



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

---

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»**

---

**Кафедра инженерного проектирования**

**Е.Н. Булина, А.В. Ермолаев, Е.А. Пономаренко**

**ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ  
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЧЕРТЕЖА ХИМИЧЕСКОГО  
АППАРАТА НА СТАДИИ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ПРОЕКТА**

**Учебное пособие**



**Санкт-Петербург  
2018**

УДК 66.02

Булина, Е.Н., Оформление пояснительной записки при выполнении чертежа химического аппарата на стадии технического проекта: учебное пособие / Е.Н. Булина, А.В. Ермолаев, Е.А. Пономаренко. – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2018. – 95 с.

Данное учебное пособие по выполнению и подготовке к защите курсовых работ предназначено для студентов-технологов. Учебное пособие содержит следующие разделы: общие требования, этапы и структура курсовой работы, составление плана курсовой работы, работа над содержанием, определение размеров составных частей аппарата, определение массы аппарата, расчет номинального объема аппарата, заключение.

Задача по определению размеров составных частей аппарата сводится к выбору размеров частей и деталей аппарата: толщины, основных геометрических размеров элементов и т.д. Начальными данными являются давление в аппарате и его внутренний диаметр.

Учебное пособие предназначено для студентов 1-5 факультетов очного отделения, изучающих дисциплину «Инженерная графика» по следующим направлениям подготовки бакалавриата: 22.03.01, 19.03.01, 20.03.01, 09.03.01.

Учебное пособие может быть полезно студентам заочного отделения.

Рис. 48, библиогр. назв.4, табл. 26.

Рецензенты: 1 Военный инженерно-технический институт в составе Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.Н. Хрулёва, А.В.Александрин, канд. архитектуры, профессор;

2 А.Ю. Иваненко, канд. техн. наук, доцент кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры СПбГТИ (ТУ).

Издание подготовлено в рамках выполнения государственного задания по оказанию образовательных услуг Минобрнауки России.

Утверждено на заседании учебно-методической комиссии механического факультета 12.01.2018 г.

Рекомендовано к изданию РИС СПбГТИ (ТУ)

## **Введение**

Целью курсовой работы по дисциплине «Инженерная графика» (ИГ) является закрепление теоретических знаний у студентов, выработка умения составлять и оформлять технологическую и конструкторскую документацию химических аппаратов.

Условием качественного выполнения работы является самостоятельная и творческая работа студентов с использованием специальной и справочной литературы.

Курс инженерной графики призван научить студентов понимать основные принципы работы аппаратов, научить методам расчета аппаратов.

Одним из наиболее важных этапов в изучении курса является выполнение курсовой работы, темы которой сформулированы таким образом, чтобы студенты могли ознакомиться с методами расчета и проектирования аппаратов, наиболее распространенных в химической и нефтехимической промышленности.

# **1 Структура пояснительной записки**

Пояснительная записка к курсовой работе должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- техническое задание;
- содержание;
- перечень условных обозначений, символов, терминов;
- введение;
- теоретические основы процесса (физическая сущность);
- описание принципа работы данного типа аппарата;
- определение размеров составных частей аппарата (выбор размеров обечаек, днищ, крышек, штуцеров, фланцев, опор аппарата);
- расчет полной массы аппарата (включающий в себя расчет массы всех элементов аппарата)
- расчет номинального объема аппарата);
- заключение;
- список использованных источников.

## **1.1 Требования по оформлению пояснительной записки**

Оформление текста пояснительной записки производится по ГОСТ 2.105-95. Общие правила к текстовым документам.

### **1.1.1 Требования по оформлению разделов и подразделов**

Текст пояснительной записки разделяют на разделы и подразделы.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа (пояснительной записки), обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. В конце номера пункта точка не ставится, например:

#### **1 Типы и основные размеры (раздел)**

##### **1.1 Габаритные (подраздел)**

##### **1.2 Присоединительные (подраздел)**

#### **2 Технические требования. Методы испытаний**

##### **2.1 Покраска (подраздел)**

##### **2.2 Испытания (подраздел)**

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Разделы: **Введение, Заключение и Список литературы** не имеют порядкового номера.

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

В тексте пояснительной записки, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (—) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);
- применять знак (Ø) для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»);
- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент).

В пояснительной записке следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417. (Единицы системы СИ).

В тексте документа числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти — словами.

Примеры.

- 1 Провести испытания пяти труб, каждая длиной 5 м.
- 2 Отобрать 15 труб для испытаний на давление.

### **1.1.2 Требования по оформлению формул**

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой.

Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле.

Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример — Плотность каждого образца  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho = m/V, \quad (1)$$

где  $m$  - масса образца, кг;

$V$  - объем образца, м<sup>3</sup>.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак (х).

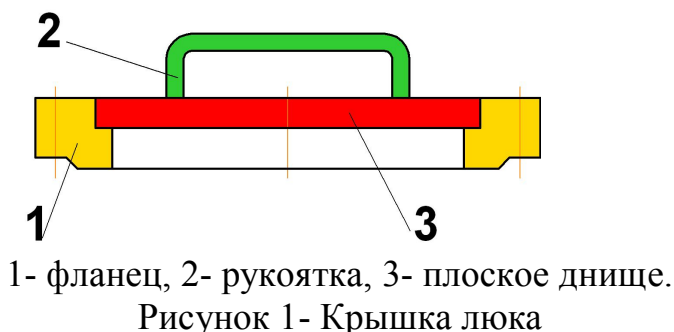
Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложениях, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках.

### 1.1.3 Требования по оформлению иллюстраций (рисунков)

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается.

Допускается не нумеровать мелкие иллюстрации (мелкие рисунки), размещенные непосредственно в тексте и на которые в дальнейшем нет ссылок.

Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций. Пример обозначения иллюстрации на рисунке 1.



### 1.1.4 Требования по оформлению таблиц

Таблицы применяют для большей наглядности и удобства сравнения показателей.

Таблица 1 - Основные размеры и масса обечаек цилиндрических

Внутренний диаметр обечайки Дв, мм	Давление в аппарате р, МПа	Толщина стенки обечайки s, мм	Масса погонного метра обечайки Моб, кг
400	0,6	6	60
	1,0	8	81

Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей. При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» с указанием номера (обозначения). Пример обозначения приведен ниже.

Продолжение таблицы 1

Внутренний диаметр обечайки Дв, мм	Давление в аппарате р, МПа	Толщина стенки обечайки s, мм	Масса погонного метра обечайки Моб, кг
400	1,6 2,5	8 10	81 101

## 2 Титульный лист

Титульный лист содержит сведения согласно Приложению А и оформляется на бланке формата А4.

Перенос слов на титульном листе не допускается. Точка в конце заголовка не ставится (Приложение А). Курсовой работе (документам) присваивается обозначение. Оно проставляется на титульном листе, листах пояснительной записки и на всех чертежах графической части работы, имеющих основные надписи. Обозначение записывается по типу:

КР 18.03.01,12.000 ВО; КП 171200.12.000 ПЗ,

где КР – вид учебного документа (курсовая работа);  
 КП – вид учебного документа (курсовой проект);  
 18.03.01 – шифр специальности;  
 12 – вариант задания курсовой работы;  
 000 –цифровая группа;  
 ВО – вид общий;  
 ПЗ – пояснительная записка.

## 3 Техническое задание

Техническое задание содержит сведения согласно Приложению А и оформляется на бланке формата А4.

Техническое задание помещается после титульного листа и включается в общую нумерацию листов пояснительной записки.

## **4 Содержание**

Содержание состоит из последовательно перечисленных наименований разделов, подразделов и приложений с указанием номера страницы, на которой они помещены.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка симметрично тексту с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, первая буква – прописная (с абзаца). Содержание включают в общую нумерацию листов пояснительной записки и размещают после задания.

## **5 Введение**

Введение пояснительной записки содержит общие сведения, кратко характеризующие состояние вопроса и актуальность разработки темы работы.

Введение должно занимать не более одной страницы машинописного текста.

## **6 Теоретические основы процесса**

Прежде чем приступить к выполнению курсовой работы, необходимо рассмотреть и раскрыть физическую сущность протекающего процесса (теплообмен, выпаривание, абсорбция, ректификация, сушка, экстракция и др.). Необходимо описать условия протекания и движущую силу процесса.

## **7 Определение размеров составных частей аппарата**

Задача этого раздела сводится к определению [1,2] основных размеров аппарата, обеспечивающих его прочность: толщины стенок, крышек, днищ, люков, опор, толщины трубных решеток теплообменников и фланцев и т.д. Необходимо обязательно учитывать при этом условия эксплуатации данного аппарата (давление, температуру и т.п.). Все выбранные элементы (включая размеры) аппарата приводятся в этом разделе с необходимыми рисунками и пояснениями.

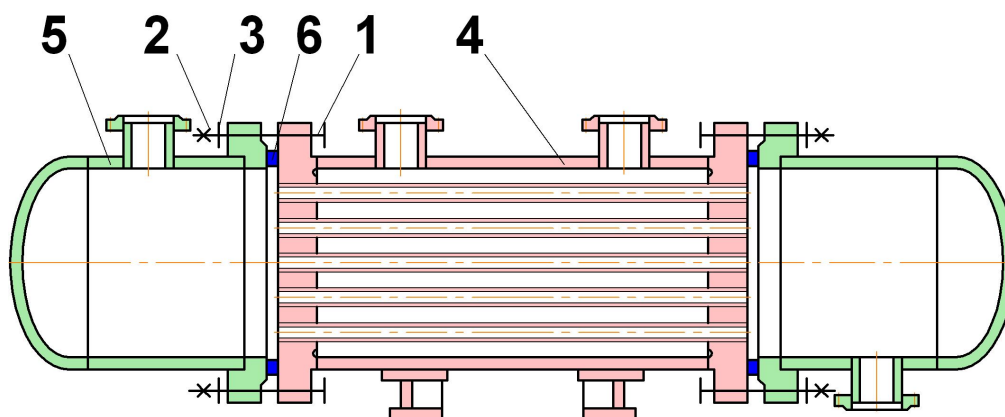


## 8 Расчет массы

### 8.1 Расчет массы аппарата теплообменного горизонтального, работающего под избыточным давлением

Расчет массы аппарата теплообменного горизонтального, работающего под избыточным давлением, необходимо выполнить согласно схеме аппарата представленной на рисунке 2, при этом расчет отдельных элементов необходимо выполнить [3,4] в последовательности заполнения таблицы перечня оборудования, отраженной на рисунке 3. В первую очередь считается масса покупных изделий (позиции 1,2,3), затем вновь разработанных (4,5,6).

Результаты расчета затем отражаются на чертеже общего вида аппарата.



1 – болт, 2 – гайка, 3 – шайба, 4 – корпус, 5 – крышка, 6 – прокладка.

Рисунок 2 – Схема основных элементов для расчета массы горизонтального теплообменного аппарата

#### 8.1.1 Расчет массы болтов (позиция 1)

Масса одного болта  $M_6$  определяется из таблицы 18. Для болта М20 при длине 100 мм она равна 0,3147 кг.

Искомая величина получена, заносим её в графу масса таблицы перечня оборудования рисунок 3.

Масса всех болтов (n), в нашем примере, равна:

$$M_{\Sigma 6} = M_6 \times n = 0,3147 \times 40 = 12,59 \text{ кг.} \quad (2)$$

В случае шпилечного соединения фланцев масса одной шпильки  $M_{ш}$  определяется из таблицы 19.

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса	Материал	Доп. указ.
		<i>Заимствованные изделия</i>				
		<i>Покупные изделия</i>				
1		<i>Болт М20х100.58</i>				
		<i>ГОСТ 7798-70</i>	40	0,32		
2		<i>Гайка М20 ГОСТ 5915-70</i>	40	0,07		
3		<i>Шайба 20 ГОСТ 11371-78</i>	40	0,02		
		<i>Вновь разрабатываемые</i>				
		<i>изделия</i>				
4	101.01.001.В0	<i>Корпус</i>	1	388		
5	101.02.002.В0	<i>Крышка</i>	2	54		
6	101.00.001	<i>Прокладка</i>	2	0,07		

Рисунок 3 – Таблица перечня оборудования

#### 8.1.2 Расчет массы гаек (позиция 2 на рисунке 1)

Масса одного гайки  $M_{\Gamma}$  определяется из таблицы 20. Она равна 0,072 кг. Масса всех (n) гаек равна:

$$M_{\Sigma \Gamma} = M_{\Gamma} \times n = 0,072 \times 40 = 2,28 \text{ кг.} \quad (3)$$

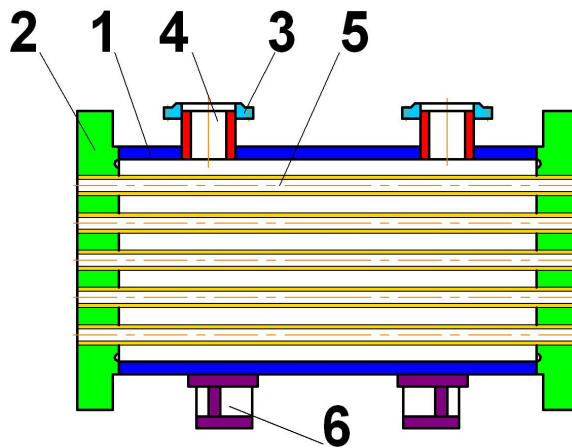
#### 8.1.3 Расчет массы шайб (позиция 3 на рисунке 1)

Масса одной шайбы  $M_{\text{ш}}$  определяется из таблицы 21. Она равна 0,017 кг. Масса всех (n) шайб равна:

$$M_{\Sigma \text{ш}} = M_{\text{ш}} \times n = 0,017 \times 40 = 0,68 \text{ кг.} \quad (4)$$

#### 8.1.4 Расчет массы корпуса (позиция 4 на рисунке 1)

Расчет массы корпуса необходимо выполнить согласно схеме аппарата, представленной на рисунке 4. Масса каждого элемента рассчитывается отдельно. Количество элементов корпуса 6.



1- обечайка, 2- трубная решетка, 3 – фланец  $d_y = 125\text{ мм}$ , 4 – труба,  
5 – труба, 6 – опора горизонтальная

Рисунок 4 – Элементы корпуса

##### 8.1.4.1 Расчет массы цилиндрической обечайки

Масса погонного метра обечайки определяется из таблицы 2. Она равна для обечайки  $D_B = 0,4\text{ м}$  и толщиной  $S = 0,008\text{ м}$   $M_{об} = 81\text{ кг}$ . Длина обечайки рассчитываемого аппарата равна  $L_o = 1,2\text{ м}$ . Масса обечайки равна:

$$M_o = L_o \times M_{об} = 1,2 \times 81 = 97,2\text{ кг.} \quad (5)$$

В обечайке просверлены два отверстия для труб патрубков диаметром  $d_H = 0,133\text{ м}$ . Масса металла отверстий определяется как:

$$M_{оф} = 0,25\pi d_H^2 S \times \rho \times n, \quad (6)$$

где  $M_{оф}$  – масса металла отверстий, кг;

$\rho$  – здесь и далее плотность металла равная  $7800\text{ кг/м}^3$ ;

$n$  – количество отверстий.

$$M_{оф} = 0,25\pi d_H^2 S \times \rho \times n = 0,25 \times \pi \times 0,133^2 \times 0,008 \times 7800 \times 2 = 1,71\text{ кг.} \quad (7)$$

Масса обечайки равна:

$$M_{ор} = M_o - M_{оф} = 97,2 - 1,71 = 95,39\text{ кг.} \quad (8)$$

#### 8.1.4.2 Расчет массы трубной решетки

Масса одной трубной решетки определяется по формуле:

$$M_{\text{тр}} = 0,25\pi(h \times D_{\text{ф}}^2 + S(D_{\text{в}} + 2S)^2 - n_1 \times d_{\text{бф}}^2 \times h - n_2 \times d_{\text{тр}}^2 (h + S)) \times \rho, \quad (9)$$

где  $M_{\text{тр}}$  – масса трубной решетки, кг;  
 $h$  – толщина трубной решетки, м;  
 $D_{\text{ф}}$  – диаметр трубной решетки, м;  
 $S$  – толщина обечайки, м;  
 $n_1$  – количество отверстий под крепежные болты;  
 $n_2$  – количество отверстий под трубы;  
 $d_{\text{тр}}$  – диаметр трубы (0,025 м);  
 $D_{\text{в}}$  – внутренний диаметр аппарата, м.

Для данного примера масса трубной решетки

$$\begin{aligned} M_{\text{тр}} &= 0,25\pi(h \times D_{\text{ф}}^2 + S(D_{\text{в}} + 2S)^2 - n_1 \times d_{\text{бф}}^2 \times h - n_2 \times d_{\text{тр}}^2 (h + S)) \times \rho = \\ &= 0,25\pi(0,03 \times 0,535^2 + 0,008(0,535 + 2 \times 0,008)^2 - 20 \times 0,023^2 \times 0,03 - \\ &\quad 91 \times 0,025^2(0,03 + 0,008) \times 7800) = 52 \text{ кг}. \end{aligned} \quad (10)$$

Масса  $M_{\Sigma\text{тр}}$  двух трубных решеток равна:

$$M_{\Sigma\text{тр}} = 2 \times M_{\text{тр}} = 2 \times 52 = 104 \text{ кг}. \quad (11)$$

#### 8.1.4.3 Расчет массы фланца

Масса одного фланца  $M_{\text{ф}}$  ( $d_y=125\text{мм}$ ) определяется из таблицы 16. Она равна 3,88 кг. Масса двух фланцев равна:

$$M_{\Sigma\text{ф}} = 2 \times M_{\text{ф}} = 2 \times 3,88 = 6,76 \text{ кг}. \quad (12)$$

#### 8.1.4.4 Расчет массы трубы патрубка (позиция 4 рисунок 4)

Масса одной трубы патрубка ( $d_y=125 \text{ мм}$ ) определяется из таблицы 14. Она равна: ( $M_{\text{пм}}=18,79 \text{ кг}$  масса одного погонного метра), длина трубы равна:  $L_{\text{тп}} = 0,160 \text{ м}$ . Масса трубы патрубка равна:

$$M_{\text{тп}} = M_{\text{пм}} \times L_{\text{тп}} = 18,79 \times 0,160 = 3,01 \text{ кг}. \quad (13)$$

Масса двух труб равна:

$$M_{\Sigma\text{тп}} = 2 \times M_{\text{тп}} = 2 \times 3,01 = 6,02 \text{ кг}. \quad (14)$$

#### 8.1.4.5 Расчет массы труб трубной решетки

Масса одной трубы трубной решетки определяется из таблицы 14. Она при  $M_{\text{ПМ}}=1,39$  кг (масса одного погонного метра) и длине трубы  $L_{\text{тр}}=1,2$  м равна:

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{ПМ}} \times L_{\text{тр}} = 1,39 \times 1,2 = 1,67 \text{ кг.} \quad (15)$$

Масса всех (n) труб (n=91) равна:

$$M_{\Sigma \text{тр}} = 91 \times 1,67 = 152,0 \text{ кг.} \quad (16)$$

#### 8.1.4.6 Расчет массы опоры нижней (седловой) горизонтального аппарата

При расчете массы опоры используется схема, данная на рисунке 5.

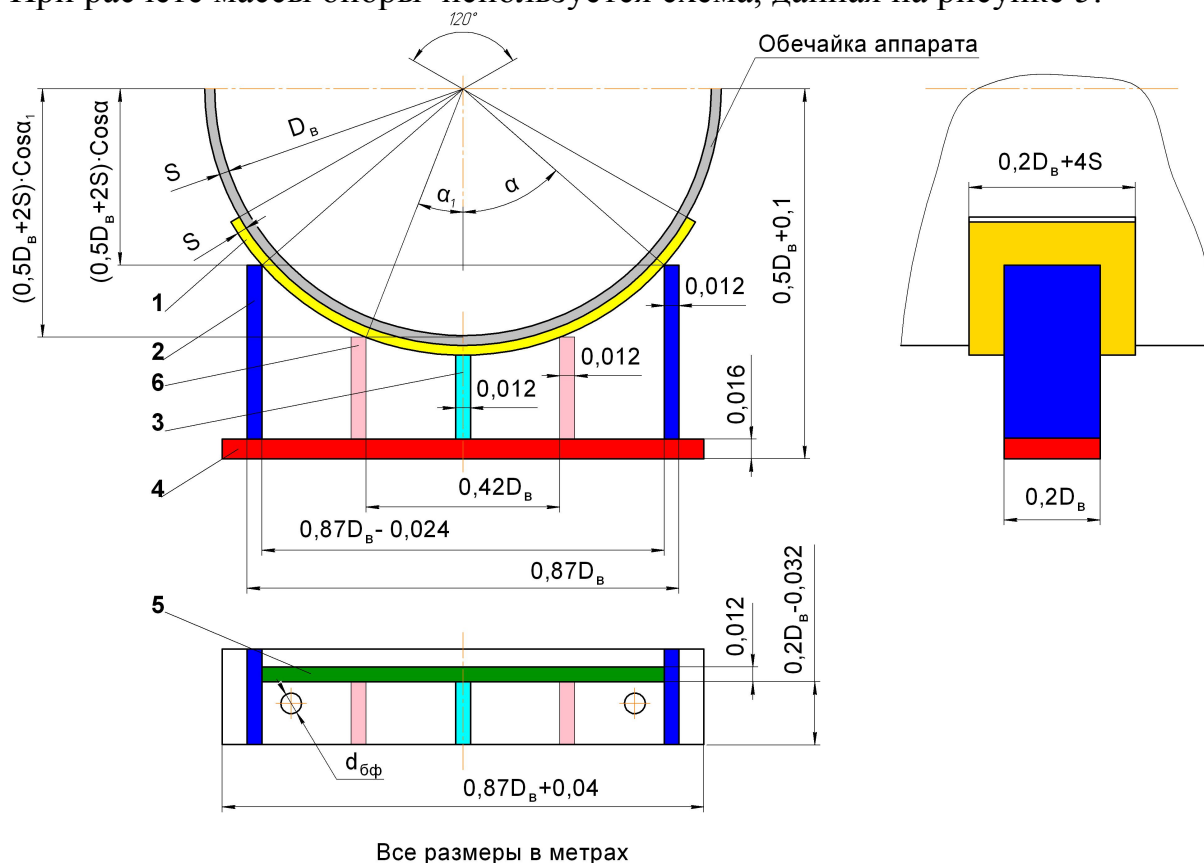


Рисунок 5 – Схема для расчета массы опоры горизонтальной

Масса одной опоры определяется по сумме массы деталей позиция 1-6:

$$\begin{aligned} M_1 &= \pi \rho (0,2D_B + 4S) \times (D_B + 3S) \times S / 3 = \\ &= 3,14 \times 7800 (0,2 \times 0,4 + 4 \times 0,008) \times (0,4 + 3 \times 0,008) \times 0,008 / 3 = 3,10 \text{ кг.} \\ M_2 &= \rho D_B (0,5D_B (1 - \cos \alpha) - 2S \cos \alpha + 0,084) 0,0024 = \end{aligned} \quad (17)$$

$$=7800 \times 0,4 \times (0,5 \times 0,4 \times (1-0,6626) - 2 \times 0,008 \times 0,6626 + 0,084) \times 0,0024 = 1,95 \text{ кг.} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} M_3 &= \rho(0,084-2S) \times (0,2D_B-0,032) \times 0,012 = \\ &= 7800 \times (0,084-2 \times 0,008) \times (0,2 \times 0,4-0,032) \times 0,012 = 0,31 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} M_4 &= \rho \times ((0,87D_B+0,04) \times 0,2 \times D_B \times 0,016 - 2 \times 0,008 \times \pi \times d_{\text{бф}}^2) = \\ &= 7800 \times (0,87 \times 0,4 + 0,04) \times 0,2 \times 0,4 \times 0,016 - 2 \times 0,008 \times \pi \times 0,028^2 = 3,57 \text{ кг} \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} M_5 &= 0,012 \rho (D_B(0,5D_B(1-\cos\alpha)+0,084) (0,87D_B-0,024) - \\ &(0,25\pi(D_B+4S)^2 \times \alpha/180^0 - 0,25D_B \cos\alpha (0,87D_B-0,024))) = \\ &= 0,012 \times 7800 \times 0,4 \times (0,5 \times 0,4 \times (1-0,6626) + 0,084) \times (0,87 \times 0,4 - 0,024) - \\ &(0,4 + 4 \times 0,008)^2 \times 48,5^0/180^0 - 0,25 \times 0,4 \times \cos 48,5^0 \times (0,87 \times 0,4 - 0,024)) = 1,03 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (21)$$

Для аппарата диаметром более 2000 мм рассчитывается  $M_6$

$$M_6 = 0,012 \rho (0,2D_B-0,032)(0,5D_B(1-\cos\alpha_1)-2S\cos\alpha_1+0,084) \quad (22)$$

$$M_{\text{опг}} = M_1 + 2M_2 + M_3 + M_4 + M_5 = 3,10 + 2 \times 1,95 + 0,31 + 3,57 + 1,03 = 11,91 \text{ кг.} \quad (23)$$

где  $M_{\text{опг}}$  – масса одной опоры, кг;

$D_B$  – внутренний диаметр корпуса, м;

$S$  – толщина обечайки, м;

$\alpha$  и  $\alpha_1$  – угол (таблица 25), град;

$d_{\text{бф}}$  – диаметр отверстий под фундаментные болты, м.

