

Оглавление

1.	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	4
1.1.	Техническое задание.....	4
1.2.	Литературно – патентный поиск	5
1.3.	Описание конструкции и принцип работы.....	6
1.4.	Расчет технической характеристики	7
1.5.	Выбор и обоснование материалов конструкции.....	11
2.	РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ	12
2. 1.	Обечайка ребойлера.....	12
2. 2.	Днище эллиптическое ребойлера №1	17
2. 3.	Днище эллиптическое ребойлера №2	18
2. 4.	Расчет аппарата на ветровую нагрузку.....	20
2. 5.	Расчет опоры.....	21
2. 6.	Расчет стропов.....	27
3.	СБОРКА И МОНТАЖ КОНСТРУКЦИИ.....	31
4.	ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ	33
4.1.	Обслуживание во время эксплуатации	33
4.2.	Подготовка к ремонту и ремонт	33

										Лист
										3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ВВЕДЕНИЕ

Ребойлер — это горизонтальный теплообменный аппарат, имеющий две рабочие зоны: трубное пространство и межтрубное пространство, каждое из которых имеет свое расчетное давление, расчетную температуру и материальное исполнение. Используется в химической и нефтехимической промышленности в качестве подогревателя (кипятльника) колонны.

При проектировании ребойлера придерживаемся конструкций, указанных в ГОСТ 14248-79 и рекомендаций [1]. Согласно этому стандарту ребойлеры могут быть с коническим днищем диаметром 800-2000 мм и с эллиптическим днищем диаметром 2000-2800 мм. Последние могут иметь два или три трубных пучка. Допустимые давления в трубах составляют 1,6-4,0 МПа, в корпусе 1,0-2,5 МПа при рабочих температурах -30...+450С, Материалы, применяемые для изготовления сборочных единиц ребойлеров, должны соответствовать указанным в таблице 3 ГОСТа 14248-79.

Ребойлеры устанавливаются для замены трубчатых печей.

Рассматривая вопрос о замене печи на ребойлер отметим, что важнейшим направлением повышения эффективности действующих производств в нефтеперерабатывающей промышленности является удлинение межремонтного периода, сокращение простоев в ремонте, увеличение эффективного времени работы. Во многом это определяется надёжностью нагревательного и теплообменного оборудования.

1. Конструкторская часть

1.1. Техническое задание

Провести поверочные расчеты ребойлера Т-20 в.

									Лист
									4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Ребойлер Т-20в (испаритель с паровым пространством) предназначен для поддержания процесса стабилизации дизельного топлива в колонне ректификации посредством передачи тепла от теплоносителей к нестабильному дизельному топливу.

Основной частью ребойлера являются два трубных пучка с U-образными трубами . Пучки монтируют внутри цилиндрического корпуса на опоре швеллера, уголки и закрепляются хомутами. Трубы закреплены в трубных решетках методом развальцовки. Отверстия под трубы выполнены с двумя канавками, что увеличивает сопротивление вырыванию и значительно повышает герметичность соединения. Трубы в трубных решётках размещены по вершинам квадратов, так как пучкам необходима чистка снаружи. Пучки набраны из U-образных труб. Данная конструкция надёжнее, герметичнее, чем конструкция пучка с плавающей головкой, где существует разъёмное соединение.

1.2. Литературно – патентный поиск

На настоящее время конструкция кожухотрубчатых является устаревшей. По результатам литературно – патентного поиска на современных заводах устанавливаются Компаблоки. Новое поколение сварных теплообменников Alfa Laval Компаблок - сварной пластинчатый теплообменник Альфа Лаваль, достигающий пика производительности там, где обычные теплообменники терпят поражение. Отсутствие прокладок между пластинами теплообменника позволяет Компаблоку показывать великолепные результаты при работе с агрессивными средами и в условиях высоких температур. ножество современных теплообменных аппаратов на рынке являются универсальными, но обладают ограниченными возможностями. Теплообменники Компаблок компании Alfa Laval изготовлены с учетом всех тонкостей конкретного процесса. Гибкость расчета включает как саму конфигурацию потока, так и место теплообменника во всей технологической цепочке.

Применяемый в высокотемпературных сложных процессах, Компаблок, изготовленный при помощи лазерной сварки (Рис.1), демонстрирует явные

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

преимущества по сравнению с другими теплообменниками, включая кожухотрубные.

1.3. Описание конструкции и принцип работы

Аппарат устанавливается по II географическому району. Район установки ребойлера Т-20в (Омская область) несейсмоопасен. Ребойлер предназначен для поддержания процесса ректификации, по средством передачи тепла от более нагретых потоков (III циркуляционное орошение атмосферной колонны К-2 и IV масляный погон вакуумной колонны К-10 установки Л 24/7) к менее нагретому (дизельное топливо низа стабилизационной колонны).

Аппарат монтировать на открытом воздухе.

Ребойлер работает при высокой температуре и под давлением

а) в межтрубном пространстве расчётное давление принять равным 1,6 Мпа, расчётную температуру принять равной 250 °С, среда – дизельное топливо;

б) в трубном пространстве расчётное давление принять равным 2,5 Мпа, расчётную температуру принять равной 350 °С, среда – III ЦО К-2 (дизельное топливо) и IV погон К-10 (масляный дистиллят). Дизельное топливо, дизельное топливо, масляный дистиллят являются взрывопожаро

опасными средами, обладающими токсичностью. Срок службы аппарата 10 лет.

При изготовлении, испытании и поставке ребойлера выполнять требования:

а) ГОСТ 12.2.003-74 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

б) ОСТ 26-291-79 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования».

Ребойлер испытать на прочность и плотность гидравлически в горизон

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

тальном положении. Сварные соединения должны соответствовать требованиям ОСТ 26-01-82-77 «Сварка в химическом машиностроении». Ребойлер (испаритель с паровым пространством) предназначен для поддержания процесса стабилизации дизельного топлива в колонне К-8а посредством передачи тепла от теплоносителей (III ЦО К-2 и IV погон К-10) к нестабильному дизельному топливу. При постоянном уровне жидкости поток флегмы L_n , стекающий с нижнего участка контактной зоны (тарелки) подаётся через штуцер в корпус (межтрубное пространство) аппарата, где получает тепло $Q_{\text{риб}}$ от III циркуляционного орошения колонны К-2 и IV масляного прогона колонны К-10, пропускаемые через трубные пучки. В результате теплообмена в ребойлере образовавшиеся пары G_{n+1} (углеводородные газы $C_1...C_6$ – головка стабилизации) возвращаются через штуцер в колонну К-8а под нижнюю тарелку Т, а тяжёлый остаток (стабильный дизельное топливо) W непрерывно удаляется из корпуса аппарата через штуцер. Отличительной особенностью такого способа подвода тепла является наличие в ребойлере жидкости и парового пространства над этой жидкостью). По своему разделительному действию такой аппарат принимают эквивалентным одной теоретической тарелке.

1.4. Расчет технической характеристики

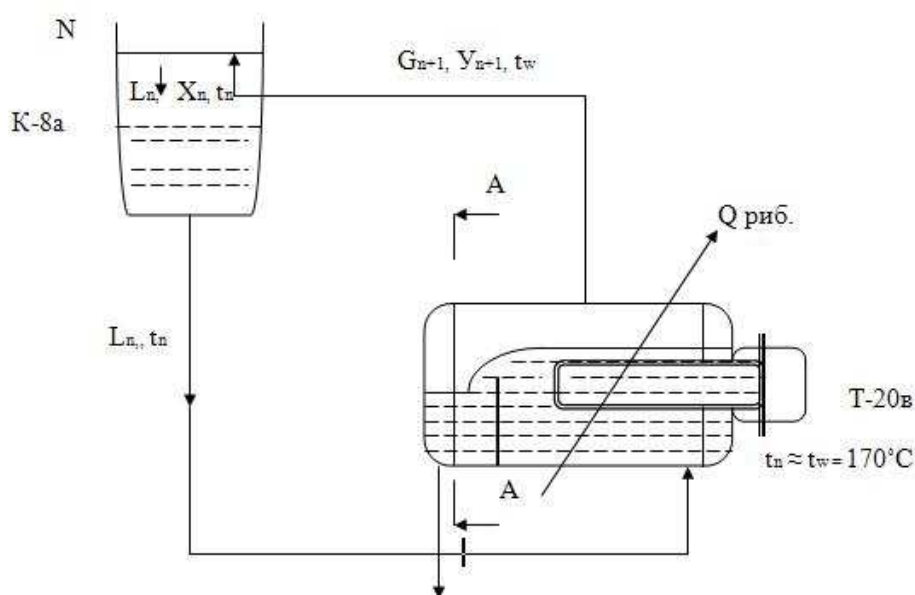


Рис. 1. Принципиальная схема

					Лист
					7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Цель расчёта состоит в определении поверхности теплообмена для поддержания процесса кипения дизельного топлива и основных размеров конструкции аппарата (внутренний диаметр ребойлера, внутренние диаметры распределительных камер, количество U-образных трубок).

Исходные данные для расчёта (данные КБ и Л 24/7 «ОНПЗ»):

$F = 153000$ кг/ч – поток исходной смеси (нестабильный дизельное топливо) с температурой $T = 145^\circ\text{C}$ и относительной плотностью $\rho = 0,67$ (плотность нефтепродукта при 20°C отнесённая к плотности воды при $t 4^\circ\text{C}$).

$P = 15000$ кг/ч – поток дистиллята (жидкая головка стабилизации) с температурой $T = 55^\circ\text{C}$ и относительной плотностью $\rho = 0,5678$

$\Phi = 4500$ кг/ч – поток флегмы с температурой $T = 55^\circ\text{C}$ и относительной плотностью $\rho = 0,5678$.

$G_{с.г.} = 4000$ кг/ч – сухой углеводородный газ в Е-23 с $T = 55^\circ\text{C}$ и относительной плотностью $s = 2,14$ кг/см³ (при 20°C).

$W = 134000$ кг/ч – поток стабильного дизельного топлива (кубовый остаток) с температурой $T = 170^\circ\text{C}$ и относительной плотностью $\rho = 0,71$.

$G = P + \Phi = 1500 + 4500 = 60000$ кг/ч – количество пара, выходящего из колонны К-8а с температурой $T = 88^\circ\text{C}$ за вычетом расхода сухого газа из Е-2, $G_{с.г.}$.

Теплоносители:

А) III циркулярное орошение атмосферной колонны К-2 – дизельное топливо, $G_1 = 88000$ кг/ч с температурой $T = 305^\circ\text{C}$ и относительной плотностью $\rho = 0,84$.

