

**АО "ВНИИНЕФТЕМАШ"**

**ОАО «Славнефть- ЯНОС»**

**Установка Изомалк-2.**

**Пучок трубный водяного холодильника системы охлаждения насосов  
поз. Х-401/1,2**

**Х-401-2439.00.00.000 ПЗ**

**Пояснительная записка**

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

**2017 г.**

**1. ВВЕДЕНИЕ**

1.1.ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ ВЫПОЛНЕН НА ОСНОВАНИИ ЗАДАНИЮ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ № 3-28-ЗРП И ОПРОСНОГО ЛИСТА ОАО «СЛАВНЕФТЬ-ЯНОС».

**2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

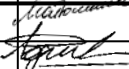
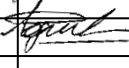
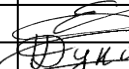
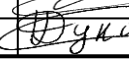
2.1. ТРУБНЫЕ ПУЧКИ ПРЕДНАЗНАЧЕНЫ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ОТРАБОТАВШИХ СРОК СЛУЖБЫ ТРУБНЫХ ПУЧКОВ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА Х-401/1,2 УСТАНОВКИ ИЗОМАЛК 2.

**3. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ**

3.1. ПО КОНСТРУКЦИИ ПУЧКИ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ СБОРОЧНУЮ ЕДИНИЦУ, СОСТОЯЩУЮ ИЗ ТЕПЛООБМЕННЫХ ТРУБ, ТРУБНЫХ РЕШЕТОК, ПОПЕРЕЧНЫХ ПЕРЕГОРОДОК С ВЕРТИКАЛЬНЫМ СРЕЗОМ, ОТБОЙНИКОВ, РАСПОРНЫХ ТРУБ И СТЯЖЕК.

**4. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ**

4.1. РАСЧЕТ ВЫПОЛНЕН В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р 52857.7-2007 “СОСУДЫ И АППАРАТЫ. НОРМЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ”.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата										
Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	Х-401-2439.00.00.000 ПЗ									
Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ПУЧОК ТРУБНЫЙ ВОДЯНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НАСОСОВ Х-401/1,2 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	Лит.	Лист	Листов	
					Разраб.	Матюшина		10.17.	Т			2	11	
					Проверил	Родионов		10.17.						
					Н. контр.	Капацинская		10.17.						
					Утвердил	Дундуков		10.17						АО “ВНИИНЕФТЕМАШ”

## 4.2 Расчет трубной решетки неподвижной

Расчёт на прочность по ГОСТ Р 52857.7–2007

Расчёт выполнен с помощью пакета прикладных программ расчёта на прочность элементов сосудов, аппаратов и трубопроводов PVP Design (Свидетельство о государственной регистрации 2008614973)

Элементы кожухотрубчатого теплообменного аппарата с плавающей головкой или с компенсатором на плавающей головке

Режим: Рабочий

Аппарат с перегородками по межтрубному пространству

Аппарат с перегородками по трубному пространству

Трубы, закрепленные на всю толщину решетки

### Исходные данные

Материал труб	08X18H10T, Труба
Материал решеток	08X18H10T, Поковка
Расчётная температура труб	$T_r$ 120 °C
Расчётная температура решетки	$T_p$ 120 °C
Максимально возможный перепад давлений, действующих на решетку	$P_r$ 1 МПа
Допускаемое напряжение для материала решетки при температуре $T_p$	$[\sigma]_p$ 144.5 МПа
Количество труб в пучке	$i_r$ 252
Половина длины трубы	$l$ 3000 мм
Толщина стенки трубы	$S_r$ 2.5 мм
Толщина трубной решетки	$S_p$ 60 мм
Прибавка к толщине трубной решетки для компенсации коррозии и эрозии	Cp12 мм
Прибавка к толщине трубной решетки для компенсации минусового допуска	Cp20 мм
Прибавка технологическая к толщине трубной решетки	Cp30 мм
Расчётная прибавка к толщине трубной решетки	C 2 мм
Диаметр отверстий под трубы в решетке	$d_o$ 25.25 мм
Шаг расположения отверстий под трубы в решетке	$t_p$ 32 мм
Диаметр окружности, вписанной в максимальную беструбную площадь	$D_e$ 60 мм
Средний диаметр прокладки	$D_{cp}$ 760 мм
Диаметр утолщенной части решетки	$D_b$ 695 мм
Толщина решетки в месте уплотнения под кольцевую прокладку	$S_{rp}$ 50 мм
Расчётная температура перегородок в трубном пространстве	$T_n$ 50 °C
Ширина паза под прокладку под перегородку в трубном пространстве	$b_n$ 12 мм
Расстояние между осями рядов отверстий с двух сторон от паза	$t_n$ 45 мм

### Результаты расчёта

Необходимая толщина решетки в зоне перфорации:

$$S_p = \frac{D_{ex}}{4.2} \sqrt{\frac{P_r}{\phi_F [\sigma]_F}} + C = 26.84 \text{ мм}$$

где:

Подпись и дата		Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	X-401-2439.00.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	№ подл.							3
Взам. инв. №	Изм. № дубл.							