Масса двух опор равна:

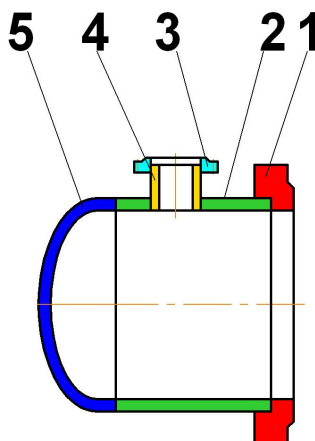
$$M_{\Sigma \text{опг}} = 2 \times M_{\text{опг}} = 2 \times 11,91 = 23,82 \text{ кг.} \quad (24)$$

#### 8.1.4.7 Общая масса корпуса (позиция 4)

$$\begin{aligned} M_{\text{кор}} &= M_{\text{ор}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{ф}} + M_{\text{тф}} + M_{\text{ттр}} + M_{\text{опг}} = 95,39 + 104 + 6,76 + 6,02 + 152,0 + 23,82 = \\ &= 387,99 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (25)$$

#### 8.1.5 Расчет массы крышки (позиция 5)

Расчет массы крышки необходимо выполнить согласно схеме аппарата представленной на рисунке 6. Масса каждого элемента рассчитывается отдельно. Количество элементов крышки - 5. Количество крышек в аппарате  $n=2$ .



1–фланец корпуса, 2–обечайка, 3 – фланец ( $d_y=100\text{мм}$ ),  
4 – труба фланца, 5 – днище.

Рисунок 6 – Элементы крышки корпуса

#### 8.1.5.1 Расчет массы фланца крышки

Масса  $M_{\phi}$  определяется из таблицы 10. равна:  $M_{\phi} = 18,70 \text{ кг}$ . (26)

#### 8.1.5.2 Расчет массы цилиндрической обечайки крышки

Масса погонного метра обечайки  $M_{об}$  определяется из таблицы 2. Она равна для обечайки  $D_b=0,4 \text{ м}$  и толщиной  $S=0,008 \text{ м}$   $M_{об}=81 \text{ кг}$ . Длина обечайки рассчитываемого аппарата равна:  $L_o = 0,2 \text{ м}$ . Масса обечайки равна

$$M_o = L_o \times M_{об} = 0,2 \times 81 = 16,2 \text{ кг}. \quad (27)$$

В обечайке просверлено отверстие для трубы диаметром  $d_n = 0,108 \text{ м}$ . Масса металла, отверстия определяется как

$$M_{оф} = 0,25\pi d_n^2 S \times \rho \times n, \quad (28)$$

где  $M_{оф}$  – масса металла отверстия, кг;

$n$  – количество отверстий.

$$M_{оф} = 0,25 \times \pi \times 0,108^2 \times 0,008 \times 7800 \times 1 = 0,58 \text{ кг}. \quad (30)$$

Масса обечайки крышки равна:

$$M_{ор} = M_o - M_{оф} = 16,2 - 0,58 = 15,62 \text{ кг}. \quad (31)$$

#### 8.1.5.3 Расчет массы фланца

Масса одного фланца  $M_{\phi}$  ( $d_y=100\text{мм}$ ) определяется из таблицы 16:

$$M_{\phi} = 2,85 \text{ кг}. \quad (32)$$

#### 8.1.5.4 Расчет массы трубы патрубка (позиция 4 рисунок 6)

Масса одной трубы патрубка ( $d_y=100\text{мм}$ ) определяется из таблицы 14. Она равна ( $M_{пм}=15,09 \text{ кг}$  масса одного погонного метра), длина трубы равна  $L_{тп}=0,155\text{м}$ . Масса трубы патрубка равна

$$M_{тп} = M_{пм} \times L_{тп} = 15,09 \times 0,155 = 2,34 \text{ кг}. \quad (33)$$

### 8.1.5.5 Расчет массы днища

Масса одного днища  $M_{\text{дн}}$  определяется из таблицы 3. Она равна

$$M_{\text{дн}} = 13,40 \text{ кг.}$$

### 8.1.5.6 Общая масса крышки корпуса (позиция 5 рисунок 2)

$$M_{\text{кр}} = M_{\text{ф}} + M_{\text{ор}} + M_{\text{ф}} + M_{\text{тп}} + M_{\text{дн}} = 18,7 + 15,62 + 2,85 + 2,91 + 13,90 = 53,48 \text{ кг.} \quad (34)$$

### 8.1.6 Расчет массы прокладок (позиция 6 рисунок 2)

Масса одной прокладки  $M_{\text{п}}$  определяется из таблицы 22. Она равна:

$$M_{\text{п}} = 0,068 \text{ кг.} \quad (35)$$

Масса двух прокладок равна:

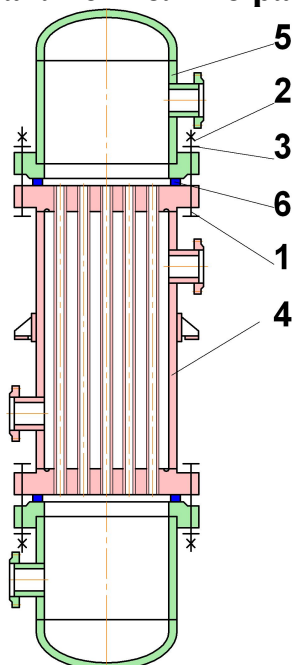
$$M_{\Sigma \text{п}} = n \times M_{\text{п}} = 2 \times 0,068 = 0,13 \text{ кг.} \quad (36)$$

### 8.1.7 Расчет общей массы теплообменного горизонтального аппарата

$$\begin{aligned} M_{\text{ап}} &= M_{\Sigma \text{б}} + M_{\Sigma \text{г}} + M_{\Sigma \text{ш}} + M_{\text{кор}} + n \times M_{\text{кр}} + M_{\Sigma \text{п}} = \\ &= 12,59 + 2,28 + 0,68 + 387,99 + 2 \times 53,48 + 0,13 = 510,63 \text{ кг.} \end{aligned} \quad (37)$$

## 8.2 Расчет массы аппарата теплообменного вертикального, работающего под избыточным давлением

Расчет массы аппарата теплообменного вертикального, работающего под избыточным давлением необходимо выполнить согласно схеме аппарата, представленной на рисунке 7, при этом расчет отдельных элементов выполняется в последовательности расчета массы горизонтального аппарата. Исключение составляет только расчет опоры.



1 – болт, 2 – гайка, 3 – шайба, 4 – корпус, 5 – крышка, 6 – прокладка.

Рисунок 7– Схема основных элементов для расчета массы вертикального теплообменного аппарата



### 8.2.1 Расчет массы опоры (лапы) вертикального аппарата

При расчете массы опоры используется схема, данная на рисунке 8.

Масса одной опоры определяется по сумме массы деталей позиция 1-3 (рисунок 6)

$$M_1 = \pi \rho \times S \times 0,3D_B \times (D_B + S) \times \alpha_2 / 360^\circ, \quad (37)$$

$$M_2 = \rho \times S \times (0,2D_B + S) \times (0,15D_B - S) / 2 + 0,2D_B \times S, \quad (38)$$

$$M_3 = \rho \times S \times 0,15D_B \times (0,15D_B - S) - \pi \times d_{\text{фб}}^2 \times S / 4, \quad (39)$$

где  $D_B$  – внутренний диаметр корпуса, м;

$S$  – толщина обечайки, м;

$\alpha_2$  – угол (таблица 25), град;

$d_{\text{фб}}$  – диаметр отверстий под фундаментные болты, м.

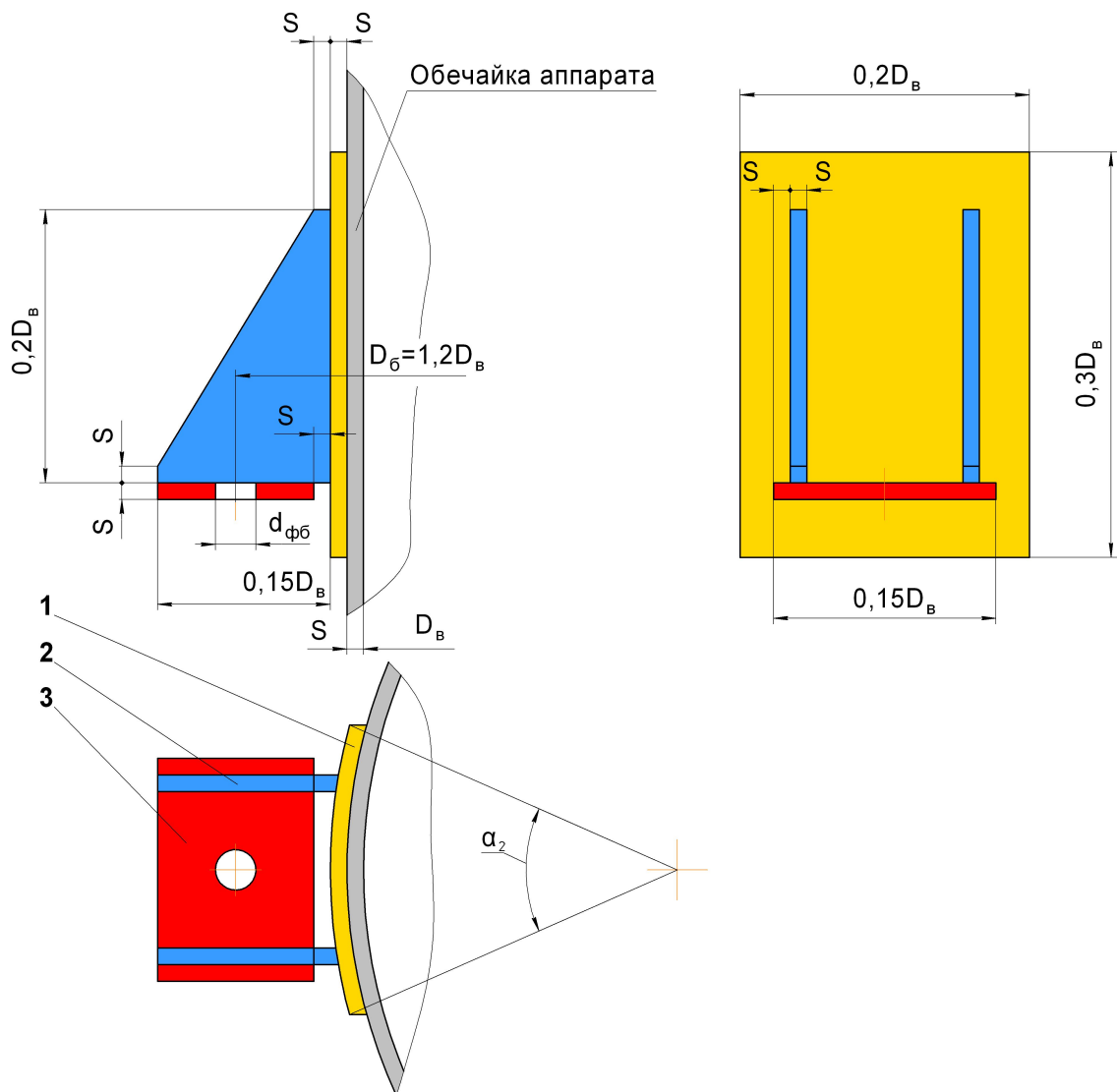
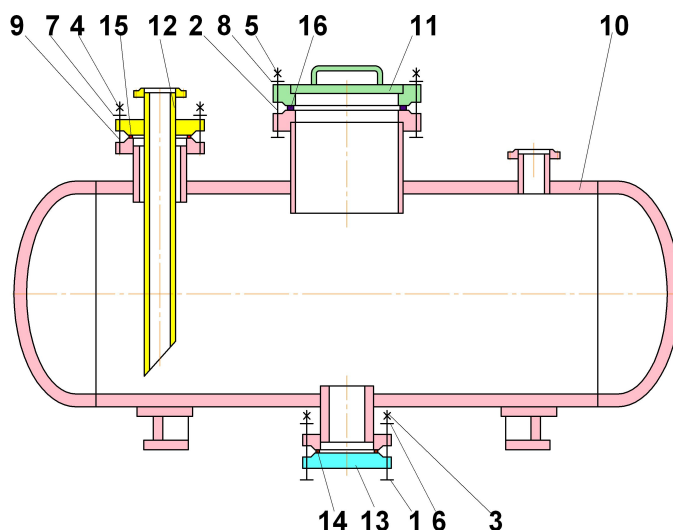


Рисунок 8 – Схема для расчета массы опоры (лапы) вертикального аппарата

### 8.3 Расчет массы монжуса горизонтального, работающего под избыточным давлением

Расчет массы монжуса горизонтального, работающего под избыточным давлением, необходимо выполнить согласно схеме аппарата, представленной на рисунке 9.



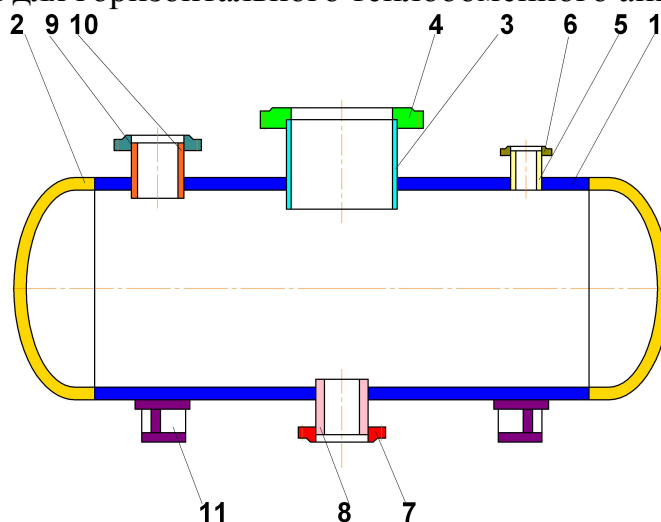
1,2 – болт, 3,4,5 – гайка, 6,7,8 – шайба, 9 – шпилька, 10 – корпус, 11 – крышка люка, 12 – труба передавливания, 13 – заглушка, 14,15,16 – прокладка.

Рисунок 7 – Схема основных элементов для расчета массы горизонтального монжуса

#### 8.3.1 Расчет массы корпуса монжуса горизонтального

При расчете массы опоры используется схема, данная на рисунке 10.

Расчет отдельных элементов корпуса выполняется в последовательности и по формулам, как и для горизонтального теплообменного аппарата.

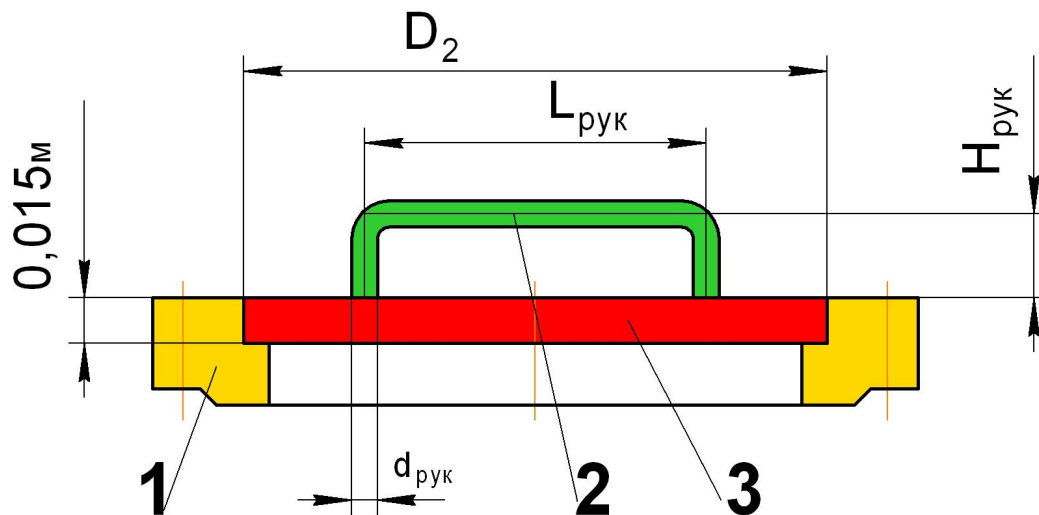


1 – обечайка, 2 – эллиптическое днище, 3 – обечайка люка, 4 – фланец люка, 5,8,10 – труба фланца, 6,7,9 – фланец, 11 – опора нижняя аппарата.

Рисунок 10 – Схема основных элементов для расчета массы горизонтального монжуса

### 8.3.2 Расчет массы крышки люка монжуса горизонтального

При расчете массы крышки люка используется схема, данная на рисунке 11.



1 – фланец люка, 2 – рукоятка, 2 – плоская крышка.

Рисунок 11 – Схема для расчета массы крышки горизонтального монжуса

Масса крышки люка определяется по сумме массы деталей (позиция 1-3 рисунок 11)

$M_1$  – определяется из таблицы 9,

$$M_2 = n \times \pi \times \rho \times d_{рук}^2 (L_{рук} + 2H_{рук}) / 4, \quad (40)$$

$$M_3 = \rho \times \pi \times D_2^2 \times 0,015 / 4. \quad (41)$$

где  $D_2$  – наружный диаметр обечайки люка, м;

$L_{рук}$  – длина рукоятки, м;

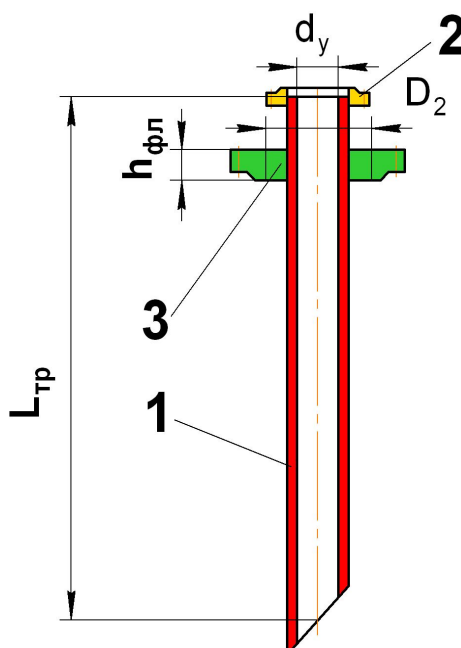
$H_{рук}$  – высота рукоятки, м;

$d_{рук}$  – диаметр рукоятки, м;

$n$  – количество рукояток.

### 8.3.3 Расчет массы трубы передавливания монжуса горизонтального

При расчете массы трубы передавливания используется схема, данная на рисунке 12.



1– труба; 2, 3–фланец.

Рисунок 12 – Схема для расчета массы трубы передавливания горизонтального монжуса

Масса крышки люка определяется по сумме массы деталей (позиция 1-3 рисунок 12)

Масса детали 1 определяется из таблицы 14. Зная условный диаметр трубы  $d_y$  определяем массу одного погонного метра трубы  $M_{тр}$ , при этом длина трубы равна  $L_{тр.п}$ , а масса

$$M_1 = M_{тр} \times L_{тр.п} \quad (42)$$

$M_2$  – определяется из таблицы 15,

$M_3$  – определяется из таблицы 15, как и для детали 9 (рисунок 10) и добавляется масса кольца равная

$$M_k = h_{фл} \times \rho \times \pi \times (D_2^2 - d_n^2) / 4, \quad (43)$$

где  $D_2$  – внутренний диаметр фланца (детали 9, рисунок 10), м;

$L_{тр.п}$  – длина трубы, м;

$h_{фл}$  – высота фланца, м.

