

ПАСПОРТ
СОСУДА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

ПЛАСТИНЧАТЫЙ
ТЕПЛООБМЕННИК
M10-BFG

Регистрационный №66

СОДЕРЖАНИЕ ПАСПОРТА

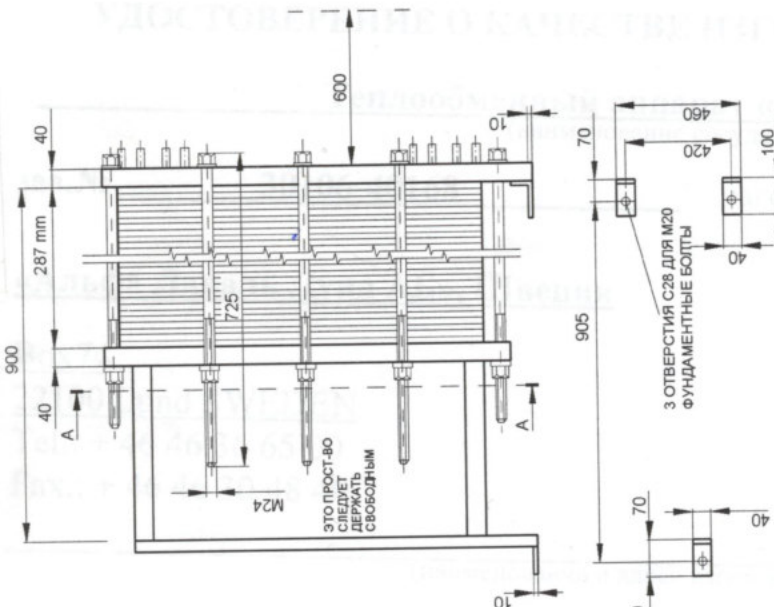
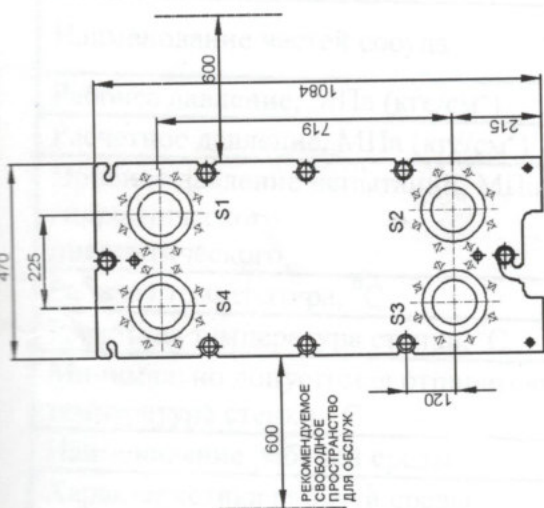
	Наименование раздела (таблицы) и приложения	Количество листов
	Удостоверение о качестве изготовления сосуда	
1.	Технические характеристики и параметры	1
2.	Сведения об основных частях сосуда	1
3.	Данные о штуцерах, фланцах, крышках и крепёжных изделиях	1
4.	Данные о предохранительных устройствах, основной арматуре, контрольно-измерительных приборах, приборах безопасности	1
5.	Данные об основных материалах, применяемых при изготовлении сосуда	1
6.	Карта измерений корпуса сосуда	1
7.	Результаты испытаний и исследований сварных соединений	1
8.	Данные о неразрушающем контроле сварных соединений	1
9.	Данные о других испытаниях и исследованиях	1
10.	Данные о термообработке	1
11.	Данные о гидравлическом (пневматическом) испытании	1
12.	Заключение	1
13.	Сведения о местонахождении сосуда	1
14.	Ответственные за исправное состояние и безопасное действие сосуда	1
15.	Сведения об установленной арматуре <i>механизм</i>	1
16.	Другие данные об установке сосуда	1
17.	Сведения о замене и ремонте основных элементов сосуда и арматуры	2
18.	Запись результатов освидетельствования <i>освидетельствование</i>	10
19.	Регистрация сосуда	1
20.	Приложение:	
	· Чертежи сосуда с указанием основных размеров	1
	· Описание пакета пластин	1
	· Протокол испытания	1
	· Расчёт на прочность сосуда	22
	· Инструкция по монтажу и эксплуатации	20
	· Регламент проведения пуска (остановки) сосуда в зимнее время	1
	· Сертификаты на материалы	14
	· Санитарно-эпидемиологическое заключение	3
	· Сертификат соответствия	3
	· Разрешение РОСТЕХНАДЗОРа на применение	2

*регистрация
и
протоколы*

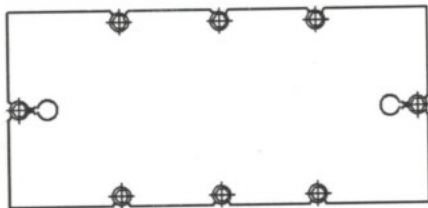
2206 N НАГР НА ФУНДА

СТАНИНА

(ВИЗУАЛЬНО II АУ)



СЕКЦИЯ А-А

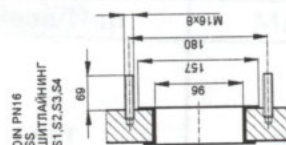


ОБЩАЯ ДЛИНА
ОБЩАЯ ШИРИНА
ОБЩАЯ ВЫСОТА

1130
470
1084

ПРИМЕЧАНИЯ	SIDE1	SIDE2
ИСПЫТ ДАВЛЕНИЕ	20,8 bar	20,8 bar
РАБОЧЕЕ ДАВЛЕНИЕ	16 bar	16 bar
МИН ДАВЛЕНИЕ	0 bar	0 bar
МАКС ТЕМПЕРАТУРА	160 °C	160 °C
МИН ТЕМПЕРАТУРА	0 °C	0 °C
ВЕС NETTO	405 kg	

УПЛОТНЕНИЕ HNBR CLIP-ON
МАТЕРИАЛ ПЛАСТИНЫ ALLOY 316
ТОЛЩИНА ПЛАСТИНЫ 0.50 mm
ПОВ.ТЕПЛООБМЕНА 22.1 m²
ГРУППИРОВКА ПЛАСТИН 1*46MH/1*47ML
ВИКТ MED VATTEN 433 kg



ВСЕ РАЗМЕРЫ В МИЛЛИМЕТРАХ

СТОР.	СРЕДА	F.D.G.	ВХОД	ТЕМП.	ВЫХОД	ТЕМП.	СКОРОСТЬ ПОТОКА	ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ	ОБЪЕМ ЖИДК.
1	Water-Steam	2	S1	151.0 °C	S2	151.0 °C	3431 kg/h	9.346 kPa	31 l
2	Oil	2	S3	100.0 °C	S4	130.0 °C	110000 kg/h	77.99 kPa	31,6 l

СТАВКА	REF.	ITEM NO.
WSP	A08-27206-10	
REF		
	0800010824-10	

ПЛАСТИНЧАТЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК

M10-BFG

ALFA LAVAL
СЕРИЙНЫЙ №

Разрешение на изготовление (применение)
№ РРС 00-20709 от 12 мая 2006 г. Выдано

ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО
ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
И АТОМНОМУ НАДЗОРУ
(орган РОСТЕХНАДЗОРа России)

УДОСТОВЕРЕНИЕ О КАЧЕСТВЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСУДА

Теплообменный аппарат «M10-BFG»
(наименование сосуда)

зав.№ 30106-40168 изготовлен 2008 г.
(дата изготовления)

«Альфа Лаваль Лунд АБ», Швеция

Box74
22100 Lund SWEDEN
Tel.: + 46 46 36 65 00
Fax.: + 46 46 30 48 40

(наименование и адрес изготовления)

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПАРАМЕТРЫ

Наименование частей сосуда	Горячая сторона	Холодная сторона
Рабочее давление, МПа (кгс/см ²)	1,6 (16,0)	1,6 (16,0)
Расчетное давление, МПа (кгс/см ²)	1,6 (16,0)	1,6 (16,0)
Пробное давление испытаний, МПа (кгс/см ²) гидравлического пневматического	2,08 (20,8) - -	2,08 (20,8) - -
Рабочая температура, °C	151,0 → 151,0	100,0 → 130,0
Расчетная температура стенки, °C	0/160	0/160
Минимально допустимая отрицательная температура стенки, °C	0	0
Наименование рабочей среды	Вода/Пар	Масло
Характеристика рабочей среды: класс опасности взрывобезопасность пожароопасность	4 нет нет	3 нет нет
Прибавка для компенсации коррозии (эрозии), мм	0	0
Вместимость, л	31,0	31,6
Масса пустого сосуда, кг	433	
Максимальная масса заливаемой среды, кг	--	--
Расчетный срок службы сосуда, лет	10	

2. СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВНЫХ ЧАСТЯХ СОСУДА

Наименование частей сосуда (обечайка, днище, решётка, трубы, рубашка)	Количество, шт.	Размеры, мм			Основной металл		Данные о сварке (пайке)		
		Диаметр (внутренний или наружный)	Толщина стенки	Длина (высота)	Марка	ГОСТ (ТУ)	Способ выполнения соединения (сварка, пайка)	Вид сварки (пайки)	Электроды, сварочная проволока, припой (тип, марка, ГОСТ или ТУ)
Станина	1	-	40	470 (1084)	P265GH (Сталь 20К)	ГОСТ 5520-79	-	-	-
Нажимная плита	1	-	40	470 (1084)	P265GH (Сталь 20К)	ГОСТ 5520-79	-	-	-
Пластина	94	-	0,5	-	Alloy 316 (08X17H13M2)	ГОСТ 5632-72	-	-	-
Уплотнение	94	-	-	-	HNBR	-	-	-	-