Б) IV погон вакуумной колонны К-10 – масляный дистиллят с расходом $G_2 = 58000$ кг/ч, температурой $T = 305^\circ\text{C}$ и относительной плотностью $\rho = 0,91$.

Материальный баланс колонны К-8а по всему потоку:

$$F = P + W + G_{с.г.} = 15000 + 134000 + 4000 = 153000 \text{ кг/ч.}$$

Для нахождения теплоты ребойлера $Q_{риб.}$ составим тепловой баланс колонны, представленный в таблице 17.

Теплоты потоков находим по формуле:

$$Q = G \cdot H \quad (2)$$

G – массовый расход потоков, кг/ч;

H – энтальпийный потенциал потоков, кДж/кг.

1. Для сухого газа из Е-2 (рис.6) энтальпия при атмосферном давлении равна

$H' = 464$ кДж/кг в зависимости от молекулярной массы газа $M = 50,8$ и температуры $T = 55^\circ\text{C}$.

Энтальпия паров и газов с повышением давления уменьшается, поэтому приходится вводить поправку на давление. Среднее давление в стабилизационной колонне $\approx 1,2$ Мпа.

$$H = H_m - \Delta H \quad (3);$$

где H_m – молярная энтальпия при атмосферном давлении ($p = 101,3$ кПа) сухого газа, кДж/кмоль;

ДН – поправка на давление, кДж/кмоль.

Молярную энтальпию (кДж/кмоль) можно вычислить путём умножения удельной энтальпии (кДж/кмоль) на молекулярную массу сухого газа:

$$4.1. H_m = M \cdot H' \quad (4)$$

$M = 50,8$ - молекулярная масса сухого газа из Е-2 ;

$H' = 464$ кДж/кмоль удельная энтальпия сухого газа при 101,8 кПа.

По формуле (4): $H_m = 50,8 \cdot 464 = 23571,2$ кДж/кмоль. Поправка на давление вычисляется по формуле (1):

$$ДН = 4,19 T_{кр.} \cdot И \quad (5)$$

$T_{кр.} = 120^\circ\text{C} = 393 \text{ К}$ – псевдокритическая температура сухого газа;

И – вспомогательный параметр в зависимости от приведённых температуры t и давления Π газа:

$$\{t = t/T_{кр.}; \Pi = p/p_{кр.}\} \quad (6)$$

T и p – фактические значения температуры и давления соответственно 328К и 1,2 МПа.

$p_{кр.} = 4,0$ Мпа – критическое давление сухого газа Е-2.

По формуле (5): $ДН = 4,19 \cdot 393 \cdot 2 = 3293,34$ кДж/кмоль.

По формуле (3): $H = 23571,2 - 3293,34 = 20277,86$ кДж/кмоль.

Пересчитываем на удельную энтальпию: $20277,86 / 50,8 = 399,17$ кДж/кг (данный результат заносим в таблицу 1).

Таблица 1

Материальные потоки	ρ	G, кг/ч	T, °C	H, кДж/кг	Q, Мдж/ч
Поступает					
1. Жидкое сырьё F					
- Головка стабилизации	0,5678	19000	145	426,8	8109,2
- стабильный дизельное топливо	0,71	134000	145	337,8	45251,8
2. Тепло ребойлера					Qриб.
Итого		153000			53361+ Qриб.
Уходит					
1. Дистиллят жидкий, Р	0,5678	15000	55	130,6	
2. Остаток, W	0,71	134000	170	398,1	1959
3. Сухой газ, Gс.г.	2,14кг/м ³	4000	55	399,17	53345,4
4. Тепло холодильника-конденсатора, Qх-к	i				1596,7
					28384
Итого		153000			85285,1

2. Находим тепло, которое надо отнять в конденсаторе-холодильнике:

$$Q_{x-k} = G \cdot (H_G - H_p) \quad (7)$$

$G = G_{с.г.} + P + \Phi = 4000 + 15000 + 45000 = 64000$ кг/ч расходов паров с верха колонны К-8а.

$H_6 = 574,1$ кДж/кг – удельная энтальпия жидкой головки стабилизации при 55 °С

По формуле (7): $Q_{x-k} = 64000(574,1 - 130,6) = 28384000$ кДж/кг = 28384 МДж/кг (значение Q_{x-k} заносим в таблицу 17). Далее, приравняв приход и расход теплот К-8а, получим тепловую нагрузку на ребойлер (таблица 17).

$$53361 + Q_{риб.} = 85285,1$$

отсюда, $Q_{риб.} = 85285,1 - 53361 = 31962,1$ МДж/кг.

3. При анализе многочисленных вариантов о выборе теплоносителей для подогрева

низа К-8а наиболее подходящим для данных условий является вариант подогрева двумя потоками теплоносителей, предположительно в трехпучковом ребойлере 1 поток III ЦО К-2 с $T = 305$ °С с расходом 88 т/ч; 2 поток IV масляный погон К-10 с $T = 305$ °С с расходом 58 т/ч.

При расчёте теплового баланса ребойлера разобьём его на две части – отдельно по каждому потоку теплоносителей.

Для теплообменивающихся потоков можно записать:

$$Q_2 = G \cdot (H_n - H_k) \quad (8),$$

$$Q_x = g \cdot (h_k - h_n) \quad (9),$$

Q_2 – тепло, отданное горячим потоком, кДж/ч,

Q_x – тепло, полученное холодным потоком, кДж/ч.

G и g – массовые расходы горячего и холодного потоков, кг/ч,

H_n и H_k – энтальпийные удельные начальная и конечная горячего потока соответственно, кДж/кг,

h_k и h_n – энтальпийные удельные начальная и конечная холодного потока соответственно, кДж/кг.

Величины Q_2 и Q_x связаны тепловым балансом аппарата в виде:

$$Q_x = \eta \cdot Q_2 \quad (10),$$

$\eta = 0,97$ – к.п.д. ребойлера, учитывающий потери тепла,

$Q_x = Q_{риб.} = 31962,1$ МДж/кг.

По формуле (10) определим тепло, необходимое для поддержания процесса кипения дизельного топлива (170 °С) с учётом тепловых потерь:

$$Q_2 = \eta \cdot Q_x = 1/0,97 \cdot 31962,1 = 32950,6 \text{ МДж/кг.}$$

Тепловые потоки охлаждаем до температуры не ниже 224 °С, так как после ребойлера Т-20 в III ЦО К-2 и IV погон К-10 идут на подогрев нефти в Т5/2,1 и Т10/3,2,1.

Тепловая удельная нагрузка со стороны дизельного топлива:

$$q_4 = L_4 \cdot (T_{4ст} - T_{кип}) = 4753,15 \cdot (175,58 - 170) = 26520 \text{ Вт/м}^2.$$

Погрешность расчёта: $\epsilon = (1 - q/q_3) \cdot 100\% = (1 - 26520/26780) 100\% = 0,97\%$, что в пределах допускаемой погрешности при технических расчётах (до 5%).

Коэффициент теплопередачи для рассчитанных теплоносителей (IV погон – дизельное топливо) по формуле (16), где $r_{31} = 0,0005(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ и $r_{32} = 0,0008(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ – термические сопротивления загрязнений стенок трубки со стороны дизельного топлива и IV погона соответственно

$$1/k = 1/650 + 0,00025 / 17,5 + 0,0005 + 0,0011 + 1 / 4753,15 = 3,5236 \cdot 10^{-4}(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}, \text{ отсюда } k = 484 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

По формуле (13) определяем необходимую поверхность теплообмена:

$$F_{rj} = 3560556 / (284 \cdot 88,4) = 142 \text{ м}^2.$$

Количество трубок для данной поверхности теплообмена по формуле : $n = 142 / (\pi \cdot 0,025 \cdot 6) = 300$ трубок.

Определим внутренний диаметр распределительных камер пучков “завязанных” под IV погон К-10.

Площадь трубной решётки одноходового по трубкам аппарата, необходимая для

размещения труб по вершинам квадрата: $F_{\text{тр}} = t_1 \cdot n_{\text{тр}}$ (32)

$n_{\text{тр}} = 300$ трубок + 4 отверстия под распорные трубки со стяжками М16 для придания пучку жесткости.

$t = 32 \pm 0,5$ мм – шаг между трубками в трубной решётке; при развальцовке должно соблюдаться условие: $t - d_{\text{H}} \geq 5$ мм (33)

$t - d_{\text{H}} = 32 - 25 = 7$ мм > 5 мм – условие (33) выполняется.

По формуле

$$F_{\text{тр}} = 0,0321 \cdot 304 = 0,3113 \text{ м}^2.$$

1.5. Выбор и обоснование материалов конструкции

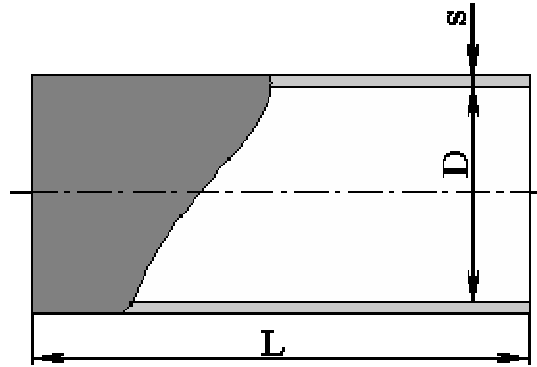
Выбираем сталь 12Х18Н10Т при температуре 20 °С. Применение -

детали, работающие до 600 °С. Сварные аппараты и сосуды, работающие в разбавленных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей и другие детали, работающие под давлением при температуре от -196 до +600 °С, а при наличии агрессивных сред до +350 °С.; сталь аустенитного класса.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

2. Расчеты на прочность

2. 1. Обечайка ребойлера



Исходные данные

Материал:	12X18H10T
Внутр. диаметр, D:	$2 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки, s:	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1 :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2 :	0,8 мм
Прибавка технологическая, c_3 :	0 мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, c:	2,8 мм
Длина обечайки, L:	$6 \cdot 10^3$ мм
Коэффициенты прочности сварных швов:	
Продольный шов:	
$\varphi_p = 1$	
Окружной шов:	
$\varphi_t = 1$	

Расчёт в рабочих условиях

4.2. Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	20 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	1 МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0 Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0 Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0 Н

4.3. Результаты расчёта:

Допускаемые напряжения для материала 12X18H10T при температуре 20 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 184 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 12X18H10T при температуре 20 °C:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	12

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

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = 2 \cdot 184 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) / (2 \cdot 10^3 + 10 - 2,8) = 1,320048 \text{ МПа}$$

$$1,320048 \text{ МПа} > 1 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c = (1 \cdot 2 \cdot 10^3) / (2 \cdot 184 \cdot 1 - 1) + 2,8 = 8,249591 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot ((10 - 2,8) / 5,449591 - 0,8) \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} = 125,088 \text{ мм}$$

Минимальное расстояние между “одиночными” штуцерами:

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

4.4. Для расчёта обечайки от действия седловых опор:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0, 9,45 \cdot \frac{D}{1} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s - c)}} \right\} = \min \{ 1,0, 9,45 \cdot 2 \cdot 10^3 / 6,333333 \cdot 10^3 \cdot (2 \cdot 10^3 / (100 \cdot (10 - 2,8)))^{1/2} \} = 1$$

Допускаемое наружное давление из условия устойчивости:

$$[p]_u = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{1} \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2,5} = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^3 / (2,4 \cdot 1 \cdot 6,333333 \cdot 10^3)}{(100 \cdot (10 - 2,8) / 2 \cdot 10^3)^{2,5}} = 0,04256337 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление из условия прочности:

$$[p]_n = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = 2 \cdot 184 \cdot (10 - 2,8) / (2 \cdot 10^3 + 10 - 2,8) = 1,320048 \text{ МПа}$$

$$[p] = \frac{[p]_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_n}{[p]_u} \right)^2}} = 1,320048 / (1 + (1,320048 / 0,04256337)^2)^{1/2} = 0,04254126 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление: $[p] = 0,04254126 \text{ МПа}$

Обечайка, нагруженная осевым сжимающим усилием (п. 2.3.4.).