#### 8.3.4 Расчет массы заглушки (деталь 13 рисунок 7) монжуса горизонтального

Масса заглушки определяется из таблицы 16, как и для детали 7 (рисунок 10) и добавляется масса равная

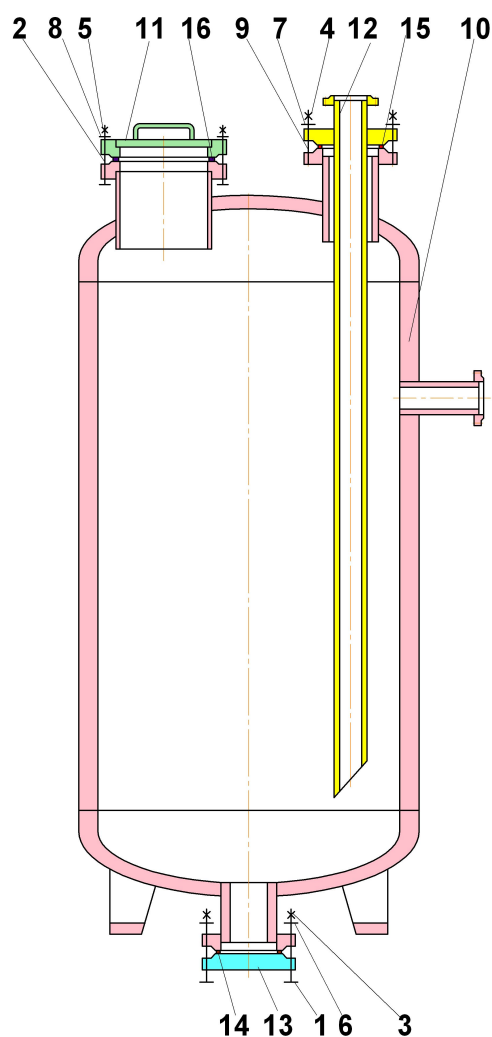
$$M_d = h_{\text{фл}} \times \rho \times \pi \times D_2^2 / 4, \quad (44)$$

где  $D_2$  – диаметр фланца (детали 7 рисунок 10), м;

$h_{\text{фл}}$  – высота фланца (детали 7 рисунок 10), м.

## 8.4 Расчет массы монжуса вертикального, работающего под избыточным давлением

Расчет массы монжуса вертикального, работающего под избыточным давлением, необходимо выполнить согласно схеме аппарата, представленной на рисунке 13. **Масса всех частей считается так же, как и для горизонтального аппарата. Исключение составляет только расчет массы опоры.**



1,2 – болт, 3,4,5 – гайка, 6,7,8 – шайба, 9– шпилька, 10 – корпус, 11 – крышка люка, 12– труба передавливания, 13– заглушка, 14,15,16 – прокладка.

Рисунок 13 – Схема основных элементов для расчета массы вертикального монжуса

#### 8.4.1 Расчет массы опоры (стойки) монжуса вертикального

При расчете массы опоры вертикального аппарата используется схема, данная на рисунке 14.

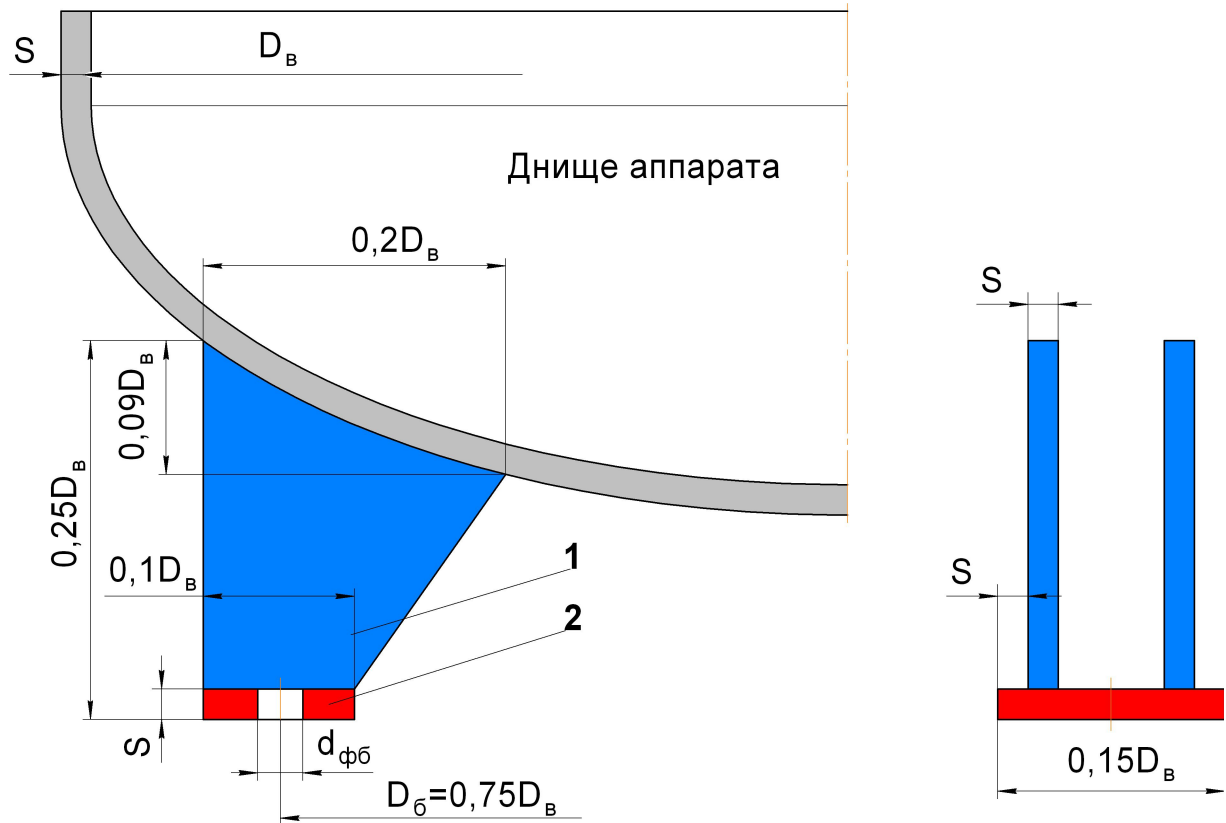


Рисунок 14 – Схема для расчета массы опоры (стойки) вертикального монжуса

Масса одной опоры определяется по сумме массы деталей позиция 1-2 (рисунок 14)

$$M_1 = 0,5\pi\rho D_B^2 \times S(0,018 + 0,048D_B - 0,3S) \quad (45)$$

$$M_2 = 0,015\pi\rho D_B^2 \times S - \pi \times d_{фб}^2 \times S / 4, \quad (46)$$

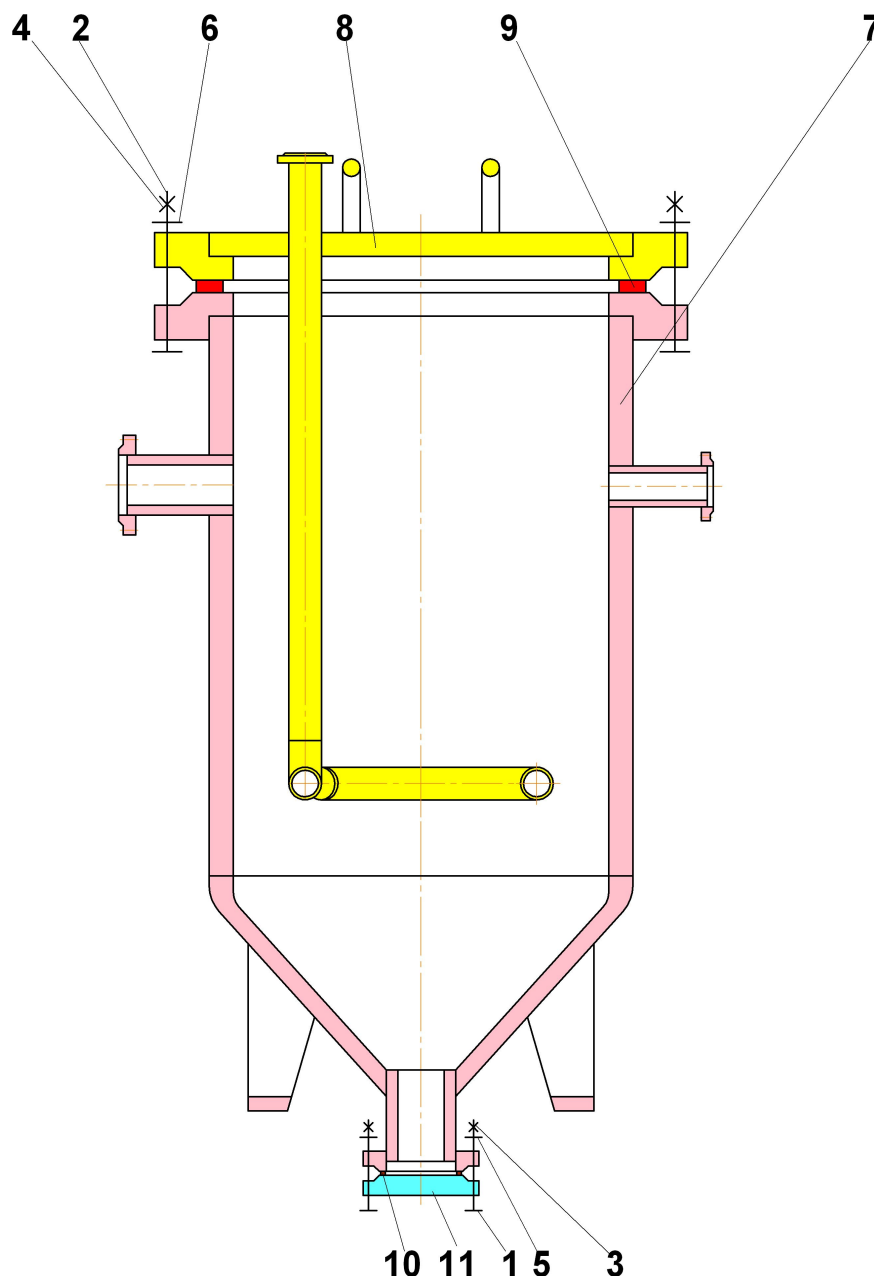
где  $D_B$  – внутренний диаметр корпуса, м;

$S$  – толщина обечайки, м;

$d_{фб}$  – диаметр отверстий под фундаментные болты, м.

## 8.5 Расчет массы сборника вертикального для суспензии (с барботером), работающего под избыточным давлением

Расчет массы сборника вертикального, работающего под избыточным давлением необходимо выполнить согласно схеме аппарата, представленной на рисунке 15. **Масса всех частей считается по выше приведенным формулам. Исключение составляет только расчет массы корпуса и крышки аппарата.**



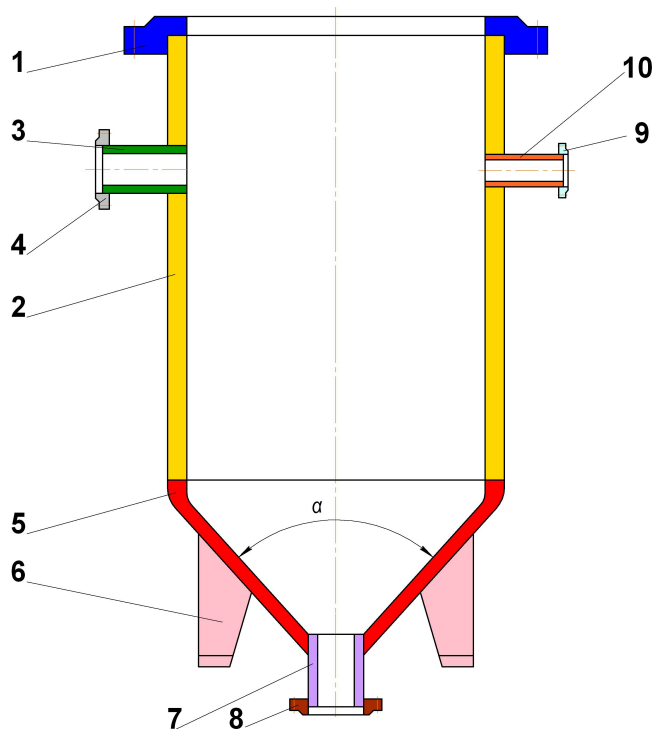
1,2 – болт; 3,4, – гайка; 5,6, – шайба, 7 – корпус, 8 – крышка с барботером, 9, 10 – прокладка, 11 – заглушка.

Рисунок 15 – Схема основных элементов для расчета массы сборника вертикального с барботером



### 8.5.1 Расчет массы корпуса сборника вертикального с барботером

При расчете массы корпуса сборника вертикального с барботером используется схема, данная на рисунке 16.



1 – фланец корпуса, 2 – обечайка; 3, 7, 10 – труба фланца; 4, 8, 10 – фланец, 5 – коническое днище, 6 – опора (стойка) вертикального аппарата.

Рисунок 16 – Схема для расчета массы корпуса сборника вертикального с барботером

Масса корпуса считается как сумма выше перечисленных деталей, за исключением конического отбортованного днища позиция 5 (рисунок 16). Полная масса конического отбортованного днища берется из таблицы 17, 18 в зависимости от угла  $\alpha$  ( $60^\circ$  или  $90^\circ$ ), а затем из неё вычитается масса конуса, образованного основанием, равным  $d_{н\ тр}$ , с высотой  $h_k$  (таблицы 17, 18), вычитаемая масса вычисляется по формулам

$$M_1 = \pi \times \rho \times (1,5 \times d_{н\ тр}^2 \times S + 3,44 \times d_{н\ тр} \times S^2 + 2,64 \times S^3) / 3, \quad (47)$$

$$M_2 = \pi \times \rho \times (1,06 \times d_{н\ тр}^2 \times S + 3 \times d_{н\ тр} \times S^2 + 2,82 \times S^3) / 3, \quad (48)$$

$$M_3 = \pi \times \rho \times (0,87 \times d_{н\ тр}^2 \times S + 3,46 \times d_{н\ тр} \times S^2 + 4,6 \times S^3) / 3, \quad (49)$$

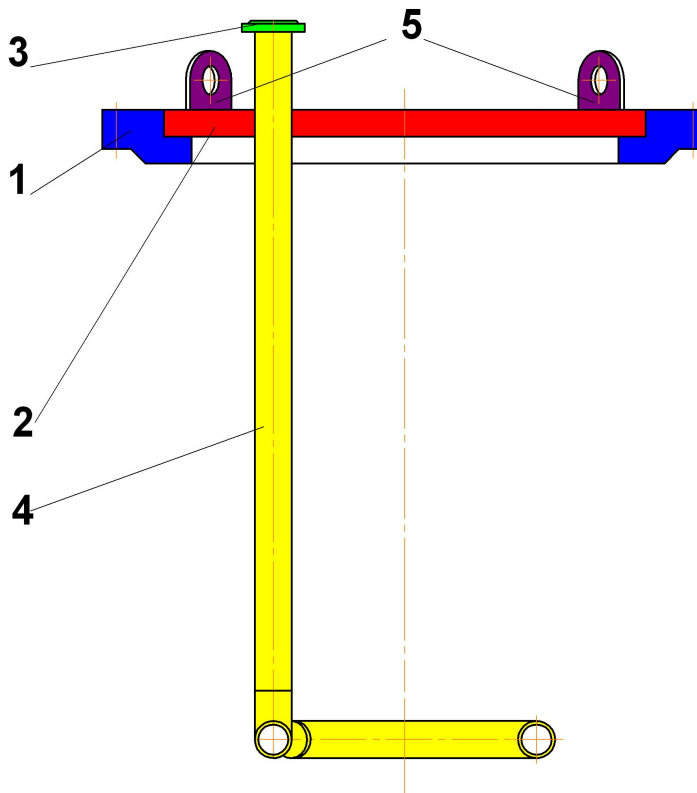
где  $M_1$  (при  $\alpha = 60^\circ$ ),  $M_2$  (при  $\alpha = 90^\circ$ ),  $M_3$  (при  $\alpha = 120^\circ$ ), кг;

$d_{н\ тр}$  – наружный диаметр трубы, м;

$S$  – толщина стенки, м.

### 8.5.2 Расчет массы крышки сборника вертикального с барботером

При расчете массы крышки сборника вертикального с барботером используется схема, данная на рисунке 17.



1– фланец корпуса, 2– крышка, 3 – фланец, 4– барботер, 5 – ушко.

Рисунок 17 – Схема для расчета массы крышки сборника вертикального с барботером

Масса крышки считается как сумма выше перечисленных деталей, за исключением барботера позиция 4 и ушка позиция 5 (рисунок 17). Масса одного ушка равна:  $M_{\text{уш}} = 0,25$  кг. Схема для расчета массы барботера представлена на рисунке 18. Барботер состоит из трех деталей: вертикальной трубы 1, отвода крутоизогнутого 2, кольцевой трубы 3.

$$M_1 = M_{\text{тр}} \times L_{\text{тр}}, \quad (50)$$

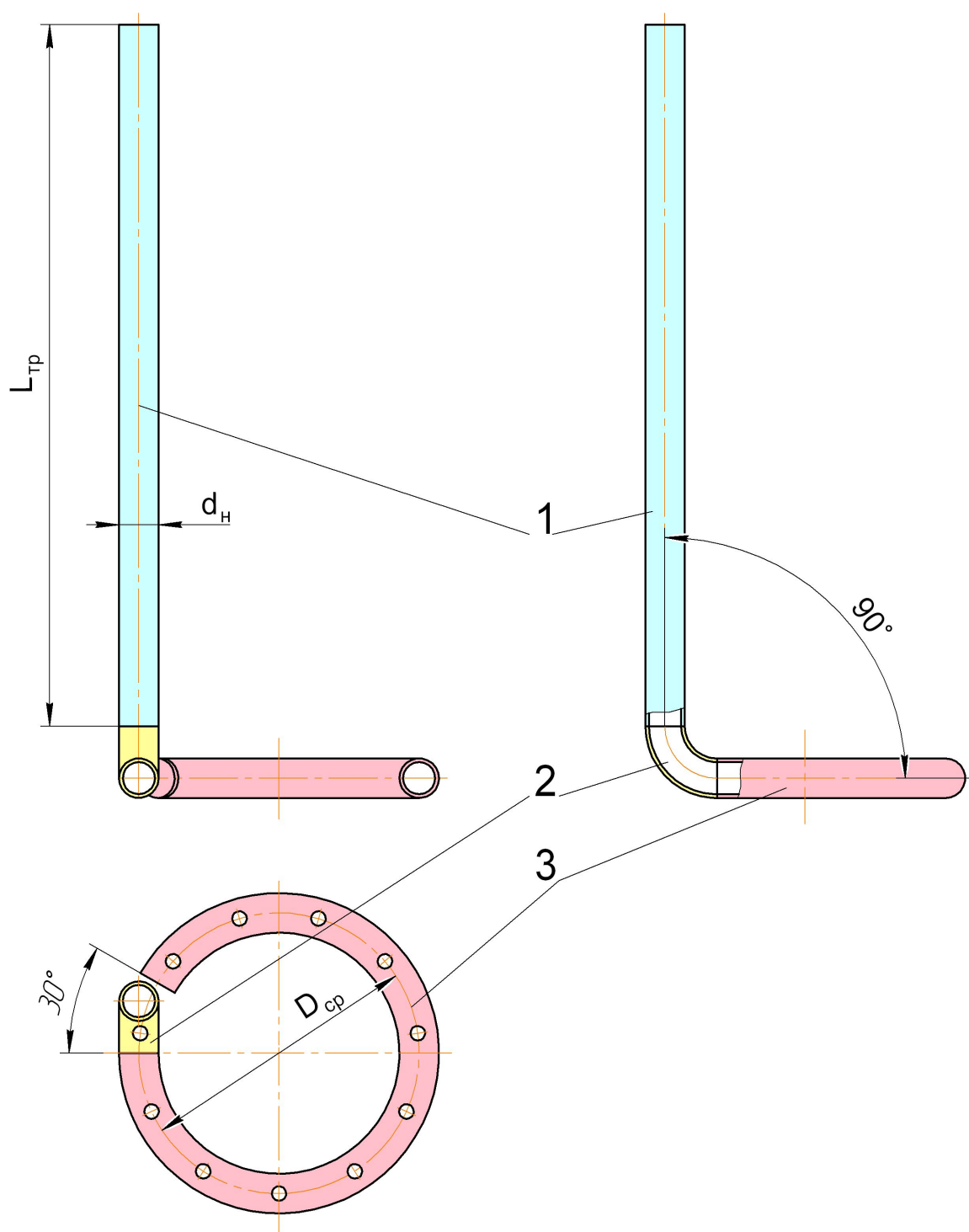
$$M_2, \text{ из таблицы 38,} \quad (51)$$

$$M_3 = \pi \times 0,92 \times D_{\text{ср}}^2 \times M_{\text{тр}}, \quad (52)$$

где  $M_{\text{тр}}$  из таблицы 14 погонный метр, кг;

$D_{\text{ср}}$  – средний диаметр трубы (рисунок 16), м;

$L_{\text{тр}}$  – длина трубы (рисунок 16), м.

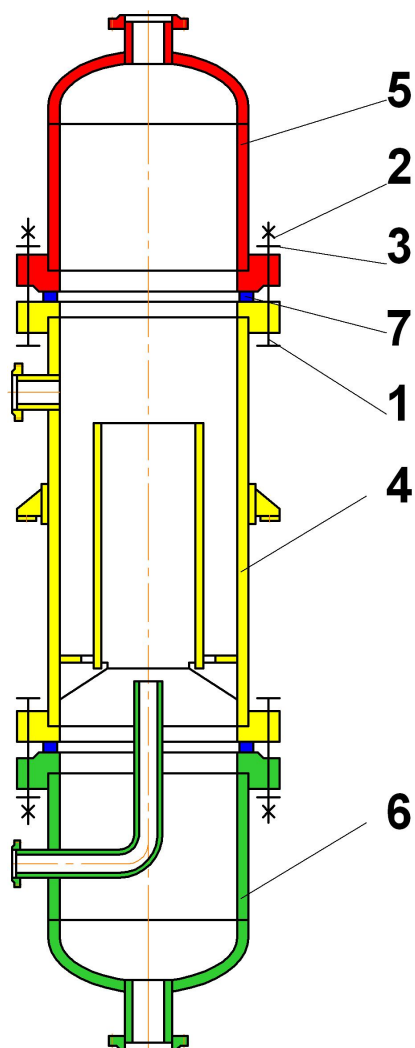


1– вертикальная труба, 2– крутоизогнутый отвод 3 – кольцевая труба.