3. ДАННЫЕ О ШТУЦЕРАХ, ФЛАНЦАХ, КРЫШКАХ И КРЕПЁЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Наименование	Кол-во, шт.	Размеры, мм или номер по спецификации	Материал	
			Марка (Российский аналог)	ГОСТ (ТУ), стандарт
Шпилька	32	M16x90	SA 193/B7 (Сталь 35XM)	EN ISO898-1 ГОСТ 4543-71
Стяжной болт	4	M24X600	SA 193/B7 (Сталь 35XM)	EN ISO898-1 ГОСТ 4543-71
Стяжной болт	6	M24X725	SA 193/B7 (Сталь 35XM)	EN ISO898-1 ГОСТ 4543-71
Гайка стягивающая	20	M24	SA 194/2H (Сталь 35XM)	EN ISO20898-2 ГОСТ 4543-71

Стяжной Болт М24	Нажимная плита	Станина	Наименование элемента		Материал	Данные механических испытаний по сертификату или протоколу заводских испытаний
SA-193 B7 (Сталь 35ХМ)	P265GH (Сталь 20K)	P265GH (Сталь 20K)	Марка (Российский аналог)			
ГОСТ 4543-71	ГОСТ 5520-79	ГОСТ 5520-79	ГОСТ Российского аналога			
E1046390	558992	555504	Номер плавки			
04356/37- 2046/117-1А от 04.05.2005.	2985/АТ/08/1-2 от 15.04.2008.	7275/АТ/07/1-1 От 04.12.2007.	Номер и дата сертификата		При T=20 °C	
732	305	307	Предел текучести Re Мпа(кгс/см²)			
911	429	439	Временное сопротивление(Предел прочности) Rm Мпа(кгс/см²			
20	30	26,3	Относительное удлинение A5, %			
-	-	-	Относительное сужение ψ %			
-	-	-	До старения, Дж/см²(кг·м/см²)		Ударная вязкость	
-	-	-	после старения, Дж/см²(кг·м/см²)			
-	-	-	Тип образца			
-	-	-	Ударная вязкость Лж/см²(кг·м/см²)			
-	-	-	Температура, °C			
-	-	-	Тип образца		При T<0°C	
-	-	-	Дополнительные данные ультразвуковой контроль, испытания на твёрдость, состояние исходной термообработки			
-	-	-				
0,44	0,13	0,13			C	Химический состав по сертификату или протоколу заводских исследований
0,73	0,84	0,82			Mn	
0,17	0,17	0,20			Si	
-	0,04	0,04			Cr	
-	0,069	0,067			Ni	
-	0,02	0,03			Mo	
-	0,14	0,022			Cu	
-	0,007	0,002			Ti	
-	0,002	0,002			V	
0,025	0,007	0,004			S	
0,006	0,013	0,009			P	
-	-	-			Проч.	

11. ДАННЫЕ О ГИДРАВЛИЧЕСКОМ (ПНЕВМАТИЧЕСКОМ) ИСПЫТАНИИ СОСУДОВ

Сосуд успешно прошёл следующие испытания:

Вид и условия испытания		Испытываемая часть сосуда	
		Горячая сторона	Холодная сторона
Гидравлическое испытание	Пробное давление, МПа (кгс/см ²)	2,08 (20,8)	2,08 (20,8)
	Испытательная среда	Вода	Вода
	Продолжительность выдержки, ч (мин)	(30)	(30)
	Температура испытания, °С	20	20
Пневматическое испытание	Пробное давление, МПа (кгс/см ²)	-	-
	Продолжительность выдержки, ч (мин)	-	-
Положение сосуда при испытании		Горизонтальное	- Вертикальное да

$$P = 1,6 \text{ МПа}$$
$$t^{\circ} = 130^{\circ}\text{C}$$
$$p = 1,6 \text{ МПа}$$

$$t^{\circ} = 100^{\circ}\text{C}$$

$p = 1,6 \text{ МПа}$
 $t^* = 100^\circ\text{C}$

$$P = 1,6 \text{ МПа}$$

$$t^{\circ} = 130^{\circ}\text{C}$$

Пар из
парокотельной
 $p = 1,6 \text{ МПа}$
 $t = 151^\circ\text{C}$

4853 Dy150 4856 Dy150 4855 Dy150
Py16 Py16 Py16

4854 Dy150
Py16

4803 Dy100
Py16

4801 Ду100
Рy16

4802 Dy100
Py16

T-4/1

4850 Dy50
Py16

4852 Dy50
Py16

4857 Ду20
Рy16

4851 Dy50
Py16

Конденсат
водяного
пара $p = 0,4 \text{ МПа}$
 $t^{\circ} = 80^{\circ}\text{C}$

1. Источник давления:
 - 1.1. Пар $P=1,6$ МПа из линии 41/4
 - 1.2. Масло-теплоноситель $P=1,6$ МПа от насосов Н-4/6,7
2. Рабочие параметры:
 - 2.1. Пар $P_{\text{раб}}=1,6$ МПа; $T_{\text{раб}}=151^{\circ}\text{C}$
 - 2.2. Масло-теплоноситель $P_{\text{раб}}=1,6$ МПа; $T_{\text{раб}}=130^{\circ}\text{C}$
3. Среда: пар; масло(MOBIL TERM)
4. Блокировка :закрытие задвижки №4856

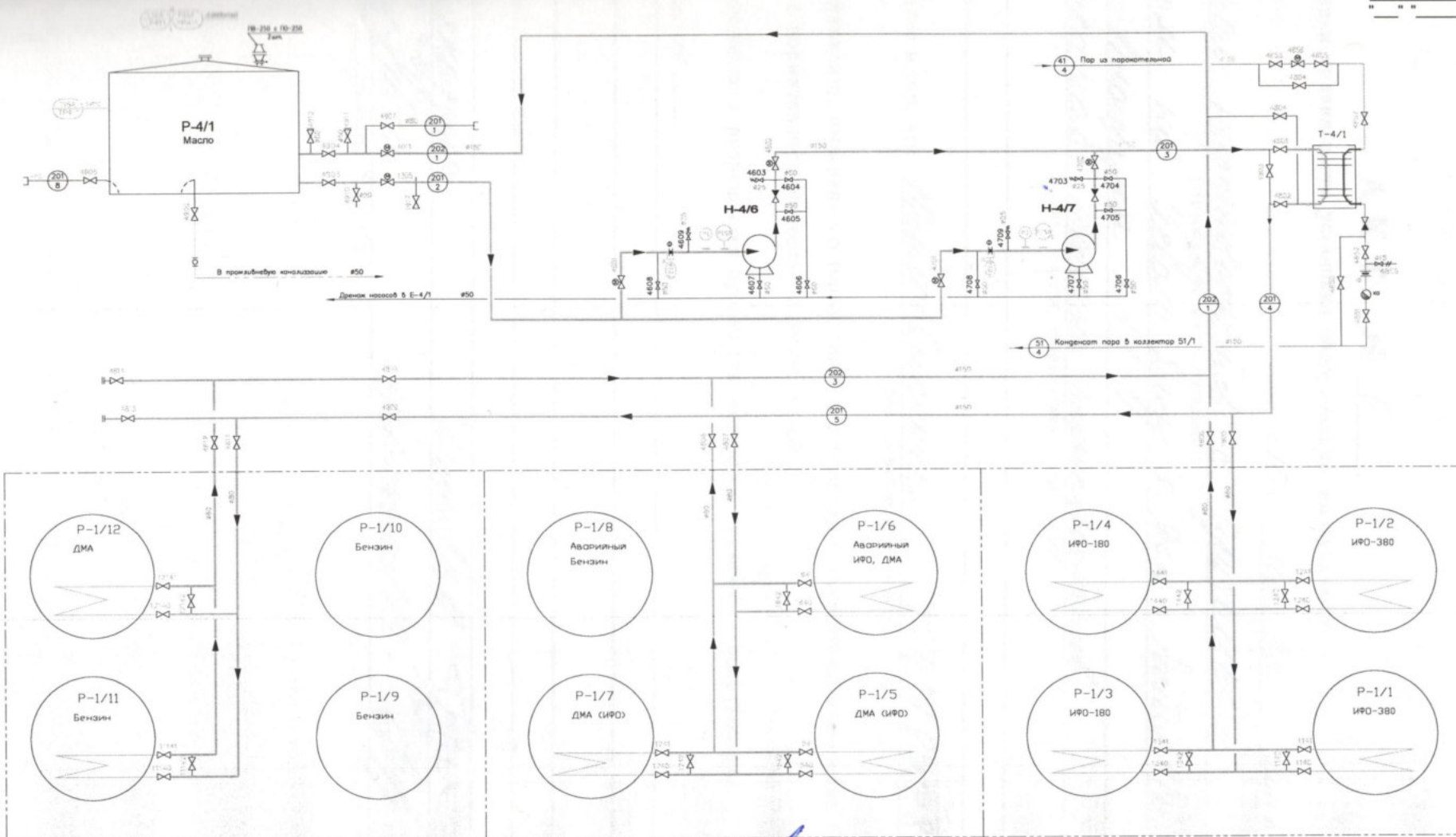
УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ОАО «НЗНП»
Филиал «Ростовский»
_____ А.Н.Кашкетов

