

Л 32

А.А. Лашинский

Конструирование сварных химических аппаратов

СПРАВОЧНИК

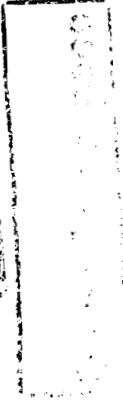
Конструирование сварных химических аппаратов

СПРАВОЧНИК

Под редакцией
канд. техн. наук А. Р. Толчинского

37955

Экземпляр
центрального
зала



Ленинград
«Машиностроение»
Ленинградское отделение
1981

Рецензент канд. техн. наук доц. И. А. Щупляк

ПРЕДИСЛОВИЕ

Быстрое развитие химической технологии и все возрастающее производство многочисленного химического оборудования, и в том числе химической аппаратуры, требуют создания высокоэффективных, экономичных и надежных аппаратов высокого качества, большинство из которых изготавливаются из стали самой распространенной повсеместно технологией — сваркой. Для конструирования химической аппаратуры в настоящее время имеется много новых стандартов СЭВ, ГОСТов, ОСТов, РТМ и других разрозненных нормативно-технических материалов.

Выбор вида и принципиальной конструкции аппарата, определение его рабочих параметров, основных размеров, марок конструкционных материалов и других необходимых для конструктивной разработки и расчета аппарата на прочность данных производится проектировщиком (химиком-технологом) на основе выбранного процесса производства, химико-технологического расчета и особенностей перерабатываемой среды. Этим вопросам посвящена обширная специальная научно-техническая литература.

В справочнике приведены лишь некоторые сведения о наиболее важных химико-технологических процессах, происходящих в химических аппаратах, знание которых совершенно необходимо для сознательного и качественного конструирования. Имеется глава о технологии изготовления стальных сварных аппаратов, что также необходимо знать при конструировании. Не рассматриваются аппараты, имеющие в своем составе механизмы и их приводы, относящиеся к самостоятельному разделу химического машиностроения — машинам химических производств, а также ковальные, ковочно-сварные аппараты, представляющие собой специфический класс химических аппаратов высокого давления.

Приведенные в справочнике конструкции, методы расчета на прочность элементов и узлов, а также аппаратов в целом и другие данные базируются на новых официальных технических требованиях и нормах.

В процессе подготовки справочника в 1980 г. было опубликовано большое количество перенятых Государственных и Отраслевых стандартов и РТМ, а также издан ряд стандартов СЭВ по отрасли химического и нефтяного машиностроения. Это потребовало переработки книги с целью согласования с действующей нормативно-технической документацией и стандартами.

По предложению издательства переработку справочника выполнил научный редактор канд. техн. наук А. Р. Толчинский. В значительном объеме были переработаны главы 1, 3, 6—8, 13—17, остальные — частично.

Все замечания и пожелания по существу данного справочника просим направлять по адресу: 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10, ЛО издательства «Машиностроение».

Лащинский А. А.

Л32 Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. — 382 с., ил.

В пер.: 1 р. 50 к.

Справочник содержит требования и рекомендации по конструированию сварной химической аппаратуры. Даны расчеты на механическую прочность деталей. Рассмотрены технология изготовления и испытания этой аппаратуры. Приведены данные по основным конструкционным материалам.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, конструированием и изготовлением химической аппаратуры.

Л $\frac{31402-172}{038(01)-81}$ 172-81. 2801020000

ББК 34.42я2
6П7.1 (083)

Основные условные обозначения

a_H — ударная вязкость, МДж/м ² ;	C_c — сила тяжести среды, МН;
b — ширина зазора между кромками сварного шва, м;	ξ — ускорение свободного падения, м/с ² ;
b_{II} — ширина прокладки, м;	H — высота аппарата; высота фланцевого штуцера, м;
c — общая прибавка, м;	H_d — высота выпуклой или конической части днища, м;
c_1 — прибавка для компенсации коррозии, м;	H_T — расстояние между тарелками, м;
c_2 — прибавка для компенсации микротрещин, м;	H_{Φ} — высота приварного встык фланца, м;
c_3 — технологическая прибавка, м;	h_K — высота поперечного сечения кольца жесткости, м;
D — внутренний диаметр цилиндрической обечайки, днища, фланца, м;	h_{Φ} — высота тарелки фланца, м;
D_B — диаметр окружности центров болтов, шпилек, м;	h_{II} — высота цилиндрической части отбортованных и конических днищ и переходов, м;
$D_{M'}$ — внутренние диаметры обечайки соответственно межтрубному и трубного пространств;	J — момент инерции площади поперечного сечения для цилиндрической обечайки, м ⁴ (для других деталей см. соответствующие индексы);
D_H — наружный диаметр цилиндрической обечайки, днища, м;	L — длина корпуса, м;
D_{II} — наружный диаметр прокладки, м;	L_{Φ} — длина, на которой происходит барботаж, м;
$D_{II, CP}$ — средний диаметр уплотнения, м;	$L_{сл}$ — длина слива, м; J — индексы;
D_T — наружный диаметр тарелки, м;	l — расстояние между перегородками, м;
D_y — номинальный (условный) диаметр, м;	l_{II} — диаметр отверстия, м;
D_{Φ} — наружный диаметр фланца, м;	M — изгибающий момент, МН·м (см. соответствующие индексы);
d — диаметр отверстия, м;	M_p — изгибающий момент от эксцентрических нагрузок, МН·м; изгибающие моменты соответственно от сейсмического воздействия и ветровой нагрузки, МН·м;
d_B — диаметр болта, шпильки, м;	$M_{S'}$ — масса, кг;
d_0 — внутренний диаметр резьбы, м;	n — коэффициент запаса прочности (индексы: в — по пределу прочности; п — по пределу ползучести; т — по пределу текучести; д — по пределу длительной прочности);
E — модуль нормальной упругости при расчетной температуре для материала цилиндрической обечайки, днища, МПа (для других деталей см. соответствующие индексы);	n_{II} — коэффициент устойчивости;
e, e_1 — ширина сварного шва; м; мена, м ² ;	p — осевая сила, МН (см. соответствующие индексы);
F_0 — площадь поперечного сечения цилиндрической обечайки, м ² ;	p_{II} — внутреннее давление, МПа;
F_{II} — площадь внутренней поверхности днища, м ² ;	$p_{M'}$ — давление соответственно в межтрубном и трубном пространствах, МПа;
F_K — площадь поперечного сечения кольца жесткости, м ² ;	R_H — наружное давление, МПа;
$F_{M'}$ — площадь проходного сечения соответственно межтрубного и трубного пространства, м ² ;	R_{II} — расщепленное давление, МПа;
F_c — площадь поперечного сечения сердечника, м ² ;	R_{IIp} — наружное давление, МПа;
$F_{сд}$ — площадь слива, м ² ;	
F_F — площадь фундамента, м ² ;	
G_M — сила тяжести метадла, МН;	
P_y — номинальное (условное) давление, МПа;	
Q — поперечная сила, МН (см. соответствующие индексы);	
Q_y — поперечная сила от ветровой нагрузки, МН;	
R — внутренний радиус выпуклого днища, м;	
R_{Φ} — внутренний радиус отбортовки, м;	
S — поперечная сила от сейсмического воздействия, МН;	
s, s_K — толщина стенки соответственно цилиндрической и конической обечайки, м;	
$s_{M'}$ — толщина стенки обечайки соответственно в межтрубном и трубном пространстве, м;	
s_1, s_2 — толщина стенки соответственно внешней и внутренней части штуцера, м;	
s_d — высота стенки выпуклого или сферического днища, м;	
s_H — толщина накладок, прокладки, м;	
s_{II} — толщина прокладки;	
$s_{C'}$ — толщина стенки соответственно на сердечнике и трубы, м;	
T — время, с;	
t — температура рабочей среды, °С;	
t_0 — температура сборки, °С;	
t_K — температура корпуса, °С (для других деталей см. соответствующие индексы);	
V — вместимость аппарата, м ³ ;	
V_d — вместимость днища, м ³ ;	
W — момент сопротивления площади поперечного сечения относительно главной оси, проходящей через центр тяжести сечения, м ⁴ ;	
z — число деталей (см. соответствующие индексы);	
z_{II} — соответственно число пучков и рядов труб;	
z_c — число секций, сланных патрубков;	
z_y — число труб на участке;	
z_x — число ходов в теплообменнике;	
α_1, α_2 — углы скоса кромок для сварки, ...;	
2α — угол в вершине конуса, ...;	
α_B, α_K — коэффициенты температурного линейного расширения деталей при расчетной температуре, 1/°С; α_K — кожа; α_{Φ} — фланца, бурта (остальное — см. соответствующие индексы);	
β — угол сопряжения свариваемых элементов, ...;	
δ — угол охвата корпуса аппарата седловой опорой, ...;	
Δl — разность температур;	
λ — гибкость элемента;	
$[]$ — допускаемое значение при расчетной температуре;	
$[]_p$ — допускаемое значение в пределах пластичности;	
$[]_E$ — допускаемое значение в пределах упругости;	
$[]_p$ — эквивалентное значение от действия осевой силы;	
$[]_M$ — эквивалентное значение от действия изгибающего момента.	