Рисунок 18 – Схема для расчета массы барбатера

## 8.6 Расчет массы аппарата газлифтного вертикального, работающего под избыточным давлением

Расчет массы аппарата газлифтного вертикального, работающего под избыточным давлением необходимо выполнить согласно схеме аппарата, представленной на рисунке 19. **Масса всех частей считается по выше приведенным формулам. Исключение составляет только расчет массы корпуса и нижней крышки аппарата.**

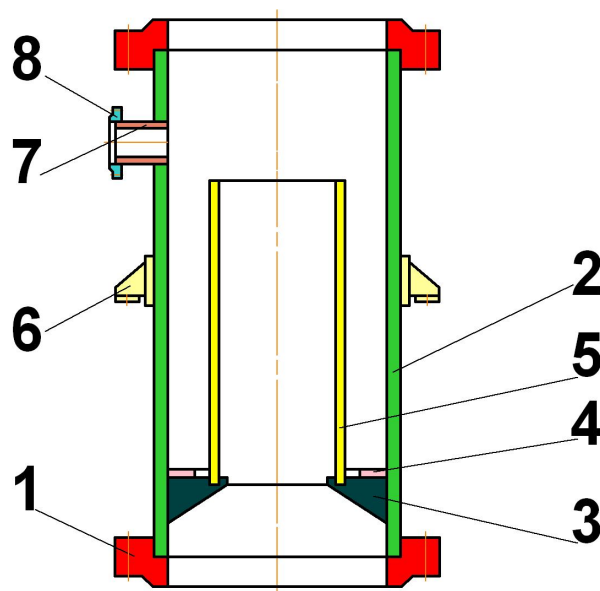


1, – болт, 2 – гайка, 3 – шайба, 4 – корпус, 5 – крышка верхняя, 6 – крышка нижняя с барботером, 7 – прокладка.

Рисунок 19 – Схема основных элементов для расчета массы аппарата газлифтного вертикального

### 8.6.1 Расчет массы корпуса аппарата газлифтного вертикального

При расчете массы корпуса массы аппарата газлифтного вертикального используется схема, данная на рисунке 20.



1 – фланец корпуса, 2 – обечайка, 3 – косынка, 4 – кольцо, 5 – внутренняя труба, 6 – опора (стойка) вертикального аппарата 7 – труба фланца, 8 – фланец.

Рисунок 20 – Схема для расчета массы корпуса аппарата газлифтного вертикального

Масса корпуса считается как сумма выше перечисленных деталей, за исключением кольца позиция 4 (рисунок 20).

#### 8.6.1.1 Расчет массы кольца для аппарата газлифтного вертикального

Схема для расчета массы кольца представлена на рисунке 21.

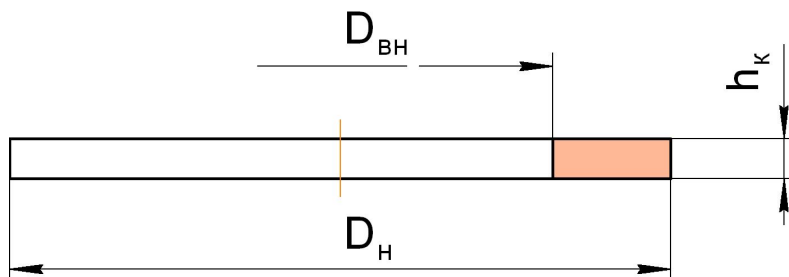


Рисунок 21 – Схема для расчета массы кольца аппарата газлифтного вертикального

Масса кольца  $M_{кл}$  считается по формуле

$$M_{кл} = \pi \times \rho \times 0,25 \times h_k \times (D_H^2 - D_{BH}^2), \quad (53)$$

где  $D_H, D_{BH}, h_k$  – размеры кольца, м.

#### 8.6.1.2 Расчет массы косынки для аппарата газлифтного вертикального

Схема для расчета косынки на рисунке 22.

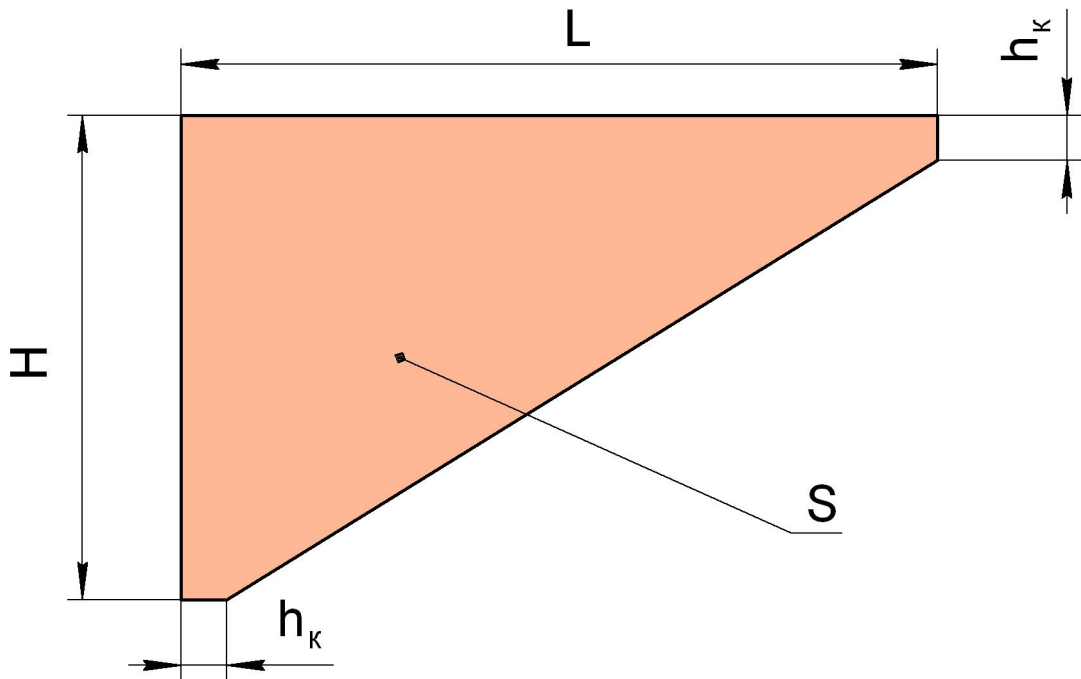


Рисунок 22 – Схема для расчета массы косынки аппарата газлифтного вертикального

Масса одной косынки  $M_{1к}$  считается по формуле

$$M_{1к} = \rho \times S \times ((L \times H - (H - h_k) \times (L - h_k) \times 0,5), \quad (54)$$

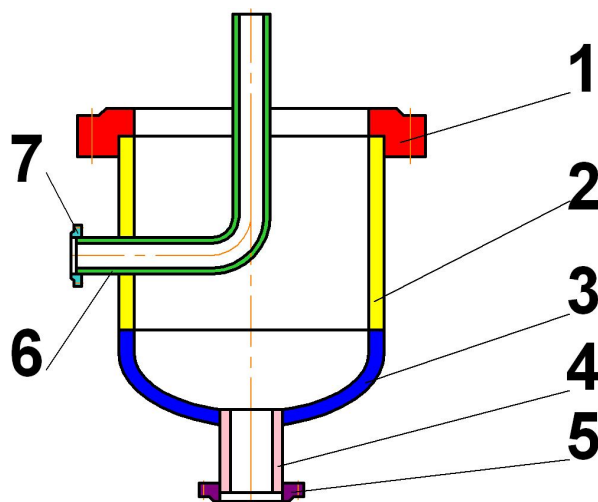
где  $S, L, H, h_k$  – размеры косынки, м.

Всего косынок 4, поэтому суммарная масса равна:

$$M_k = 4 \times M_{1к} \quad (55)$$

### 8.6.2 Расчет массы нижней крышки аппарата газлифтного вертикального

При расчете массы крышки аппарата газлифтного вертикального используется схема, данная на рисунке 23.



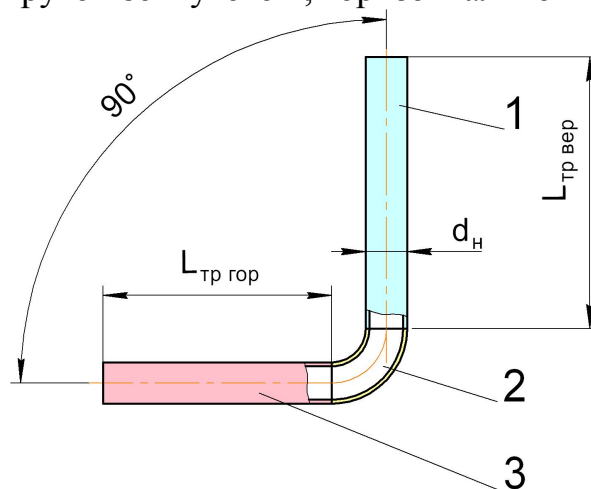
1 – фланец крышки, 2- обечайка, 3 – днище, 4 – труба фланца, 5,7 – фланец, 6 – труба подачи газа.

Рисунок 23 – Схема для расчета массы крышки аппарата газлифтного вертикального

**Масса крышки нижней считается как сумма выше перечисленных деталей, за исключением трубы подачи газа (позиция 6 рисунок 23).**

### 8.6.3 Расчет массы трубы подачи газа нижней крышки аппарата газлифтного вертикального

Труба подачи газа состоит из трех деталей (рисунок 24): вертикальной трубы 1, отвода круто изогнутого 2, горизонтальной трубы 3.



1– вертикальная труба, 2– крутоизогнутый отвод 3 – горизонтальная труба.

Рисунок 24 – Схема для расчета массы трубы ввода газа

Схема для расчета массы трубы подачи газа представлена на рисунке 24. Масса трубы ввода газа определяется как сумма:

$$M_1 = M_{\text{тр}} \times L_{\text{тр вер}} , \quad (56)$$

$$M_2 , \text{ из таблицы 38,} \quad (57)$$

$$M_3 = M_{\text{тр}} \times L_{\text{тр гор}} . \quad (58)$$

где  $M_{\text{тр}}$  – масса погонного метра из таблицы 14, кг;  
 $L_{\text{тр гор}}$  – длина горизонтальной трубы (рисунок 22), м;  
 $L_{\text{тр вер}}$  – длина вертикальной трубы (рисунок 22), м.



## 9 Расчет номинального объема аппарата

В разделе необходимо вычислить номинальный объем аппарата. За номинальный принимается внутренний объем аппарата без учета объемов открываемых крышек, штуцеров, люков, внутренних устройств. Для всех аппаратов эта величина одна, исключение составляет теплообменный аппарат, у которого необходимо вычислить объем трубного пространства и отдельно межтрубного.

### 9.1 Основные формулы для расчета объема химических аппаратов

Ниже приведены формулы для определения объема цилиндра, усеченного конуса, сферического сегмента и эллипсоида вращения.

#### 9.1.1 Формула для расчета объема цилиндра

Основные размеры цилиндра представлены на рисунке 25.

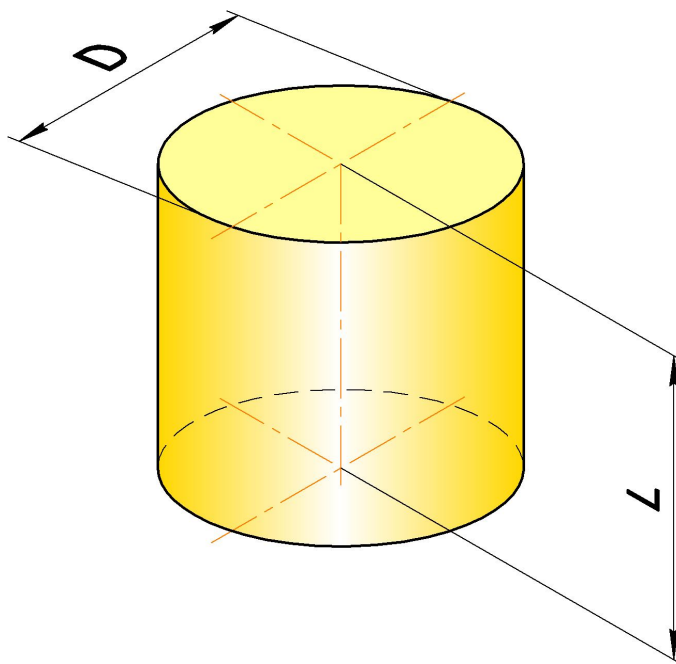


Рисунок 25 – Размеры цилиндра

Формула для расчета объема цилиндра

$$V_{\text{ц}} = \pi \times D^2 \times L / 4, \quad (59)$$

где  $D$  – диаметр цилиндра, м;  
 $L$  – длина цилиндра, м.

### 9.1.2 Формула для расчета объема усеченного конуса

Основные размеры усеченного конуса представлены на рисунке 26.

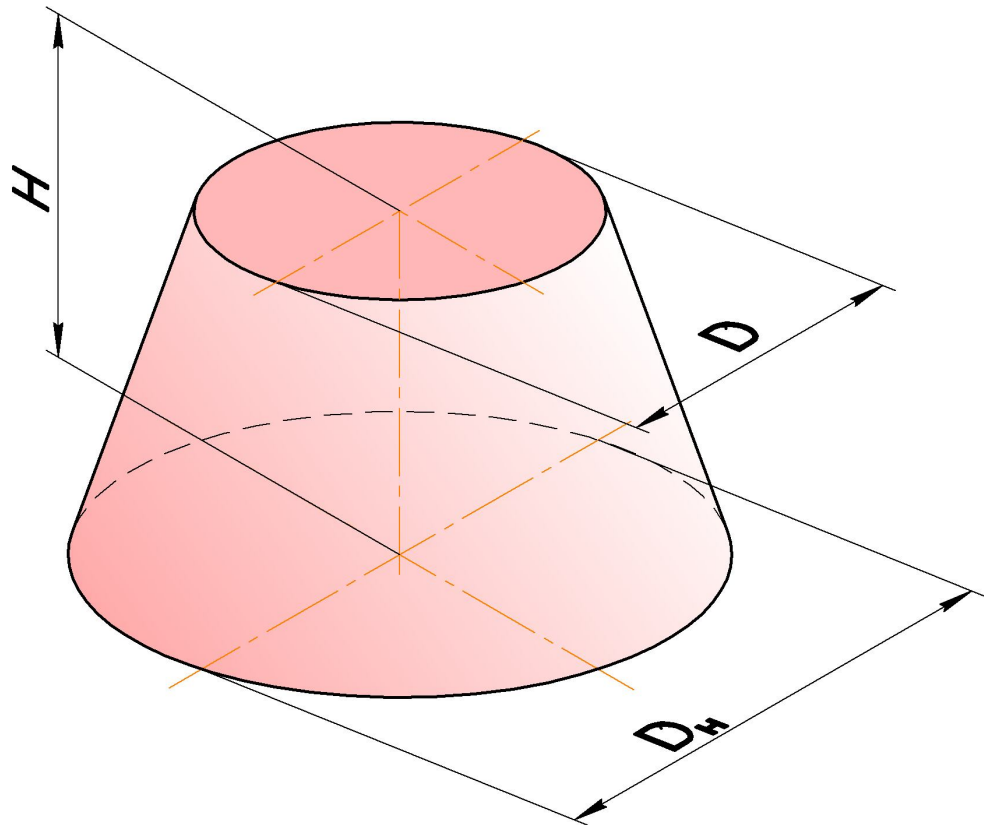


Рисунок 26 – Размеры усеченного конуса

Формула для расчета объема усеченного конуса

$$V_{\text{ку}} = \pi \times H \times (D^2 + D \times D_{\text{н}} + D_{\text{н}}^2) / 12, \quad (60)$$

где  $D_{\text{н}}$  – диаметр основания конуса, м;  
 $D$  – диаметр конуса, м;  
 $L$  – высота усеченного конуса, м.

### 9.1.3 Формула для расчета объема сферического сегмента

Основные размеры сферического сегмента представлены на рисунке 27.

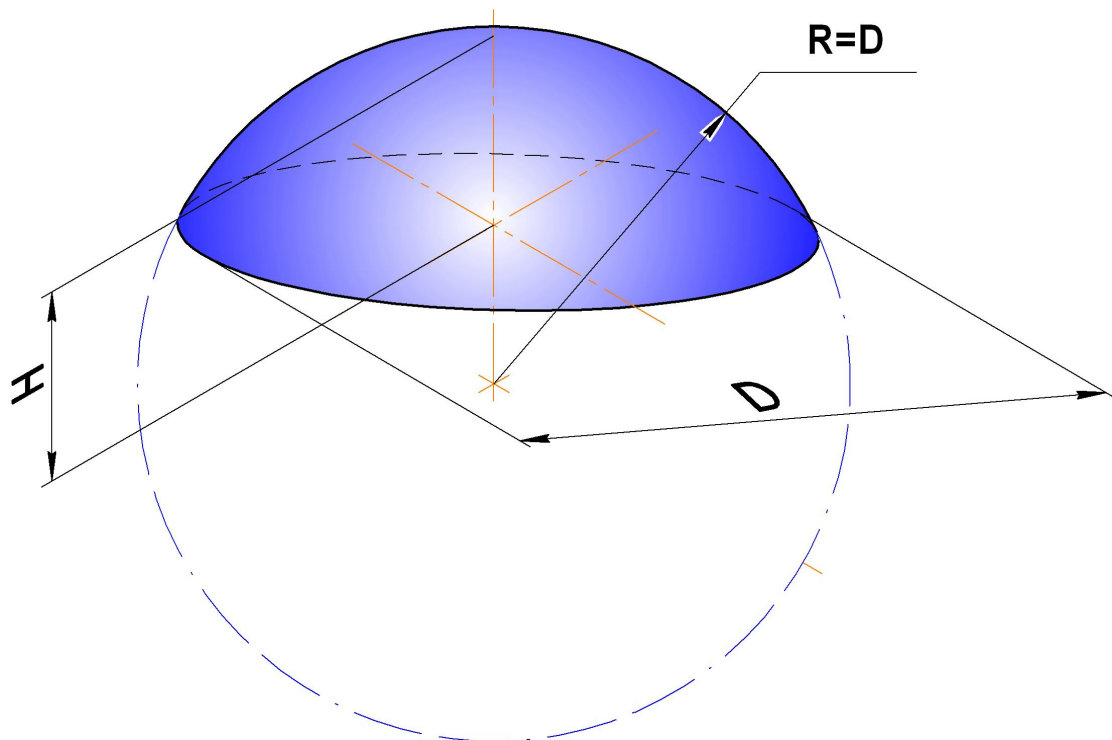


Рисунок 27 – Размеры сферического сегмента

Формула для расчета объема сферического сегмента

$$V_{\text{сс}} = 2/3 \times \pi \times H \times (D^2), \quad (61)$$

где  $D$  – диаметр основания сферического сегмента, м;  
 $R$  – радиус сферы, м;  
 $H$  – высота сферического сегмента, м.

В нашем случае всегда  $R = D$ , и формула преобразуется

$$V_{\text{сс}} = 0,1 \times \pi \times (D^3) \quad (62)$$

#### 9.1.4 Формула для расчета объема эллипсоида вращения

Основные размеры эллипсоида вращения представлены на рисунке 28.

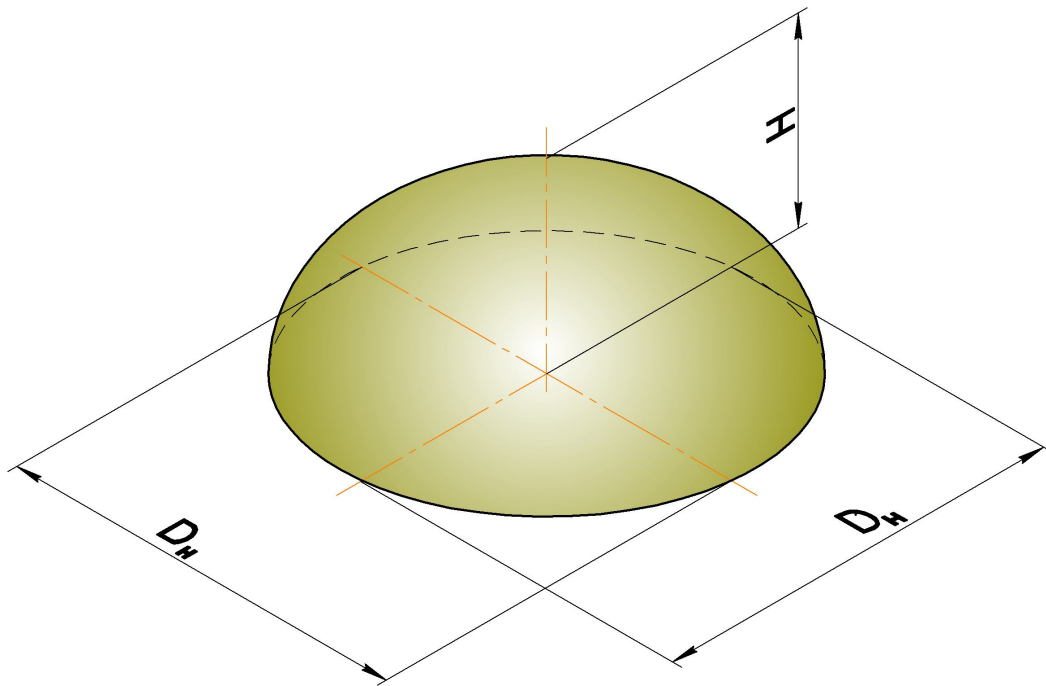


Рисунок 28 – Размеры эллипсоида вращения

Формула для расчета объема эллипсоида вращения

$$V_{\text{эв}} = \pi \times H \times D_{\text{н}}^2 / 6, \quad (63)$$

где  $D_{\text{н}}$  – диаметр основания эллипсоида вращения, м;  
 $H$  – высота эллипсоида вращения, м.

В нашем случае всегда  $H = h_{\text{в}}$

## 9.2 Пример вычисления объема теплообменного аппарата

Расчет объема аппарата теплообменного горизонтального, работающего под избыточным давлением будем выполнить согласно схеме аппарата представленной на рисунке 2. Схема расчета объема аппарата представлена на рисунке 29.