	Ф.И.О.	Подпись	Дата			
Разработал	А.Н. Карпенко		2008.08	Схема включения сосуда Т-4/1	Лист 1	Листов 1
Проверил					ОАО «НЗНП» Филиал «Ростовский» Цех УРПИЭ	
Согласовал						

Технологическая схема узла теплоносителя

Утверждаю:
Главный инженер ОАО НЗНП
"Филиал Ростовский"

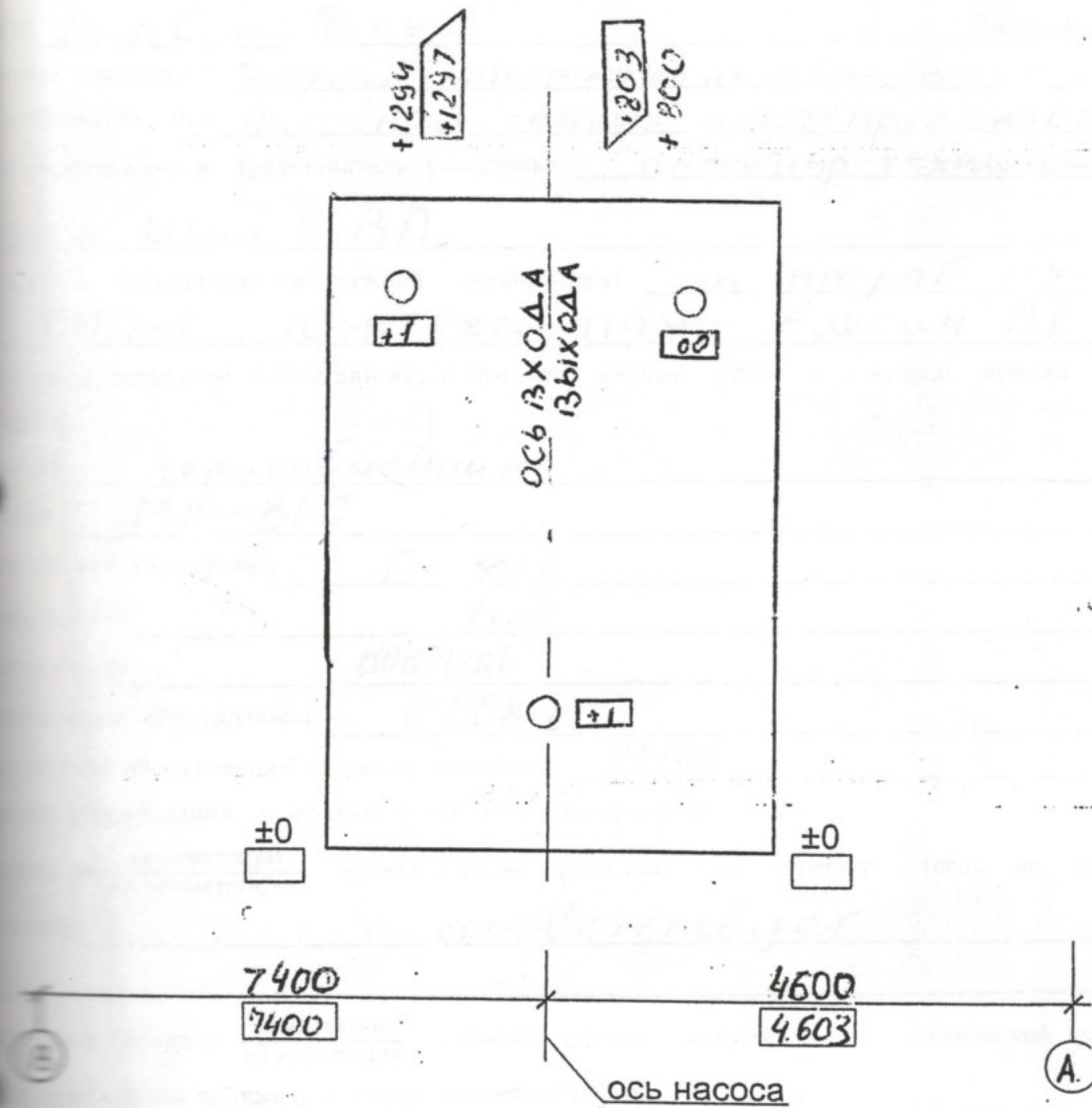
_____ А.Н.Кашкетов
" " " " 2011г.



Начальник УРПиЭ *[Signature]* А.Н.Карпенко

Схема составлена на основании проекта 024 "ООО ПКБ Юг Руси"

Формуляр № 9



Отклонение насоса от разбивочной оси составляет 3 мм.

			Новошахтинский завод нефтепродуктов		
			Терминал на левом берегу р. Дон		
Исполн.	погр.	дата			
Е.С.ОИИ			Исполнительная схема		
М.С.ОИИ			планово-высотного положения		
В.С.ОИИ			теплообменника Т-4/1		
			Стадия	Лист	Листов
			-	1	1
			насосная темных		
			нефтепродуктов		
			ЗАО РМП-1		
			"Южтехмонтаж"		

Альфа Лаваль Поток, ПТО
Описание пакета пластин

Заказчик: Novoshakhtinsk plant
Тип ПТО: M10-BFG
Номер заказа: 1901193-10

№ пр.зак. A08-27206-10
Сер.ном. 30106-40168

Материал и толщина пластины ALLOY 316 0.50 mm
Размер A 287 mm
Горячая.ст. 1*46MH Холодная ст. 1*47ML
Материал уплотн. HNBR CLIP-ON HNBR CLIP-ON
Расположение соединений S1 -> S2 S3 -> S4
Материал соед.: Stainless steel Stainless steel
Отверстие с потоком в канал: U
Транзитное отверстие с уплотнительным кольцом: O
Пластины собраны прокладками к станине.

Нап/п пластины	Номер пластины	Направл. потока		верхний левый	нижний левый	нижний правый	верхний правый	Проколотый угол по пластине со стороны прокл.
---	---	---	---	S1	S2	S3	S4	
	СТАНИНА			=>=	=<=	=<=	=>=	
1	369937 4683	M10 B2	B	O	O	O	O	
2	369937 6003	M10 B1	A	O	O	U --->--	U	Вверх
3	369937 8403	M10 B2	B	U --->--	U	O	O	Вниз
4	369937 6003	M10 B1	A	O	O	U --->--	U	Вверх
5	369937 8403	M10 B2	B	U --->--	U	O	O	Вниз
6,	8, ..., 88	369937 6003	M10 B1	A				
7,	9, ..., 89	369937 8403	M10 B2	B				
90	369937 6003	M10 B1	A	O	O	U --->--	U	Вверх
91	369937 8403	M10 B2	B	U --->--	U	O	O	Вниз
92	369937 6003	M10 B1	A	O	O	U --->--	U	Вверх
93	369937 8403	M10 B2	B	U --->--	U	O	O	Вниз
94	369937 4676	M10 B2	A			---	---	Вверх
	НАЖИМНАЯ ПЛИТА			T1	T2	T3	T4	

Номер пл. Количество:

369937 4683 1
369937 6003 46
369937 8403 46
369937 4676 1

1 Стяжные болты (плоская прокладка из эластомера)

Номер позиции на расчетном чертеже

$$No_{.tbolt} = "3"$$

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта рассчитывается согласно AD2000 B7.

1.1 Входные параметры

Материал болтов :

$$material_{.tbolt} = "EN 20898-1 - Class 8.8 \text{ или } EN10269 42CrMo4"$$

Допустимое напряжение :

$$K_{.tbolt} = 550 \text{ Н/мм}^2$$

Размер болта (резьбовая часть) :

$$size_{.tbolt} = "M24"$$

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта :

$$D_{Ka.tbolt} = 19,8 \text{ мм}$$

Общее количество болтов :

$$n_{.tbolt} = 8$$

Площадь под действием сжимающей нагрузки :

$$A_D = 275781 \text{ мм}^2$$

Общая длина прокладки :

$$U_D = 4190 \text{ мм}$$

Фактическая ширина прокладки :

$$B_{D.tbolt} = 8,8 \text{ мм}$$

Величина давления, используемая в расчетах :

$$p = 1,60 \text{ Н/мм}^2$$

1.2 Характеристики прокладки

(Для пара подбираются значения параметров, обеспечивающие расчет с большим запасом прочности, чем необходимо)

$$kokd_{.tbolt} := 2 \cdot b_{D.tbolt} \cdot \frac{N}{\text{мм}^2}$$

$$kokd_{.tbolt} = 17,6 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_{1.tbolt} := 0,5 \cdot b_{D.tbolt}$$

$$k_{1.tbolt} = 4,4 \text{ Н/мм}^2$$

1.3 Нагрузки, действующие на болты

Коэффициент запаса прочности по условию обеспечения герметичности : $S_{D.tbolt} = 1,2$

$$F_{SB.tbolt} := p \cdot (A_D + S_{D.tbolt} \cdot U_D \cdot k_{1.tbolt})$$

(В7 формула 11)

$$F_{SB.tbolt} = 476647 \text{ Н}$$

$$F_{DV.tbolt} := U_D \cdot kokd_{.tbolt}$$

(В7 формула 13)

$$F_{DV.tbolt} = 73744 \text{ Н}$$

1.4 Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы болта

Вспомогательный коэффициент, учитывающий рабочее условие : $Z_o = 1,51$ (В7 таблица 3)

$$d'_{k.tbolt} := Z_o \cdot \sqrt{\frac{F_{SB.tbolt}}{K_{tbolt} \cdot n_{tbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d'_{k.tbolt} = 15,72 \text{ мм}$$