Индексы

B — болт, шпилька;	$сл$ — слив;
$б$ — опорная балка;	$ср$ — среднее значение;
$п$ — прокладка;	t — труба;
$пр$ — приведенное значение;	Φ — фланец;
p — трубная решетка;	E — эквивалентное значение;
c — сердечник;	R — расчетное значение.

Характеристика химических аппаратов

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Глава 1

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Назначение и характеристика
химических аппаратов

Химические аппараты предназначаются для осуществления в них химических, физических или физико-химических процессов (химическая реакция, теплообмен без изменения агрегатного состояния, испарение, конденсация, кристаллизация, растворение, выпарка, ректификация, абсорбция, адсорбция, сепарация, фидльтрация и т. д.), а также для хранения или перемещения в них различных химических веществ.

В зависимости от назначения, чаще всего по протекающему технологическому процессу, химические аппараты называются: реактор, теплообменник, испаритель, конденсатор и т. д.

Содержащиеся и перерабатываемые вещества в аппаратах бывают в разном агрегатном состоянии (чаще всего в жидком и газообразном, реже в твердом), различной химической активности (по отношению к конструкционным материалам) — от инертных до весьма агрессивных, для обслуживающего персонала — от безвредных до токсичных и в эксплуатации — от безопасных до огневзрывоопасных.

Различные химико-технологические процессы в аппаратах осуществляются при различных, собственных каждому процессу, давлениях — от глубокого вакуума до избыточного в несколько сот тысяч килопаскалей и самых разнообразных температурах — от -250 до $+900$ °С.

Характер работы аппаратов бывает непрерывный и периодический, а установка их может быть стационарной (в помещении или на открытой площадке) и нестационарной (предусматривающей или допускающей перемещение аппарата).

Все химические аппараты, в зависимости от предъявляемых к ним технических требований, разделяются на подведомственные и не подведомственные Госгортехнадзору СССР.

Подведомственными Госгортехнадзору являются аппараты с содержанием в них под избыточным давлением — свыше $0,07$ МПа — огневзрывоопасными и сильно токсичными средами (независимо от их рабочих параметров); с инертными, горючими и агрессивными средами (без учета гидростатического давления от столба жидкости, если такая имеется или может быть в аппарате) и аппараты, работающие без избыточного давления, но при эксплуатации в которых возможно повышение избыточного давления до $0,07$ МПа.

Не подведомственными Госгортехнадзору являются все остальные аппараты, в том числе работающие под вакуумом и наливом.

В справочнике рассматриваются аппараты преимущественно цилиндрической формы, имеющие наибольшее применение в аппаратостроении.

Группа	Назначение аппаратов	t, °C		p, МПа	
		min	max	min	max
I	Для обработки и хранения взрывоопасных продуктов и 1 и 2 классов вредных веществ по ГОСТ 12.1.007—76	Любая		Свыше 0,07	
II	Для обработки и хранения продуктов, не предусмотренных в группе I аппаратов	-70*	-40	4,0	16,0
		-40	200	5,0	16,0
III	Для обработки и хранения продуктов, не предусмотренных в группе I аппаратов	-70*	-40	0,07	4,0
		-40	200	0,07	5,0
IV	Для обработки и хранения: А. Взрыво- и огнеопасных продуктов, а также 1, 2 и 3 классов вредных веществ по ГОСТ 12.1.007—76	-20	400	1,60	5,0
		-20	400	0,07	2,5
V	Б. Взрыво- и огнеопасных продуктов и 4 класса вредных веществ по ГОСТ 12.1.007—76	Любая		Вакуум с остаточным давлением 650 Па	
		Любая		0,07	Не ограничено

Примечание. Аппараты с параметрами t и p, соответствующими граничным значениям, относятся к соседней группе с менее жесткими требованиями.

* Для аппаратов, изготовляемых из сталей аустенитного класса, допускается более низкая рабочая температура, при которой $a_n \geq 0,3$ МДж/м².

Стальные сварные аппараты, в зависимости от содержащейся в них среды и ее рабочих параметров, с целью определения методов и объема контрольных операций для сварных соединений подразделяются на пять групп согласно табл. 1.1 (ОСТ 26-291—79).