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности:

$$[F]_n = \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot [\sigma] = 3,141593 \cdot (2 \cdot 10^3 + 10 - 2,8) \cdot (10 - 2,8) \cdot 184 = 8,35393 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия местной устойчивости:

$$[F]_{u1} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot D^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2,5} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 2 / (2,4 \cdot (100 \cdot (10 - 2,8) / 2 \cdot 10^3)^{2,5})}{1} = 8,0352 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие:

$$[F] = \frac{[F]_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_n}{[F]_{u1}} \right)^2}} = 8,35393 \cdot 10^6 / (1 + (8,35393 \cdot 10^6 / 8,0352 \cdot 10^6)^2)^{1/2} = 5,791146 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Обечайка, нагруженная осевым растягивающим усилием (п. 2.3.3.).

					Лист
					13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Допускаемое осевое растягивающее усилие:

$$[F] = [F]_{\text{п}} \cdot \Phi_t = 8,35393 \cdot 10^6 \cdot 1 = 8,35393 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны растяжения:

$$[M]_{\text{рп}} = \frac{D}{4} \cdot [F] = 2 \cdot 10^3 / 4 \cdot 8,35393 \cdot 10^6 = 4,176965 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны сжатия:

$$[M]_{\text{пс}} = \frac{D}{4} \cdot [F]_{\text{п}} = 2 \cdot 10^3 / 4 \cdot 8,35393 \cdot 10^6 = 4,176965 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости:

$$[M]_{\text{е}} = \frac{D}{3.5} \cdot [F]_{\text{е1}} = 2 \cdot 10^3 / 3.5 \cdot 8,0352 \cdot 10^6 = 4,591543 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости:

$$[M]_{\text{уст}} = \frac{[M]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_{\text{п}}}{[M]_{\text{е}}}\right)^2}} = \frac{4,176965 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + (4,176965 \cdot 10^6 / 4,591543 \cdot 10^6)^2}} = 3,089754 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент:

$$[M] = \min\{M_{\text{рп}}, M_{\text{уст}}\} = \min\{4,176965 \cdot 10^6, 3,089754 \cdot 10^6\} = 3,089754 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемое поперечное усилие из условия прочности:

$$[Q]_{\text{п}} = 0.25 \cdot \pi \cdot D \cdot (s - c) \cdot [\sigma] = \frac{0.25 \cdot 3,141593 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8) \cdot 184}{184} = 2,080991 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Расчётная длина для расчёта седловых опор:

$$l_s = 3,7 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Допускаемое поперечное усилие из условия устойчивости:

$$[Q]_{\text{е}} = \frac{2.4 \cdot E \cdot (s - c)^2}{n_y} \cdot \left[0.18 + 3.3 \frac{D(s - c)}{l_s^2} \right] = \frac{2.4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (10 - 2,8)^2 / 2,4 \cdot 1,902229 \cdot 10^6}{(0.18 + 3.3 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8) / (3,7 \cdot 10^3)^2)} = 1,902229 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допускаемое поперечное усилие:

$$[Q] = \frac{[Q]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_{\text{п}}}{[Q]_{\text{е}}}\right)^2}} = \frac{2,080991 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + (2,080991 \cdot 10^6 / 1,902229 \cdot 10^6)^2}} = 1,404031 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Расчёт в условиях испытаний (Условия гидроиспытаний)

4.5. Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20 °C
Расчётное внутреннее избыточное давление (с учётом гидростатического), p:	1 МПа
Расчётный изгибающий момент, M:	0 Н м
Расчётное поперечное усилие, Q:	0 Н
Расчётное осевое растягивающее усилие, F:	0 Н

По ГОСТ 14249–89 расчёт на прочность при испытаниях не проводится, если выполнено условие:

					Лист
					14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$P_{\text{нст}} < 1,35 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}$$

$$1,35 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1 \cdot 184 / 184 = 1,35 \text{ МПа} > 1 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения для материала 12Х18Н10Т при температуре 20 °С :
 $[\sigma]^{20} = \sigma \cdot R_e^{20} / 1,1 = 1 \cdot 276 / 1,1 = 250,5 \text{ МПа}$

Модуль продольной упругости для материала 12Х18Н10Т при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89

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

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = 2 \cdot 250,5 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8) / (2 \cdot 10^3 + 10 - 2,8) = 1,79713 \text{ МПа}$$

$$1,79713 \text{ МПа} > 1 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} + c = (1 \cdot 2 \cdot 10^3) / (2 \cdot 250,5 \cdot 1 - 1) + 2,8 = 6,8 \text{ мм}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 2 \cdot \left(\frac{10 - 2,8}{6,8} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8)} = 240 \text{ мм}$$

Минимальное расстояние между "одиночными" штуцерами:

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

4.6. Для расчёта обечайки от действия седловых опор:

$$B_1 = \min \left\{ 1,0, 9,45 \cdot \frac{D}{1} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s - c)}} \right\} = \min \{ 1,0, 9,45 \cdot 2 \cdot 10^3 / 6,333333 \cdot 10^3 \cdot (2 \cdot 10^3 / (100 \cdot (10 - 2,8)))^{1/2} \} = 1$$

Допускаемое наружное давление из условия устойчивости:

$$[p]_u = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{1} \cdot \left[\frac{100(s - c)}{D} \right]^{2,5} = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{1 \cdot 6,333333 \cdot 10^3} \cdot 2 \cdot 10^3 / (1,8 \cdot (100 \cdot (10 - 2,8) / 2 \cdot 10^3)^{2,5}) = 0,05675116 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление из условия прочности:

$$[p]_n = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = 2 \cdot 250,5 \cdot (10 - 2,8) / (2 \cdot 10^3 + 10 - 2,8) = 1,79713 \text{ МПа}$$

$$[p] = \frac{[p]_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_n}{[p]_u} \right)^2}} = 1,79713 / (1 + (1,79713 / 0,05675116)^2)^{1/2} = 0,05672288 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление: $[p] = 0,05672288 \text{ МПа}$

Обечайка, нагруженная осевым сжимающим усилием (п. 2.3.4.).

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности:

$$[F]_n = \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot [\sigma] = 3,141593 \cdot (2 \cdot 10^3 + 10 - 2,8) \cdot (10 - 2,8) = 1,137315 \cdot 10^7$$

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$2,8) \cdot 250,5$$

Н

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия местной устойчивости:

$$[F]_{\text{Е1}} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot D^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2,5} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 2}{(1,8) \cdot (100 \cdot (10 - 2,8) / 2 \cdot 10^3)^{2,5}} = 1,07136 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие:

$$[F] = \frac{[F]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_{\text{п}}}{[F]_{\text{Е1}}} \right)^2}} = \frac{1,137315 \cdot 10^7}{\sqrt{1 + (1,137315 \cdot 10^7 / 1,07136 \cdot 10^7)^2}} = 7,798406 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Обечайка, нагруженная осевым растягивающим усилием (п. 2.3.3.).

Допускаемое осевое растягивающее усилие:

$$[F] = [F]_{\text{п}} \cdot \varphi_{\text{т}} = 1,137315 \cdot 10^7 \cdot 1 = 1,137315 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны растяжения:

$$[M]_{\text{тп}} = \frac{D}{4} \cdot [F] = 2 \cdot 10^3 / 4 \cdot 1,137315 \cdot 10^7 = 5,686575 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны сжатия:

$$[M]_{\text{п}} = \frac{D}{4} \cdot [F]_{\text{п}} = 2 \cdot 10^3 / 4 \cdot 1,137315 \cdot 10^7 = 5,686575 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости:

$$[M]_{\text{Е}} = \frac{D}{3,5} \cdot [F]_{\text{Е1}} = 2 \cdot 10^3 / 3,5 \cdot 1,07136 \cdot 10^7 = 6,122057 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости:

$$[M]_{\text{уст}} = \frac{[M]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_{\text{п}}}{[M]_{\text{Е}}} \right)^2}} = \frac{5,686575 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + (5,686575 \cdot 10^6 / 6,122057 \cdot 10^6)^2}} = 4,166472 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемый изгибающий момент:

$$[M] = \min \{ M_{\text{тп}}, M_{\text{уст}} \} = \min \{ 5,686575 \cdot 10^6, 4,166472 \cdot 10^6 \} = 4,166472 \cdot 10^6 \text{ Н м}$$

Допускаемое поперечное усилие из условия прочности:

$$[Q]_{\text{п}} = 0,25 \cdot \pi \cdot D \cdot (s - c) \cdot [\sigma] = \frac{0,25 \cdot 3,141593 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8) \cdot 250,5}{250,5} = 2,833088 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Расчётная длина для расчёта седловых опор:

$$l_s = 3,7 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Допускаемое поперечное усилие из условия устойчивости:

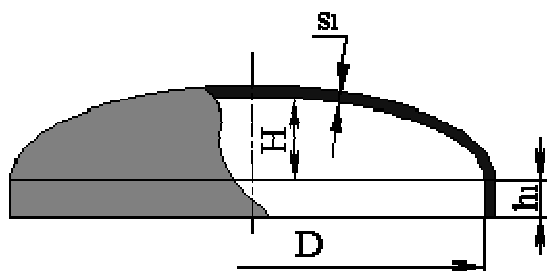
$$[Q]_{\text{Е}} = \frac{2,4 \cdot E \cdot (s - c)^2}{n_y} \cdot \left[0,18 + 3,3 \frac{D(s - c)}{l_s^2} \right] = \frac{2,4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (10 - 2,8)^2 / 1,8 \cdot 250,5}{(0,18 + 3,3 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8) / (3,7 \cdot 10^3)^2)} = 2,536305 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допускаемое поперечное усилие:

$$[Q] = \frac{[Q]_{\text{п}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_{\text{п}}}{[Q]_{\text{Е}}} \right)^2}} = \frac{2,833088 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + (2,833088 \cdot 10^6 / 2,536305 \cdot 10^6)^2}} = 1,889683 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

2. 2. Днище эллиптическое ребойлера №1

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89



Исходные данные

Материал:	12X18H10T
Внутр. диаметр, D:	$2 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки днища, s_1 :	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1 :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2 :	0,8 мм
Прибавка технологическая, c_3 :	0 мм
Суммарная прибавка к толщине стенки, c:	2,8 мм
Высота днища, H:	500 мм
Длина отбортовки, h_1 :	0 мм

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 2 \cdot 10^3^2 / (4 \cdot 500) = 2 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Коэффициент прочности сварного шва:

$$\varphi = 1$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	20 °С
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	1 МПа

Результаты расчёта:

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала 12X18H10T при температуре 20 °С (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 184 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 12X18H10T при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением (п. 3.3.1.).