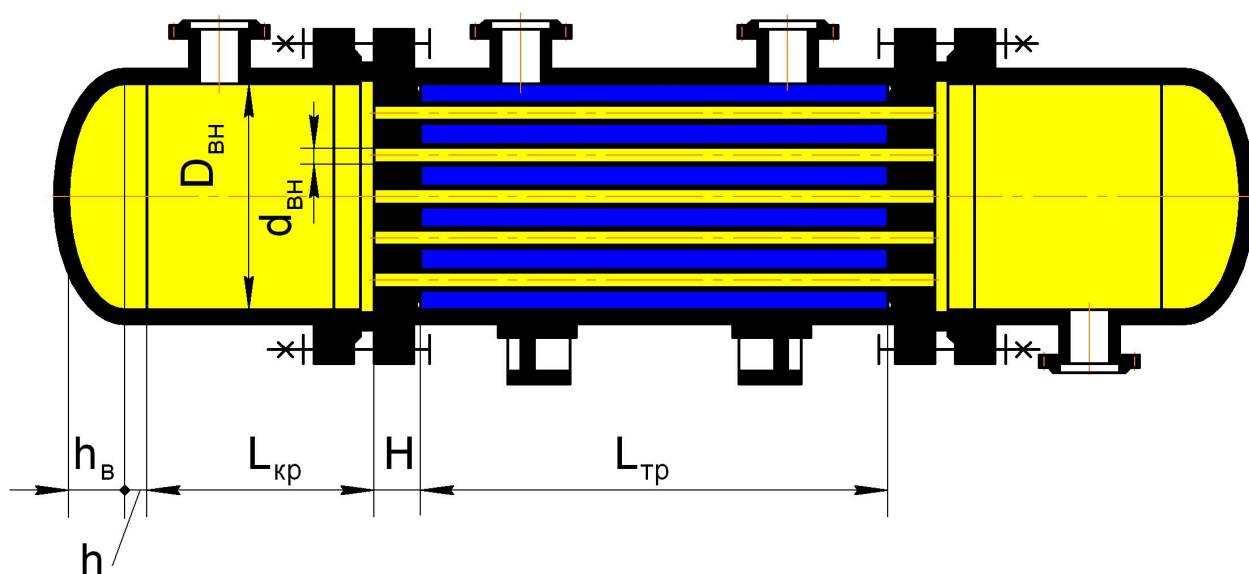


Рисунок 29 – Схема расчета объема аппарата теплообменного горизонтального

### 9.2.1 Расчет объема трубного пространства теплообменного аппарата

Объем трубного пространства складывается из двойного объема эллипсоида вращения:

$$V_{эв} = \pi \times h_B \times D_{вн}^2 / 3 = 3,14 \times 0,1 \times 0,16 / 3 = 0,0168 \text{ м}^3. \quad (64)$$

Двойного объема цилиндрической крышки:

$$V_{цкр} = \pi \times D_{вн}^2 \times (h + L_{кр}) / 2 = 3,14 \times 0,16 \times 0,2 / 2 = 0,0503 \text{ м}^3. \quad (65)$$

Объема n труб:

$$V_{тр} = n \times \pi \times d_{вн}^2 \times (2 \times H + L_{тр}) / 4 = 91 \times 3,14 \times 0,0004 \times 1,2 / 4 = 0,0343 \text{ м}^3. \quad (66)$$

**Объем трубного пространства:**

$$V_{\text{тр пр}} = V_{\text{эв}} + V_{\text{цкр}} + V_{\text{тр}} = 0,0168 + 0,0503 + 0,0343 = 0,1014 \text{ м}^3. \quad (67)$$

### **9.2.1 Расчет объема межтрубного пространства теплообменного аппарата**

Объем межтрубного пространства складывается из объема корпуса минус объем труб:

$$V_{\text{меж тр пр}} = V_{\text{кор}} = \pi \times L_{\text{тр}} \times D_{\text{вн}}^2 / 4 - n \times \pi \times d_{\text{нар}}^2 \times L_{\text{тр}} / 4 = \\ 3,14 \times 1,2 \times 0,16 / 4 - 91 \times 3,14 \times 0,000625 \times 1,2 / 4 = 0,0971 \text{ м}^3. \quad (68)$$

**Объем теплообменного аппарата:**

$$V_{\text{та}} = V_{\text{тр пр}} + V_{\text{меж тр пр}} = 0,1014 + 0,0971 = 0,1985 \text{ м}^3. \quad (69)$$

## 10 Заключение

Заканчивая расчетную часть, студенту необходимо дать анализ полученных результатов, их соответствия заданию на работу, высказать соображения о возможных путях совершенствования данного процесса и его аппаратного оформления.

Пример выполнения заключения:

1. В соответствии с техническим заданием разработан технический проект горизонтального кожухотрубчатого аппарата.

2. Выполнен чертеж (формата А1) общего вида горизонтального кожухотрубчатого аппарата.

3. В рамках технического проекта выполнен расчет полной массы аппарата, которая составляет величину:

$$M_{\text{ап}} = 510,63 \text{ кг}$$

4. Произведен расчет объема межтрубного пространства и трубного пространства, которые равны:

$$V_{\text{меж тр пр}} = 0,0972 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{тр пр}} = 0,1015 \text{ м}^3$$

5. Полный объем горизонтального теплообменного аппарата составляет величину:

$$V_{\text{та}} = 0,1987 \text{ м}^3$$

**11 Масса цилиндрических вальцованных оболочек (ряды диаметров по ГОСТ 9617-76) для аппаратов, работающих под избыточным давлением**

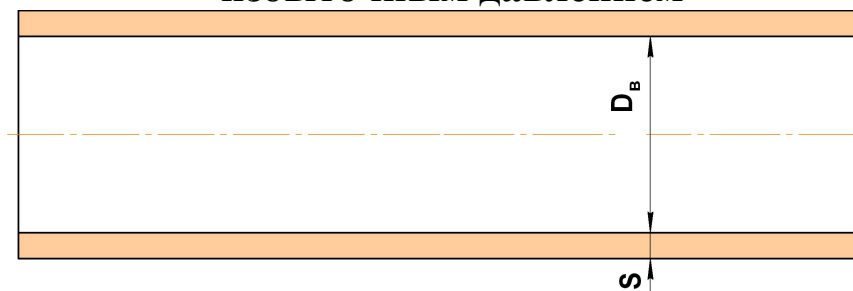


Рисунок 30 – Обечайка цилиндрическая

Таблица 2 - Основные размеры и масса обечаек цилиндрических

Внутренний диаметр обечайки $D_{в}$ , мм	Давление в аппарате $p$ , МПа	Толщина стенки обечайки $s$ , мм	Масса погонного метра обечайки $M_{об}$ , кг
400	0,6	6	60
	1,0	8	81
	1,6	8	81
	2,5	10	101
	4,0	12	122
	6,3	14	143
	8,0	18	186
	10,0	22	227
500	0,6	8	100
	1,0	8	100
	1,6	10	126
	2,5	12	152
	4,0	12	152
	6,3	16	204
	8,0	22	283
	10,0	25	324
600	0,3	8	120
	0,6	8	120
	1,0	10	150
	1,6	10	150
	2,5	12	181
	4,0	16	243
	6,3	20	306
	8,0	25	385
	10,0	30	466



Продолжение таблицы 2

Внутренний диаметр обечайки Dв, мм	Давление в аппарате p, МПа	Толщина стенки обечайки s, мм	Масса погонного метра обечайки Моб, кг
700	0,3	8	140
	0,6	8	140
	1,0	10	175
	1,6	12	211
	2,5	14	247
	4,0	16	283
	6,3	22	392
	8,0	28	503
	10,0	34	616
800	0,3	8	159
	0,6	8	159
	1,0	10	200
	1,6	12	240
	2,5	16	322
	4,0	20	404
	6,3	25	509
	8,0	30	614
	10,0	38	785
900	0,3	8	179
	0,6	8	179
	1,0	10	224
	1,6	12	270
	2,5	16	361
	4,0	20	454
	6,3	30	688
	8,0	34	783
	10,0	45	1049
1000	0,3	8	199
	0,6	10	249
	1,0	12	300
	1,6	12	300
	2,5	18	452
	4,0	22	554
	6,3	28	710
	8,0	38	973
	10,0	45	1160

Продолжение таблицы 2

Внутренний диаметр обечайки Дв, мм	Давление в аппарате р, МПа	Толщина стенки обечайки s, мм	Масса погонного метра обечайки Моб, кг
1200	0,3	8	238
	0,6	10	298
	1,0	12	359
	1,6	14	419
	2,5	20	602
	4,0	25	755
	6,3	34	1035
	8,0	45	1382
	10,0	55	1072
1400	0,3	8	278
	0,6	10	348
	1,0	14	488
	1,6	14	488
	2,5	20	700
	4,0	28	986
	6,3	38	1348
	8,0	50	1788
	10,0	60	2160
1600	0,3	10	397
	0,6	10	397
	1,0	16	638
	1,6	16	638
	2,5	22	880
	4,0	32	1288
	6,3	45	1826
	8,0	55	2109

Продолжение таблицы 2

Внутренний диаметр обечайки Dв, мм	Давление в аппарате p, МПа	Толщина стенки обечайки s, мм	Масса погонного метра обечайки Моб, кг
1800	0,3	10	446
	0,6	10	446
	1,0	16	717
	1,6	16	717
	2,5	22	989
2000	0,3	10	496
	0,6	12	595
	1,0	16	796
	1,6	18	898
	2,5	22	1097
2200	0,3	10	545
	0,6	12	655
	1,0	18	986
	1,6	20	1095
2400	0,3	10	594
	0,6	12	714
	1,0	18	1073
	1,6	20	1194
2600	0,3	10	644
	0,6	12	773
	1,0	18	1167
	1,6	22	1413

**12 Масса эллиптических отбортованных стальных днищ (ряды размеров по ГОСТ 6533-78) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 10 МПа**

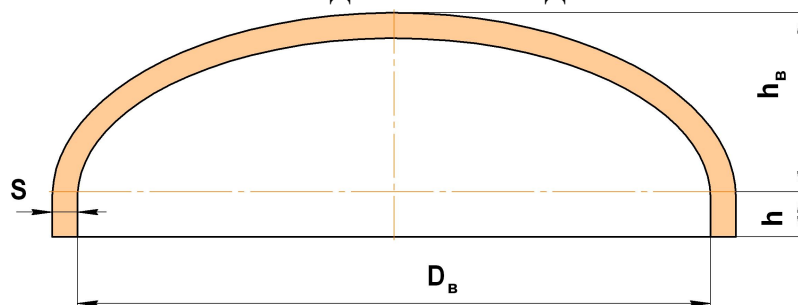


Рисунок 31 – Днище эллиптическое

Таблица 3 - Основные размеры и масса днищ эллиптических

Внутренний диаметр днища $D_{в}$ , мм	Размер $h_{в}$ , мм	Размер $h$ , мм	Толщина стенки днища $s$ , мм	Масса днища эллиптического $M_{днэ}$ , кг
400	100	25	6	10,0
			8	13,4
			10	17,0
			12	20,6
			14	24,3
			18	31,9
			22	39,8
500	125	25	8	20,2
			10	25,5
			12	30,8
			16	41,8
			22	63,2
			25	72,7
600	150	25	8	28,3
			10	35,2
			12	43,1
		40	16	58,3
			20	78,5
			25	97,9
			30	122,0
700	150	25	8	37,8
			10	47,5
			12	57,4
		40	16	81,8
			20	92,5
			25	131,3
			30	171,7

Продолжение таблицы 3

Внутренний диаметр днища эллиптического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища эллиптического Мднэ, кг
800	225	25	8	48,6
			10	61,1
			12	73,8
		40	16	104,3
			20	131,8
			25	167,0
			30	203,1
			38	278,5
900	225	25	8	60,8
			10	76,4
		40	12	96,2
			16	129,6
			20	163,5
		60	30	265,1
			34	284,1
1000	250	25	8	74,4
			10	93,4
		40	12	117,1
			14	137,2
			20	198,7
			25	251,1
		60	34	356,6
			45	495,2
			55	618,0
1200	330	25	8	105,6
			10	137,0
		40	12	165,0
			14	193,2
			20	279,3
		60	25	367,3
			34	507,8
			45	685,4
		80	55	886,7

Продолжение таблицы 3

Внутренний диаметр днища эллиптического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища эллиптического Мднэ, кг
1400	350	40	8	146,4
			10	183,6
			14	258,3
		60	20	387,3
			28	549,1
			38	757,0
		80	50	1050,5
			60	1279,8
1600	400	40	10	237,1
			16	382,6
		60	22	548,2
			32	808,6
		80	45	1194,2
			55	1479,3
1800	450	40	10	297,4
		60	16	493,8
			22	684,1
2000	550	40	10	364,5
			12	438,2
		60	16	603,1
			18	680,0
			22	834,9
2200	550	40	10	438,4
		60	12	540,2
			18	815,4
			20	907,9
2400	600	40	10	519,1
		60	12	638,4
			18	963,1
			20	1072,1
2600	650	60	10	619,5
			12	744,7
			18	1123,0
			22	1377,3

**13 Масса конических отбортованных стальных днищ,  $\alpha = 60^\circ$   
(ряды размеров по ГОСТ 12619-78) для аппаратов, работающих  
под избыточным давлением до 2,5 МПа**

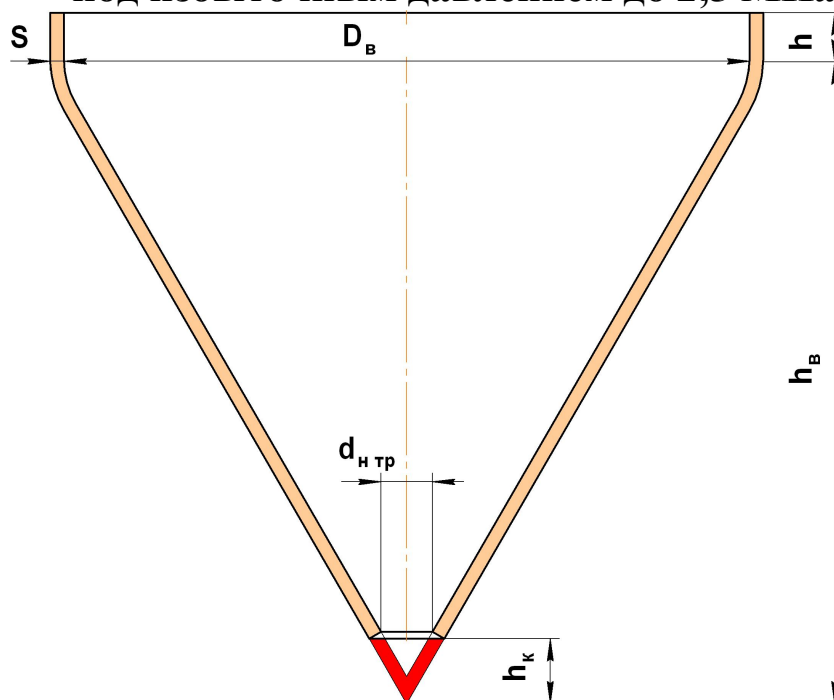


Рисунок 33 – Днище коническое отбортованное

Таблица 4 - Основные размеры и масса днищ отбортованных конических

Внутренний диаметр днища конического $D_{в}$ , мм	Размер $h_{в}$ , мм	Размер $h$ , мм	Толщина стенки днища $s$ , мм	Масса днища конического $M_{днк}$ , кг
400	367	30	3	7,8
			4	10,4
			6	15,8
			8	21,4
			10	27,0
500	452	30	3	11,4
			4	15,3
			6	23,1
			8	31,1
		40	10	40,6
600	541	30	4	21,0
			6	31,7
			8	42,6
			10	55,3
		40	12	66,9

Продолжение таблицы 4

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
700	627	30	4	27,6
		40	6	41,7
			8	57,5
			10	72,3
		50	12	89,6
800	735	30	4	38,7
		40	6	58,4
			8	80,1
			10	100,7
		50	12	124,2
			14	145,7
900	821	30	4	47,6
		40	6	71,7
			8	98,1
			10	125,7
		50	12	151,6
			14	181,2
1000	908	30	4	57,3
		40	6	88,0
			8	117,9
			10	150,7
		50	12	181,7
		60	14	216,7
			16	248,3
1200	1080	40	6	121,7
		50	8	165,5
			10	207,6
			12	253,9
		60	14	297,4
		70	16	346,3
			18	391,0
1400	1254	50	6	163,1
		60	8	218,1
			10	277,2
			12	333,8
		70	14	395,9
		80	16	453,9
			18	519,0
			20	578,6



Продолжение таблицы 4

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
1600	1439	50	6	213,2
		60	8	285,1
			10	361,6
		70	12	440,2
			14	515,0
		80	16	597,1
			18	673,6
		100	20	767,9
			22	847,8
			25	966,5
1800	1612	50	6	264,1
		60	8	356,8
			10	447,1
		70	12	543,6
			14	642,5
		80	16	736,1
			18	847,5
		100	20	944,0
			22	1041,0
			25	1187,3
2000	1785	50	6	320,5
		60	8	432,4
			10	547,0
		70	12	657,9
			14	776,6
		80	16	906,5
			18	1022,0
			20	1138,2
			22	1254,9
		100	25	1457,6
			28	1638,0
			30	1759,0

Продолжение таблицы 4

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
2200	1958	60	8	515,3
		70	10	651,2
		80	12	789,9
			14	923,5
			16	1076,0
		100	18	1213,0
			20	1350,7
			22	1488,8
			25	1726,2
		120	28	1939,3
			30	2082,2
2400	2130	60	8	605,5
		70	10	764,5
		80	12	926,6
		100	14	1100,5
			16	1260,1
			18	1420,4
			20	1606,3
		120	22	1770,0
			25	2017,5
			28	2266,1
2600	2303	70	8	708,2
		80	10	893,2
			12	1074,1
		100	14	1274,1
			16	1458,1
			18	1644,0
		120	20	1857,0
			22	2046,3

**14 Масса конических отбортованных стальных днищ,  $\alpha = 90^\circ$   
(ряды размеров по ГОСТ 12619-78) для аппаратов, работающих  
под избыточным давлением до 2,5 МПа**

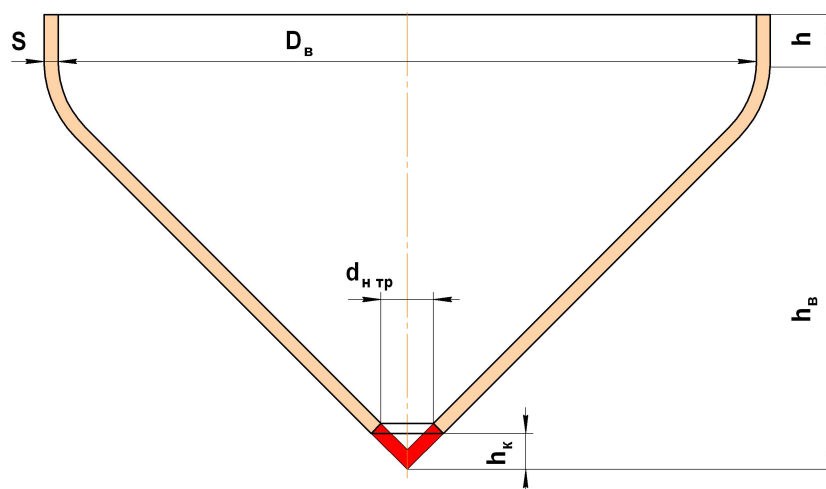


Рисунок 34 – Днище коническое отбортованное

Таблица 5 - Основные размеры и масса днищ отбортованных конических

Внутренний диаметр днища конического $D_{в}$ , мм	Размер $h_{в}$ , мм	Размер $h$ , мм	Толщина стенки днища $s$ , мм	Масса днища конического $M_{днк}$ , кг
400	232	30	3	6,5
			4	8,7
			6	13,3
			8	17,9
			10	22,6
500	282	30	3	9,1
			4	12,2
			6	18,5
			8	24,9
		40	10	33,0
600	332	30	4	16,3
			6	24,6
			8	33,1
			10	43,5
		40	12	52,6
700	382	30	4	20,9
			6	31,6
		40	8	44,0
			10	55,5
		50	12	69,4

Продолжение таблицы 5

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
800	466	30	4	31,7
		40	6	47,9
			8	66,2
			10	83,3
			12	103,4
		50	14	121,4
900	516	30	4	38,1
		40	6	57,5
			8	79,1
			10	102,2
			12	123,3
		60	14	148,4
1000	566	30	4	45,0
		40	6	69,6
			8	93,3
			10	120,1
			12	144,8
		60	14	173,9
1200	656	40	16	199,7
			6	93,3
			8	127,6
			10	160,2
		60	12	197,2
			14	231,0
1400	766	70	16	270,6
			18	305,7
			6	122,8
			8	164,3
		60	10	210,0
			12	252,9
1400	766	70	14	301,6
			16	346,0
			18	397,8
			20	443,6
		80		

Продолжение таблицы 5

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
1600	932	50	6	161,8
		60	8	216,4
			10	275,8
		70	12	337,3
			14	394,8
		80	16	459,9
			18	519,0
		100	20	596,6
			22	658,4
			25	751,7
1800	982	50	6	197,0
		60	8	267,4
			10	335,2
		70	12	400,3
			14	485,8
		80	16	556,8
			18	646,1
		100	20	719,9
			22	784,2
			25	906,5
2000	1082	50	6	235,8
		60	8	319,4
			10	405,7
		70	12	488,1
			14	578,5
		80	16	680,2
			18	767,3
			20	854,8
			22	942,8
		100	25	1103,2
			28	1240,4
			30	1332,4

Продолжение таблицы 5

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Размер h, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
2200	1182	60	8	376,1
		70	10	477,1
		80	12	580,9
			14	679,4
		100	16	798,1
			18	898,9
			20	1001,3
			22	1130,3
		120	25	1285,1
			28	1448,9
			30	1556,2
2400	1282	60	8	437,4
		70	10	554,3
		80	12	674,2
		100	14	805,9
			16	923,2
			18	1041,0
			20	1184,8
		120	22	1306,3
			25	1489,4
			28	1673,7
2600	1382	70	8	508,4
		80	10	643,9
		100	12	774,4
			14	924,3
			16	1058,6
			18	1193,5
		120	20	1356,2
			22	1495,0

**15 Масса сферических неотбортованных стальных днищ, (по ГОСТ 52630-2006) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 1,6 МПа**

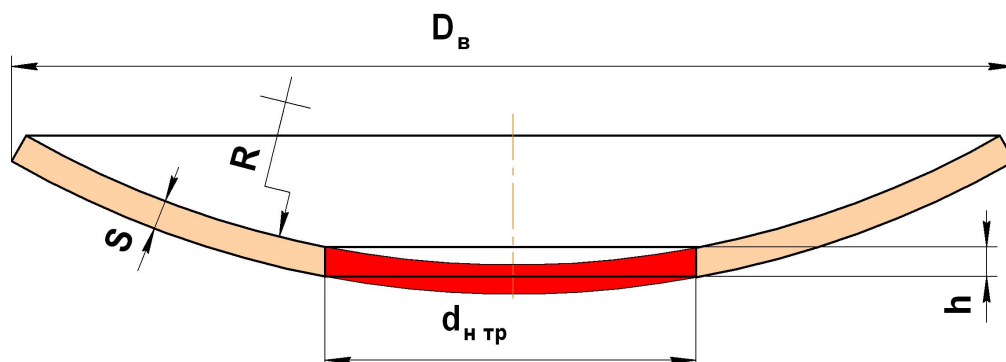


Рисунок 35 – Днище сферическое неотбортованное

Таблица 6 - Основные размеры и масса днищ неотбортованных сферических

Внутренний диаметр днища сферического $D_{в}$ , мм	Размер R, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища сферического $M_{днс}$ , кг
400	400	4	4,3
		6	6,4
		8	8,6
		10	10,8
		12	13,1
500	500	4	6,7
		6	10,0
		8	13,4
		10	16,9
		12	20,3
600	600	4	9,6
		6	14,4
		8	19,3
		10	24,2
		12	29,2
700	700	4	13,0
		6	19,6
		8	26,2
		10	32,8
		12	39,5