Все аппараты наряду с наличием у них своих специфических устройств, как правило, состоят из следующих основных элементов и узлов: цилиндрического корпуса (из одной или нескольких обечеек), днища, крышки, штуцеров (для присоединения трубной арматуры, трубопроводов), устройств для присоединения контрольно-измерительных приборов, люков, опор, сварных и фланцевых соединений, строповых устройств.

p_R , $p_{нR}$	$p_{пр}$
Вакуум	$\max \{1,5 p_{нR} [\sigma]_{20} / [\sigma]; 0,2\}$
Св. 0 до 0,07	$\max \{1,5 p_{нR} [\sigma]_{20} / [\sigma]; 0,2\}^*$
» 0,07 до 0,5	$\max \{1,25 p_R [\sigma]_{20} / [\sigma]; p_R + 0,3\}^*$
» 0,5	$\max \{1,5 p_R [\sigma]_{20} / [\sigma]; 0,3\}$
» 0,07 (для литых изделий)	Налив воды
Отсутствует	

Пр и м е ч а н и я:
1. Значение пробного гидравлического давления для аппаратов, работающих при минусовых температурах, принимается таким же, как при $t = 20^\circ\text{C}$. 2. Отношение $[\sigma]_{20} / [\sigma]$ принимается для материала, применяемого в аппарате, для которого оно является наименьшим (обечайки, днища, аппаратные фланцы и их крепежные детали, патрубки и др.).

* При наружном давлении, если указанные значения требуют уточнения стенки, допускается $p_{пр} = 1,25 p_{нR} E_{30} / E$.

повыситься более чем на 10% от рабочего, то расчетное давление должно быть равно 90% давления в аппарате при полном открытии предохранительного устройства; если на элемент действует гидростатическое давление от столба жидкости в аппарате, значение которого выше 5% расчетного, то расчетное давление для этого элемента соответственно повышается на значение гидростатического давления.

Рекомендуются следующие расчетные давления для аппаратов:
с рабочим избыточным давлением $p > 0,07$ МПа, снабженных предохранительными клапанами, $p_R = 1,1 p$, но не менее $p + 0,2$ МПа для огне- взрывоопасных или токсичных сред и не менее $p + 0,1$ МПа для остальных сред;

с рабочим избыточным давлением $p > 0,07$ МПа, снабженных предохранительными мембранами, $p_R = 1,2 p$;

с рабочим избыточным давлением $p \leq 0,07$ МПа независимо от типа предохранительных устройств и для любых фракций и других сжиженных газов: при $p = 0,05 \pm 0,07$ МПа — $p_R = 0,1$ МПа, при $p < 0,05$ МПа — $p_R = 0,06$ МПа;

с углеводородными фракциями и другими сжиженными газами во всех случаях принимать: для фракций C_2 $p_R = 2,0$ МПа, для фракций C_3 на всасывающей линии $p_R = 1,6$ МПа, на нагнетательной линии $p_R = 2,0$ МПа, для фракций C_4 $p_R = 0,6$ МПа, для фракций C_5 $p_R = 0,3$ МПа, для аммиака $p_R = 1,6$ МПа, для фреона 12 $p_R = 1,0$ МПа, для сернистого ангидрида $p_R = 0,8$ МПа, для хлористого метила $p_R = 0,9$ МПа, для углекислого газа $p_R = 7,6$ МПа;

работающих без избыточного давления при вместимости аппарата менее 30 м^3 $p_R = 0,01$ МПа, при вместимости свыше 30 м^3 $p_R = 0,005$ МПа; работающих под вакуумом с остаточным давлением до $0,05$ МПа, расчетное наружное давление $p_R = 0,1$ МПа.

Для элементов аппарата с раздельными пространствами, имеющими разные давления, за расчетное давление принимается каждое из них (без учета других). Допускается производить расчет на разность давлений, если при эксплуатации в любом случае обеспечивается наличие давлений во всех пространствах.

Расчетным давлением при испытаниях аппарата является пробное давление.

Условное (номинальное) давление p_u — избыточное рабочее давление при температуре элементов аппарата 20°C (без учета гидростатического давления).

Указанные элементы и узлы являются обычно общими для всех аппаратов. Конструкция и расчет их на прочность рассматриваются во втором разделе справочника.

Собственно аппараты разделены по наиболее удобному для конструирования и расчета их на прочность признаку на три характерных вида: емкостные, теплообменные и колонные.

Отличительным признаком емкостных аппаратов являются все горизонтальные и вертикальные (при соотношении $H/D \leq 5$) аппараты, в которых могут быть различные специальные внутренне устройства, а также обогревающие или охлаждающие рубашки.

Отличительным признаком теплообменных (преимущественно кожухотрубчатых) аппаратов, имеющих наибольшее применение, является наличие у них кожуха и труб независимо от положения аппарата (горизонтального или вертикального).

Отличительным признаком колонных аппаратов является их вертикальное положение (при соотношении $H/D > 5$), в которых имеются различные внутренние устройства в виде тарелок или насадки (в сорбционных и ректификационных колоннах). К ним относятся также комбинированные или агрегатированные аппараты, представляющие собой расположенные друг над другом различные по конструкции и назначению несколько аппаратов, жестко соединенных между собой.

Типовые конструкции перечисленных видов аппаратов и расчеты их рассматриваются в третьем разделе справочника.

1.2. Основные расчетные параметры и другие данные

Основными расчетными параметрами для выбора конструкционного материала и расчета элементов аппарата на прочность являются температура и давление рабочего процесса.

Температура. Различают рабочую и расчетную температуры.

Рабочая температура t — это температура содержащейся или перерабатываемой среды в аппарате при нормальном протекании в нем технологического процесса.

Расчетная температура t_R — это температура для определения физико-механических характеристик конструкционного материала и допускаемых напряжений. Она определяется на основании теплового расчета или результатов испытаний. В случае невозможности выполнения теплового расчета, а также если при эксплуатации температура элемента аппарата может повыситься до температуры окружающей среды с ним среды, расчетная температура принимается равной рабочей, но не менее 20°C . При обогревании элемента открытым пламенем, горячими газами с температурой выше 250°C или открытыми электронагревателями расчетная температура принимается равной температуре среды плюс 50°C . При наличии у аппарата тепловой изоляции расчетная температура его стенок принимается равной температуре поверхности изоляции, соприкасающейся со стенкой, плюс 20°C . При отрицательной рабочей температуре элемента за расчетную (для определения допускаемых напряжений) принимается температура, равная 20°C .

Давление. Различают рабочее, расчетное, условное (номинальное) и пробное давление.