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (1 \cdot 2 \cdot 10^3) / (2 \cdot 184 \cdot 1 - 0.5 \cdot 1) + 2,8 = 8,242177 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = \frac{2 \cdot 184 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8)}{2 \cdot 10^3 + 0.5 \cdot (10 - 2,8)} = 1,32242 \text{ МПа}$$

$$1,32242 \text{ МПа} > 1 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Условия гидроиспытаний)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, Т: 20 °С

Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 1 МПа

По ГОСТ 14249–89 расчёт на прочность при испытаниях не проводится, если выполнено условие:

$$P_{\text{нп}} < 1.35 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}$$

$$1.35 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1.35 \cdot 1 \cdot 184 / 184 = 1,35 \text{ МПа} > 1 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала 12Х18Н10Т при температуре 20 °С :
 $[\sigma]^{20} = \sigma \cdot R_e^{20} / 1,1 = 1 \cdot 276 / 1,1 = 250,5 \text{ МПа}$

Модуль продольной упругости для материала 12Х18Н10Т при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением (п. 3.3.1.).

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 2 \cdot 10^3 \cdot 2 / (4 \cdot 500) = 2 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (1 \cdot 2 \cdot 10^3) / (2 \cdot 250,5 \cdot 1 - 0.5 \cdot 1) + 2,8 = 6,796004 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

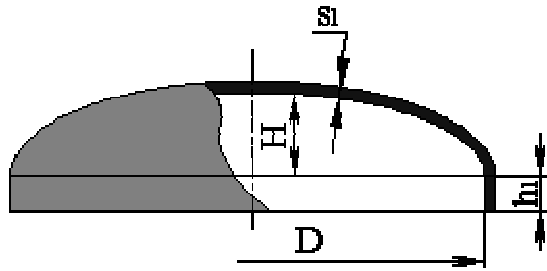
$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = \frac{2 \cdot 250,5 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8)}{2 \cdot 10^3 + 0.5 \cdot (10 - 2,8)} = 1,800359 \text{ МПа}$$

$$1,800359 \text{ МПа} > 1 \text{ МПа}$$

Заключение: Условие прочности выполнено

2. 3. Днище эллиптическое ребойлера №2

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ 14249-89



Исходные данные

Материал:	12X18H10T
Внутр. диаметр, D:	$2 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки днища, s_1 :	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, c_1 :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, c_2 :	0,8 мм
Прибавка технологическая, c_3 :	0 мм
Суммарная прибавка к толщине стенки, c:	2,8 мм
Высота днища, H:	500 мм
Длина отбортовки, h_1 :	0 мм

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 2 \cdot 10^3{}^2 / (4 \cdot 500) = 2 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Коэффициент прочности сварного шва:

$$\varphi = 1$$

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	20	°C
Расчётное внутреннее избыточное давление, p:	1	МПа

Результаты расчёта:

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала 12X18H10T при температуре 20 °C (рабочие условия):

$$[\sigma]^{20} = 184 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 12X18H10T при температуре 20 °C:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением (п. 3.3.1.).

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$s_p + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (1 \cdot 2 \cdot 10^3) / (2 \cdot 184 \cdot 1 - 0.5 \cdot 1) + 2,8 = 8,242177 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = \frac{2 \cdot 184 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8)}{2 \cdot 10^3 + 0.5 \cdot (10 - 2,8)} = 1,32242 \text{ МПа}$$

1,32242 МПа > 1 МПа

Заключение: Условие прочности выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Условия гидроиспытаний)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, Т: 20 °С

Расчётное внутреннее избыточное давление, р: 1 МПа

По ГОСТ 14249–89 расчёт на прочность при испытаниях не проводится, если выполнено условие:

$$P_{\text{вкл}} < 1.35 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}$$

$$1.35 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1.35 \cdot 1 \cdot 184 / 184 = 1,35 \text{ МПа} > 1 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения:

Допускаемые напряжения для материала 12Х18Н10Т при температуре 20 °С :

$$[\sigma]^{20} = \sigma \cdot R_e^{20} / 1,1 = 1 \cdot 276 / 1,1 = 250,5 \text{ МПа}$$

Модуль продольной упругости для материала 12Х18Н10Т при температуре 20 °С:

$$E^{20} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением (п. 3.3.1.).

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = 2 \cdot 10^3 \text{ }^2 / (4 \cdot 500) = 2 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$s_p + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} + c = (1 \cdot 2 \cdot 10^3) / (2 \cdot 250,5 \cdot 1 - 0.5 \cdot 1) + 2,8 = 6,796004 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (s_1 - c)}{R + 0.5 \cdot (s_1 - c)} = \frac{2 \cdot 250,5 \cdot 1 \cdot (10 - 2,8)}{2 \cdot 10^3 + 0.5 \cdot (10 - 2,8)} = 1,800359 \text{ МПа}$$

1,800359 МПа > 1 МПа Заключение: Условие прочности выполнено

2. 4. Расчет аппарата на ветровую нагрузку

Расчет аппарата на ветровую нагрузку не требуется

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

2. 5. Расчет опоры

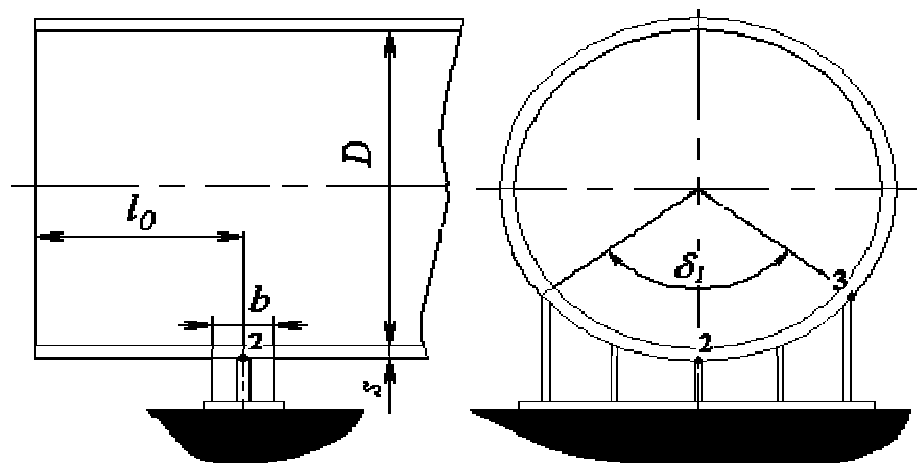


Рис. 2. Схема опоры

Исходные данные

Элемент, связанный с опорой:	<u>Обечайка</u> <u>ребойлера</u>
Внутренний диаметр обечайки, D:	$2 \cdot 10^3$ мм
Толщина стенки обечайки, s:	10 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, s_1 :	2 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, s_2 :	0,8 мм
Прибавка технологическая, s_3 :	0 мм
Сумма прибавок к стенке обечайки, c:	2,8 мм
Ширина опоры, b:	300 мм
Угол охвата опоры, δ_1 :	120 градус
Расстояние от края элемента, l_0 :	$1,8 \cdot 10^3$ мм
Расстояние до днища, a:	$1,8 \cdot 10^3$ мм
Высота опоры, H:	500 мм

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	20 °C
Коэффициент заполнения жидкостью, ξ :	0,85
Плотность жидкости, $\rho_{ж}$:	0,75 кг/куб.м
Расчётное внутреннее избыточное давление, действующее в элементе над опорой, p:	1 МПа
Изгибающий момент в сечении оболочки над опорой, M:	$1,471109 \cdot 10^4$ Н м
Опорное усилие, F:	$2,47938 \cdot 10^4$ Н
Поперечное усилие в сечении оболочки над	$1,216956 \cdot 10^4$ Н

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

опорой, Q:

Допускаемые нагрузки для элемента, связанного с обечайкой (см. расчёт “Обечайка ребойлера”):

Допускаемое наружное давление, [p]: 0,04254126 МПа
Допускаемый изгибающий момент, [M]_{уст}: 3,089754·10⁶ Н м
Допускаемая осевое сжимающее усилие, [F]: 5,791146·10⁶ Н
Допускаемая поперечное усилие, [Q]: 1,404031·10⁶ Н

Опора без подкладного листа (п. 4.5.2.).

$$K_{13} = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1 \cdot \delta_1}{\pi}; 0\right\}}{\sin(0,5 \cdot \delta_1)} = \frac{\max\{1,7 - 2,1 \cdot 2,094395 / 3,141593; 0\}}{\sin(0,5 \cdot 2,094395)} = 0,3464102$$

Параметр, определяемый расстоянием до днища:

$$\gamma = 2,83 \cdot \frac{a}{D} \cdot \sqrt{\frac{s-c}{D}} = 2,83 \cdot 1,8 \cdot 10^3 / 2 \cdot 10^3 \cdot ((10 - 2,8) / 2 \cdot 10^3)^{1/2} = 0,15282$$

Коэффициенты, учитывающие влияние расстояния до днища (δ_1 подставляют в радианах):

$$K_{15} = \min\left\{1,0; \frac{0,8 \cdot \sqrt{\gamma} + 6 \cdot \gamma}{\delta_1}\right\} = \min\{1,0; (0,8 \cdot 0,15282^{1/2} + 6 \cdot 0,15282) / 2,094395\} = 0,5871183$$

