи (поз. 6)	
Параметр						
Суммарная прибавка к толщине стенки, мм	3,05	2,75	2,6	2,75	2,75	-
Высота ответвления, мм	6,79	10,43	8,18	7,75	7,75	-
Минимальная толщина стенки от- ветвления врезки, мм	0,43	0,1	0,07	0,43	0,07	-
Укрепляющая площадь ответвле- ния, мм ²	7,1	24,0	21,8	12,7	18,3	-
Расчетный коэффициент снижения прочности магистрали врезки	0,762	0,589	0,808	0,641	0,699	-
Расчетная толщина стенки маги- страли врезки, мм	3,5984	0,5585	0,1076	1,8961	0,2982	-
Неравенство $S_M \geq S_{RM} + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-
Расчетная толщина стенки ответв- ления врезки, мм	0,3294	0,5549	0,087	0,5549	0,0967	-
Неравенство $S_O \geq S_{RO} + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-
Допускаемое внутреннее давление, МПа	1,78	6,018	12,2	6,533	7,813	-
Неравенство $[P] \geq P$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-
Запас прочности	1,42	1,05	1,48	1,08	1,41	-
Условия применения формул:						
Отношение $\frac{S_M - c}{D_M}$	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	-
Неравенство $\frac{S_M - c}{D_M} \leq 0,1$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-
Отношение $\frac{S_O - c}{D_O}$	0,01	0,03	0,04	0,04	0,04	-
Неравенство $\frac{S_O - c}{D_O} \leq 0,25$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-
Неравенство $\alpha > 75^\circ$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Номер трубопровода по экспликации	10-10	6-6	8-8	дренажи (поз. 2)	дренажи (поз. 6)	-
Параметр						
Отношение $\frac{D_O - 2 \cdot S_O}{D_M - 2 \cdot S_M}$	1,0	0,17	1,0	0,51	0,51	-
Неравенство $\frac{D_O - 2 \cdot S_O}{D_M - 2 \cdot S_M} \leq 1$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-
Минимальное расстояние до бли- жайшей врезки, мм	36,9	48,51	11,93	21,05	21,05	-
Неравенство $b > 2\sqrt{(D_M - S_M - c) \cdot (S_M - c)}$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-

4.5 Тройник

Таблица 11

Номер трубопровода по экспликации	5, 11	10	4	-	-	-
Параметр						
Суммарная прибавка к толщине стенки тройника, мм	3,5	3,2	3,2	-	-	-
Минимальная толщина стенки от- ветвления тройника, мм	3,57	2,57	1,65	-	-	-
Укрепляющая площадь ответвле- ния, мм ²	820,4	490,6	693,0	-	-	-
Расчетный коэффициент снижения прочности магистрали тройника	0,752	0,813	1,106	-	-	-
Расчетная толщина стенки маги- страли тройника, мм	5,0209	3,3776	2,7569	-	-	-
Неравенство $S_M \geq S_{RM} + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-	-	-
Расчетная толщина стенки ответв- ления тройника, мм	3,7973	2,7569	1,8726	-	-	-
Неравенство $S_O \geq S_{RO} + c$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-	-	-
Допускаемое внутреннее давление, МПа	7,131	7,845	13,85	-	-	-
Неравенство $[P] \geq P$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-	-	-
Запас прочности	1,17	1,22	1,58	-	-	-
Условия применения формул:						
Отношение $\frac{S_M - c}{D_M}$	0,03	0,03	0,04	-	-	-
Неравенство $\frac{S_M - c}{D_M} \leq 0,1$	выполне- но	выполне- но	выполне- но	-	-	-

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	

Номер трубопровода по экспликации 4, 10 дренажи (поз. 6) - - - -	4, 10	дренажи (поз. 6)	-	-	-	-
Параметр Отношение для эллиптической за- глушки $\frac{S_3 - c}{D}$	-	-	-	-	-	-
Неравенство для эллиптической за- глушки $0,1 \geq \frac{S_3 - c}{D} \geq 0,0025$	-	-	-	-	-	-
Отношение для эллиптической за- глушки h/D	-	-	-	-	-	-
Неравенство для эллиптической за- глушки $0,5 \geq \frac{h}{D} \geq 0,2$	-	-	-	-	-	-

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата

23550-ТХ.РТП

Лист

24

5 Список принятых сокращений

Таблица 13

Наименование	Обозначение
Главный инженер проекта	ГИП
Акционерное общество	АО
Проектно-конструкторский отдел	ПКО

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП			25

6 Используемая литература

- 1) ГОСТ 32388-2013 «Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмическое воздействие», Стандартиформ, М., 2014.
- 2) ГОСТ 34233.1-2017 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования», Стандартиформ, М., 2018.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
										26
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	23550-ТХ.РТП				

[illegible]