Эффективный коэффициент ослабления:

0.3672

$$\varphi_E = 1 - \frac{d_E}{t} =$$

$$d_E = d_o - 2S_T =$$

20.25  
мм

Необходимая толщина решетки из условия прочности беструбной зоны:

$$S_p \geq 0.5 D_E \sqrt{\frac{P_R}{[\sigma]_p}} + C =$$

4.496  
мм

Необходимая толщина решетки в сечении канавки под перегородку:

$$S_n \geq S_p^p \max\left\{\left[1 - \sqrt{\frac{d_0}{b_n} \left(\frac{t_n}{t_p} - 1\right)}\right]; \sqrt{\varphi_E}\right\} + C =$$

17.05  
мм

Необходимая толщина решетки в месте уплотнения под кольцевую прокладку:

$$S_{pn} \geq \max\left\{\begin{array}{l} 0.71 \sqrt{\frac{P_R D_{cn}}{[\sigma]_p} (D_{cn} - D_E)}; \\ 0.5 D_{cn} \frac{P_R}{[\sigma]_p} \end{array}\right\} + C =$$

15.13  
мм

Условия прочности и устойчивости элементов теплообменного аппарата выполняются

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
X-401-2439.00.00.000 ПЗ				
				Лист
				4

### 4.3 Расчет трубной решетки подвижной

Расчёт на прочность по ГОСТ Р 52857.7-2007

Расчёт выполнен с помощью пакета прикладных программ расчёта на прочность элементов сосудов, аппаратов и трубопроводов PVP Design (Свидетельство о государственной регистрации 2008614973)

Элемент: Плавающая головка

Режим: Рабочий

Стальные трубы, закрепленные на всю толщину решетки

Решетка без канавки под перегородку

#### Исходные данные

Материал решетки	08X18H10T, Поковка		
Наименьший диаметр утоненной части решетки	$D_E$	660	мм
Толщина трубной решетки в зоне перфорации	$S_P$	60	мм
Толщина трубной решетки в сечении канавки под перегородку	$S_{np}$	55	мм
Диаметр отверстия в решетке	$d_o$	25.25	мм
Шаг расположения отверстий в решетке	$t_p$	32	мм
Расстояние между осями рядов отверстий, расположенных с двух сторон от паза	$t_n$	45	мм
Ширина канавки под прокладку в многоходовом аппарате	$B_n$	12	мм
Толщина стенки трубы	$S_T$	2.5	мм
Температура в межтрубном пространстве	$T_M$	120	°C
Температура в трубном пространстве	$T_T$	50	°C
Температура решетки	$T_P$	120	°C
Максимально возможный перепад давлений, действующий на плавающую головку изнутри	$\Delta P_{внут}$	1	МПа
Максимально возможный перепад давлений, действующий на плавающую головку снаружи	$\Delta P_{нар}$	1	МПа
Прибавка для решетки для компенсации коррозии и эрозии с учетом двухсторонней коррозии	$C_{p\_1}$	2	мм
Прибавка для решетки для компенсации минусового допуска	$C_{p\_2}$	0	мм
Прибавка для решетки технологическая	$C_{p\_3}$	0	мм
Двусторонняя прибавка для решетки	$C_p$	2	мм
Допускаемое напряжение для материала решетки теплообменного аппарата	$[\sigma]_P$	144.5	МПа

#### Результаты расчёта

Расчётная толщина трубной решетки

$$S_P = \frac{D_{ex}}{4,2} \sqrt{\frac{P_P}{\varphi_E [\sigma]_P}} = 22.13 \text{ мм}$$

Минимальная толщина трубной решетки в месте уплотнения под кольце-

Подпись и дата	Инва. № дубл.	Инва. инв. №	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инва. № подл.	Толщина стенки трубы	$s_T$	2.5	мм	
						Температура в межтрубном пространстве	$T_M$	120	°C	
						Температура в трубном пространстве	$T_T$	50	°C	
						Температура решетки	$T_p$	120	°C	
						Максимально возможный перепад давлений, действующий на пла- вающую головку изнутри	$\Delta p_{\text{внут}}$	1	МПа	
						Максимально возможный перепад давлений, действующий на пла- вающую головку снаружи	$\Delta p_{\text{нар}}$	1	МПа	
						Прибавка для решетки для компенсации коррозии и эрозии с уче- том двухсторонней коррозии	$c_{p\_1}$	2	мм	
						Прибавка для решетки для компенсации минусового допуска	$c_{p\_2}$	0	мм	
						Прибавка для решетки технологическая	$c_{p\_3}$	0	мм	
						Двусторонняя прибавка для решетки	$c_p$	2	мм	
						Допускаемое напряжение для материала решетки теплообменного аппарата	$[\sigma]_p$	144.5	МПа	
						<b>Результаты расчёта</b>				
						Расчётная толщина трубной решетки				
						$s_p^p = \frac{D_{с.н}}{4,2} \sqrt{\frac{p_p}{\varphi_E [\sigma]_p}} =$				
						22.13 мм				
						Минимальная толщина трубной решетки в месте уплотнения под кольце-				
						Х-401-2439.00.00.000 ПЗ				Лист
										5
						Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