Рабочее давление p — максимальное избыточное давление среды в аппарате при нормальном протекании технологического процесса без учета допускаемого кратковременного повышения давления во время действия предохранительного устройства (клапана и др.). Если технологический процесс в аппарате протекает при разрежении, то рабочим давлением является вакуум.

Расчетное давление p_R — максимальное допускаемое рабочее давление, на которое производится расчет на прочность и устойчивость элементов аппарата при максимальной их температуре. Как правило, расчетным давлением может быть рабочее давление.

Расчетное давление может быть выше рабочего в следующих случаях: если во время действия предохранительных устройств давление в аппарате может

Допускаемые напряжения для углеродистых и легированных сталей (ГОСТ 14248—80)

t _R , °C	Допускаемые напряжения [σ], МПа, для сталей марок									
	ВСтЗ	20, 20К	09Г2С, 10Г2С1, 16ГС	10Г2	12ХМ	12МХ	15ХМ	15Х5М	15Х5М-У	
20	140	147	183	180	147	147	155	146	240	
100	134	142	160	160	—	—	—	141	235	
150	131	139	154	154	—	—	—	138	230	
200	126	136	148	148	145	145	152	134	225	
250	120	132	145	145	145	145	152	127	220	
300	108	119	134	134	141	141	147	120	210	
350	98	106	123	123	137	137	142	114	200	
375	93	98	116	108	135	135	140	110	180	
400	85	92	105	92	132	132	137	105	170	
410	81	86	104	86	130	130	136	103	160	
420	75	80	92	80	129	129	135	101	150	
430	71*	75	86	75	127	127	134	99	140	
440	—	67	78	67	126	126	132	96	135	
450	—	61	71	61	124	124	124	94	126	
460	—	55	64	55	122	122	127	91	122	
470	—	49	56	49	117	117	122	89	118	
480	—	46**	53	46**	114	114	117	86	118	
490	—	—	—	—	105	105	107	83	114	
500	—	—	—	—	96	96	99	79	108	
510	—	—	—	—	82	82	84	72	97	
520	—	—	—	—	69	69	74	66	85	
530	—	—	—	—	60	60	67	60	72	
540	—	—	—	—	50	50	47	54	58	
550	—	—	—	—	41	41	49	47	52	
560	—	—	—	—	33	33	41	40	45	
570	—	—	—	—	—	—	—	35	40	
580	—	—	—	—	—	—	—	30	34	
590	—	—	—	—	—	—	—	28	30	
600	—	—	—	—	—	—	—	25	25	

П р и м е ч а н и я: 1. При расчетных температурах ниже 20 °С допускаемые напряжения принимаются такими же, как и при температуре 20 °С, при условии допустимого применения материала при данной температуре. 2. Для промежуточных значений расчетных температур стенки допускаемое напряжение определяется линейной интерполяцией с округлением результатов до 0,5 МПа в сторону меньшего значения. 3. Для стали марки 20 с σ_T < 220 МПа допускаемые напряжения, указанные в настоящей таблице, умножаются на отношение σ_{0,2}²⁰/280. 4. Для стали марки 10Г2 с σ_{0,2} < 280 МПа допускаемые напряжения, указанные в настоящей таблице, умножаются на отношение σ_{0,2}²⁰/280. 5. При расчетных температурах ниже 200 °С сталь марок 12МХ, 12ХМ и 15ХМ применять не рекомендуется.

* Для расчетной температуры стенки 425 °С.
** Для расчетной температуры стенки 475 °С.

Для более высоких температур элементов аппарата условное давление снижается соответственно уменьшению прочности конструкционного материала. Условные давления применяются при стандартизации аппаратов и их узлов. Согласно ГОСТ 356—68, применительно к рассматриваемым аппаратам рекомендуется следующий ряд условных давлений, МПа: 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; 10; 16; 20. Пробное давление P_{пр} — избыточное давление, на которое аппарат испытывается на прочность и плотность после его изготовления и периодически при эксплуатации. Значения пробного давления в зависимости от рабочего давления приведены в табл. 1.2.

1.3. Расчет на механическую прочность

Расчету на механическую прочность от внутреннего избыточного или наружного давления и внешних нагрузок (силы тяжести, ветровых, сейсмических и др.) должны подвергаться все основные элементы аппарата (обечайки, днища, крышки и другие несущие нагрузку детали). Стандартные узлы и детали при применении их в конструируемом аппарате выбираются на ближайшее большее P_р для рабочей температуры и, как правило, на прочность не рассчитываются.

Обычно аппараты работают при однократной или многократной (при общем числе циклов за время эксплуатации N ≤ 10³ ч) статической нагрузке, на которую и производятся все расчеты на прочность элементов, узлов и аппарата в целом.

Для многократных статических нагрузок, если число циклов нагружения (от давления, стесненности температурных деформаций или других воздействий) будет N > 10³ ч за весь срок эксплуатации, то рассчитываемые элементы подлежат проверке на усталостную прочность.

Если колебания нагрузки не превышают 15% от расчетной, указанная проверка (независимо от числа циклов) не производится.

Расчет элементов стальных сварных аппаратов производится по предельным нагрузкам, допускающим в отдельных напряженных местах рассматриваемой детали, наряду с другими, наличие пластических деформаций.

Допускаемые напряжения для конструкционных материалов из сталей для рабочих условий принимаются (СТ СЭВ 596—77): для углеродистой стали при расчетной температуре t_R ≤ 380 °С и низколегированной стали при t_R ≤ 420 °С равными меньшему из значений

[σ] = ησ_T/n_T (1.1)

[σ] = ησ_B/n_B; (1.2)

[σ] = ησ_{0,2}/n_T. (1.3)

для высоколегированной (аустенитной) стали при расчетной температуре t_R ≤ 525 °С, равными меньшему значению по равенствам (1.1) и (1.2) или (1.2) и следующему равенству:

При больших значениях расчетных температур допускаемые напряжения для любой стали принимаются равными наименьшему значению из равенства (1.1) или

[σ] = ησ_{D10⁸}/n_D; (1.4)

[σ] = ησ_{1%} 10⁸/n_n. (1.5)

При отсутствии данных по значениям σ_B при расчетной температуре для сталей, у которых σ_T/σ_B ≤ 0,75, допускается в равенстве (1.2) принимать значение σ_B для температуры 20 °С.