Расчетное отклонение для болтов в случае жесткого соединения :

$$c_{5.tbolt} := \begin{cases} 3 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.tbolt} \leq 20 \cdot \text{мм} & (\text{if} = \text{если} \dots) \\ 1 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.tbolt} \geq 50 \text{мм} \\ \frac{65 \cdot \text{мм} - d'_{k.tbolt}}{15} & \text{otherwise} & (\text{otherwise} = \text{во всех иных случаях}) \end{cases} \quad c_{5.tbolt} = 3,00 \text{ мм}$$

Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы :

$$d_{k.tbolt} := d'_{k.tbolt} + c_{5.tbolt} \quad d_{k.tbolt} = 18,72 \text{ мм}$$

1.5 Требуемый диаметр болта по сравнению с фактическим диаметром болта

$$d_{k.tbolt} \text{ должен быть меньше, чем } d_{Ka.tbolt} \quad (I = \text{истинно}, 0 = \text{ошибочно})$$

	$d_{Ka.tbolt} = 19,8 \text{ мм}$
	$d_{k.tbolt} = 18,72 \text{ мм}$
	$d_{k.tbolt} < d_{Ka.tbolt} = 1$

2 Рамная и прижимная плиты

Номер позиции на расчетном чертеже

No_{plate} = "1 (Frame pl.), 2 (Press. pl.)"

№ плиты = "1(рамная пл.), 2(прижимная пл.)"

Расчет минимальной требуемой толщины производится в соответствии с условиями AD2000 B5 6.2.

2.1 Входные параметры

Материал плиты :

material_{plate} = "EN 10028-2 - P265GH"

Допустимое напряжение (плита без отверстия) :

K_{plate.1} = 199 Н/мм²

Допустимое напряжение (плита с отверстием) :

K_{plate.2} = 199 Н/мм²

Фактическая толщина (плита без отверстия) :

s_{a1.plate} = 39 мм

Фактическая толщина (плита с отверстием) :

s_{a2.plate} = 39 мм

Ширина плиты :

f_{plate} = 470 мм

Высота плиты :

e_{plate} = 1084 мм

Расстояние между отверстиями под патрубки по короткой стороне :

L_{s.plate} = 225 мм

Расстояние между болтами по короткой стороне :

d_{t.plate} = 418 мм

Диаметр отверстия под патрубок :

d_{plate} = 100 мм

Коэффициент запаса прочности (AD2000 B0) :

S = 1,5

Величина давления, используемая в расчетах :

p = 1,60 Н/мм²

2.2 Расчетные коэффициенты

коэффициент C_{plate}

C_{plate} = 0,45

f/e

$\frac{f_{plate}}{e_{plate}} = 0,434$

коэффициент C_{plate}

(B5 рис.2)

C_{plate} = 1,429

2.3 Требуемая толщина плиты без отверстия :

$$s_{0,plate} := C_{plate} \cdot C_{E,plate} \cdot d_{t,plate} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{K_{plate.1}}}$$

s_{0,plate} = 29,53 мм

2.4 Требуемая толщина плиты с отверстием :

Требуемая толщина для пластины с отверстием в середине пластины :

$$s = C_{A1,plate} \cdot s_0$$

$$C_{A1,plate} := \sqrt{\frac{f_{plate}}{f_{plate} - 2 \cdot d_{plate}}}$$

$$C_{A1,plate} = 1,32$$

Поскольку отверстия патрубков расположены в углах пластины, величина требуемой толщины должна быть уменьшена. Поскольку изгибные напряжения являются доминирующими, определение приведенной величины с большим запасом прочности может быть выполнено следующим образом :

$$C_{p,plate} := \sqrt{1 - \left(\frac{L_{s,plate}}{d_{t,plate}}\right)^2}$$

$$C_{p,plate} = 1,84$$

Если толщина пластины с отверстием больше толщины пластины без отверстия, то допустимое напряжение может быть меньше, чем для пластины без отверстия. Для учета данного обстоятельства в процедуру расчета толщины пластины с отверстием вводится коэффициент K_{stress} , учитывающий напряжения.

$$K_{stress} := \sqrt{\frac{K_{plate,1}}{K_{plate,2}}}$$

$$K_{stress} = 1,00$$

$$s_{plate} := C_{A1,plate} \cdot C_{p,plate} \cdot s_{0,plate} \cdot K_{stress}$$

$$s_{plate} = 32,83 \text{ мм}$$

2.5 Требуемая толщина плиты по сравнению с ее фактической толщиной

$s_{0,plate}$ должна быть меньше, чем $s_{a1,plate}$

$$s_{0,plate} = 29,53 \text{ мм}$$

$$s_{a1,plate} = 39,0 \text{ мм}$$

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

$$s_{0,plate} < s_{a1,plate} = 1$$

s_{plate} должна быть меньше, чем $s_{a2,plate}$

$$s_{plate} = 32,83 \text{ мм}$$

$$s_{a2,plate} = 39,0 \text{ мм}$$

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

$$s_{plate} < s_{a2,plate} = 1$$

3а Резьбовые шпильки

Номер позиции на расчетном чертеже

$$No_{.sbolt} = "7"$$

Данная часть расчета выполняется для пластинчатых теплообменников, имеющих металлическую или резиновую облицовку на соединительных патрубках. Обычно, расчет выполняется только для "металлического" варианта, поскольку в этом случае применяется более жесткая уплотнительная прокладка и, следовательно, действуют большие силы реакции. Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм. Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B7.

3а.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

$$std_{conn} = "DIN PN16"$$

Материал резьбовых шпилек : $material_{.sbolt} = "EN 20898-1 - Class 5.6 / Class 8.8 \text{ или } ISO 3506 A2-50 / A2-70"$

Допустимое напряжение при расчетной температуре :

$$K_{.sbolt} = 171 \text{ Н/мм}^2$$

Допустимое напряжение при комнатной температуре :

$$K_{20.sbolt} = 210 \text{ Н/мм}^2$$

Размер болта (резьбовая часть) :

$$size_{.sbolt} = "M16"$$

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта :

$$d_{Ka.sbolt} = 13,2 \text{ мм}$$

Количество болтов :

$$n_{.sbolt} = 8$$

Мин. внутренний диаметр прокладки :

$$D_{i.sbolt} = 96 \text{ мм}$$

Макс. наружный диаметр прокладки :

$$D_{a.sbolt} = 157 \text{ мм}$$

Мин. толщина прокладки :

$$h_{D.sbolt} = 2 \text{ мм}$$

Величина давления, используемая в расчетах :

$$p = 1,60 \text{ Н/мм}^2$$

3а.2 Характеристики прокладки

Ширина и средний диаметр прокладки :

$$b_{D.sbolt} := \frac{D_{a.sbolt} - D_{i.sbolt}}{2}$$

$$b_{D.sbolt} = 30,5 \text{ мм}$$

$$d_{D.sbolt} := \frac{D_{a.sbolt} + D_{i.sbolt}}{2}$$

$$d_{D.sbolt} = 126,5 \text{ мм}$$

$$k_{okd.sbolt} := 200 \cdot \sqrt{\frac{b_{D.sbolt}}{h_{D.sbolt}}} \cdot \frac{N}{\text{мм}}$$

$$k_{okd.sbolt} = 781,0 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_{1.sbolt} := 1,3 \cdot b_{D.sbolt}$$

(B7 таблица 1)

$$k_{1.sbolt} = 39,65 \text{ мм}$$

3а.3 Нагрузки, действующие на болты

Коэффициент запаса прочности по условию обеспечения герметичности : $S_{D.sbolt} = 1,2$

Рабочее условие :

$$F_{SB.sbolt} := p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{D.sbolt}^2 + 4 \cdot d_{D.sbolt} \cdot S_{D.sbolt} \cdot k_{1.sbolt}) \quad (B7 \text{ формула } 1) \quad F_{SB.sbolt} = 50363 \text{ Н}$$

Гнездо под прокладку :

$$F_{DV.sbolt} := \pi \cdot d_{D.sbolt} \cdot k_{okd.sbolt} \quad (B7 \text{ формула } 5) \quad F_{DV.sbolt} = 310388 \text{ Н}$$

$$F'_{DV.sbolt} := 0.2 \cdot F_{DV.sbolt} + 0.8 \cdot \sqrt{F_{SB.sbolt} \cdot F_{DV.sbolt}} \quad (B7 \text{ формула } 6) \quad F'_{DV.sbolt} = 162100 \text{ Н}$$

3а.4 Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы болта

Вспомогательный коэффициент, учитывающий рабочее условие : $Z_0 = 1,51$ (B7 таблица 3)

$$d'_{k.sbolt} := Z_0 \cdot \sqrt{\frac{F_{SB.sbolt}}{K_{sbolt} \cdot n_{sbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d'_{k.sbolt} = 9,16 \text{ мм}$$