Продолжение таблицы 6

Внутренний диаметр днища сферического Дв, мм	Размер R, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища сферического Мднс, кг
800	800	4	17,0
		6	25,6
		8	34,1
		10	42,8
		12	51,5
900	900	4	6,7
		6	10,0
		8	13,4
		10	16,9
		12	20,3
1000	1000	4	21,5
		6	32,3
		8	43,2
		10	54,1
		12	65,1
1200	1200	4	38,2
		6	57,4
		8	76,8
		10	96,8
		12	115,3
1400	1400	4	52,0
		6	78,0
		8	104,2
		10	130,5
		12	156,8



Продолжение таблицы 6

Внутренний диаметр днища сферического Dв, мм	Размер R, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища сферического Мднс, кг
1600	1600	4	67,8
		6	101,9
		8	136,0
		10	170,2
		12	204,5
1800	1800	4	85,8
		6	128,9
		8	172,0
		10	215,3
		12	258,6
2000	2000	4	105,3
		6	159,1
		8	212,3
		10	265,7
		12	319,1
2200	2200	4	128,2
		6	192,4
		8	256,8
		10	321,3
		12	385,9
2400	2400	4	152,5
		6	228,9
		8	305,5
		10	382,2
		12	459,0
2600	2600	4	178,9
		6	268,6
		8	358,5
		10	448,4
		12	538,5

**16 Масса конических неотбортованных стальных днищ,  $\alpha = 60^\circ$   
(ряды размеров по ГОСТ 12620-78) для аппаратов, работающих  
под наливом**

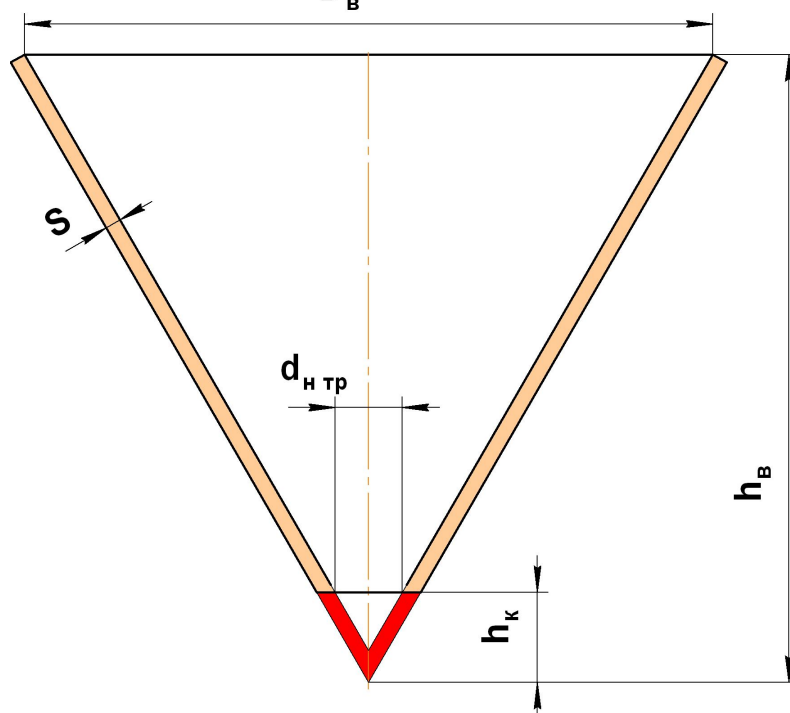


Рисунок 36 – Днище коническое неотбортованное

Таблица 7 - Основные размеры и масса днищ конических неотбортованных

Внутренний диаметр днища конического $D_{в}$ , мм	Размер $h_{в}$ , мм	Толщина стенки днища $s$ , мм	Масса днища конического $M_{днк}$ , кг
400	346	3	6,0
		4	8,0
500	433	3	9,3
		4	12,5
		6	18,7
600	520	3	13,4
		4	18,0
		6	20,7
700	606	3	24,4
		4	36,8
		6	49,3
800	692	4	31,8
		6	48,0
		8	64,2
900	779	4	30,2
		6	40,2
		8	81,1

Продолжение таблицы 7

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
1000	866	4	49,6
		6	74,7
		8	99,9
1200	1038	4	71,4
		6	107,4
		8	143,6
1400	1212	6	146,0
		8	195,2
		10	224,5
1600	1358	6	190,5
		8	254,6
		10	319,0
1800	1559	6	241,0
		8	321,9
		10	403,1
2000	1732	6	297,3
		8	397,1
		10	497,2
2200	1905	8	480,2
		10	601,3
		12	722,5
2400	2078	8	571,7
		10	714,9
		12	859,2
2600	2252	8	670,0
		10	839,0
		12	1004,7

**17 Масса конических неотбортованных стальных днищ,  $\alpha = 90^\circ$   
(ряды размеров по ГОСТ 12620-78) для аппаратов, работающих  
под наливом**

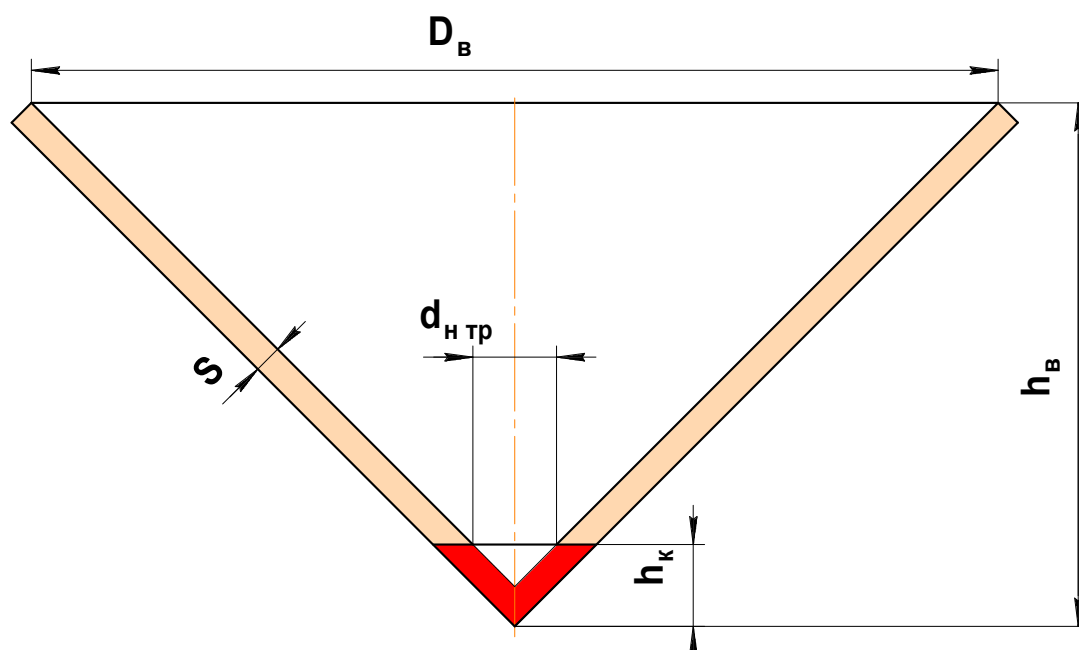


Рисунок 37 – Днище коническое неотбортованное

Таблица 8 - Основные размеры и масса днищ конических неотбортованных

Внутренний диаметр днища конического $D_{в}$ , мм	Размер $h_{в}$ , мм	Толщина стенки днища $s$ , мм	Масса днища конического $M_{днк}$ , кг
400	200	3	4,2
		4	5,7
500	250	3	6,7
		4	8,8
		6	13,3
600	300	3	9,5
		4	12,7
		6	19,1
700	350	4	17,2
		6	25,9
		8	34,7
800	400	4	22,5
		6	33,8
		8	45,2
900	450	4	28,4
		6	42,7
		8	57,1

Продолжение таблицы 8

утренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
1000	500	4	35,0
		6	52,7
		8	70,4
1200	600	4	50,4
		6	75,7
		8	101,2
1400	700	6	102,9
		8	137,6
		10	172,3
1600	800	6	134,4
		8	174,5
		10	224,8
1800	900	6	170,0
		8	227,0
		10	284,2
2000	1000	6	209,8
		8	280,1
		10	350,6
2200	1100	8	338,8
		10	423,9
		12	509,4
2400	1200	8	403,0
		10	504,3
		12	605,9
2600	1300	8	472,8
		10	591,6
		12	710,7

**18 Масса конических неотбортованных стальных днищ,  $\alpha = 120^\circ$   
(ряды размеров по ГОСТ 12620-78) для аппаратов, работающих  
под наливом**

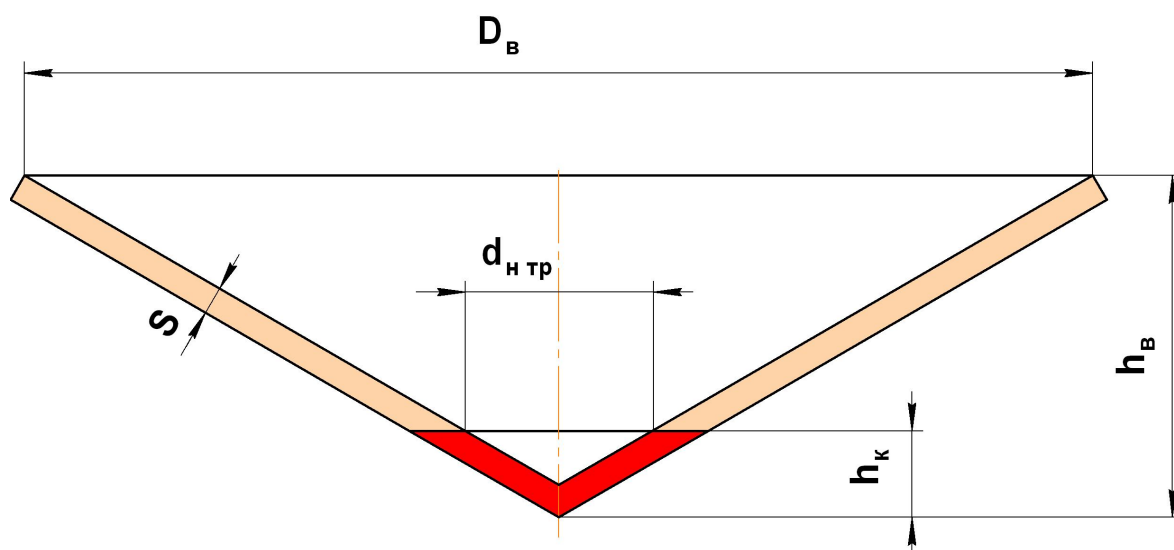


Рисунок 38 – Днище коническое неотбортованное

Таблица 9 - Основные размеры и масса днищ конических неотбортованных

Внутренний диаметр днища конического $D_{в}$ , мм	Размер $h_{в}$ , мм	Толщина стенки днища $s$ , мм	Масса днища конического $M_{днк}$ , кг
400	115	3	3,4
		4	4,6
		6	6,9
500	144	3	5,4
		4	7,2
		6	10,8
600	173	4	10,3
		6	15,5
		8	20,8
700	202	4	14,0
		6	21,1
		8	28,2
800	230	4	18,3
		6	27,5
		8	36,8
900	260	4	23,2
		6	34,8
		8	46,5

Продолжение таблицы 9

Внутренний диаметр днища конического Дв, мм	Размер hв, мм	Толщина стенки днища s, мм	Масса днища конического Мднк, кг
1000	288	4	28,6
		6	42,9
		8	57,4
1200	346	4	41,,1
		6	61,8
		8	82,5
1400	404	6	84,0
		8	112,2
		10	140,4
1600	462	6	109,7
		8	146,4
		10	183,2
1800	520	6	138,7
		8	185,2
		10	231,7
2000	577	6	171,2
		8	228,5
		10	285,9
2200	635	8	276,4
		10	345,8
		12	415,3
2400	692	8	328,8
		10	411,4
		12	494,1
2600	750	8	385,8
		10	482,6
		12	579,6

**19 Масса стальных приварных фланцев для обечаек аппарата  
(ряды размеров по ГОСТ 28759.2-90) для аппаратов,  
работающих под давлением до 1,6 МПа**

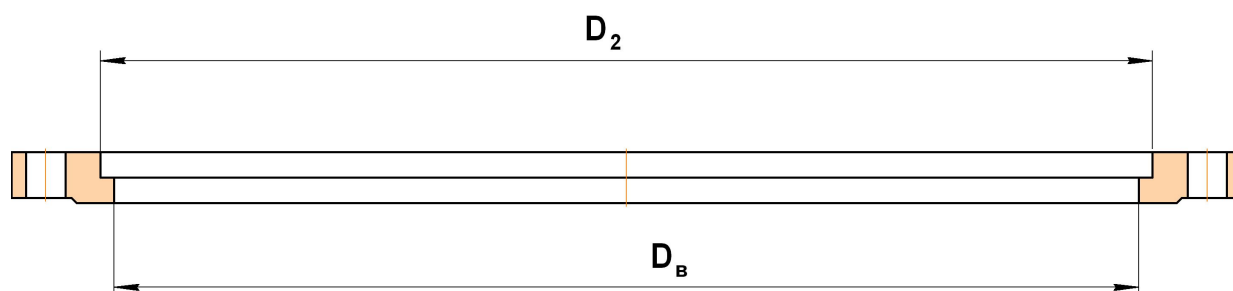


Рисунок 39 – Плоский приварной фланец

Таблица 10 - Основные размеры и масса плоских приварных фланцев

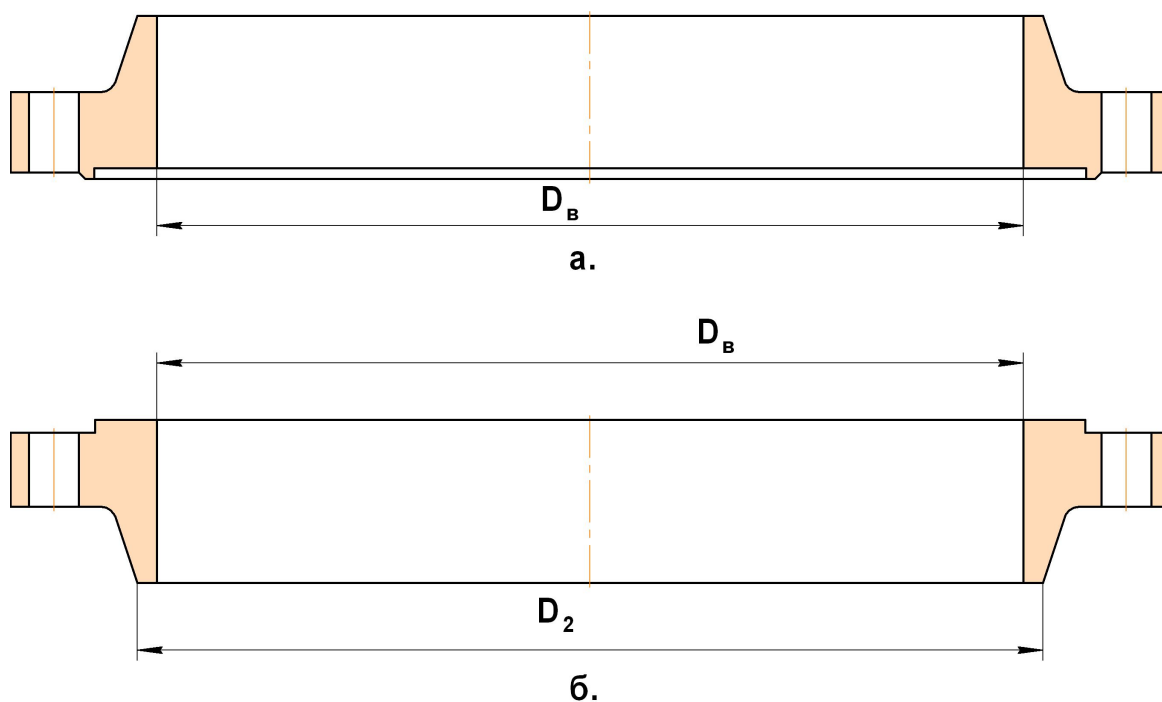
Внутренний диаметр фланца $D_{в}$ , мм	Давление $p$ , МПа	Диаметр фланца $D_2$ , мм	Масса фланца плоского приварного $M_{ф}$ , кг
400	0,6	412	13,4
	1,0	416	18,7
	1,6	416	22,8
500	0,6	516	15,9
	1,0	516	28,5
	1,6	520	32,6
600	0,3	616	19,0
	0,6	616	23,2
	1,0	620	33,0
	1,6	620	38,3
700	0,3	716	21,8
	0,6	716	31,8
	1,0	720	38,0
	1,6	724	55,8
800	0,3	816	24,6
	0,6	816	35,9
	1,0	820	51,5
	1,6	824	72,3
900	0,3	916	37,7
	0,6	916	44,5
	1,0	920	74,1
	1,6	924	89,5



Продолжение таблицы 10

Внутренний диаметр фланца Dв, мм	Давление p, МПа	Диаметр фланца D2, мм	Масса фланца плоского приварного Мф, кг
1000	0,3	1016	41,5
	0,6	1020	56,7
	1,0	1024	80,9
	1,6	1024	107,5
1200	0,3	1216	58,4
	0,6	1220	76,4
	1,0	1224	121,1
	1,6	1228	157,8
1400	0,3	1416	68,0
	0,6	1420	99,2
	1,0	1428	138,5
	1,6	1428	188,6
1600	0,3	1620	75,4
	0,6	1620	124,9
	1,0	1632	226,2
	1,6	1632	273,8
1800	0,3	1820	98,7
	0,6	1820	153,6
	1,0	1832	287,5
	1,6	1832	334,7
2000	0,3	2020	140,4
	0,6	2024	199,7
	1,0	2032	353,7
	1,6	2036	414,5
2200	0,3	2220	171,4
	0,6	2224	218,8
	1,0	2236	411,5
	1,6	2240	451,0
2400	0,3	2420	204,7
	0,6	2424	274,6
	1,0	2436	570,4
	1,6	2440	737,4
2600	0,3	2620	277,9
	0,6	2624	411,2
	1,0	2636	670,0

**20 Масса стальных приварных фланцев с выступом и впадиной для обечаек аппарата (ряды размеров по ГОСТ 28759.3-90) для аппаратов, работающих под давлением до 6,3 МПа**



а – исполнение 1, б – исполнение 2

Рисунок 40 – Фланец приварной с выступом и впадиной

Таблица 11 - Основные размеры и масса фланцев с выступом и впадиной

Внутренний диаметр фланца $D_v$ , мм	Давление $p$ , МПа	Диаметр фланца $D_4$ , мм	Масса фланца с выступом и впадиной $M_f$ , кг	
			Исполнение 1	Исполнение 2
400	2,5	420	30,3	30,3
	4,0	424	56,4	55,2
	6,3	428	79,2	78,0
500	2,5	524	43,9	44,1
	4,0	524	86,6	85,0
	6,3	532	107,7	107,1
600	2,5	624	57,9	58,2
	4,0	632	109,3	107,4
	6,3	640	169,2	167,4

Продолжение таблицы 11

Внутренний диаметр фланца Dв, мм	Давление р, МПа	Диаметр фланца D4, мм	Масса фланца с выступом и впадиной Мф, кг	
			Исполнение 1	Исполнение 2
700	2,5	728	74,3	75,
	4,0	732	143,2	141,2
	6,3	744	244,6	242,1
800	2,5	832	97,9	98,8
	4,0	840	177,2	175,5
	6,3	850	300,5	297,9
900	2,5	932	118,2	118,8
	4,0	940	219,3	217,1
	6,3	960	423,6	420,5
1000	2,5	1036	147,2	147,8
	4,0	1044	309,7	306,6
	6,3	1056	538,1	534,4
1200	2,5	1240	242,4	244,1
	4,0	1250	466,0	463,3
	6,3	1268	740,8	737,3
1400	2,5	1440	326,7	329,1
	4,0	1456	605,4	601,9
	6,3	1476	1170,6	1164,9
1600	2,5	1644	417,2	419,7
	4,0	1664	931,2	927,8
	6,3	1690	1550,0	1544,1
1800	2,5	1844	535,1	537,6
2000	2,5	2044	732,9	736,5

**21 Масса стальных приварных фланцев под металлическую прокладку для обечаек аппарата (ряды размеров по ГОСТ 28759.4-90) для аппаратов, работающих под давлением до 10 МПа**

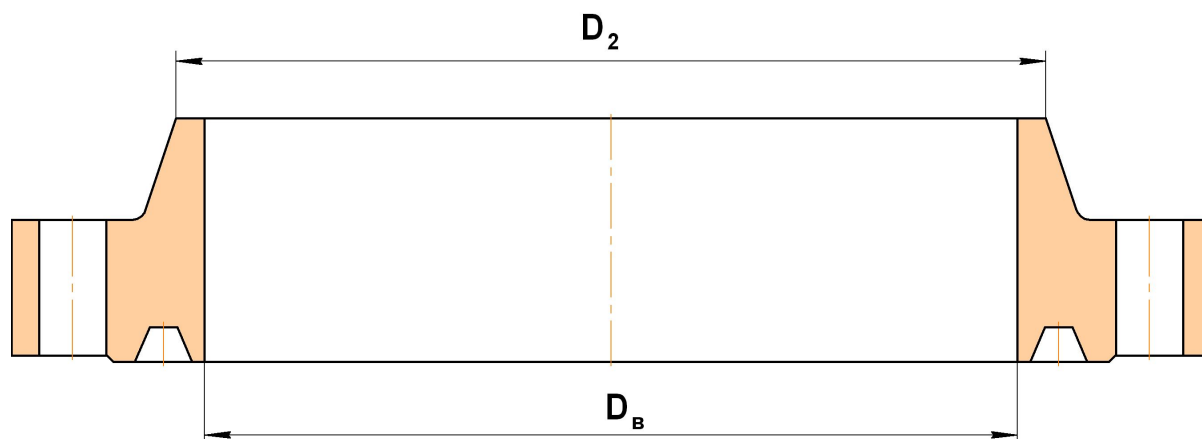


Рисунок 41 – Фланец приварной под металлическую прокладку

Таблица 12 - Основные размеры и масса фланцев под металлическую прокладку

Внутренний диаметр фланца $D_{в}$ , мм	Давление $p$ , МПа	Диаметр фланца $D_2$ , мм	Масса фланца с выступом и впадиной $M_{ф}$ , кг
400	8,0	436	99,4
	10,0	444	108,6
500	8,0	544	158,4
	10,0	550	197,4
600	8,0	650	213,2
	10,0	660	307,2
700	8,0	756	318,0
	10,0	768	456,9
800	8,0	860	433,0
	10,0	876	612,1
900	8,0	968	613,5
	10,0	990	857,2
1000	8,0	1076	761,3
	10,0	1090	1087,8
1200	8,0	1290	1194,7
	10,0	1310	1690,2
1400	8,0	1500	1744,2
	10,0	1520	2401,5
1600	8,0	1710	2482,6