Допускаемые напряжения для высоколегированных сталей (ГОСТ 14249—80)

t, °C	Допускаемые напряжения [σ], МПа, для сталей марок						12X18H10T 12X18H12T 10X17H13M3T 08X17H13M2T
	08X22H6T 08X21H6M2T	03X21H21M4TB	03X18H11	03X16H15M3	06XH28MДТ	08X18H10T 08X18H12T 08X17H13M2T 08X17H13M3T	
20	240	180	160	153	147	140	160
100	207	173	133	140	138	130	152
150	200	171	125	130	130	120	146
200	193	171	120	120	124	115	140
250	173	167	115	113	117	110	136
300	167	149	112	103	110	100	130
350	—	143	108	101	107	91	126
375	—	141	107	90	105	89	124
400	—	140	107	87	103	86	121
410	—	—	107	83	—	86	120
420	—	—	107	82	—	85	120
430	—	—	107	81	—	85	119
440	—	—	107	81	—	84	118
450	—	—	107	80	—	84	117
460	—	—	—	—	—	83	116
470	—	—	—	—	—	83	115
480	—	—	—	—	—	82	115
490	—	—	—	—	—	82	114
500	—	—	—	—	—	81	113
510	—	—	—	—	—	80	112
520	—	—	—	—	—	79	112
530	—	—	—	—	—	79	111
540	—	—	—	—	—	78	111
550	—	—	—	—	—	76	111
560	—	—	—	—	—	73	101
570	—	—	—	—	—	69	97
580	—	—	—	—	—	65	90
590	—	—	—	—	—	61	81
600	—	—	—	—	—	57	74
610	—	—	—	—	—	—	68
620	—	—	—	—	—	—	62
630	—	—	—	—	—	—	57
640	—	—	—	—	—	—	52
650	—	—	—	—	—	—	48
660	—	—	—	—	—	—	45
670	—	—	—	—	—	—	42
680	—	—	—	—	—	—	38

t, °C	Допускаемые напряжения [σ], МПа, для сталей марок						12X18H10T 12X18H12T 10X17H13M2T 10X17H13M3T
	08X22H6T 08X21H6M2T	03X21H21M4TB	03X18H11	03X16H15M3	06XH28MДТ	09X18H10T 09X18H12T 09X17H13M2T 09X17H13M3T	
690	—	—	—	—	—	—	34
700	—	—	—	—	—	—	30

Примечания: 1. При значениях расчетных температур ниже 20 °C допускаемые напряжения принимаются такими же, как и при температуре 20 °C, при условии, если допустимо применение материала при данной температуре.

2. Для промежуточных значений расчетных температур стенки значения допускаемого напряжения определяется интерполяцией с округлением результатов до 0,5 МПа в сторону меньшего значения.

3. Для сталей марок 12X18H10T, 12X18H12T, 10X17H13M2T и 10X17H13M3T с $\sigma_{0,2} < 240$ МПа допускаемые напряжения, указанные в настоящей таблице, при температурах до 550 °C, умножаются на отношение $\sigma_{0,2}^2/240$.

4. Для сталей марок 08X18H10T и 08X18H12T с $\sigma_{0,2} < 210$ МПа допускаемые напряжения, указанные в настоящей таблице, умножаются на отношение $\sigma_{0,2}^2/210$.

5. Для сталей марок 08X22H6T и 08X21H6M2T допускаемые напряжения, приведенные в настоящей таблице, умножаются на 0,96. При $\sigma_{0,2} < 350$ МПа допускаемые напряжения умножаются на $0,96(\sigma_{0,2}^2/350)$.

Для сталей 03X21H21M4TB допускаемые напряжения умножаются на 0,93, для сталей 03X18H11 — на 0,83 для сталей 03X16H15M3 — на 0,87. 6. Сталь марок 10X17H13M3T, 12X18H10T и 12X18H12T при расчетных температурах свыше 600 °C применять не рекомендуется.

Для условий испытаний и монтажа допускаемые напряжения для всех сталей принимаются по равенству (1.1).

Значения допускаемых напряжений для наиболее употребительных марок сталей в зависимости от температуры приведены в табл. 1.3 и 1.4.

Расчетные значения продольного модуля упругости E и коэффициента линейного расширения α в зависимости от температуры приведены в табл. 1.5 и 1.6.

К допускаемым напряжениям для деталей из стальных отливок вводятся поправочный коэффициент η ; при индивидуальном контроле их неразрушающими методами $\eta = 0,8$; остальных $\eta = 0,7$; для прочих деталей, как правило, $\eta = 1$.

Коэффициенты запаса прочности в формулах (1.1)—(1.5) принимаются по табл. 1.7 (СТ СЭВ 596—77).

Коэффициент запаса устойчивости при расчете элементов аппаратов на устойчивость по нижним критическим напряжениям в пределах упругости принимается: для рабочих условий $n_d = 2,4$; для условий испытаний и монтажа $n_d = 1,8$.

При расчете на прочность и устойчивость сварных элементов аппаратов в расчетные формулы вводятся коэффициенты прочности сварных швов, значения которых в зависимости от конструкции шва и условий сварки принимаются согласно табл. 1.8.

Исполнительные или принимаемые при конструировании размеры рассчитываемых элементов, как правило, должны быть больше расчетных на значение прибавки:

$$s \geq s_R + c; \quad s_{дР} + c \text{ и т. д.} \quad (1.6)$$

Таблица 1.5

Расчетные значения модуля продольной упругости E
(ГОСТ 14249—80)
 10^{-5} МПа

$t, ^\circ\text{C}$	Стали		
	углеродистые и низколегированные	жаростойкие и жаропрочные аустенитные	теплоустойчивые и коррозионно-стойкие хромистые
20	1,99	2,00	2,15
100	1,91	2,00	2,15
150	1,86	1,99	2,05
200	1,81	1,97	1,98
250	1,76	1,94	1,95
300	1,71	1,90	1,90
350	1,64	1,85	1,84
400	1,55	1,80	1,78
450	1,40	1,74	1,71
500	—	1,67	1,63
550	—	1,60	1,54
600	—	1,52	1,40
650	—	1,43	—
700	—	1,32	—

Таблица 1.6

Расчетные значения коэффициентов линейного расширения
в зависимости от температуры

Стали	$\alpha \cdot 10^6, 1/^\circ\text{C}$, в зависимости от температуры, $^\circ\text{C}$									
	20 +100	20 +150	20 +100	20 +150	20 +200	20 +250	20 +300	20 +350	20 +400	20 +500
Углеродистые	—	15,1	11,35	12,36	12,93	13,44	14,1	—	—	—
Легированные	—	15,1	11,65	12,4	12,8	13,3	13,5	—	—	—
Аустенитные	11,3	15,1	15,3	15,9	16,5	16,9	17,3	—	—	—

Общее значение прибавки

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (1.7)$$

Каждая из составляющих прибавок должна обосновываться в технической документации.

Прибавка на коррозию и эрозию c_1 при пронаимости $II \leq 0,05$ мм/год принимается равной 1 мм. При большей пронаимости, а также при двухсторонней коррозии c_1 соответственно увеличивается.