Расчетное отклонение для болтов в случае жесткого соединения :

$$c_{5.sbolt} := \begin{cases} 3 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.sbolt} \leq 20 \cdot \text{мм} & (\text{if} = \text{если} \dots) \\ 1 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.sbolt} \geq 50 \text{мм} & (B7 \text{ формулы } 18 \text{ и } 19) \\ \frac{65 \cdot \text{мм} - d'_{k.sbolt}}{15} & \text{otherwise} & (\text{otherwise} = \text{во всех иных случаях}) \end{cases} \quad c_{5.sbolt} = 3,00 \text{ мм}$$

Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы :

$$d_{k.sbolt} := d'_{k.sbolt} + c_{5.sbolt} \quad d_{k.sbolt} = 12,16 \text{ мм}$$

Гнездо под прокладку : $Z_g = 1,29$ (B7 таблица 3)

$$d_{k.20.sbolt} := Z_g \cdot \sqrt{\frac{F'_{DV.sbolt}}{K_{20.sbolt} \cdot n_{sbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d_{k.20.sbolt} = 12,67 \text{ мм}$$

3а.5 Требуемый диаметр болта по сравнению с фактическим диаметром болта

		$d_{Ka.sbolt} = 13,2 \text{ мм}$
$d_{k.sbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.sbolt}$	$(I = \text{истинно}, 0 = \text{ошибочно})$	$d_{k.sbolt} < d_{Ka.sbolt} = 1$
$d_{k.20.sbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.sbolt}$	$(I = \text{истинно}, 0 = \text{ошибочно})$	$d_{k.20.sbolt} < d_{Ka.sbolt} = 1$

3b Резьбовые шпильки

Номер позиции на расчетном чертеже

$$No_{.sbolt} = "9"$$

Данная часть расчета выполняется для пластинчатых теплообменников, имеющих металлическую или резиновую облицовку на соединительных патрубках. Обычно, расчет выполняется только для "металлического" варианта, поскольку в этом случае применяется более жесткая уплотнительная прокладка и, следовательно, действуют большие силы реакции. Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм. Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B7.

3b.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

$$std_{conn} = "ASME Class 150"$$

Материал резьбовых шпилек : $material_{.sbolt} = "EN 20898-1 - Class 5.6 / Class 8.8 \text{ или } ISO 3506 A2-50 / A2-70"$

Допустимое напряжение при расчетной температуре :

$$K_{.sbolt} = 171 \text{ Н/мм}^2$$

Допустимое напряжение при комнатной температуре :

$$K_{20.sbolt} = 210 \text{ Н/мм}^2$$

Размер болта (резьбовая часть) :

$$size_{.sbolt} = "5/8" \text{ UNC}$$

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта :

$$d_{Ka.sbolt} = 13,04 \text{ мм}$$

Количество болтов :

$$n_{.sbolt} = 8$$

Мин. внутренний диаметр прокладки :

$$D_{i.sbolt} = 96 \text{ мм}$$

Макс. наружный диаметр прокладки :

$$D_{a.sbolt} = 157 \text{ мм}$$

Мин. толщина прокладки :

$$h_{D.sbolt} = 2 \text{ мм}$$

Величина давления, используемая в расчетах :

$$p = 1,60 \text{ Н/мм}^2$$

3b.2 Характеристики прокладки

Ширина и средний диаметр прокладки :

$$b_{D.sbolt} := \frac{D_{a.sbolt} - D_{i.sbolt}}{2}$$

$$b_{D.sbolt} = 30,5 \text{ мм}$$

$$d_{D.sbolt} := \frac{D_{a.sbolt} + D_{i.sbolt}}{2}$$

$$d_{D.sbolt} = 126,5 \text{ мм}$$

$$k_{okd.sbolt} := 200 \cdot \sqrt{\frac{b_{D.sbolt}}{h_{D.sbolt}}} \cdot \frac{N}{\text{мм}}$$

$$k_{okd.sbolt} = 781,0 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_{1.sbolt} := 1.3 \cdot b_{D.sbolt}$$

(B7 таблица 1)

$$k_{1.sbolt} = 39,65 \text{ мм}$$

3b.3 Нагрузки, действующие на болты

Коэффициент запаса прочности по условию обеспечения герметичности : $S_{D.sbolt} = 1,2$

Рабочее условие :

$$F_{SB.sbolt} := p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{D.sbolt}^2 + 4 \cdot d_{D.sbolt} \cdot S_{D.sbolt} \cdot k_{1.sbolt}) \quad (B7 \text{ формула } 1) \quad F_{SB.sbolt} = 50363 \text{ Н}$$

Гнездо под прокладку :

$$F_{DV.sbolt} := \pi \cdot d_{D.sbolt} \cdot k_{okd.sbolt} \quad (B7 \text{ формула } 5) \quad F_{DV.sbolt} = 310388 \text{ Н}$$

$$F'_{DV.sbolt} := 0.2 \cdot F_{DV.sbolt} + 0.8 \cdot \sqrt{F_{SB.sbolt} \cdot F_{DV.sbolt}} \quad (B7 \text{ формула } 6) \quad F'_{DV.sbolt} = 162100 \text{ Н}$$

3b.4 Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы болта

Вспомогательный коэффициент, учитывающий рабочее условие : $Z_o = 1,51$ (B7 таблица 3)

$$d'_{k.sbolt} := Z_o \cdot \sqrt{\frac{F_{SB.sbolt}}{K_{sbolt} \cdot n_{sbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d'_{k.sbolt} = 9,16 \text{ мм}$$

Расчетное отклонение для болтов в случае жесткого соединения :

$$c_{5.sbolt} := \begin{cases} 3 \cdot \text{mm} & \text{if } d'_{k.sbolt} \leq 20 \cdot \text{mm} & (\text{if} = \text{если} \dots) \\ 1 \cdot \text{mm} & \text{if } d'_{k.sbolt} \geq 50 \text{mm} & (B7 \text{ формулы } 18 \text{ и } 19) \\ \frac{65 \cdot \text{mm} - d'_{k.sbolt}}{15} & \text{otherwise} & (\text{otherwise} = \text{во всех иных случаях}) \end{cases} \quad c_{5.sbolt} = 3,00 \text{ мм}$$

Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы :

$$d_{k.sbolt} := d'_{k.sbolt} + c_{5.sbolt} \quad d_{k.sbolt} = 12,16 \text{ мм}$$

Гнездо под прокладку : $Z_g = 1,29$ (B7 таблица 3)

$$d_{k.20.sbolt} := Z_g \cdot \sqrt{\frac{F'_{DV.sbolt}}{K_{20.sbolt} \cdot n_{sbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d_{k.20.sbolt} = 12,67 \text{ мм}$$

3b.5 Требуемый диаметр болта по сравнению с фактическим диаметром болта

		$d_{Ka.sbolt} = 13,2 \text{ мм}$
$d_{k.sbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.sbolt}$	$(1 = \text{истинно}, 0 = \text{ошибочно})$	$d_{k.sbolt} < d_{Ka.sbolt} = 1$
$d_{k.20.sbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.sbolt}$	$(1 = \text{истинно}, 0 = \text{ошибочно})$	$d_{k.20.sbolt} < d_{Ka.sbolt} = 1$

4а Крышки смотровых люков

Номера позиций на расчетном чертеже

No_{cover} = "15"

Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B5 6.3.

Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм.

4а.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

std_{conn} = "DIN PN16"

Материал крышки :

material_{cover} = "EN 10028-2 - P265GH"

Допустимое напряжение :

K_{cover} = 199 Н/мм²

Фактическая толщина :

S_{a.cover} = 20 мм

Мин. внутренний диаметр прокладки (см. раздел 3) :

D_{i.sbolt} = 96 мм

Макс. наружный диаметр прокладки (см. раздел 3) :

D_{a.sbolt} = 157 мм

Диаметр окружности расположения крепежных болтов :

d_{t.cover} = 180 мм

Коэффициент запаса прочности (AD2000 B0) :

S = 1,5

Величина давления, используемая в расчетах :

p = 1,60 Н/мм²

4а.2 Расчетные параметры

Используются значения из расчетов резьбовых шпилек :

(раздел 3) S_{D.sbolt} = 1,2

b_{D.sbolt} = 30,5 мм

d_{D.sbolt} = 126,5 мм

k_{i.sbolt} = 39,65

$$\delta_{cover} := 1 + 4 \cdot \frac{k_{i.sbolt} \cdot S_{D.sbolt}}{d_{D.sbolt}}$$

(B5 формула 5) $\delta_{cover} = 2,505$

$$\frac{d_{t.cover}}{d_{D.sbolt}} = 1.423$$

Коэффициент C1 берется из AD2000 B5 рис.5

C_{1.cover} = 0,77

4а.3 Требуемая толщина

$$s_{cover} := C_{1.cover} \cdot d_{D.sbolt} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{K_{cover}}}$$

S_{cover} = 10,70 мм

4а.4 Соотношение требуемой и фактической толщины

Фактическая толщина :

S_{a.cover} = 20 мм

S_{cover} должна быть меньше, чем S_{a.cover}

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

S_{cover} < S_{a.cover} = 1

4b Крышки смотровых люков

Номера позиций на расчетном чертеже

No_{cover} = "16"

Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B5 6.3.

Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм.