Коэффициенты, учитывающие влияние угла охвата опоры (δ_1 подставляют в радианах):

$$K_{12} = \frac{1,15 - 0,1432 \cdot \delta_1}{\sin(0,5 \cdot \delta_1)} = (1,15 - 0,1432 \cdot 2,094395) / \sin(0,5 \cdot 2,094395) = 0,9815909$$

Параметр, определяемый шириной пояса опоры:

$$\beta = 0,91 \cdot \frac{b}{\sqrt{D \cdot (s-c)}} = 0,91 \cdot 300 / (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} = 2,275$$

Коэффициенты, учитывающие влияние ширины пояса опоры (δ_1 подставляют в радианах):

$$K_{10} = \max\left\{\frac{e^{-\beta} \cdot \sin \beta}{\beta}; 0,25\right\} = \max\{e^{-2,275} \cdot \sin(2,275) / 2,275; 0,25\} = 0,25$$

$$\varphi_1 = -\frac{0,23 \cdot K_{13} \cdot K_{15}}{K_{12} \cdot K_{10}} = -\frac{0,23 \cdot 0,3464102 \cdot 0,5871183}{0,9815909 \cdot 0,25} = (-0,1906222)$$

Общее осевое мембранное напряжение изгиба в области опорного узла:

$$\bar{\sigma}_{мк} = \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s-c)} = \frac{4 \cdot 1,471109 \cdot 10^4}{\pi \cdot 3,141593 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8)} = 0,6503731 \text{ МПа}$$

$$\varphi_{21} = -\bar{\sigma}_{мк} \cdot \frac{K_2}{n_T [\sigma]} = -0,6503731 \cdot 1,2 / (1,5 \cdot 184) = (-0,002827709)$$

					Лист
					22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$\vartheta_{22} = \left(\frac{p \cdot D}{4 \cdot (s - c)} - \bar{\sigma}_{\text{шк}} \right) \cdot \frac{K_2}{n_T \cdot [\sigma]} = [1 \cdot 2 \cdot 10^3 / (4 \cdot (10 - 2,8)) - 0,6503731] \cdot 1,2 / (1,5 \cdot 184) = 0,2991047$$

Примечание: в соответствии с п. 1.2.3 ГОСТ 26202-84 при $\vartheta_{21} < 0$ в расчёте K_1 знаки ϑ_1 и ϑ_2 меняют на противоположные

$$K_1 = \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{3 \cdot \vartheta_1^2} \right) \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot \vartheta_1^2 \cdot (1 - \vartheta_2^2)}{(1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2)^2} + 1} - 1 \right) \\ 1,5 \cdot (1 - \vartheta_2^2) \text{ при } \vartheta_1 = 0 \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} K_1 \geq 0 \text{ при } \vartheta_1 \neq 0 \\ \text{при } \vartheta_2 = \vartheta_{21} \\ \text{при } \vartheta_2 = \vartheta_{22} \end{array} \right\} = \left. \begin{array}{l} 1,392108 \\ 1,499738 \end{array} \right\}$$

$$K_1 = \min\{1,392108, 1,499738\} = 1,392108$$

Расчёт в точке 2:

Предельное напряжение изгиба:

$$[\sigma]_2 = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,392108 \cdot 184 \cdot 1,5 / 1,2 = 320,1848 \text{ МПа}$$

Допускаемое опорное усилие от нагружения в осевом направлении:

$$[F]_2 = \frac{0,7 \cdot [\sigma]_2 \cdot \sqrt{D \cdot (s - c)} \cdot (s - c)}{K_{10} \cdot K_{12}} = \frac{0,7 \cdot 320,1848 \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2}}{K_{10} \cdot K_{12}} = 7,89118 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

$$K_{11} = \frac{1 - e^{-\beta} \cdot \cos \beta}{\beta} = (1 - e^{-2,275} \cdot \cos(2,275)) / 2,275 = 0,4688147$$

$$K_{14} = \frac{1,45 - 0,43 \cdot \delta_1}{\sin(0,5 \cdot \delta_1)} = (1,45 - 0,43 \cdot 2,094395) / \sin(0,5 \cdot 2,094395) = 0,6344041$$

$$K_{16} = 1 - \frac{0,65}{1 + (\delta \cdot \gamma)^2} \cdot \frac{\pi}{\sqrt{3 \cdot \delta_1}} = 1 - 0,65 / (1 + (6 \cdot 0,15282)^2) \cdot [3,141593 / (3 \cdot 2,094395)]^{1/2} = 0,7503076$$

$$K_{17} = \frac{1}{1 + 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{s - c} \cdot \frac{b}{D} \cdot \delta_1}} = 1 / [1 + 0,6 \cdot (2 \cdot 10^3 / (10 - 2,8))^{1/3} \cdot 300 / (2 \cdot 10^3 \cdot 2,094395)] = 0,4484522$$

$$\vartheta_1 = - \frac{0,53 \cdot K_{11}}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot \sin(0,5 \cdot \delta_1)} = -0,53 \cdot 0,4688147 / [0,6344041 \cdot 0,7503076 \cdot 0,4484522 \cdot \sin(0,5 \cdot 2,094395)] = (-1,34408)$$

$\vartheta_{21} = 0$

$$\vartheta_{22} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s - c)} \cdot \frac{K_2}{n_T \cdot [\sigma]} = 1 \cdot 2 \cdot 10^3 / (2 \cdot (10 - 2,8)) \cdot 1,2 / (1,5 \cdot 184) = 0,6038647$$

Примечание: в соответствии с п. 1.2.3 ГОСТ 26202-84 при $\vartheta_{21} < 0$ в расчёте K_1 знаки ϑ_1 и ϑ_2 меняют на противоположные

$$K_1 = \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{3 \cdot \vartheta_1^2} \right) \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot \vartheta_1^2 \cdot (1 - \vartheta_2^2)}{(1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2)^2} + 1} - 1 \right) \\ 1,5 \cdot (1 - \vartheta_2^2) \text{ при } \vartheta_1 = 0 \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} K_1 \geq 0 \text{ при } \vartheta_1 \neq 0 \\ \text{при } \vartheta_2 = \vartheta_{21} \\ \text{при } \vartheta_2 = \vartheta_{22} \end{array} \right\} = \left. \begin{array}{l} 0,5820283 \\ 0,9142181 \end{array} \right\}$$

						Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_1 = \min\{ 0,5820283 , 0,9142181 \} = 0,5820283$$

Расчёт в точке 3:

Предельное напряжение изгиба:

$$[\sigma]_3 = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 0,5820283 \cdot 184 \cdot 1,5 / 1,2 = 133,8665 \text{ МПа}$$

Допускаемое опорное усилие от нагружения в окружном направлении:

$$[F]_3 = \frac{0,9 \cdot [\sigma]_3 \cdot \sqrt{D \cdot (s-c)} \cdot (s-c)}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17}} = \frac{0,9 \cdot 133,8665 \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2}}{0,6344041 \cdot 0,7503076 \cdot 0,4484522} = 4,876482 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Условие прочности:

$$F \leq [F] = \min\{[F]_2, [F]_3\}$$

$$[F] = \min\{[F]_2, [F]_3\} = 4,876482 \cdot 10^5$$

$$2,47938 \cdot 10^4 \text{ Н} < 4,876482 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Заключение: Условие прочности и устойчивости выполнено

Проверка условия устойчивости (п. 4.5.5.2.).

Эффективное осевое усилие от местных мембранных напряжений:

$$F_e = F \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{D}{(s-c)}} \cdot K_{13} \cdot K_{15} = 2,47938 \cdot 10^4 \cdot 3,141593 / 4 \cdot (2 \cdot 10^3 / (10 - 2,8))^{1/2} \cdot 0,3464102 \cdot 0,5871183 = 6,600821 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Сосуд работает под внутренним давлением, при проверке устойчивости принимают $p=0$.

Условие устойчивости: $\frac{|p|}{[p]} + \frac{F_e}{[F]} + \frac{M}{[M]_{уст}} + \left(\frac{Q}{[Q]}\right)^2 \leq 1$

$$\frac{|p|}{[p]} + \frac{F_e}{[F]} + \frac{M}{[M]_{уст}} + \left(\frac{Q}{[Q]}\right)^2 = 0 / 0,04254126 + 6,600821 \cdot 10^4 / 5,791146 \cdot 10^6 + 1,471109 \cdot 10^4 / 3,089754 \cdot 10^6 + (1,216956 \cdot 10^4 / 1,404031 \cdot 10^6)^2 = 0,0162345$$

$$0,0162345 < 1,0$$

Заключение: Условие устойчивости выполнено

Расчёт в условиях испытаний (Условия гидроиспытаний)

Условия нагружения при испытаниях:

Расчётная температура, T:	20 °С
Коэффициент заполнения жидкостью, ξ :	1
Плотность жидкости, $\rho_{ж}$:	$1 \cdot 10^3$ кг/куб.м
Расчётное внутреннее избыточное давление, действующее в элементе над опорой, p:	1 МПа
Изгибающий момент над опорой, M:	$7,731965 \cdot 10^4$ Н м
Опорное усилие, F:	$1,636045 \cdot 10^5$ Н

					Лист
					24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой, Q:

$$8,368045 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Допускаемые нагрузки для элемента, связанного с обечайкой

Допускаемое наружное давление, [p]: 0,05672288 МПа

Допускаемый изгибающий момент, [M]_{уст}: 4,166472 · 10⁶ Н м

Допускаемая осевое сжимающее усилие, [F]: 7,798406 · 10⁶ Н

Допускаемая поперечное усилие, [Q]: 1,889683 · 10⁶ Н

Опора без подкладного листа (п. 4.5.2.).

$$K_{13} = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1 \cdot \delta_1}{\pi}; 0\right\}}{\sin(0,5 \cdot \delta_1)} = \frac{\max\{1,7 - 2,1 \cdot 2,094395 / 3,141593; 0\}}{\sin(0,5 \cdot 2,094395)} = 0,3464102$$

Параметр, определяемый расстоянием до днища:

$$\gamma = 2,83 \cdot \frac{a}{D} \cdot \sqrt{\frac{s-c}{D}} = 2,83 \cdot 1,8 \cdot 10^3 / 2 \cdot 10^3 \cdot ((10 - 2,8) / 2 \cdot 10^3)^{1/2} = 0,15282$$