**22 Масса стальных металлических прокладок для фланцевых соединений аппарата (ряды размеров по ГОСТ 28759.8-90) для аппаратов, работающих под давлением до 10 МПа**

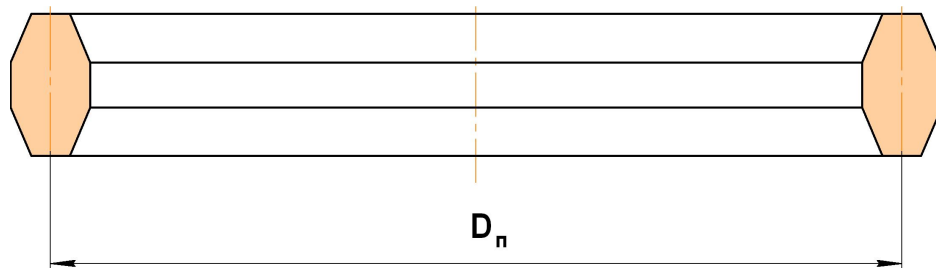


Рисунок 42 – Прокладка металлическая

Таблица 13 - Основные размеры и масса прокладок металлических

Внутренний диаметр фланца $D_v$ , мм	Давление $p$ , МПа	Диаметр прокладки $D_p$ , мм	Масса прокладки $M_p$ , кг
400	8,0 ; 10,0	475	2,1
500	8,0 ; 10,0	575	4,1
600	8,0 ; 10,0	675	6,1
700	8,0 ; 10,0	775	8,5
800	8,0 ; 10,0	875	11,5
900	8,0 ; 10,0	990	18,4
1000	8,0 ; 10,0	1090	23,3
1200	8,0 ; 10,0	1290	35,4
1400	8,0 ; 10,0	1500	55,7
1600	8,0 ; 10,0	1710	79,4

**23 Масса стальных труб, (ряды диаметров по ГОСТ 8732-78) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 2,5 МПа**

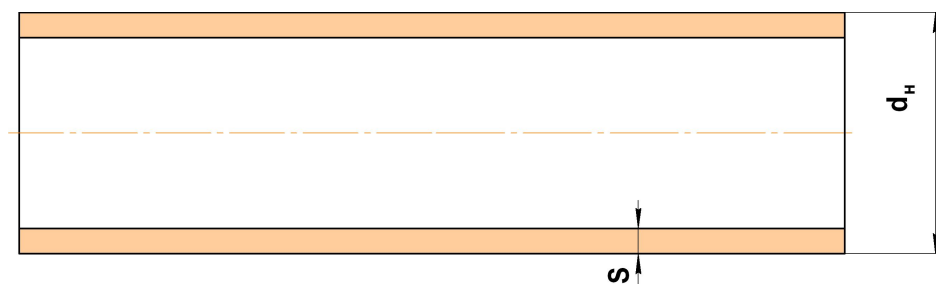


Рисунок 43 – Труба стальная

Таблица 14 - Основные размеры и масса трубы стальной

Условный диаметр трубы $d_y$ , мм	Наружный диаметр трубы $d_n$ , мм	Толщина стенки трубы $s$ , мм	Масса погонного метра трубы $M_{тр}$ , кг
15	20	2,5	1,08
20	25	2,5	1,39
25	32	3,5	2,46
32	38	3,5	3,32
40	45	3,5	3,58
50	57	4,0	5,23
65	76	5,0	8,76
80	89	5,5	11,33
100	108	6,0	15,09
125	133	6,0	18,79
150	159	6,5	22,45
200	219	8,5	44,13
250	273	9,5	61,73
300	325	11,0	85,15

## 24 Масса стальных труб, (ряды диаметров по ГОСТ 8732-78) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 10 МПа

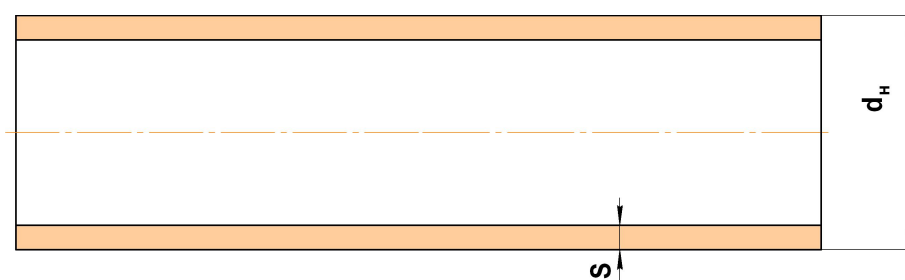


Рисунок 44 – Труба стальная

Таблица 15 - Основные размеры и масса трубы стальной

Условный диаметр трубы $d_y$ , мм	Наружный диаметр трубы $d_n$ , мм	Толщина стенки трубы $s$ , мм	Масса погонного метра трубы $M_{тр}$ , кг
15	20	2,5	1,08
20	25	2,5	1,39
25	32	3,5	2,46
32	38	3,5	3,32
40	45	4,0	4,04
50	57	6,0	7,53
65	76	7,0	11,91
80	89	7,0	14,16
100	108	8,0	19,73
125	133	10,0	30,33
150	159	11,0	40,15
200	219	14,0	70,78
250	273	18,0	113,20
300	325	20,0	150,44

**25 Масса стальных приварных фланцев для труб (ряды размеров по ГОСТ 12820-80) для аппаратов, работающих под давлением до 2,5 МПа**

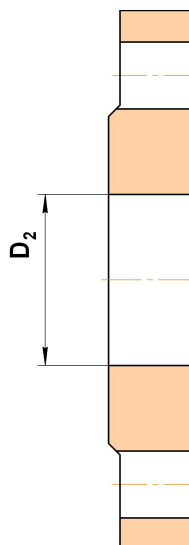


Рисунок 45 – Плоский приварной фланец

Таблица 16 - Основные размеры и масса плоских приварных фланцев

Условный диаметр трубы $d_y$ , мм	Давление $p$ , МПа	Диаметр фланца $D_2$ , мм	Масса фланца плоского приварного $M_f$ , кг
25	0,3	32	0,55
	0,6	32	0,64
	1,0	32	0,89
	1,6	32	1,17
	2,5	32	1,17
32	0,3	38	0,79
	0,6	38	1,01
	1,0	38	1,40
	1,6	38	1,58
	2,5	38	1,77
40	0,3	45	0,95
	0,6	45	1,21
	1,0	45	1,71
	1,6	45	1,96
	2,5	45	2,18
50	0,3	57	1,04
	0,6	57	1,33
	1,0	57	2,06
	1,6	57	2,58
	2,5	57	2,71



Продолжение таблицы 16

Условный диаметр трубы dy, мм	Давление p, МПа	Диаметр фланца D2, мм	Масса фланца плоского приварного Мф, кг
65	0,3	76	1,39
	0,6	76	1,63
	1,0	76	2,80
	1,6	76	3,42
	2,5	76	3,72
80	0,3	89	1,84
	0,6	89	2,44
	1,0	89	3,19
	1,6	89	3,71
	2,5	89	4,06
100	0,3	108	2,14
	0,6	108	2,85
	1,0	108	3,96
	1,6	108	4,73
	2,5	108	5,92
125	0,3	133	2,60
	0,6	133	3,88
	1,0	133	5,40
	1,6	133	6,38
	2,5	133	8,26
150	0,3	159	3,61
	0,6	159	4,63
	1,0	159	6,98
	1,6	159	8,16
	2,5	159	10,51
200	0,3	219	4,73
	0,6	219	5,89
	1,0	219	8,05
	1,6	219	10,10
	2,5	219	13,43
250	0,3	273	6,95
	0,6	273	7,67
	1,0	273	10,65
	1,6	273	14,49
	2,5	273	18,90
300	0,3	325	9,33
	0,6	325	10,28
	1,0	325	12,90
	1,6	325	17,78
	2,5	325	23,95

**26 Масса стальных приварных встык фланцев для труб (ряды размеров по ГОСТ 12821-80) для аппаратов, работающих под давлением до 10 МПа**

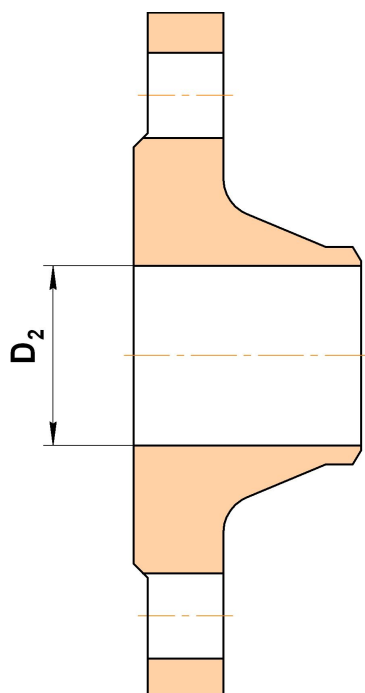


Рисунок 46 – Плоский приварной встык фланец

Таблица 17 - Основные размеры и масса плоских приварных встык фланцев

Условный диаметр трубы $d_y$ , мм	Давление $p$ , МПа	Диаметр фланца $D_2$ , мм	Масса фланца плоского приварного $M_f$ , кг
25	4,0	32	1,18
	6,3	32	2,30
	10,0	32	2,48
32	4,0	38	1,83
	6,3	38	2,94
	10,0	38	3,05
40	4,0	45	2,19
	6,3	45	3,75
	10,0	45	4,06
50	4,0	57	2,81
	6,3	57	4,63
	10,0	57	6,03

Продолжение таблицы 17

Условный диаметр трубы dy, мм	Давление p, МПа	Диаметр фланца D2, мм	Масса фланца плоского приварного Мф, кг
65	4,0	76	3,71
	6,3	76	6,29
	10,0	76	8,52
80	4,0	89	4,80
	6,3	89	7,22
	10,0	89	9,91
100	4,0	108	7,40
	6,3	108	10,71
	10,0	108	14,65
125	4,0	132	10,00
	6,3	132	17,13
	10,0	132	23,32
150	4,0	158	13,03
	6,3	158	24,60
	10,0	158	32,87
200	4,0	218	24,44
	6,3	218	36,60
	10,0	218	54,24
250	4,0	272	37,59
	6,3	272	50,89
	10,0	272	85,24
300	4,0	324	57,10
	6,3	324	68,15
	10,0	324	127,78

## 27 Масса болтов крепежных ряды размеров по ГОСТ 15589-70, (М33, М39, М52, М 56, М60) по ГОСТ50793-95 (ИСО 4017-880)

Таблица 18 – Масса болтов

Длина болта l, мм	Теоретическая масса 1000 шт. болтов, кг при номинальном диаметре резьбы d, мм														
	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M 33	M36	M39	M42	M48	M52	M56	M60
10	16,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	17,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	18,96	27,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	20,10	29,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	21,23	31,12	65,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	22,37	32,76	68,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	23,51	34,40	71,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	25,22	36,86	75,87	133,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	26,92	39,32	80,29	140,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	28,52	40,96	83,24	144,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	29,43	42,59	86,19	149,4	237,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	31,28	45,34	90,62	156,3	246,0	340,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	33,18	48,00	95,04	163,2	256,9	353,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	34,36	49,78	97,99	167,8	263,5	361,8	474,8	-	-	-	-	-	-	-	-
45	37,45	54,22	105,7	179,4	280,1	373,0	500,9	-	-	-	-	-	-	-	-
50	40,53	58,67	113,6	190,9	296,7	404,1	526,9	-	834,5	-	-	-	-	-	-
55	43,62	63,11	121,5	203,7	313,3	425,3	553,0	-	872,1	-	1304	-	-	-	-
60	46,70	67,55	129,4	216,0	329,9	446,5	579,0	-	909,8	-	1356	-	-	-	-
65	49,70	71,99	137,3	228,4	348,8	467,7	605,1	731	947,4	-	1407	2009	-	-	-
70	52,87	76,44	145,2	240,7	366,5	491,1	631,1	760	985,0	-	1458	2076	-	-	-
75	55,96	80,88	153,1	253,0	384,3	513,6	659,7	-	1023	-	1509	2143	-	-	-
80	59,04	85,33	161,0	265,0	402,1	536,1	687,5	818	1061	1264	1561	2211	-	-	-
85	62,13	89,77	168,9	277,7	419,8	558,6	715,2	-	1098	-	1612	2278	-	-	-
90	65,21	94,20	176,8	290,1	437,6	581,0	743,0	876	1141	1345	1663	2345	-	-	-
95	68,30	98,64	184,7	302,4	455,4	603,5	770,8	-	1181	-	1715	2412	-	-	-
100	71,38	103,10	192,6	314,7	473,2	626,0	798,5	935	1221	1426	1766	2479	2920	-	-
105	74,47	107,50	200,5	327,1	490,9	648,5	826,3	-	1261	-	1826	2546	-	-	-
110	77,55	112,00	208,4	339,4	508,7	671,0	854,1	993	1301	1507	1880	2614	3090	3580	-
115	80,63	116,40	216,3	351,8	526,5	693,5	881,8	-	1341	-	1934	2690	-	-	-
120	83,72	120,90	224,2	364,1	544,2	716,0	909,6	1052	1381	1589	1989	2760	3260	3770	4439
125	86,80	125,30	232,1	376,4	562,0	738,5	937,4	-	1421	-	2043	2831	-	-	-
130	89,89	129,70	240,0	388,8	579,8	761,0	965,2	1110	1461	1670	2098	2903	3430	3960	4635
140	96,06	138,60	255,8	413,5	615,3	806,0	1021	1168	1541	1751	2207	3045	3600	4150	4832
150	102,2	147,50	271,6	438,1	650,8	850,1	1076	1227	1621	1832	2315	3187	3770	4340	5028
160	108,4	156,40	287,4	462,8	686,4	895,9	1132	1285	1701	1913	2424	3329	3940	4530	5224
170	114,6	165,30	303,2	487,5	721,9	940,9	1188	-	1780	-	2533	3471	-	-	-
180	120,7	174,20	319,0	512,2	757,5	985,9	1243	1401	1860	2076	2642	3614	4280	4910	5617
190	126,9	183,10	333,8	536,9	793,0	1031	1299	-	1940	-	2751	3756	-	-	-
200	133,1	191,90	350,6	561,5	828,6	1076	1354	1517	2020	2239	2860	3898	4620	5290	6010
220	-	209,70	382,2	610,9	899,6	1166	1465	-	2180	-	3077	4182	-	-	-
240	-	227,50	413,8	660,3	970,8	1256	1576	-	2340	-	3295	4466	-	-	-
260	-	245,20	445,4	709,6	1042	1346	1687	-	2500	-	3513	4751	-	-	-
280	-	-	476,9	759,0	1113	1436	1798	-	2660	-	3730	5035	-	-	-
300	-	-	508,5	808,3	1184	1526	1910	-	2820	-	3948	5319	-	-	-

**28 Масса шпилек крепежных ряды размеров по ГОСТ 22032-76,  
(М33, М39) ГОСТ 22033-76 и (М52, М56, и М60) ГОСТ 9066-75**

Таблица 19 – Масса шпилек

Длина шпиль ки l, мм	Теоретическая масса 1000 шт. шпилек, кг при номинальном диаметре резьбы d, мм														
	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M 33	M36	M39	M42	M48	M52	M56	M60
16	13,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	14,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	15,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	16,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	18,38	28,04	57,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	20,00	30,38	61,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	21,00	31,84	64,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	22,01	33,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	23,63	35,64	70,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	25,48	37,98	74,41	128,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	26,71	39,43	77,08	132,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	27,95	41,42	79,74	139,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	29,80	43,88	83,98	145,4	212,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	31,65	46,54	87,73	150,3	221,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	32,88	48,31	90,89	161,1	228,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	35,96	52,75	98,78	171,9	244,0	325,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	39,04	57,19	106,7	184,2	259,6	345,4	437,9	-	-	-	-	-	-	-	-
65	42,13	61,63	114,6	196,6	275,1	365,3	462,4	-	-	-	-	-	-	-	-
70	45,21	66,07	122,4	208,9	290,6	385,3	486,9	629,2	746,9	-	-	-	-	-	-
75	48,29	70,51	130,3	221,2	308,4	404,0	509,8	655,0	780,2	-	-	-	-	-	-
80	51,37	74,96	138,2	233,6	326,2	426,5	537,6	684,1	820,2	1007	1178	1618	-	-	-
85	54,46	79,39	146,1	245,9	343,9	448,9	560,4	713,1	853,4	1048	1223	1677	-	-	-
90	57,54	83,82	153,0	258,3	361,6	471,4	588,2	742,2	886,7	1089	1269	1737	-	-	-
95	60,62	88,26	161,9	270,5	379,4	493,9	615,9	771,2	923,3	1130	1319	1803	-	-	-
100	63,70	92,70	169,8	282,9	397,2	516,4	643,7	800,3	959,9	1171	1366	1865	-	-	-
105	66,79	97,14	177,7	295,2	414,9	538,9	671,4	829,3	1000	1216	1413	1926	-	-	-
110	69,87	101,6	185,6	307,5	432,7	561,3	699,2	858,4	1039	1253	1460	1988	-	-	-
115	72,95	106,0	193,5	319,9	450,5	583,8	726,9	887,4	1080	1294	1515	2059	-	-	-
120	76,04	110,4	201,4	344,5	468,2	606,3	754,7	916,5	1120	1334	1569	2111	-	-	-
130	82,20	119,3	217,2	369,2	503,7	651,2	810,1	976,4	1200	1416	1678	2250	-	-	-
140	88,37	128,2	232,9	393,9	539,2	696,2	865,6	1034,2	1279	1487	1786	2392	-	-	-
150	94,53	137,1	248,7	416,2	574,7	741,1	921,1	1092,5	1359	1579	1895	2534	-	-	-
160	100,0	145,0	263,0	440,9	606,9	782,3	971,8	1150,7	1433	1660	1995	2665	-	-	-
170	106,2	153,9	278,8	465,5	642,4	827,2	1027	1208,0	1513	1742	2104	2807	-	-	-
180	112,3	162,8	294,6	490,2	678,0	872,2	1083	1266,9	1592	1824	2213	2948	-	-	-
190	118,5	171,7	310,4	514,9	713,5	917,1	1138	1325,0	1672	1906	2321	3091	-	-	-
200	124,7	180,5	326,2	564,2	748,9	962,1	1194	1383,1	1752	1988	2430	3233	-	-	-
220	-	198,3	357,7	613,5	820,0	1052	1305	1497,6	1912	2151	2648	3517	3280	-	-
240	-	-	-	-	891,0	1142	1416	1613,8	2072	2314	2865	3801	3446	-	-
260	-	-	-	-	-	1232	1527	1730,0	2232	2478	3083	4085	3945	4525	-
280	-	-	-	-	-	-	-	1846,0	2391	2641	3300	4369	4280	4910	5620
300	-	-	-	-	-	-	-	1962,0	2551	2845	3518	4653	4610	5300	6065
370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5777	6647	7620
390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6107	7035	8065
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6270	7230	8290
410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6435	7420	8510
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6600	7610	8730
430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6770	7810	8950
440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6940	8010	9170
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7110	8200	9390
460	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7280	8390	9610
470	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7440	8580	10060

**29 Масса гаек крепежных и  
ряд размеров по ГОСТ  
5915-70, (М33, М39 М52, М56,  
М60) по ГОСТ ИСО 4032-2014**

**30 Масса шайб и  
ряд размеров по ГОСТ 28961-91**

Таблица 20 - Основной размер  
и масса гаек крепежных

Таблица 21 - Основной размер и  
масса шайб крепежных

Диаметр резьбы гайки Dв, мм	Масса одной гайки, кг		Диаметр шайбы Dв, мм	Масса одной шайбы, кг
M10	0,010		M10	0,004
M12	0,016		M12	0,006
M16	0,038		M16	0,011
M20	0,072		M20	0,017
M24	0,123		M24	0,032
M27	0,176		M27	0,042
M30	0,242		M30	0,054
M33	0,288		M33	0,075
M36	0,417		M36	0,096
M39	0,502		M39	0,133
M42	0,624		M42	0,183
M48	0,956		M48	0,294
M52	1,121		M52	0,376
M56	1,450		M56	0,409
M60	2,080		M60	0,509

**31 Масса неметаллических прокладок для фланцевых соединений аппаратов (по ГОСТ 28759.6-90), работающих под давлением до 6,3 МПа**

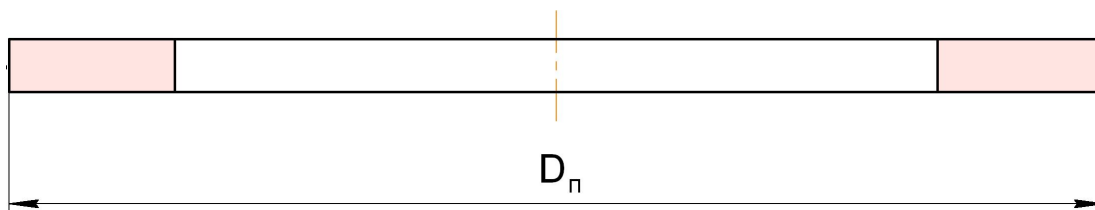


Рисунок 47 – Прокладка неметаллическая

Таблица 22- Основные размеры и масса прокладок

Диаметр Dв, мм	Давление p, МПа	Диаметр прокладки Dп, мм	Масса прокладки Mп, кг
400	0,3	443	0,068
	0,6	443	0,068
	1,0	457	0,070
	1,6	457	0,070
	2,5	457	0,070
	4,0	457	0,081
	6,3	457	0,081
500	0,3	543	0,083
	0,6	543	0,083
	1,0	563	0,086
	1,6	563	0,086
	2,5	563	0,086
	4,0	557	0,099
	6,3	557	0,099
600	0,3	643	0,103
	0,6	643	0,103
	1,0	663	0,106
	1,6	663	0,106
	2,5	663	0,106
	4,0	657	0,121
	6,3	669	0,121
700	0,3	743	0,119
	0,6	743	0,119
	1,0	763	0,123
	1,6	763	0,123
	2,5	763	0,124
	4,0	757	0,140
	6,3	774	0,143