Для материалов, стойких в заданной среде, при отсутствии прибавки на минусовое значение предельного отклонения по толщине листа c_2 , из которого изготавливается элемент аппарата, принимается по соответствующему стандарту на сортамент.

Технологическая прибавка c_3 (при вытяжке, штамповке, гибке и т. д.) учитывается в зависимости от принятой технологии изготовления и не включает в себя округление расчетной толщины элемента до номинальной толщины по стандарту.

Прибавки c_2 и c_3 учитываются только в тех случаях, когда сумма их превышает 5% от расчетной толщины элемента.

Таблица 1.8
Коэффициенты прочности сварных швов (ГОСТ 14249—80)

Вид сварного шва	Значение коэффициентов прочности сварных швов	
	Длина контролируемых швов от общей длины составляет 100% *	Длина контролируемых швов от общей длины составляет от 10 до 50% *
Стыковой или тавровый с двухсторонним сплошным проваром, выполняемый автоматической и полуавтоматической сваркой	1,0	0,9
	1,0	0,9
	0,9	0,8
Стыковой с подваркой корня шва или тавровый с двухсторонним сплошным проваром, выполняемый вручную	0,9	0,8
	0,9	0,65
	0,8	0,65

* Объем контроля определяется техническими требованиями на изготовление и правилами Госгортехнадзора СССР.

ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СВАРНЫМ ХИМИЧЕСКИМ АППАРАТАМ ТРЕБОВАНИЯ.

2.1. Общие требования

Современное химическое производство со специфическими условиями работы химического оборудования, характеризуемыми часто высокими рабочими параметрами (температурой и давлением), особенно при агрессивности, токсичности и огне- и взрывоопасности перерабатываемой среды и в основном большой производительности, требует создания аппаратов только высокого качества.

Высокое качество аппаратов характеризуется: высокой эффективностью, зависящей от эффективности технологического процесса, осуществляемого в аппарате, и его производительности: долговечностью (сроком службы не менее 15 лет); экономичностью (минимальной стоимостью проектирования, строительства; экономичностью, удобством и простотой обслуживания в эксплуатации, завышающей как от качества конструкции, так и от качества изготовления; формой аппарата, удовлетворяющей требованиям технической эстетики (округлая форма, отсутствие острых выступающих частей и т. д.).

Технические требования к конструированию, изготовлению, приемке и поставке стальных сварных аппаратов (подведомственных и неподведомственных Госгортехнадзору) установлены СТ СЭВ 800—77 и ОСТ 26-291—79.

2.2. Требования к конструированию

Для стальных цилиндрических аппаратов, корпусы (обечайки) которых выполняются из листового проката, за базовый принимается внутренний диаметр, мм, выбираемый из следующего ряда (ГОСТ 9617—76): 400, 450*, 500, 550*, 600, 650*, 700, 800, 900, 1000, 1100*, 1200, 1300*, 1400, 1500*, 1600, 1700*, 1800, 1900*, 2000, 2200, 2400, 2500, 2600, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600, 3800, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10 000, 11 000, 12 000, 14 000, 16 000, 18 000, 20 000.

Примечания: 1. Диаметры со знаком* предназначены только для рубашек аппарата. 2. Допускается стальные эмалированные аппараты, а также аппараты из высоколегированных никельсодержащих сталей изготовлять диаметрами 250; 300 и 350 мм.

Для стальных аппаратов, корпусы которых выполняются из готовых труб, за базовый принимается наружный диаметр, мм, выбираемый из следующего ряда (ГОСТ 9617—76): 133, 159, 168, 219, 273, 325, 377, 426, 480, 530, 630, 720, 820, 920, 1020, 1120, 1220, 1320, 1420.

Конструкция аппарата должна предусматривать возможность внутреннего осмотра, очистки, промывки, и продувки. Внутренние устройства, препятствующие осмотру, должны быть съёмными. Рубашки (для наружного обогрева или охлаждения) допускаются выполнять приварными.

Аппараты должны иметь круглые люки-лазы для внутреннего осмотра, расположенные в удобных для обслуживания местах (см. таблицу). Допускаются овальные лазы с размерами по большей оси не менее 400 мм и по меньшей оси не менее 325 мм.

При наличии у аппарата съёмных крышек или дниц и фланцевых штуцеров, обеспечивающих возможность внутреннего осмотра, устройство лазов и люков в аппаратах обязательно.

Крышки лазов и люков должны быть съёмными (на аппаратах с вакуумной изоляцией допускаются приварные). При массе съёмных крышек более 20 кг должны предусматриваться соответствующие съёмные приспособления.

Кожухотрубные теплообменники (за исключением горизонтальных испарителей с паровым пространством), а также аппараты с рубашкой для криогенных жидкостей допускаются выполнять без лазов.

Шарнирно-откидные или вставные болты, хомуты и зажимные приспособления крышек, лазов и фланцевых соединений должны быть предохранены от сдвига или ослабления.

Опркидывающиеся аппараты должны иметь приспособоления, предотвращающие самоопрокидывание.

Для возможности проведения гидрокиспытаний аппарат должен иметь для наполнения и слива воды, а также для поступления и удаления воздуха соответствующие штуцера (могут быть использованы технологические). На вертикальных аппаратах эти штуцера должны быть расположены с учетом возможности проведения гидрокиспытаний в горизонтальном положении аппарата.

Для подьема и установки аппарата на нем должны быть предусмотрены строповые устройства. Допускается использовать для этих целей имеющиеся на аппарате элементы (горловины и технологические штуцера, уступы и др.), если прочность их при этом не вызывает сомнений, что должно быть проверено расчетом. Все основные сварные соединения в аппаратах, как правило, должны быть стыковыми двухсторонними или с подваркой, быть доступными для осмотра и контроля.

В горизонтальных аппаратах, нижняя часть которых недоступна для осмотра, продольные сварные швы на корпусе не должны быть в пределах 140° нижней его части.

В местах присоединения опор к аппарату наличие сварных швов, как правило, не допускается. Если это не может быть выполнено, необходимо предусмотреть возможность контроля шва под опорой.

При сварке отдельных элементов аппарата расстояние между краями смежных швов должно быть не менее большей толщины соединяемой стенки.

Расположение отверстий для лазов, люков и штуцеров, как правило, должно быть вне сварных швов. Допускается как исключение устройство отверстий на швах при условии двустороннего провара швов и укрепления отверстий.

2.3. Требования к конструкционным материалам

Материалами для изготовления стальных сварных аппаратов являются полупрокат, поставляемые металлургической промышленностью в виде листового, сортового и фасонного проката, труб, специальных поковок и отливок.