Коэффициенты, учитывающие влияние расстояния до днища (δ_1 подставляют в радианах):

$$K_{15} = \min\left\{1,0; \frac{0,8 \cdot \sqrt{\gamma + 6 \cdot \gamma}}{\delta_1}\right\} = \min\{1,0; (0,8 \cdot 0,15282^{1/2} + 6 \cdot 0,15282) / 2,094395\} = 0,5871183$$

Коэффициенты, учитывающие влияние угла охвата опоры (δ_1 подставляют в радианах):

$$K_{12} = \frac{1,15 - 0,1432 \cdot \delta_1}{\sin(0,5 \cdot \delta_1)} = (1,15 - 0,1432 \cdot 2,094395) / \sin(0,5 \cdot 2,094395) = 0,9815909$$

Параметр, определяемый шириной пояса опоры:

$$\beta = 0,91 \cdot \frac{b}{\sqrt{D \cdot (s-c)}} = 0,91 \cdot 300 / (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2} = 2,275$$

Коэффициенты, учитывающие влияние ширины пояса опоры (δ_1 подставляют в радианах):

$$K_{10} = \max\left\{\frac{e^{-\beta} \cdot \sin \beta}{\beta}; 0,25\right\} = \max\{e^{-2,275} \cdot \sin(2,275) / 2,275; 0,25\} = 0,25$$

$$\Phi_1 = -\frac{0,23 \cdot K_{13} \cdot K_{15}}{K_{12} \cdot K_{10}} = -\frac{0,23 \cdot 0,3464102 \cdot 0,5871183}{0,9815909 \cdot 0,25} = (-0,1906222)$$

Общее осевое мембранное напряжение изгиба в области опорного узла:

$$\bar{\sigma}_{\text{мк}} = \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s-c)} = \frac{4 \cdot 7,731965 \cdot 10^4}{\pi \cdot (2 \cdot 10^3)^2 \cdot (10 - 2,8)} = 3,418279 \text{ МПа}$$

$$\Phi_{2,1} = -\bar{\sigma}_{\text{мк}} \cdot \frac{K_2}{n_T [\sigma]} = -3,418279 \cdot 1 / (1,1 \cdot 250,5) = (-0,01240529)$$

$$\Phi_{2,2} = \left(\frac{p \cdot D}{4 \cdot (s-c)} - \bar{\sigma}_{\text{мк}}\right) \cdot \frac{K_2}{n_T [\sigma]} = [1 \cdot 2 \cdot 10^3 / (4 \cdot (10 - 2,8)) - 3,418279] \cdot 1 / (1,1 \cdot 250,5) = 0,2396159$$

Примечание: в соответствии с п. 1.2.3 ГОСТ 26202-84 при $\varphi_{2i} < 0$ в расчёте K_1 знаки φ_1 и φ_2 меняют на противоположные

$$K_1 = \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1+3 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2}{3 \cdot \varphi_1^2} \right) \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot \varphi_1^2 \cdot (1-\varphi_2^2)}{(1+3 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2)^2} + 1} - 1 \right); \quad K_1 \geq 0 \text{ при } \varphi_1 \neq 0 \\ 1,5 \cdot (1 - \varphi_2^2) \quad \text{при } \varphi_1 = 0 \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} = 1,385337 \quad \text{при } \varphi_2 = \varphi_{2,1} \\ = 1,496865 \quad \text{при } \varphi_2 = \varphi_{2,2} \end{array} \right.$$

$$K_1 = \min\{ 1,385337, 1,496865 \} = 1,385337$$

Расчёт в точке 2:

Предельное напряжение изгиба:

$$[\sigma_i]_2 = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,385337 \cdot 250,5 \cdot 1,1 / 1 = 381,7296 \text{ МПа}$$

Допускаемое опорное усилие от нагружения в осевом направлении:

$$[F]_2 = \frac{0,7 \cdot [\sigma_i]_2 \cdot \sqrt{D \cdot (s-c) \cdot (s-c)}}{K_{10} \cdot K_{12}} = \frac{0,7 \cdot 381,7296 \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2}}{2,8} \cdot (10 - 2,8) / (0,25 \cdot 0,9815909) = 9,407997 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

$$K_{11} = \frac{1 - e^{-\beta} \cdot \cos \beta}{\beta} = (1 - e^{-2,275} \cdot \cos(2,275)) / 2,275 = 0,4688147$$

$$K_{14} = \frac{1,45 - 0,43 \cdot \delta_1}{\sin(0,5 \cdot \delta_1)} = (1,45 - 0,43 \cdot 2,094395) / \sin(0,5 \cdot 2,094395) = 0,6344041$$

$$K_{16} = 1 - \frac{0,65}{1 + (\delta \cdot \gamma)^2} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{3 \cdot \delta_1}} = 1 - \frac{0,65}{(3 \cdot 2,094395)^{1/2}} \cdot [3,141593 / (6 \cdot 0,15282)^2] = 0,7503076$$

$$K_{17} = \frac{1}{1 + 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{s-c} \cdot \frac{b}{D} \cdot \delta_1}} = \frac{1}{1 + 0,6 \cdot (2 \cdot 10^3 / (10 - 2,8))^{1/3} \cdot 300 / (2 \cdot 10^3 \cdot 2,094395)} = 0,4484522$$

$$\varphi_{21} = - \frac{0,53 \cdot K_{11}}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot \sin(0,5 \cdot \delta_1)} = - \frac{0,53 \cdot 0,4688147}{0,7503076 \cdot 0,6344041 \cdot 0,4484522 \cdot \sin(0,5 \cdot 2,094395)} = -1,34408$$

$\varphi_{21} = 0$

$$\varphi_{22} = \frac{F \cdot D}{2 \cdot (s-c) \cdot n_T \cdot [\sigma]} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot (10 - 2,8)} \cdot 1 / (1,1 \cdot 250,5) = 0,5040424$$

Примечание: в соответствии с п. 1.2.3 ГОСТ 26202-84 при $\varphi_{2i} < 0$ в расчёте K_1 знаки φ_1 и φ_2 меняют на противоположные

$$K_1 = \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1+3 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2}{3 \varphi_1^2} \right) \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot \varphi_1^2 \cdot (1-\varphi_2^2)}{(1+3 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2)^2} + 1} - 1 \right); \quad K_1 \geq 0 \text{ при } \varphi_1 \neq 0 \\ 1,5 \cdot (1 - \varphi_2^2) \quad \text{при } \varphi_1 = 0 \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} = 0,5820283 \quad \text{при } \varphi_2 = \varphi_{2,1} \\ = 0,8607179 \quad \text{при } \varphi_2 = \varphi_{2,2} \end{array} \right.$$

$$K_1 = \min\{ 0,5820283, 0,8607179 \} = 0,5820283$$

Расчёт в точке 3:

						Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предельное напряжение изгиба:

$$[\sigma]_B = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 0,5820283 \cdot 250,5 \cdot 1,1 / 1 = 160,3779 \text{ МПа}$$

Допускаемое опорное усилие от нагружения в окружном направлении:

$$[F]_B = \frac{0,9 \cdot [\sigma]_B \cdot \sqrt{D \cdot (s-c)} \cdot (s-c)}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17}} = \frac{0,9 \cdot 160,3779 \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot (10 - 2,8))^{1/2}}{0,6344041 \cdot 0,7503076 \cdot 0,4484522} = 5,842238 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Условие прочности:

$$F \leq [F] = \min\{[F]_2, [F]_B\}$$

$$[F] = \min\{[F]_2, [F]_B\} = 5,842238 \cdot 10^5$$

$$1,636045 \cdot 10^5 \text{ Н} < 5,842238 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Заключение: Условие прочности и устойчивости выполнено

Проверка условия устойчивости (п. 4.5.5.2.).

Эффективное осевое усилие от местных мембранных напряжений:

$$F_e = F \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{D}{(s-c)}} \cdot K_{13} \cdot K_{15} = 1,636045 \cdot 10^5 \cdot 3,141593 / 4 \cdot (2 \cdot 10^3 / (10 - 2,8))^{1/2} \cdot 0,3464102 \cdot 0,5871183 = 4,355621 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Сосуд работает под внутренним давлением, при проверке устойчивости принимают $p=0$.

$$\text{Условие устойчивости: } \frac{|p|}{[p]} + \frac{F_e}{[F]} + \frac{M}{[M]_{уст}} + \left(\frac{Q}{[Q]}\right)^2 \leq 1$$

$$\frac{|p|}{[p]} + \frac{F_e}{[F]} + \frac{M}{[M]_{уст}} + \left(\frac{Q}{[Q]}\right)^2 = 0 / 0,05672288 + 4,355621 \cdot 10^5 / 7,798406 \cdot 10^6 + 7,731965 \cdot 10^4 / 4,166472 \cdot 10^6 + (8,368045 \cdot 10^4 / 1,889683 \cdot 10^6)^2 = 0,07637127$$