Продолжение таблицы 22

Диаметр Dв, мм	Давление p, МПа	Диаметр прокладки Dп, мм	Масса прокладки Мп, кг
800	0,3	841	0,135
	0,6	841	0,135
	1,0	865	0,139
	1,6	865	0,139
	2,5	875	0,141
	4,0	869	0,207
	6,3	884	0,207
900	0,3	951	0,153
	0,6	951	0,153
	1,0	965	0,156
	1,6	965	0,156
	2,5	977	0,157
	4,0	969	0,227
	6,3	989	0,232
1000	0,3	1051	0,189
	0,6	1051	0,189
	1,0	1065	0,191
	1,6	1065	0,191
	2,5	1079	0,194
	4,0	1074	0,252
	6,3	1094	0,257
1200	0,3	1247	0,225
	0,6	1247	0,225
	1,0	1267	0,228
	1,6	1267	0,228
	2,5	1295	0,241
	4,0	1289	0,428
	6,3	1309	0,435
1400	0,3	1447	0,378
	0,6	1447	0,378
	1,0	1469	0,397
	1,6	1469	0,397
	2,5	1504	0,397
	4,0	1493	0,719
	6,3	1520	0,732



Продолжение таблицы 22

Диаметр Dв, мм	Давление p, МПа	Диаметр прокладки Dп, мм	Масса прокладки Мп, кг
1600	0,3	1646	0,476
	0,6	1646	0,476
	1,0	1680	0,486
	1,6	1680	0,486
	2,5	1706	0,494
	4,0	1706	0,839
	6,3	1730	0,851
1800	0,3	1846	0,535
	0,6	1846	0,535
	1,0	1880	0,545
	1,6	1880	0,545
	2,5	1908	0,553
2000	0,3	2044	0,593
	0,6	2044	0,593
	1,0	2084	0,759
	1,6	2084	0,759
	2,5	2114	0,770
2200	0,3	2244	0,651
	0,6	2244	0,651
	1,0	2284	0,832
	1,6	2284	0,832
2400	0,3	2444	0,710
	0,6	2444	0,710
	1,0	2488	0,907
	1,6	2494	0,910
2600	0,3	2654	0,993
	0,6	2654	0,993
	1,0	2693	1,008
	1,6	2697	1,010

**32 Масса плоских прокладок для стальных приварных фланцев  
(ряды размеров по ГОСТ 15180-70) для аппаратов, работающих  
под давлением до 2,5 МПа**

Таблица 23 - Основные размеры и масса плоских прокладок

Диаметр Du, мм	Давление p, МПа	Диаметр прокладки Dп, мм	Масса прокладки Mp, 1000шт/кг
25	0,3	69	6
	0,6	60	6
	1,0	68	8
	1,6	68	8
	2,5	68	8
32	0,3	70	7
	0,6	70	7
	1,0	78	9
	1,6	78	9
	2,5	78	9
40	0,3	80	9
	0,6	80	9
	1,0	88	11
	1,6	88	11
	2,5	88	11
50	0,3	90	10
	0,6	90	10
	1,0	102	14
	1,6	102	14
	2,5	102	14
65	0,3	110	14
	0,6	110	14
	1,0	122	20
	1,6	122	20
	2,5	122	20
80	0,3	128	18
	0,6	128	18
	1,0	133	22
	1,6	133	22
	2,5	133	22

Продолжение таблицы 23

Диаметр Dy, мм	Давление p, МПа	Диаметр прокладки Dп, мм	Масса прокладки Мп, 1000шт/кг
100	0,3	148	24
	0,6	148	24
	1,0	158	35
	1,6	158	35
	2,5	158	35
125	0,3	178	33
	0,6	178	33
	1,0	184	45
	1,6	184	45
	2,5	184	45
150	0,3	202	34
	0,6	202	34
	1,0	212	49
	1,6	212	49
	2,5	212	49
200	0,3	258	49
	0,6	258	49
	1,0	268	66
	1,6	268	66
	2,5	278	66
250	0,3	312	72
	0,6	312	72
	1,0	320	89
	1,6	320	89
	2,5	335	89
300	0,3	365	82
	0,6	365	82
	1,0	370	98
	1,6	370	98
	2,5	390	98

### 33 Масса плоских прокладок для стальных приварных встык фланцев (ряды размеров по ГОСТ 15180-70) для аппаратов, работающих под давлением до 10,0 МПа

Таблица 24 - Основные размеры и масса плоских прокладок

Диаметр Dy, мм	Давление p, МПа	Диаметр прокладки Dп, мм	Масса прокладки Мп, 1000шт/кг
25	4,0	68	8,4
	6,3	68	8,4
	10,0	68	8,4
32	4,0	78	9
	6,3	78	9
	10,0	78	9
40	4,0	88	11
	6,3	88	11
	10,0	88	11
50	4,0	102	14
	6,3	102	14
	10,0	102	14
65	4,0	122	20
	6,3	122	20
	10,0	122	20
80	4,0	133	22
	6,3	133	22
	10,0	133	22
100	4,0	158	35
	6,3	158	35
	10,0	158	35
125	4,0	184	42
	6,3	184	42
	10,0	184	42
150	4,0	212	49
	6,3	212	49
	10,0	212	49
200	4,0	285	66
	6,3	285	66
	10,0	285	66
250	4,0	345	89
	6,3	345	89
	10,0	345	89
300	4,0	410	98
	6,3	410	98
	10,0	410	98

### 34 Величины углов $\alpha$ и $\alpha_1$ для расчета горизонтальной опоры аппаратов

Таблица 25 - Величины углов  $\alpha$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$

Внутренний диаметр аппарата $D_{в}$ , мм	Толщина стенки аппарата $S$ , мм	Угол $\alpha$ , градусах	Угол $\alpha_1$ , градусах	Угол $\alpha_2$ , градусах
400	6	49,4	-	20,3
	8	48,5	-	21,5
	10	47,2	-	21,0
	12	46,3	-	20,5
	14	45,2	-	20,2
	18	43,3	-	19,5
	22	41,5	-	18,9
500	8	44,1	-	21,7
	10	43,3	-	21,6
	12	42,5	-	21,3
	16	41,0	-	20,5
	22	39,5	-	19,8
	25	38,0	-	19,2
600	8	46,5	-	21,8
	10	45,7	-	21,6
	12	45,0	-	21,3
	16	43,6	-	20,8
	20	42,3	-	20,3
	25	41,0	-	19,7
	30	39,5	-	19,2
700	8	48,1	-	22,1
	10	47,5	-	22,0
	12	46,8	-	21,8
	14	46,1	-	21,7
	16	45,5	-	21,3
	22	43,8	-	20,7
	28	42,2	-	20,1
	34	40,7	-	19,3
800	8	49,5	-	22,2
	10	48,8	-	21,9
	12	48,1	-	21,7
	16	47,0	-	21,3
	20	46,0	-	20,9
	25	44,6	-	20,4
	30	43,4	-	20,0
	38	41,6	-	19,4

Продолжение таблицы 25

Внутренний диаметр аппарата $D_{в}$ , мм	Толщина стенки аппарата $S$ , мм	Угол $\alpha$ , градусах	Угол $\alpha_1$ , градусах	Угол $\alpha_2$ , градусах
900	8	51,1	-	-
	10	50,8	-	-
	12	50,2	-	-
	16	49,1	-	-
	20	48,0	-	-
	30	45,6	-	-
	34	44,7	-	-
	38	44,4	-	-
1000	8	51,3	-	-
	10	50,8	-	-
	12	50,3	-	-
	18	48,6	-	-
	22	48,9	-	-
	25	47,1	-	-
	38	44,4	-	-
	45	43,1	-	-
1200	8	53,4	-	-
	10	53,0	-	-
	12	52,5	-	-
	14	52,3	-	-
	20	50,7	-	-
	25	49,6	-	-
	34	47,8	-	-
	45	45,8	-	-
1400	55	44,2	-	-
	8	53,7	-	-
	10	53,3	-	-
	14	52,4	-	-
	20	51,2	-	-
	28	49,7	-	-
	38	48,0	-	-
	50	46,1	-	-
	60	44,7	-	-

Продолжение таблицы 25

Внутренний диаметр аппарата Дв, мм	Толщина стенки аппарата S , мм	Угол $\alpha$ , градусах	Угол $\alpha_1$ , градусах	Угол $\alpha_2$ , градусах
1600	10	54,0	-	-
	16	53,0	-	-
	22	51,9	-	-
	32	50,2	-	-
	45	48,3	-	-
	55	46,8	-	-
1800	10	54,7	-	-
	16	53,7	-	-
	22	52,7	-	-
2000	10	55,3	24,3	-
	12	54,9	24,1	-
	16	54,3	24,0	-
	18	54,0	23,8	-
	22	53,4	23,6	-
2200	10	55,7	26,7	-
	12	55,5	26,6	-
	18	54,4	26,4	-
	20	54,2	26,3	-
2400	10	56,0	29,0	-
	12	55,8	28,9	-
	18	54,9	28,6	-
	20	54,7	28,5	-
2600	10	56,4	31,0	-
	12	56,3	30,9	-
	18	55,6	30,6	-
	22	55,1	30,5	-

### 35 Масса стальных приварных встык отводов крутоизогнутых для труб (ряды размеров по ГОСТ 17375-2001)

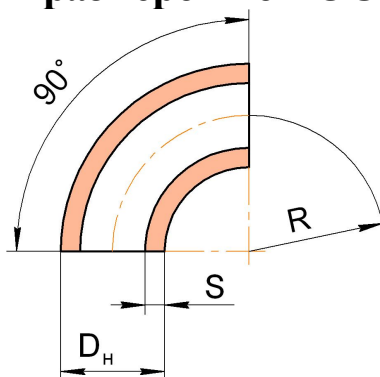


Рисунок 48 – Отвод крутоизогнутый приварной встык

Таблица 26 - Основные размеры и масса отводов крутоизогнутых

Условный диаметр отвода $d_y$ , мм	Диаметр наружный отвода $D_n$ , мм	Толщина стенки отвода $S$ , мм	Радиус отвода $R$ , мм	Масса отвода крутоизогнутого приварного $M_{ок}$ , кг
15	21,3	2,0	28	0,04
		3,2		0,06
		4,0		0,07
20	26,9	2,0	29	0,06
		3,2		0,08
		4,0		0,10
25	33,7	2,3	38	0,11
		3,2		0,16
		4,5		0,19
32	42,4	2,6	48	0,19
		3,6		0,26
		5,0		0,35
40	48,3	2,6	57	0,26
		3,6		0,36
		5,0		0,47
50	60,3	2,9	76	0,50
		4,0		0,67
		5,6		0,87
65	76,1	2,9	95	0,79
		5,0		1,50
		7,1		1,80
80	88,9	3,2	114	1,20
		5,6		2,10
		8,0		2,80
100	114,3	3,6	152	2,40
		6,3		4,00
		8,8		5,40



## Приложение А

(рекомендуемая) Форма и пример заполнения титульного листа



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

Направление подготовки	18.03.01 (химическая технология)
Направленность	"Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов"
Факультет	Механический
Кафедра	Инженерного проектирования

**Учебная дисциплина**      **Инженерная графика**

Курс    1

Группа    \_\_\_\_\_

### КУРСОВАЯ РАБОТА

**Тема:**

Студент	_____	_____
	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)
Руководитель,	_____	_____
должность	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)
Оценка за курсовую работу	_____	_____
	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Санкт-Петербург

20\_\_ г.

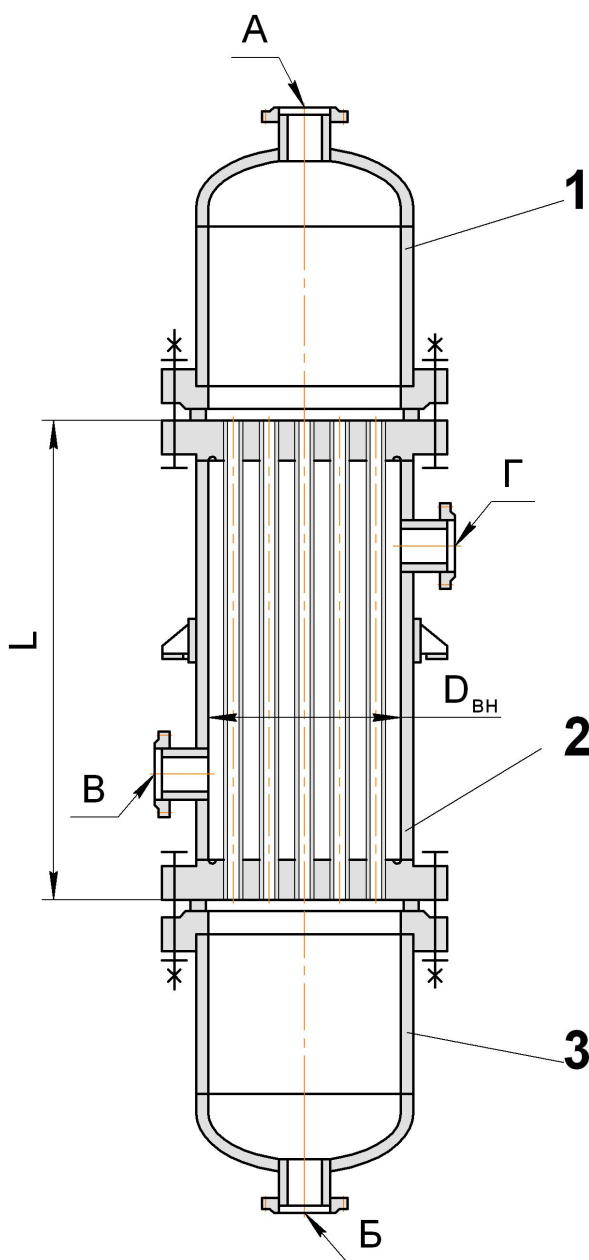
## Приложение Б пример технического задания

### Техническое задание 1.

Спроектировать стальной вертикальный кожухотрубчатый холодильник-конденсатор для охлаждения водой газообразного метанола.

**Выполнить:**

1. Чертеж общего вида аппарата на стадии технического проекта.
  2. Произвести расчет массы сухого аппарата.
  3. Выполнить расчет объемов трубного и межтрубного пространства аппарата.
- Ниже приведено схематичное изображение аппарата в исполнении 1.



## Продолжение приложения Б

### Устройство аппарата.

Конденсатор представляет собой совокупность сборочных единиц: корпуса 2, верхней крышки 1 и нижней крышки 3. Корпус состоит из сварной цилиндрической обечайки, внутри которой размещается пучок труб. Трубы закрепляются в трубных решетках вальцеванием, а трубные решетки привариваются к торцам обечайки. Корпус 2 (давление  $P_{мт}$ ) снабжен двумя штуцерами **В** (для ввода воды в межтрубное пространство) и **Г** (вывода воды). Конденсатор устанавливается в вертикальном положении с помощью опор (лап), которые также как и штуцеры крепятся к обечайке сваркой.

Крышки аппарата 1 и 3 состоят из цилиндрических обечайек, к торцам которых приварены днища и фланцы.

Верхняя крышка 1 снабжена штуцером **А** (ввод водяного пара), нижняя крышка 3 штуцером **Б** (вывод конденсата). Давление в трубном пространстве  $P_t$ . Штуцеры соединены с крышками с помощью сварки.

### Принцип действия аппарата.

Газообразный метанол с температурой  $t=150\text{ }^{\circ}\text{C}$  непрерывно поступает в холодильник-конденсатор через штуцер **А** и, проходя по трубам, размещенным в трубных решетках, конденсируется. Конденсат метанола (жидкий метанол) отводится из аппарата через штуцер **Б**. Конденсация метанола осуществляется за счет поглощения тепла через стенки труб холодной водой, подводимой через штуцер **В**. Вода отводится через штуцер **Г**.

### Технические характеристики.

Основные технические характеристики аппарата приведены в таблице ниже.

### Дополнительные указания.

Фланцы крышек 1 и 3 крепятся к трубным решеткам корпуса 2 холодильника-конденсатора с помощью болтов.

Исполнение	Дв, мм		Р <sub>т</sub> , МПа		Р <sub>мт</sub> , МПа		L, мм		А, d <sub>y</sub> , мм		Б, d <sub>y</sub> , мм		В, d <sub>y</sub> , мм		Г, d <sub>y</sub> , мм	
	1	400	1	0,3	1	0,3	1	1200	1	80	1	80	1	100	1	100

## Литература

- 1 Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи/ под ред. В.Н. Соколова. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.
- 2 Процессы и аппараты химической промышленности / под ред. П.Г. Романкова. – Л.: Химия, 1989.– 560 с.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: учеб. пособие для студентов вузов / М.Ф. Михалев [и др.]; под общ ред. М.Ф. Михалева. – Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
- 4 Лашинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: справочник/А.А. Лашинский – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1981. – 382 с.
- 5 Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т/В.И. Ануриев – М.: Машиностроение, 1982. – 584 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Структура пояснительной записки.....	4
1.1 Требования по оформлению пояснительной записки.....	4
2 Титульный лист.....	7
3 Техническое задание .....	7
4 Содержание.....	8
5 Введение .....	8
6 Теоретические основы процесса.....	8
7 Определение размеров составных частей аппарата .....	8
8 Расчет массы.....	9
8.1 Расчет массы аппарата теплообменного горизонтального, работающего под избыточным давлением.....	9
8.2 Расчет массы аппарата теплообменного вертикального, работающего под избыточным давлением.....	16
8.3 Расчет массы монжуса горизонтального, работающего под избыточным давлением.....	18
8.4 Расчет массы монжуса вертикального, работающего под избыточным давлением.....	22
8.5 Расчет массы сборника вертикального для суспензии (с барботером), работающего под избыточным давлением.....	24
8.6 Расчет массы аппарата газлифтного вертикального, работающего под избыточным давлением .....	28
9 Расчет номинального объема аппарата .....	33
9.1 Основные формулы для расчета объема химических аппаратов.....	33
9.2 Пример вычисления объема теплообменного аппарата.....	37
10 Заключение.....	39
11 Масса цилиндрических вальцованных оболочек (ряды диаметров по ГОСТ 9617-76) для аппаратов, работающих под избыточным давлением...	40
12 Масса эллиптических отбортованных стальных днищ (ряды размеров по ГОСТ 6533-78) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 10 МПа.....	44
13 Масса конических отбортованных стальных днищ, $\alpha = 60^\circ$ (ряды размеров по ГОСТ 12619-78) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 2,5 МПа.....	47
14 Масса конических отбортованных стальных днищ, $\alpha = 90^\circ$ (ряды размеров по ГОСТ 12619-78) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 2,5 МПа.....	51
15 Масса сферических неотбортованных стальных днищ, (по ГОСТ 52630-2006) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 1,6 МПа..	55
16 Масса конических неотбортованных стальных днищ, $\alpha = 60^\circ$ (ряды размеров по ГОСТ 12620-78) для аппаратов, работающих под наливом.....	58
17 Масса конических неотбортованных стальных днищ, $\alpha = 90^\circ$ (ряды размеров по ГОСТ 12620-78) для аппаратов, работающих под наливом.....	60

18 Масса конических неотбортованных стальных днищ, $\alpha = 120^\circ$ (ряды размеров по ГОСТ 12620-78) для аппаратов, работающих под наливом.....	62
19 Масса стальных приварных фланцев для обечаек аппарата (ряды размеров по ГОСТ 28759.2-90) для аппаратов, работающих под давлением до 1,6 МПа.....	64
20 Масса стальных приварных фланцев с выступом и впадиной для обечаек аппарата (ряды размеров по ГОСТ 28759.3-90) для аппаратов, работающих под давлением до 1,6 МПа.....	66
21 Масса стальных приварных фланцев под металлическую прокладку для обечаек аппарата (ряды размеров по ГОСТ 28759.4-90) для аппаратов, работающих под давлением до 10 МПа.....	68
22 Масса стальных металлических прокладок для фланцевых соединений аппарата (ряды размеров по ГОСТ 28759.8-90) для аппаратов, работающих под давлением до 10 МПа.....	69
23 Масса стальных труб, (ряды диаметров по ГОСТ 8732-75) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 2,5 МПа.....	70
24 Масса стальных труб, (ряды диаметров по ГОСТ 8732-75) для аппаратов, работающих под избыточным давлением до 10 МПа.....	71
25 Масса стальных приварных фланцев для труб (ряды размеров по ГОСТ 12820-80) для аппаратов, работающих под давлением до 2,5 МПа.....	72
26 Масса стальных приварных встык фланцев для труб (ряды размеров по ГОСТ 12821-80) для аппаратов, работающих под давлением до 10 МПа....	74
27 Масса болтов крепежных ряды размеров по ГОСТ 15589-70, (М33, М39, М52, М 56, М60) по ГОСТ 50793-95 (ИСО 4017-880).....	76
28 Масса шпилек крепежных ряды размеров по ГОСТ 22032-76, (М33, М39) ГОСТ 22033-76 и (М52, М56, и М60) ГОСТ 9066-75.....	77
29 Масса гаек крепежных и ряд размеров по ГОСТ 5915-70, (М33, М39 М52, М56, М60) по ГОСТ ИСО 4032-2014.....	78
30 Масса шайб и ряд размеров по ГОСТ 28961-91.....	78
31 Масса неметаллических прокладок для фланцевых соединений аппаратов (по ГОСТ 28759-90), работающих под давлением до 6,3 МПа.....	79
32 Масса плоских прокладок для стальных приварных фланцев (ряды размеров по ГОСТ 15180-70) для аппаратов, работающих под давлением до 2,5 МПа.....	82
33 Масса плоских прокладок для стальных приварных встык фланцев (ряды размеров по ГОСТ 15180-70) для аппаратов, работающих под давлением до 10,0 МПа.....	84
34 Величины углов $\alpha$ и $\alpha_1$ для расчета горизонтальной опоры аппаратов.....	85
35 Масса стальных приварных встык отводов крутоизогнутых для труб (ряды размеров по ГОСТ 17375-2001).....	88
Приложение А Форма и пример заполнения титульного листа.....	89
Приложение Б Пример технического задания.....	90
Литература .....	92

Кафедра инженерного проектирования

Учебное пособие

**ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ПРИ  
ВЫПОЛНЕНИИ ЧЕРТЕЖА ХИМИЧЕСКОГО АППАРАТА  
НА СТАДИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА**

Екатерина Николаевна Булина  
Алексей Васильевич Ермолаев  
Евгений Анатольевич Пономаренко

---

Отпечатано с оригинал- макета. Формат 60×90  $\frac{1}{16}$

Печ. л. 6,0 Тираж экз. Заказ №

---

Санкт- Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)

---

190013, Санкт-Петербург, Московский пр.,26  
Типография издательства СПбТИ(ТУ)