4b.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

std_{conn} = "ASME Class 150"

Материал крышки :

material_{cover} = "EN 10028-2 - P265GH"

Допустимое напряжение :

K_{cover} = 199 Н/мм²

Фактическая толщина :

s_{a,cover} = 23,8 мм

Мин. внутренний диаметр прокладки (см. раздел 3) :

D_{i,sbolt} = 96 мм

Макс. наружный диаметр прокладки (см. раздел 3) :

D_{a,sbolt} = 157 мм

Диаметр окружности расположения крепежных болтов :

d_{t,cover} = 190,5 мм

Коэффициент запаса прочности (AD2000 B0) :

S = 1,5

Величина давления, используемая в расчетах :

p = 1,60 Н/мм²

4b.2 Расчетные параметры

Используются значения из расчетов резьбовых шпилек :

(раздел 3)

S_{D,sbolt} = 1,2

b_{D,sbolt} = 30,5 мм

d_{D,sbolt} = 126,5 мм

k_{l,sbolt} = 39,65

$$\delta_{cover} := 1 + 4 \cdot \frac{k_{l,sbolt} \cdot S_{D,sbolt}}{d_{D,sbolt}}$$

(B5 формула 5)

δ_{cover} = 2,505

$$\frac{d_{t,cover}}{d_{D,sbolt}} = 1.506$$

Коэффициент C1 берется из AD2000 B5 рис.5

C_{1,cover} = 0,81

4b.3 Требуемая толщина

$$s_{cover} := C_{1,cover} \cdot d_{D,sbolt} \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{K_{cover}}}$$

s_{cover} = 11,22 мм

4b.4 Соотношение требуемой и фактической толщины

Фактическая толщина :

s_{a,cover} = 23,8 мм

s_{cover} должна быть меньше, чем s_{a,cover}

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

s_{cover} < s_{a,cover} = 1

7 Глухая кольцевая крышка

Номер позиции на расчетном чертеже

No_{washer} = "19"

Расчет плоской круглой пластины производится по формулам Роарка для расчета напряженно-деформированного состояния – Таблица 24, случай 10a – Свободно опертая пластина.

7.1 Входные параметры

Материал кольцевой крышки :

material_{washer} = "EN 10028-7 - X 5 CrNi 18 10"

Расчетное напряжение :

K_{washer} = 133 Н/мм²

Фактическая толщина :

t_{washer} = 8,0 мм

Диаметр распределения силы реакции на нагрузку :

d_{plate} = 100 мм

Толщина фланца по диаметру окружности распределения силы реакции :

t_{r.washer} = 1,4 мм

Коэффициент Пуассона :

v = 0,3

Коэффициент запаса прочности (AD2000 B0) :

S = 1,5

Величина давления, используемая в расчетах :

p = 1,60 Н/мм²

7.2 Напряжение изгиба

Макс. напряжение при изгибе с центре детали

$$\sigma_{b.washer} := \frac{p \cdot \left(\frac{d_{plate}}{2} \right)^2 \cdot (3 + v) \cdot 6}{16 \cdot t_{washer}^2}$$

$\sigma_{b.washer} = 77,3 \text{ Н/мм}^2$

7.3 Напряжение сдвига

Проверка напряжения сдвига производится по диаметру окружности распределения силы реакции в месте утоньшения фланца.

$$\tau_{washer} := \frac{p \cdot \pi \cdot d_{plate}^2}{4 \cdot \pi \cdot d_{plate} \cdot t_{r.washer}}$$

$\tau_{r.washer} = 28,6 \text{ Н/мм}^2$

Допустимое напряжение сдвига :

$$\tau_{all} := \frac{0,5 \cdot K_{washer}}{S}$$

$\tau_{all} := 44,3 \text{ Н/мм}^2$

$\sigma_{b.washer}$ должно быть меньше, чем K_{washer}

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

$\sigma_{b.washer} < K_{washer} = 1$

τ_{washer} должно быть меньше, чем τ_{all}

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

$\tau_{washer} < \tau_{all} = 1$

8a Резьбовые шпильки свободных фланцев

Номер позиции на расчетном чертеже

$No_{\text{lfbolt}} = "11"$

Данная часть расчета выполняется для пластинчатых теплообменников, имеющих металлическую или резиновую облицовку на соединительных патрубках. Обычно, расчет выполняется только для "металлического" варианта, поскольку в этом случае применяется более жесткая уплотнительная прокладка и, следовательно, действуют большие силы реакции. Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм. Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B7.

8a.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

$std_{\text{conn}} = "DIN PN16"$

Материал резьбовых шпилек : $material_{\text{lfbolt}} = "EN 20898-1 - Class 5.6 / Class 8.8 \text{ или } ISO 3506 A2-70"$

Допустимое напряжение при расчетной температуре : $K_{\text{lfbolt}} = 238 \text{ Н/мм}^2$

Допустимое напряжение при комнатной температуре : $K_{20, \text{lfbolt}} = 300 \text{ Н/мм}^2$

Размер болта (резьбовая часть) : $size_{\text{lfbolt}} = "M20"$

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта : $d_{K, \text{lfbolt}} = 16,5 \text{ мм}$

Количество болтов : $n_{\text{lfbolt}} = 4$

Мин. внутренний диаметр прокладки : $D_{i, \text{lfbolt}} = 96 \text{ мм}$

Макс. наружный диаметр прокладки : $D_{a, \text{lfbolt}} = 157 \text{ мм}$

Мин. толщина прокладки : $h_{D, \text{lfbolt}} = 2 \text{ мм}$

Величина давления, используемая в расчетах : $p = 1,60 \text{ Н/мм}^2$

8a.2 Характеристики прокладки

Ширина и средний диаметр прокладки :

$$b_{D, \text{lfbolt}} := \frac{D_{a, \text{lfbolt}} - D_{i, \text{lfbolt}}}{2} \quad b_{D, \text{lfbolt}} = 30,5 \text{ мм}$$

$$d_{D, \text{lfbolt}} := \frac{D_{a, \text{lfbolt}} + D_{i, \text{lfbolt}}}{2} \quad d_{D, \text{lfbolt}} = 126,5 \text{ мм}$$

$$k_{okd, \text{lfbolt}} := 200 \cdot \sqrt{\frac{b_{D, \text{lfbolt}}}{h_{D, \text{lfbolt}}}} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{мм}} \quad k_{okd, \text{lfbolt}} = 781,0 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_{1, \text{lfbolt}} := 1,3 \cdot b_{D, \text{lfbolt}} \quad (B7 \text{ таблица } I) \quad k_{1, \text{lfbolt}} = 39,65 \text{ мм}$$

8a.3 Нагрузки, действующие на болты

Коэффициент запаса прочности по условию обеспечения герметичности : $S_{D.lfbolt} = 1,2$

Рабочее условие :

$$F_{SB.lfbolt} := p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{D.lfbolt}^2 + 4 \cdot d_{D.lfbolt} \cdot S_{D.lfbolt} \cdot k_{1.lfbolt}) \quad (B7 \text{ формула } 1) \quad F_{SB.lfbolt} = 50363 \text{ Н}$$

Гнездо под прокладку :

$$F_{DV.lfbolt} := \pi \cdot d_{D.lfbolt} \cdot k_{okd.lfbolt} \quad (B7 \text{ формула } 5) \quad F_{DV.lfbolt} = 310388 \text{ Н}$$

$$F'_{DV.lfbolt} := 0.2 \cdot F_{DV.lfbolt} + 0.8 \cdot \sqrt{F_{SB.lfbolt} \cdot F_{DV.lfbolt}} \quad (B7 \text{ формула } 6) \quad F'_{DV.lfbolt} = 162100 \text{ Н}$$

8a.4 Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы болта

Вспомогательный коэффициент, учитывающий рабочее условие : $Z_o = 1,51$ (B7 таблица 3)

$$d'_{k.lfbolt} := Z_o \cdot \sqrt{\frac{F_{SB.lfbolt}}{K_{lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d'_{k.lfbolt} = 10,98 \text{ мм}$$

Расчетное отклонение для болтов в случае жесткого соединения :

$$c_{5.lfbolt} := \begin{cases} 3 \cdot \text{mm} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \leq 20 \cdot \text{mm} & (\text{if} = \text{если} \dots) \\ 1 \cdot \text{mm} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \geq 50 \text{mm} & (B7 \text{ формулы } 18 \text{ и } 19) \\ \frac{65 \cdot \text{mm} - d'_{k.lfbolt}}{15} & \text{otherwise} & (\text{otherwise} = \text{во всех иных случаях}) \end{cases} \quad c_{5.lfbolt} = 3,00 \text{ мм}$$

Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы :

$$d_{k.lfbolt} := d'_{k.lfbolt} + c_{5.lfbolt} \quad d_{k.lfbolt} = 13,98 \text{ мм}$$

Гнездо под прокладку : $Z_g = 1,29$ (B7 таблица 3)

$$d_{k.20.lfbolt} := Z_g \cdot \sqrt{\frac{F'_{DV.lfbolt}}{K_{20.lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d_{k.20.lfbolt} = 14,99 \text{ мм}$$

8a.5 Требуемый диаметр болта по сравнению с фактическим диаметром болта

		$d_{Ka.lfbolt} = 16,5 \text{ мм}$
$d_{k.lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.lfbolt}$	$(I = \text{истинно}, \emptyset = \text{ошибочно})$	$d_{k.lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$
$d_{k.20.lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.lfbolt}$	$(I = \text{истинно}, \emptyset = \text{ошибочно})$	$d_{k.20.lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$

8b Резьбовые шпильки свободных фланцев

Номер позиции на расчетном чертеже

No.lfbolt = "13"

Данная часть расчета выполняется для пластинчатых теплообменников, имеющих металлическую или резиновую облицовку на соединительных патрубках. Обычно, расчет выполняется только для "металлического" варианта, поскольку в этом случае применяется более жесткая уплотнительная прокладка и, следовательно, действуют большие силы реакции. Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм. Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B7.