$$0,07637127 < 1,0$$

Заключение: Условие устойчивости выполнено

2. 6. Расчет стропов

Эпюры сил и моментов

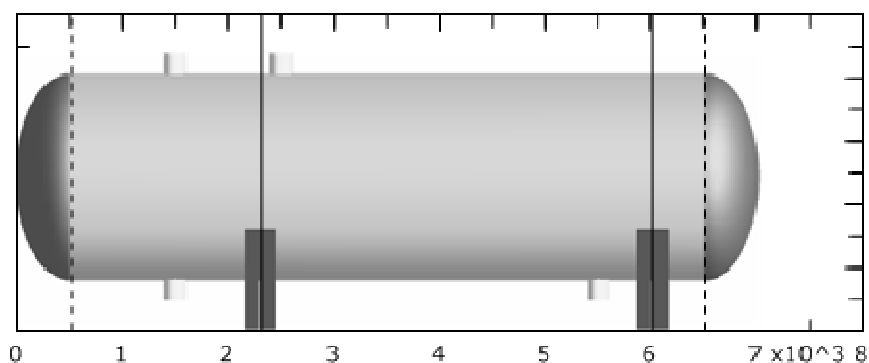
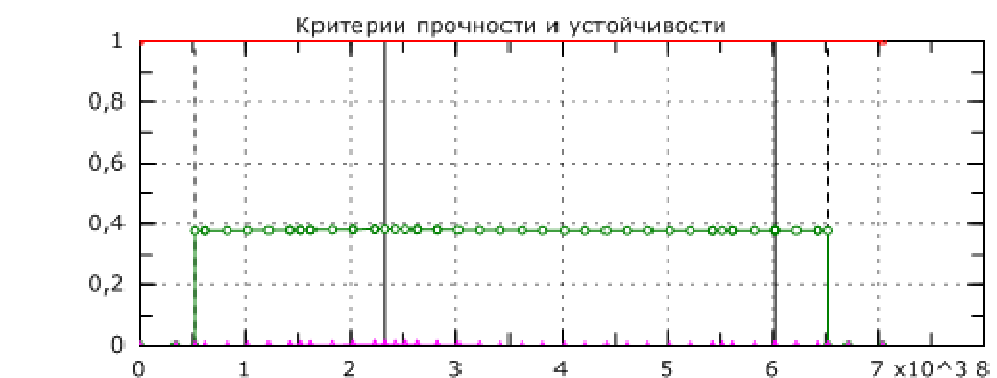
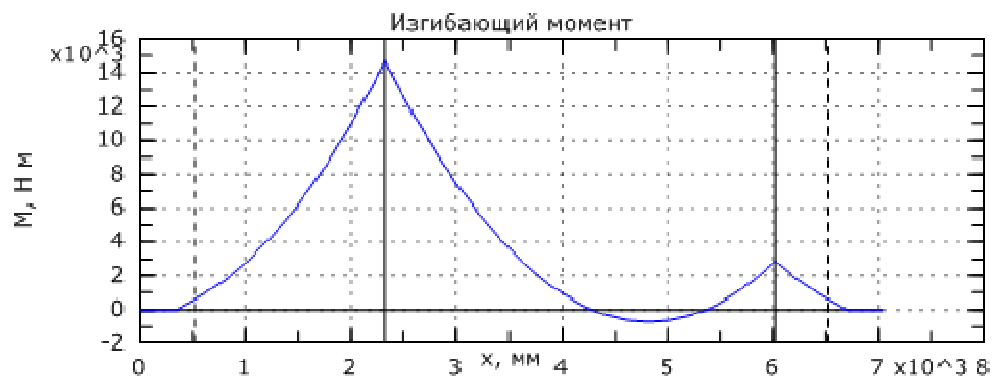
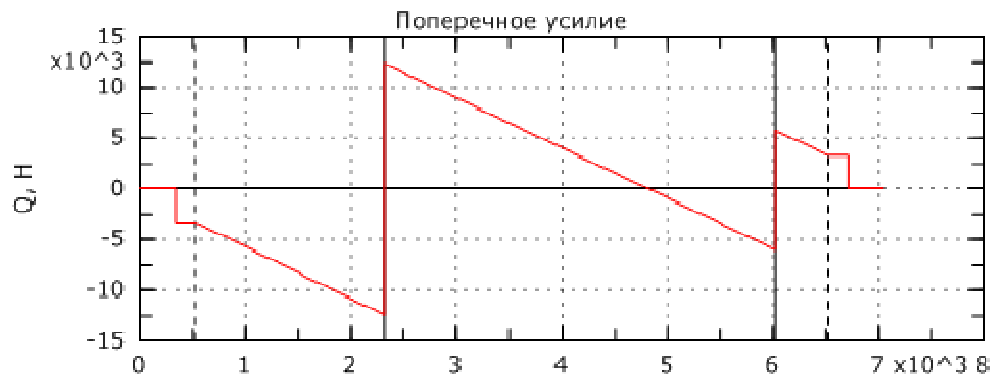
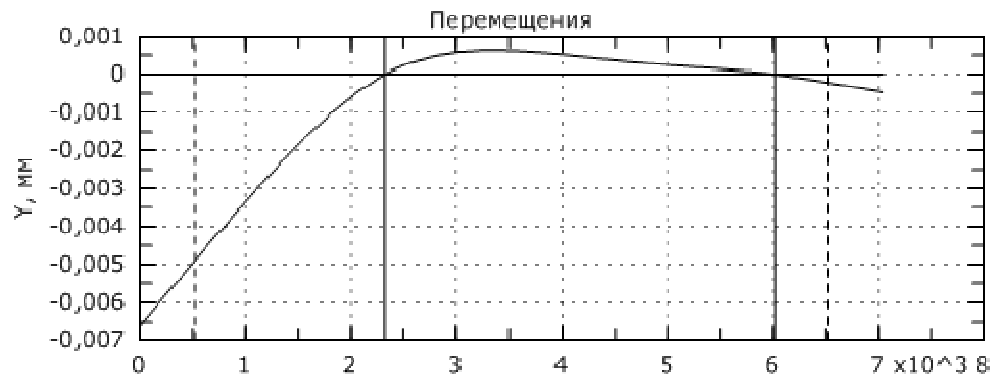


Рис. 3. Расчетная схема

						Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчёт в рабочих условиях



- Критерий прочности
- Критерий устойчивости
- Предельное значение

Условие работоспособности выполнено

Вес элементов аппарата:

Номер элемента, i	Название элемента	Вес элемента, γ_i

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

		G_i, H
1	Днище эллиптическое ребойлера №2	$3,310986 \cdot 10^3$
2	Обечайка ребойлера	$2,953809 \cdot 10^4$
5	Штуцер №4	102,8391
6	пар №1	102,8391
7	Патрубок Дизельное топливо №2	102,8391
8	Патрубок Дизельное топливо №1	102,8391
9	Днище эллиптическое ребойлера №1	$3,310986 \cdot 10^3$

Включая вес продукта при его наличии

Общий вес:

$$\sum G_i = 3,66 \cdot 10^4 \text{ H}$$

Дополнительные вертикальные нагрузки:

$$\sum F_{y_i} = 0 \text{ H}$$

Опорные нагрузки:

№ опоры	Название опоры	Опорное усилие, F, Н	Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой, Q, Н	Изгибающий момент в сечении оболочки над опорой, M, Н м
1	Опора седловая №2	$1,177762 \cdot 10^4$	$5,99774 \cdot 10^3$	$2,886769 \cdot 10^3$
2	Опора седловая №1	$2,47938 \cdot 10^4$	$1,216956 \cdot 10^4$	$1,471109 \cdot 10^4$

Расчёт в условиях испытаний (Условия гидроиспытаний)

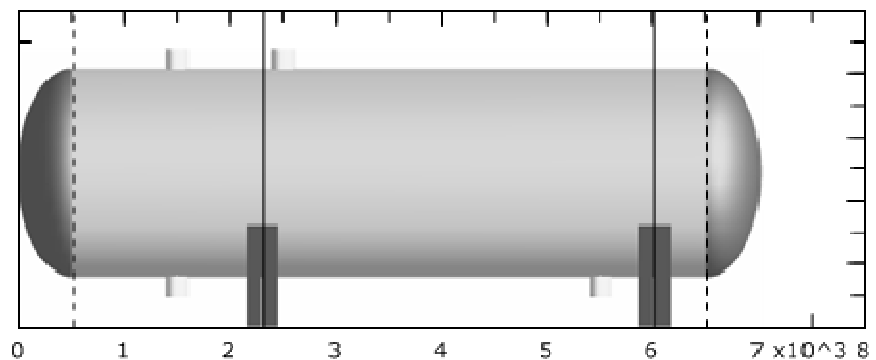
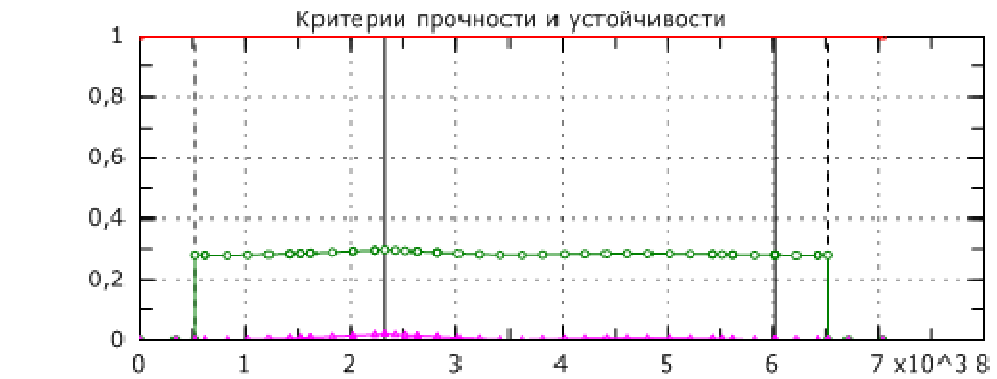
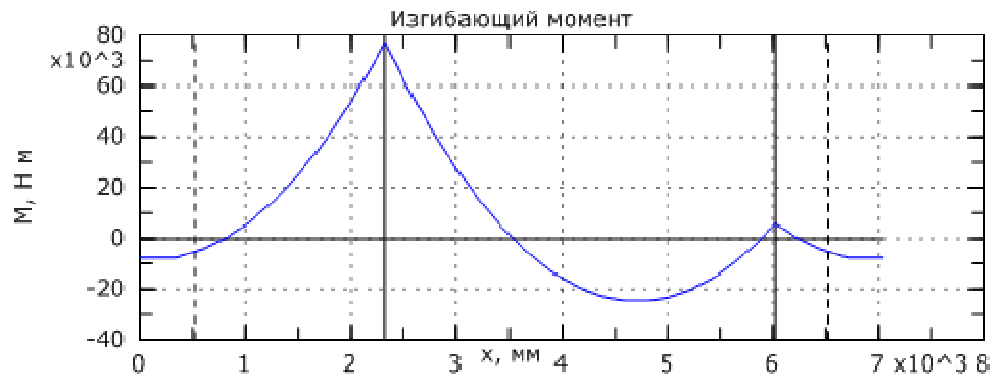
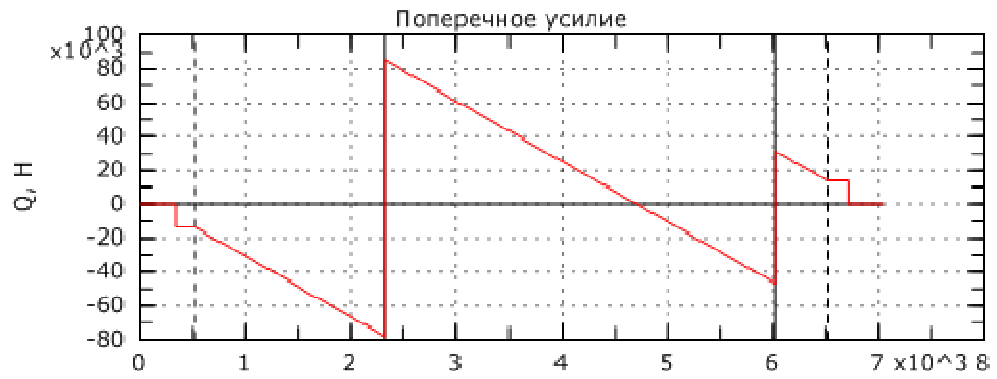
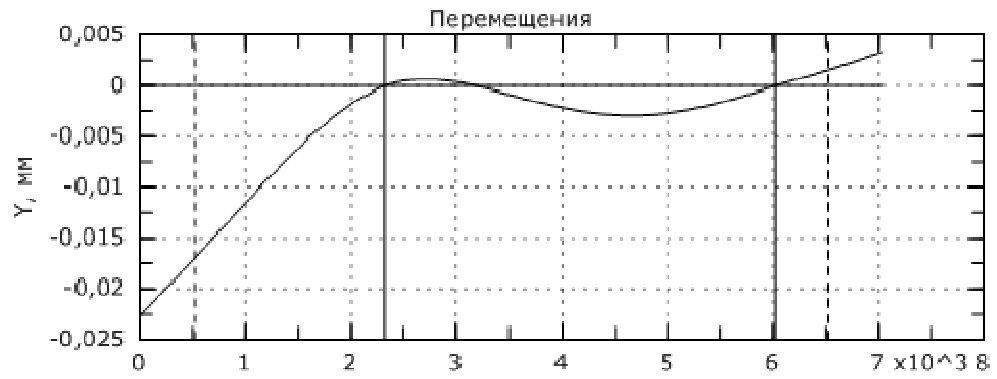