Материалы должны быть химически и коррозионностойкими в заданной среде при ее рабочих параметрах, обладать хорошей свариваемостью и соответствующими прочностными и пластическими характеристиками в рабочих условиях ($\sigma_n \geq 0,3$ МДж/м²), допускать холодную и горячую механическую обработку, а также иметь возможность низкую стоимость и быть недефицитными.

Качество, химический состав и механические свойства материалов и полуфабрикатов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и ГУ и быть подтверждены сертификатами заводов-поставщиков. При отсутствии сертификатов все необходимые испытания должны быть проведены на заводе-изготовителе аппарата.

Размеры люков-лазов в зависимости от местонахождения аппарата мм

Внутренний диаметр аппарата D	Диаметр лаза	Местонахождение аппарата
Более 800	400	В отапливаемом помещении На открытом воздухе или в неотапливаемом помещении
» 800	450	
« 800	Не менее 80	—

37955

2.4. Требования к изготовлению

Аппараты, их узлы и детали должны изготавливаться на предприятиях, располагающих техническими средствами, обеспечивающими качественное их изготовление в соответствии с требованиями проекта, ГОСТов, ОСТов, ТУ и другой технической документации.

Проект аппарата и ТУ на его изготовление должны быть согласованы и утверждены в порядке, установленном министерством, в подчинении которого находится проектная организация или завод—изготовитель аппарата.

Изготовление аппаратов должно производиться по заранее разработанной технологии завода-изготовителя.

Резка листов, труб и других полуфабрикатов допускается любым способом, обеспечивающим требуемые форму и размеры обрабатываемых кромок под сварку или исключающим образование трещин или других пороков, ухудшающих их качество.

При изготовлении допускаются все виды освоенных промышленностью сварок.

Обечайки и днища могут изготавливаться бесшовными из поковок или сварными из листов. Вальцовка и штамповка их должны производиться машинным способом.

Изготовление аппаратов, их узлов и деталей должно производиться с соблюдением предельных отклонений размеров, указанных в чертежах и ТУ на изготовление аппарата.

Предельные отклонения свободных размеров должны выполняться: механически обрабатываемых мест—отверстия по Н14, валы по Н14, остальные $\pm \frac{JH14}{2}$, механически необрабатываемых мест — отверстия Н16, валы по Н16, остальные $\pm \frac{JH16}{2}$ (СТ СЭВ 144—75—СТ СЭВ 145—75).

Оси резьбовых отверстий в аппаратах должны быть перпендикулярны к опорным поверхностям. Допускаемая неперпендикулярность менее 0,8 мм на 100 мм, если в чертежах не предъявляются более жесткие требования.

Сварка аппаратов и их элементов должна производиться согласно ТУ и производственным инструкциям завода-изготовителя, соответствующим ОСТ 26-291—79.

Аппараты, в стенках которых в процессе изготовления (при вальцовке, штамповке, сварке и т. п.) возможно появление недопустимых напряжений, подлежат термообработке. Необходимость и режим термообработки устанавливаются ТУ.

Завод-изготовитель обязан осуществлять контроль качества сварных соединений (внешним осмотром, ультразвуковой дефектоскопией, просвечиванием рентгеновскими или гамма-лучами, механическими испытаниями, металлографическими исследованиями, гидравлическими испытаниями др.) согласно ТУ.

При сборке отдельных деталей и узлов аппарата не допускается подгонка, которая вызывала бы появление дополнительных напряжений в металле или повреждении соединяемых частей.

Методы разметки заготовки деталей из сталей аустенитного класса не должны допускать повреждения рабочей поверхности деталей.

На рабочей поверхности обечайек и днищ не допускаются риски, забоины, царапины и другие дефекты, по глубине превышающие минусовые значения предельных отклонений по толщине листа, предусмотренные соответствующими стандартами и ТУ.

Заусенцы во всех деталях должны быть удалены, а острые кромки в них пригнуплены.

Внутренние защитные покрытия (эмалью, свинцом, лаком и др.) и подготовка поверхностей под покрытие должны выполняться по специальным ТУ и инструкциям.

2.5. Требования к испытаниям

Все сварные аппараты после изготовления подлежат гидравлическому испытанию на прочность и плотность пробным давлением, значение которого в зависимости от расчетного давления указано в табл. 1.2.

2.6. Требования к эксплуатации

Для управления работой и обеспечения нормальных условий эксплуатации аппараты, подведомственные Госгортехнадзору, должны быть снабжены: приборами для измерения давления и температуры среды; предохранительными устройствами от превышения допустимого давления; запорной трубой арматурой на подводящих и отводящих трубопроводах; указателями уровня жидкости, если в аппарате имеется или может быть жидкость.

Предохранительные устройства на аппарате устанавливаются для того, чтобы в нем не могло повыситься давление выше допустимого.

Допустимое давление не должно превышать расчетное более чем на 10% (при $p_R > 0,5$ МПа) и не более чем на 0,05 МПа (при $p_R \leq 0,5$ МПа). Пропускная способность предохранительного устройства принимается равной 90% среднего значения его фактической пропускной способности.

Предохранительные устройства должны устанавливаться на штуцерах или присоединительных трубопроводах в непосредственной близости к аппарату, в месте, удобном для его осмотра.

2.7. Общие указания и рекомендации

Аппарат должен состоять преимущественно из стандартных и унифицированных элементов и узлов, отработанных и проверенных в изготовлении и хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации.

Отдельные детали, узлы и аппарат в целом должны быть технологичными в изготовлении, иметь минимальную металлоемкость (без ущерба для прочности и жесткости), удобными в сборке, разборке и в эксплуатации, также, по возможности, ремонтоспособными.

Применения фланцевых, резьбовых и других разъемных соединений в аппаратах, если это возможно, следует избегать, поскольку такие соединения по сравнению с неразъемными (сварными) сложнее и дороже в изготовлении и менее надежны в эксплуатации.

Крышки, люки и другие узлы с разъемными соединениями должны предусматриваться в аппаратах только в обоснованных случаях: когда это связано с технологическим процессом (например, периодическая загрузка и выгрузка продукта и др.), при необходимости частого осмотра или чистки внутренних поверхностей и устройств и т. д. Поэтому аппараты предпочтительно выполнять цельносварными. Присоединение трубопроводов к аппаратам также в ряде случаев целесообразно производить на сварке вместо широко распространенных фланцевых соединений, особенно при стационарной установке аппаратов и блочной их компоновке в кожухе, заполненном тепловой изоляцией.

При наличии горизонтальных фланцевых соединений в аппарате с уплотнением в выступ-впадине и шип-пазе фланцы с впадиной и пазом в целях удобства сборки и разборки следует размещать снизу.