8b.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

std_{comm} = "ASME Class 150"

Материал резьбовых шпилек :

material.lfbolt = "EN 20898-1 - Class 5.6 / Class 8.8 или ISO 3506 A2-70"

Допустимое напряжение при расчетной температуре :

K.lfbolt = 238 Н/мм²

Допустимое напряжение при комнатной температуре :

K₂₀.lfbolt = 300 Н/мм²

Размер болта (резьбовая часть) :

size.lfbolt = "3/4" UNC"

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта :

d_{Ka}.lfbolt = 15,93 мм

Количество болтов :

n.lfbolt = 4

Мин. внутренний диаметр прокладки :

D_i.lfbolt = 96 мм

Макс. наружный диаметр прокладки :

D_a.lfbolt = 157 мм

Мин. толщина прокладки :

h_D.lfbolt = 2 мм

Величина давления, используемая в расчетах :

p = 1,60 Н/мм²

8b.2 Характеристики прокладки

Ширина и средний диаметр прокладки :

$$b_{D.lfbolt} := \frac{D_{a.lfbolt} - D_{i.lfbolt}}{2}$$

b_D.lfbolt = 30,5 мм

$$d_{D.lfbolt} := \frac{D_{a.lfbolt} + D_{i.lfbolt}}{2}$$

d_D.lfbolt = 126,5 мм

$$k_{okd.lfbolt} := 200 \cdot \sqrt{\frac{b_{D.lfbolt}}{h_{D.lfbolt}}} \cdot \frac{N}{mm}$$

k_{okd}.lfbolt = 781,0 Н/мм²

$$k_{1.lfbolt} := 1.3 \cdot b_{D.lfbolt}$$

(B7 таблица 1)

k₁.lfbolt = 39,65 Н/мм²

8b.3 Нагрузки, действующие на болты

Коэффициент запаса прочности по условию обеспечения герметичности : $S_{D.lfbolt} = 1,2$

Рабочее условие :

$$F_{SB.lfbolt} := p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{D.lfbolt}^2 + 4 \cdot d_{D.lfbolt} \cdot S_{D.lfbolt} \cdot k_{1.lfbolt}) \quad (B7 \text{ формула } 1) \quad F_{SB.lfbolt} = 50363 \text{ Н}$$

Гнездо под прокладку :

$$F_{DV.lfbolt} := \pi \cdot d_{D.lfbolt} \cdot k_{okd.lfbolt} \quad (B7 \text{ формула } 5) \quad F_{DV.lfbolt} = 310388 \text{ Н}$$

$$F'_{DV.lfbolt} := 0,2 \cdot F_{DV.lfbolt} + 0,8 \cdot \sqrt{F_{SB.lfbolt} \cdot F_{DV.lfbolt}} \quad (B7 \text{ формула } 6) \quad F'_{DV.lfbolt} = 162100 \text{ Н}$$

8b.4 Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы болта

Вспомогательный коэффициент, учитывающий рабочее условие : $Z_o = 1,51$ (B7 таблица 3)

$$d'_{k.lfbolt} := Z_o \cdot \sqrt{\frac{F_{SB.lfbolt}}{K_{lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d'_{k.lfbolt} = 10,98 \text{ мм}$$

Расчетное отклонение для болтов в случае жесткого соединения :

$$c_{5.lfbolt} := \begin{cases} 3 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \leq 20 \cdot \text{мм} \\ 1 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \geq 50 \text{мм} \\ \frac{65 \cdot \text{мм} - d'_{k.lfbolt}}{15} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \begin{matrix} (\text{if} = \text{если} \dots) \\ (B7 \text{ формулы } 18 \text{ и } 19) \\ (\text{otherwise} = \text{во всех иных случаях}) \end{matrix} \quad c_{5.lfbolt} = 3,00 \text{ мм}$$

Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы :

$$d_{k.lfbolt} := d'_{k.lfbolt} + c_{5.lfbolt} \quad d_{k.lfbolt} = 13,98 \text{ мм}$$

Гнездо под прокладку : $Z_g = 1,29$ (B7 таблица 3)

$$d_{k.20.lfbolt} := Z_g \cdot \sqrt{\frac{F'_{DV.lfbolt}}{K_{20.lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d_{k.20.lfbolt} = 14,99 \text{ мм}$$

8b.5 Требуемый диаметр болта по сравнению с фактическим диаметром болта

		$d_{Ka.lfbolt} = 15,93 \text{ мм}$
$d_{k.lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.tbolt}$	$(1 = \text{истинно}, 0 = \text{ошибочно})$	$d_{k.lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$
$d_{k.20lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.tbolt}$	$(1 = \text{истинно}, 0 = \text{ошибочно})$	$d_{k.20lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$

8с Резьбовые шпильки свободных фланцев

Номер позиции на расчетном чертеже

$$No_{\text{lfbolt}} = "11"$$

Данная часть расчета выполняется для пластинчатых теплообменников, имеющих металлическую или резиновую облицовку на соединительных патрубках. Обычно, расчет выполняется только для "металлического" варианта, поскольку в этом случае применяется более жесткая уплотнительная прокладка и, следовательно, действуют большие силы реакции. Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм. Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B7.

8с.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

$$std_{\text{conn}} = "DIN PN16"$$

Материал резьбовых шпилек :

$$material_{\text{lfbolt}} = "ISO 3506 A2-50"$$

Допустимое напряжение при расчетной температуре :

$$K_{\text{lfbolt}} = 171 \text{ Н/мм}^2$$

Допустимое напряжение при комнатной температуре :

$$K_{20, \text{lfbolt}} = 210 \text{ Н/мм}^2$$

Размер болта (резьбовая часть) :

$$size_{\text{lfbolt}} = "M20"$$

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта :

$$d_{Ka, \text{lfbolt}} = 16,5 \text{ мм}$$

Количество болтов :

$$n_{\text{lfbolt}} = 4$$

Мин. внутренний диаметр прокладки :

$$D_{i, \text{lfbolt}} = 96 \text{ мм}$$

Макс. наружный диаметр прокладки :

$$D_{a, \text{lfbolt}} = 157 \text{ мм}$$

Мин. толщина прокладки :

$$h_{D, \text{lfbolt}} = 2 \text{ мм}$$

Величина давления, используемая в расчетах :

$$p = 0,90 \text{ Н/мм}^2$$

8с.2 Характеристики прокладки

Ширина и средний диаметр прокладки :

$$b_{D, \text{lfbolt}} := \frac{D_{a, \text{lfbolt}} - D_{i, \text{lfbolt}}}{2}$$

$$b_{D, \text{lfbolt}} = 30,5 \text{ мм}$$

$$d_{D, \text{lfbolt}} := \frac{D_{a, \text{lfbolt}} + D_{i, \text{lfbolt}}}{2}$$

$$d_{D, \text{lfbolt}} = 126,5 \text{ мм}$$

$$k_{okd, \text{lfbolt}} := 200 \cdot \sqrt{\frac{b_{D, \text{lfbolt}}}{h_{D, \text{lfbolt}}}} \cdot \frac{N}{\text{мм}}$$

$$k_{okd, \text{lfbolt}} = 781,0 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_{1, \text{lfbolt}} := 1,3 \cdot b_{D, \text{lfbolt}}$$

(В7 таблица 1)

$$k_{1, \text{lfbolt}} = 39,65 \text{ Н/мм}^2$$

8с.3 Нагрузки, действующие на болты

Коэффициент запаса прочности по условию обеспечения герметичности : $S_{D.lfbolt} = 1,2$

Рабочее условие :

$$F_{SB.lfbolt} := P \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{D.lfbolt}^2 + 4 \cdot d_{D.lfbolt} \cdot S_{D.lfbolt} \cdot k_{1.lfbolt}) \quad (B7 \text{ формула } 1) \quad F_{SB.lfbolt} = 28329 \text{ Н}$$

Гнездо под прокладку :

$$F_{DV.lfbolt} := \pi \cdot d_{D.lfbolt} \cdot k_{okd.lfbolt} \quad (B7 \text{ формула } 5) \quad F_{DV.lfbolt} = 310388 \text{ Н}$$

$$F'_{DV.lfbolt} := 0.2 \cdot F_{DV.lfbolt} + 0.8 \cdot \sqrt{F_{SB.lfbolt} \cdot F_{DV.lfbolt}} \quad (B7 \text{ формула } 6) \quad F'_{DV.lfbolt} = 137095 \text{ Н}$$

8с.4 Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы болта

Вспомогательный коэффициент, учитывающий рабочее условие : $Z_o = 1,51$ (B7 таблица 3)

$$d'_{k.lfbolt} := Z_o \cdot \sqrt{\frac{F_{SB.lfbolt}}{K_{lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d'_{k.lfbolt} = 9,72 \text{ мм}$$