Рис. 4. Расчетная схема



- Критерий прочности
- Критерий устойчивости
- Предельное значение

Условие работоспособности выполнено

Вес элементов аппарата:

Номер элемента, i	Название элемента	Вес элемента, $G_i, Н$
1	Днище эллиптическое	$1,356698 \cdot 10^4$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

	ребойлера №2	
2	Обечайка ребойлера	$2,14146 \cdot 10^5$
5	Штуцер №4	164,375
6	пар №1	164,375
7	Патрубок Дизельное топливо №2	164,375
8	Патрубок Дизельное топливо №1	164,375
9	Днище эллиптическое ребойлера №1	$1,356698 \cdot 10^4$

* Включая вес продукта при его наличии

Общий вес:

$$\sum G_i = 2,42 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Дополнительные вертикальные нагрузки:

$$\sum F_{y_i} = 0 \text{ Н}$$

Опорные нагрузки:

№ опоры	Название опоры	Опорное усилие, F, Н	Поперечное усилие в сечении оболочки над опорой, Q, Н	Изгибающий момент в сечении оболочки над опорой, M, Н м
1	Опора седловая №2	$7,833292 \cdot 10^4$	$4,68669 \cdot 10^4$	$6,091744 \cdot 10^3$
2	Опора седловая №1	$1,636045 \cdot 10^5$	$8,368045 \cdot 10^4$	$7,731965 \cdot 10^4$

Общий вес конструкции $G=24200 \text{ кг}=24,2 \text{ тонн}$.

Принимаем количество строп 2

Выбираем строп универсальный диаметр каната 27 мм ГОСТ 7668-80

Обозначение ветки канатной	Допус каемая нагрузка, т	Разрывное усилие ветви каната, Н(кгс)	Длина петли, мм	Длина ветви, мм
1СК-12,5	1СК-12,5	14,5	500	6000

3. СБОРКА И МОНТАЖ КОНСТРУКЦИИ

Рассматривая вопрос о замене печи на ребойлер отметим, что важнейшим направлением повышения эффективности действующих производств в нефтеперерабатывающей промышленности является удлинение межремонтного периода, сокращение простоев в ремонте, увеличение эффективного времени работы. Во многом это определяется надёжностью нагревательного и теплообменного оборудования.

С ростом требований к повышению эффективности производства встаёт проблема оценки эксплуатационной надёжности машин и аппаратов нефтеперерабатывающих заводов.

Элементы трубчатых печей при эксплуатации подвергаются различным видам разрушения: коррозии, газообразивному изнашиванию, ползучести... Причиной отказов печей являются:

- нарушение правил эксплуатации (завышение температуры на перевалах, резкие колебания давления, производительности);
- некачественная и неполная ревизия, отбраковка и ремонт;
- внутренние отклонения и наружная коррозия труб;
- несовершенство проекта (недостаточно внимания уделено вопросам ремонтпригодности отдельных узлов печи).

Следует отметить, что около 60% отказов печей происходит в результате неполной ревизии, ремонта и 21% - в результате локального коррозионного разрушения [1].

Монтаж: подъем и перемещение рибойлера осуществляется кранами на пневмоходу марки «КАТО» (Япония) или «LIEBHERR» (Германия), каждый из которых грузоподъёмностью 300 тонн, которые находятся в наличии у ОАО «ОНПЗ»; при этом строповка аппарата производится тонкой стальной лентой Б 2,5 х 300 ГОСТ 82 -7 Ст Зсп Гост 14637-69 непосредственно охватывающими корпус .

При этом следует следить за тем, чтобы строповки не совпадали с посадочными поверхностями опор рибойлера. Аппарат перед подвесом на отметку 1000 мм (3000мм) необходимо приподнять над землёй на высоту $\approx 0,3$ м и выдержать в таком положении в течение небольшого периода времени ($\approx 5-10$ мин.), чтобы проверить его уравнишенность при уже выполненной строповке, натяжение стальных лет (стропов), а также исправность всех узлов, участвующих в подъёме. При силе ветра более 11 м/с подъем аппарата запрещён.

Так как аппарат работает под избыточным давлением и подведомственен Гос-Гортехнадзору, то при его установке необходимо руководствоваться «Правилами устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ГОСТ 5264-79.

Аппарат устанавливается на двух седловых опорах ОСТ 26-1265-75. Скольжение подвижной опоры (графическая часть) от температурных удлинений рибойлера происходит на опорном листу. Фундаментные болты у

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата					

подвижной опоры не затягиваются, но фиксируются контргайками (зазор 1-2мм). Расположение фундаментных болтов в опорах должно обеспечивать свободное перемещение вследствие температурного удлинения. Допуски на точность монтажа устанавливаются на основании требований монтажных инструкций завода изготовителя (Черновицкий машиностроительный завод).

После выверки аппарата и проверки горизонтальной оси гидроуровнями и затвердевании бетонной подливки регулировочные болты, предназначенные для крепления подкладочного листа к опоре на время установки рибойлера на фундамент удаляются (рис.5д.)

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ

Эксплуатация: эксплуатационный режим поддерживается системой регулирования и контроля MOD 300 (регулирование уровня дизельного топлива в аппарате Т-20в , а также контрольным (13 кг/см^2) и предохранительным (14 кг/смI) клапанами, установленными на стабилизаторе , которая соединена с рибойлером Т-20в паровым трубопроводом.

4.1. Обслуживание во время эксплуатации

Оптимальный режим эксплуатации рибойлера Т-20в $P_{тр} = 12 \cdot 16 \text{ кг/смI}$, $T_{тр} - 305 - 330^{\circ}\text{C}$, $P_{н.тр} = 10-12 \text{ кг/см}^2$, $T_{м.тр.} = 170-200^{\circ}\text{C}$, уровень дизельного топлива в аппарате за перегородкой 40-60% от диапазона уравнимера 249 ВР (США). Контроль и регулирование параметров аппарата осуществляется оператором с разрядом не ниже IV с помощью системы MOD 300.

При обслуживании подтеков основных фланцевых соединений (горловины – распределительные камеры) рибойлер необходимо остановить.

При эксплуатации рибойлера Т-20в, входящего в блок стабилизации, необходимо руководствоваться технологическим регламентом установки Л 24/7 и ПЛАС.

4.2. Подготовка к ремонту и ремонт

При проведении ремонта рибойлера следует руководствоваться «Системой технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий нефтехимической промышленности» (ТоиР), а также «Общими техническими

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

условиями на ремонт теплообменной аппаратуры УО 38.011.85-83». Ремонт ребойлера текущий (ТР) и капитальный (КР) производится силами персонала установки, ремонтным цехом № 30 (завод №1) и ОМУ-1. При текущем ремонте производятся следующие работы: проверка состояния обваловки (ремонт по необходимости), выявление общего состояния теплоизоляции, проверка состояния заземления, наружный осмотр аппарата, демонтаж и ревизия трубных пучков, внутренний осмотр аппарата, замена всех прокладок, проверка аппарата на горизонтальность, ревизия уравнимера 249 ВР (США). В общий объем капитального ремонта входит: объем текущего ремонта, замена или восстановление всех изношенных деталей и сборочных единиц (см. спецификацию), включая и базовые; полная или частичная смена изоляции тепловой; выверка аппарата на горизонтальность; модернизация аппарата (при необходимости); послеремонтные испытания. На капитальный ремонт ребойлера составляется следующая документация: ведомость дефектов по форме 8А, смета расходов, руководство по капитальному ремонту и технические условия на капитальный ремонт. Нормативы на текущий и капитальный ремонты см. в таблице 24.

Ребойлер, подлежащий ремонту, должен быть тщательно очищен от загрязнений. Перед ремонтом необходимо осмотреть аппарат для выявления трещин, течи, остаточной деформации. При разборке Т-20в следует забазировать взаимное расположение его составных элементов. Уплотнительные поверхности необходимо предохранять от механических повреждений и коррозии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте рассмотрен расчет и проектирование кожухотрубчатого теплообменного аппарата типа ребойлер.

Выполнены рабочие чертежи, детпалировки и монтажная схема.

						Лист
						34
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Литература

1. Калекин В.С., Барсуков Б.Н. Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли: Учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. 152 с.
2. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 1. – Калуга: Издательство Бочкаревой Н.Ф., 2006. – 852 с.
3. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие/Пер. с англ. под ред. Б.И. Соколова.- 3-е изд., перераб. и доп.- Л.: Химия, 1982.- 592с., ил.- Нью-Йорк, 1977.
4. Лацинский, Толчинский. Конструирование сварных химических аппаратов. М.: Машиностроение. 1981. 490с.
5. Филиппов, Л. П. Прогнозирование теплофизических свойств жидкостей и газов.- М.: Энергоатомиздат, 1988.- 168 с.
6. Воробьева, А. Л. Монтаж технологического оборудования. Методические указания по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 240801 «Машины и аппараты химических производств». Невинномысск, 2005
7. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. Л.: Химия, 1987. 575с.
8. А.С. Тимонин. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 2. – Калуга: Издательство Бочкаревой Н.Ф., 2006. – 1028 с.
9. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. – Л.: Машиностроение. 1970. –752 с.
10. В.С. Калекин, В.А. Плотников. Тепломассообменное и реакционное оборудование химических производств: Учеб. Пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2003. 124 с.
11. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.1 – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой.–М.: Машиностроение, 2001.–920 с.:ил.