8.336 MM

$$s_{\text{pr}} \geq \max \left\{ 0, 71 \sqrt{\frac{p_p D_{c\pi}}{[\sigma]_p}} (D_{c\pi} - D_B); 0, 5 D_{c\pi} \frac{p_p}{[\sigma]_p} \right\} + c$$

$$s_n \geq (s_p - c) \max \left\{ \left[ 1 - \sqrt{\frac{d_0}{E_\pi} \left( \frac{t_\pi}{t_p} - 1 \right)} \right]; \sqrt{\varphi_p} \right\} + c \quad 28.64 \text{ mm}$$
$$\varphi_p = 1 - \frac{d_0}{t_p} = 0.2109 \text{ mm}$$

$p_v =$  1 Mlla

$$\varphi_E = 1 - \frac{d_E}{t_p} = 0.3672$$
$$\beta_Y = \frac{1}{K-1} \left( 0,69 + 5,72 \frac{K^2 \lg K}{K^2 - 1} \right) = \quad 14.86$$
$$d_{\text{p}} = d_0 - 2s_{\text{r}} = 20.25 \text{ mm}$$

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

#### 4.4 Расчет трубной решетки неподвижной. Режим пропарки.

Расчёт на прочность по ГОСТ Р 52857.7–2007

Расчёт выполнен с помощью пакета прикладных программ расчёта на прочность элементов сосудов, аппаратов и трубопроводов PVP Design (Свидетельство о государственной регистрации 2008614973)

Элементы кожухотрубчатого теплообменного аппарата с плавающей головкой или с компенсатором на плавающей головке

Режим: Рабочий

Аппарат с перегородками по межтрубному пространству

Аппарат с перегородками по трубному пространству

Трубы, закрепленные на всю толщину решетки

##### Исходные данные

Материал труб	08X18H10T, Труба
Материал решеток	08X18H10T, Поковка
Расчётная температура труб	T <sub>т</sub> 270 °C
Расчётная температура решетки	T <sub>р</sub> 270 °C
Максимально возможный перепад давлений, действующих на решетку	P <sub>г</sub> 1 МПа
Допускаемое напряжение для материала решетки при температуре T <sub>р</sub>	[σ] <sub>р</sub> 121.5МПа
Количество труб в пучке	i <sub>т</sub> 252
Половина длины трубы	l 3000 мм
Толщина стенки трубы	S <sub>т</sub> 2.5 мм
Толщина трубной решетки	S <sub>р</sub> 60 мм
Прибавка к толщине трубной решетки для компенсации коррозии и эрозии	Cr12 мм
Прибавка к толщине трубной решетки для компенсации минусового допуска	Cr20 мм
Прибавка технологическая к толщине трубной решетки	Cr30 мм
Расчётная прибавка к толщине трубной решетки	C 2 мм
Диаметр отверстий под трубы в решетке	d <sub>о</sub> 25.25мм
Шаг расположения отверстий под трубы в решетке	t <sub>р</sub> 32 мм
Диаметр окружности, вписанной в максимальную беструбную площадь	D <sub>е</sub> 60 мм
Средний диаметр прокладки	D <sub>ср</sub> 760 мм
Диаметр утолщенной части решетки	D <sub>в</sub> 695 мм
Толщина решетки в месте уплотнения под кольцевую прокладку	S <sub>рп</sub> 50 мм
Ширина паза под прокладку под перегородку в трубном пространстве	b <sub>п</sub> 12 мм
Расстояние между осями рядов отверстий с двух сторон от паза	t <sub>п</sub> 45 мм

##### Результаты расчёта

Необходимая толщина решетки в зоне перфорации:

$$S_p = \frac{D_{\text{ср}}}{4.2} \sqrt{\frac{P_g}{\varphi_p [\sigma]_p}} + C = 29.09 \text{ мм}$$

где:

Эффективный коэффициент ослабления: 0.3672

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	X-401-2439.00.00.000 ПЗ	Лист
						7





4.4 Расчет трубной решетки подвижной.Режим пропарки.