Расчетное отклонение для болтов в случае жесткого соединения :

$$c_{5.lfbolt} := \begin{cases} 3 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \leq 20 \cdot \text{мм} \\ 1 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \geq 50 \text{мм} \\ \frac{65 \cdot \text{мм} - d'_{k.lfbolt}}{15} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \begin{matrix} (\text{if} = \text{если} \dots) \\ (B7 \text{ формулы } 18 \text{ и } 19) \\ (\text{otherwise} = \text{во всех иных случаях}) \end{matrix} \quad c_{5.lfbolt} = 3,00 \text{ мм}$$

Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы :

$$d_{k.lfbolt} := d'_{k.lfbolt} + c_{5.lfbolt} \quad d_{k.lfbolt} = 12,72 \text{ мм}$$

Гнездо под прокладку : $Z_g = 1,29$ (B7 таблица 3)

$$d_{k.20.lfbolt} := Z_g \cdot \sqrt{\frac{F'_{DV.lfbolt}}{K_{20.lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d_{k.20.lfbolt} = 16,48 \text{ мм}$$

8с.5 Требуемый диаметр болта по сравнению с фактическим диаметром болта

		$d_{Ka.lfbolt} = 16,5 \text{ мм}$
$d_{k.lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.lfbolt}$	(1 = истинно, 0 = ошибочно)	$d_{k.lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$
$d_{k.20.lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.lfbolt}$	(1 = истинно, 0 = ошибочно)	$d_{k.20.lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$

8d Резьбовые шпильки свободных фланцев

Номер позиции на расчетном чертеже

No.lfbolt = "13"

Данная часть расчета выполняется для пластинчатых теплообменников, имеющих металлическую или резиновую облицовку на соединительных патрубках. Обычно, расчет выполняется только для "металлического" варианта, поскольку в этом случае применяется более жесткая уплотнительная прокладка и, следовательно, действуют большие силы реакции. Принимается, что используется прокладка из неметаллического материала толщиной не менее 2 мм. Расчет минимальной требуемой толщины производится согласно AD2000 B7.

8d.1 Входные параметры

Стандарт на соединения :

std_{conn} = "ASME Class 150"

Материал резьбовых шпилек :

material.lfbolt = "ISO 3506 A2-50"

Допустимое напряжение при расчетной температуре :

K.lfbolt = 171 Н/мм²

Допустимое напряжение при комнатной температуре :

K₂₀.lfbolt = 210 Н/мм²

Размер болта (резьбовая часть) :

size.lfbolt = "3/4" UNC"

Фактический диаметр по впадине профиля резьбы болта :

d_{Ka}.lfbolt = 15,93 мм

Количество болтов :

n.lfbolt = 4

Мин. внутренний диаметр прокладки :

D_i.lfbolt = 96 мм

Макс. наружный диаметр прокладки :

D_a.lfbolt = 157 мм

Мин. толщина прокладки :

h_D.lfbolt = 2 мм

Величина давления, используемая в расчетах :

p = 0,65 Н/мм²

8d.2 Характеристики прокладки

Ширина и средний диаметр прокладки :

$$b_{D.lfbolt} := \frac{D_{a.lfbolt} - D_{i.lfbolt}}{2}$$

b_D.lfbolt = 30,5 мм

$$d_{D.lfbolt} := \frac{D_{a.lfbolt} + D_{i.lfbolt}}{2}$$

d_D.lfbolt = 126,5 мм

$$k_{okd.lfbolt} := 200 \cdot \sqrt{\frac{b_{D.lfbolt}}{h_{D.lfbolt}}} \cdot \frac{N}{mm}$$

k_{okd}.lfbolt = 781,0 Н/мм²

$$k_{1.lfbolt} := 1.3 \cdot b_{D.lfbolt}$$

(B7 таблица 1)

k₁.lfbolt = 39,65 Н/мм²

8d.3 Нагрузки, действующие на болты

Коэффициент запаса прочности по условию обеспечения герметичности : $S_{D.lfbolt} = 1,2$

Рабочее условие :

$$F_{SB.lfbolt} := p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{D.lfbolt}^2 + 4 \cdot d_{D.lfbolt} \cdot S_{D.lfbolt} \cdot k_{1.lfbolt}) \quad (B7 \text{ формула } 1) \quad F_{SB.lfbolt} = 20460 \text{ Н}$$

Гнездо под прокладку :

$$F_{DV.lfbolt} := \pi \cdot d_{D.lfbolt} \cdot k_{okd.lfbolt} \quad (B7 \text{ формула } 5) \quad F_{DV.lfbolt} = 310388 \text{ Н}$$

$$F'_{DV.lfbolt} := 0.2 \cdot F_{DV.lfbolt} + 0.8 \cdot \sqrt{F_{SB.lfbolt} \cdot F_{DV.lfbolt}} \quad (B7 \text{ формула } 6) \quad F'_{DV.lfbolt} = 125830 \text{ Н}$$

8d.4 Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы болта

Вспомогательный коэффициент, учитывающий рабочее условие : $Z_o = 1,51$ (B7 таблица 3)

$$d'_{k.lfbolt} := Z_o \cdot \sqrt{\frac{F_{SB.lfbolt}}{K_{lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d'_{k.lfbolt} = 8,26 \text{ мм}$$

Расчетное отклонение для болтов в случае жесткого соединения :

$$c_{5.lfbolt} := \begin{cases} 3 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \leq 20 \cdot \text{мм} \\ 1 \cdot \text{мм} & \text{if } d'_{k.lfbolt} \geq 50 \text{мм} \\ \frac{65 \cdot \text{мм} - d'_{k.lfbolt}}{15} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \begin{matrix} (\text{if} = \text{если} \dots) \\ (B7 \text{ формулы } 18 \text{ и } 19) \\ (\text{otherwise} = \text{во всех иных случаях}) \end{matrix} \quad c_{5.lfbolt} = 3,00 \text{ мм}$$

Требуемый диаметр по впадине профиля резьбы :

$$d_{k.lfbolt} := d'_{k.lfbolt} + c_{5.lfbolt} \quad d_{k.lfbolt} = 11,26 \text{ мм}$$

Гнездо под прокладку : $Z_g = 1,29$ (B7 таблица 3)

$$d_{k.20.lfbolt} := Z_g \cdot \sqrt{\frac{F'_{DV.lfbolt}}{K_{20.lfbolt} \cdot n_{lfbolt}}} \quad (B7 \text{ формула } 14) \quad d_{k.20.lfbolt} = 15,79 \text{ мм}$$

8d.5 Требуемый диаметр болта по сравнению с фактическим диаметром болта

$d_{k.lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.tbolt}$

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

$$d_{Ka.lfbolt} = 16,5 \text{ мм}$$

$$d_{k.lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$$

$d_{k.20lfbolt}$ должен быть меньше, чем $d_{Ka.tbolt}$

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

$$d_{k.20lfbolt} < d_{Ka.lfbolt} = 1$$

Нагрузки на болты (из расчетов резьбовых шпилек)

$$P'_{s.lfbolt} := \frac{\max \begin{pmatrix} F_{SB.lfbolt} \\ F'_{DV.lfbolt} \end{pmatrix}}{n.lfbolt}$$

$$F_{SB.lfbolt} = 50363 \text{ Н}$$

$$F'_{DB.lfbolt} = 162100 \text{ Н}$$

$$P'_{s.lfbolt} = 40525 \text{ Н}$$

9.2 Изгибающие моменты

$$M_I := 2 \cdot P'_{s.lfbolt} \cdot a'_{1.lflange}$$

$$M_{II} := 2 \cdot P'_{s.lfbolt} \cdot a'_{2.lflange}$$

$$M_{III} := P'_{s.lfbolt} \cdot \left(\sqrt{a_{1.lflange}^2 + a_{2.lflange}^2} - e.lflange \right)$$

$$M_I = 1738528 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$M_{II} = 1738528 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$M_{III} = 1967072 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

9.3 Составляющие момента сопротивления

$$W_I := \frac{h_{F.lflange}^2}{4} \cdot (f_{2.lflange} - d_{i.lflange})$$

$$W_{II} := \frac{h_{F.lflange}^2}{4} \cdot (f_{1.lflange} - d_{i.lflange})$$

$$W_{III} := \frac{h_{F.lflange}^2}{4} \cdot (f_{3.lflange} - d'_{L.lflange}) \cdot 2$$

$$W_I = 15925 \text{ мм}^3$$

$$W_{II} = 15925 \text{ мм}^3$$

$$W_{III} = 20734 \text{ мм}^3$$

9.4 Напряжения

$$\sigma_1 := \frac{M_I}{W_I}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{II}}{W_{II}}$$

$$\sigma_3 := \frac{M_{III}}{W_{III}}$$

$$\sigma_1 = 109,2 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_2 = 109,2 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_3 = 94,9 \text{ Н/мм}^2$$

Коэффициент запаса прочности (AD2000 B0) :

$$\sigma_{\max} := \max \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \end{pmatrix} \cdot 1.5$$

$$S_{F.lflange} = 1,5$$

$$\sigma_{\max} = 163,8 \text{ Н/мм}^2$$

$\sigma_{\max}$ должно быть меньше, чем $K_{lflange}$

(1 = истинно, 0 = ошибочно)

$$K_{lflange} = 199 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\max} < K_{lflange} = 1$$