Расчёт на прочность по ГОСТ Р 52857.7-2007

Расчёт выполнен с помощью пакета прикладных программ расчёта на прочность элементов сосудов, аппаратов и трубопроводов PVP Design (Свидетельство о государственной регистрации 2008614973)

Элемент: Плавающая головка

Режим: пропарка

Стальные трубы, закрепленные на всю толщину решетки

Решетка с канавкой под перегородку

Исходные данные

Материал решетки	08X18H10T, Поковка
Наименьший диаметр утоненной части решетки	$D_B$ 660 мм
Толщина трубной решетки в зоне перфорации	$S_P$ 60 мм
Толщина трубной решетки в сечении канавки под перегородку	$S_{np}$ 55 мм
Диаметр отверстия в решетке	$d_o$ 25.25мм
Шаг расположения отверстий в решетке	$t_p$ 32 мм
Расстояние между осями рядов отверстий, расположенных с двух сторон от паза	$t_n$ 45 мм
Ширина канавки под прокладку в многоходовом аппарате	$B_n$ 12 мм
Толщина стенки трубы	$S_T$ 2.5 мм
Температура в межтрубном пространстве	$T_M$ 270 °C
Температура в трубном пространстве	$T_T$ 270 °C
Температура решетки	$T_P$ 270 °C
Максимально возможный перепад давлений, действующий на плавающую головку изнутри	$\Delta P_{внут}$ 1 МПа
Максимально возможный перепад давлений, действующий на плавающую головку снаружи	$\Delta P_{нар}$ 1 МПа
Прибавка для решетки для компенсации коррозии и эрозии с учетом двухсторонней коррозии	$C_{p\_1}$ 2 мм
Прибавка для решетки для компенсации минусового допуска	$C_{p\_2}$ 0 мм
Прибавка для решетки технологическая	$C_{p\_3}$ 0 мм
Двусторонняя прибавка для решетки	$C_p$ 2 мм
Допускаемое напряжение для материала решетки теплообменного аппарата	$[\sigma]_P$ 121.5МПа

Результаты расчёта

Расчётная толщина трубной решетки	$S_P^P = \frac{D_{с.н}}{4,2} \sqrt{\frac{P_P}{\varphi_F [\sigma]_P}}$	24.13 мм
Минимальная толщина трубной решетки в месте уплотнения под кольцевую прокладку		8.91

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	X-401-2439.00.00.000 ПЗ	Лист
						9

$$s_{\text{pr}} \geq \max \left\{ 0, 71 \sqrt{\frac{p_{\text{p}} D_{\text{cn}}}{[\sigma]_{\rho}} (D_{\text{cn}} - D_{\text{B}})}, 0, 5 D_{\text{cn}} \frac{p_{\text{p}}}{[\sigma]_{\rho}} \right\} + c \quad \text{MM}$$

## Минимальная толщина трубной решетки в сечении канавки для многопроходных аппаратов

$$s_n \geq (s_p - c) \max \left\{ \left[ 1 - \sqrt{\frac{d_0}{E_n} \left( \frac{t_n}{t_p} - 1 \right)} \right]; \sqrt{\phi_p} \right\} + c \quad \text{28.64}$$

MM

Коэффициент ослабления решеток кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с неподвижными трубными решетками и компенсатором на кожухе

$$\varphi_p = 1 - \frac{d_0}{t_p} = \frac{0.2109}{\text{mm}}$$

Расчётное давление. Принимается равным максимально возможному перепаду давлений, действующих на решетку

$p_v =$  1 Mlla

### Эффективный коэффициент ослабления решетки

$$\varphi_E = 1 - \frac{d_E}{t_p} = 0.3672$$

Коэффициент

$$K_{pk} = \frac{D_n}{D_p} = \quad 1.142$$

Коэффициент (К.7) ГОСТ Р 52857.4

$$\beta_Y = \frac{1}{K-1} \left( 0,69 + 5,72 \frac{K^2 \lg K}{K^2 - 1} \right) = \quad 14.86$$

### Эффективный диаметр отверстия в трубной решетке

$$d_E = d_0 - 2s_T =$$

Таким образом, рассмотренная подвижная трубная решетка отвечает условиям прочности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52857.7-2007

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	$\beta_{\gamma} = \frac{1}{K-1} \left( 0,69 + 5,72 \frac{K^2 \lg K}{K^2 - 1} \right) =$	14.86
					Эффективный диаметр отверстия в трубной решетке $d_{\text{Э}} = d_0 - 2s_T =$	20.25 мм
					Таким образом, рассмотренная подвижная трубная решетка отвечает условиям прочности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52857.7-2007	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<b>X-401-2439.00.00.000 ПЗ</b>	
					Лист 10	

5. 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. №	Иич. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	X-401-2439.00.00.000 ПЗ	Лист
						11