Резьбовые соединения допускается применять для номинального диаметра резьбы до 50 мм и при рабочей температуре до 300 °С.

Расчет элементов и узлов аппарата на механическую прочность, и устойчивость следует производить на самые неблагоприятные условия, возможные при эксплуатации (при работе, пуске, остановке, различных испытаниях и т. д.). Поэтому, в частности, значение расчетного давления p_R должно быть равным максимальной разности давлений между внутренней и наружной сторонами рассчитываемого элемента, возможной в эксплуатации. На том же основании расчетная разность температур Δt_R между отдельными элементами в аппарате или расчетная температура t_R элемента его должны приниматься максимально возможными в эксплуатации, являющимися наихудшими для прочности или устойчивости рассчитываемого элемента.

В случае применения противокоррозионных покрытий (плакированный слой в двухслойной стали, металлические и неметаллические покрытия и т. д.) наличие последних при расчете элементов на прочность не учитывается.

Никогда не следует переоценивать свою чертежную работу, и помнить, что изменения, связанные с переделкой чертежа с целью улучшения конструкции,

не говоря уже о необходимости исправления допущенных ошибок, окупятся после изготовления изделия.

Особенно внимательно следует выполнять расчеты с их тщательной проверкой, поскольку допущенная ошибка может привести к серьезным последствиям, связанным с переделкой изделия в металле, авариям с разрушениями и жертвами.

2.8. Техническое задание

Для конструирования аппарата необходимо иметь техническое задание, составленное согласно химико-технологическому расчету, в котором должны быть указаны: 1) географическое положение и сейсмичность района установки аппарата; 2) назначение и положение аппарата в технологической схеме установки; 3) место установки аппарата (в отапливаемом или неотапливаемом помещении, на открытом воздухе); 4) характеристика работы аппарата; 5) состав и характеристика рабочей среды; 6) рабочие давление и температура (минимальная отрицательная и максимальная плюсовая); 7) рекомендуемые марки конструкционного материала с указанием их проницаемости в заданной среде в рабочих условиях; 8) тип, форма, основные размеры, принципиальная конструкционная схема и эскиз аппарата; 9) номинальные (условные) диаметры и положение присоединяемых к аппарату трубопроводов, трубной арматуры, КИП и др.; 10) характеристика внутренних устройств (размер и количество труб в теплообменнике, тип и число тарелок в ректификационных колоннах и т. д.); 11) наличие, характеристика и толщина тепловой изоляции; 12) степень автоматизации и другие специальные сведения.

Конструирование и расчет аппарата на механическую прочность следует производить только согласно техническому заданию с учетом имеющихся аналогичных конструкций аппаратов и данных по их эксплуатации, а также соответствующих патентных материалов.

2.9. Паспорт аппарата

Все аппараты, подведомственные Госгортехнадзору, должны иметь паспорт установленной формы на 32 страницах, в котором приводятся: регистрационный номер; разрешение на его изготовление; удостоверение о качестве изготовления; сведения об основных частях аппарата; данные о штуцерах, фланцах, крышках и крепежных деталях, об основной трубной арматуре, контрольно-измерительных приборах и приборах безопасности, о проведенных гидравлических и пневматических испытаниях; сведения о местонахождении аппарата; указывается лицо, ответственное за исправное состояние и за безопасное его действие, и другие данные об установке аппарата (коррозионной среде, противокоррозионном покрытии, тепловой изоляции, футеровке, схеме включения аппарата); сведения о замене и ремонте основных элементов аппарата; результаты периодического переосвидетельствования и регистрация аппарата [5].

Глава 3

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Общие сведения и технические требования

Для изготовления стальных сварных аппаратов применяются следующие стали в виде полуфабрикатов, удовлетворяющие указанным в п. 2.3 общим требованиям, предъявляемым к конструкционным материалам:

сталь углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 380—71, поставляемая в виде листового, сортового и фасонного проката, труб, поковок и т. д., преимущественно группы В (поставляется по механическим свойствам и химиче-

скому составу), по степени раскисления — спокойная (сп), полуспокойная (пс), реже — кипящая (кп), по требованиям от 2-й до 6-й категорий;

сталь качественная углеродистая конструкционная, поставляемая в виде листового проката по ГОСТ 5520—79 и в виде сортового проката и труб по ГОСТ 1050—74;

сталь низколегированная (с содержанием легирующих элементов до 2,5%), поставляемая в виде листового проката по ГОСТ 5520—79 и ГОСТ 19282—73, сортового и фасонного проката, труб и поковок по ГОСТ 19281—73;

сталь легированная конструкционная (с содержанием легирующих элементов до 10%), поставляемая в виде сортового проката, труб и поковок по ГОСТ 4543—71;

сталь теплоустойчивая по ГОСТ 20072—74, поставляемая в виде листового и сортового проката и труб;

стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные по ГОСТ 5632—72, поставляемые в виде листового проката, труб и поковок;

стали и сплавы с особыми свойствами, поставляемые в виде листового и сортового проката и труб по специальным ТУ;

стали двухслойные, поставляемые в виде листового проката по ГОСТ 10885—75 и специальным ТУ с основным слоем из углеродистых, низколегированных и легированных сталей и плакирующим слоем из коррозионностойких материалов;

отливки из конструкционной, нелегированной и легированной сталей, поставляемые по ГОСТ 977—75;

отливки из высоколегированных сталей, поставляемые по ГОСТ 2176—77 и специальным ТУ.

Поставляемая для изготовления аппаратов сталь большей частью производится выплавкой в мартеновских и электрических печах.

Кипящая углеродистая сталь не должна применяться в аппаратах, предназначенных для сжиженных газов, соприкасающихся со взрыво- и огнеопасными средами, средами высокой токсичности и средами, вызывающими коррозионное растрескивание.

При выборе конструкционного материала основным критерием является его химическая и коррозионная стойкость в заданной среде. Обычно выбирают материал абсолютно или достаточно стойкий в среде при ее рабочих параметрах и к расчетным толщинам добавляют на коррозию соответствующие прибавки в зависимости от срока службы аппарата. Вместе с тем следует учитывать и другие виды коррозии (межкристаллитную, точечную, коррозионное растрескивание), которым подвержены некоторые материалы в агрессивных средах.

В средах, являющихся электролитом (из-за электрохимической коррозии), не допускается применять материалы с разными электродными потенциалами.

Другим критерием при выборе материала является расчетная температура стенок аппарата, а также, если эта температура является положительной, для аппаратов, устанавливаемых на открытой площадке или в неотапливаемом помещении, необходимо учитывать абсолютную минимальную зимнюю температуру наружного воздуха (для географического района установки аппарата), при которой аппарат может находиться под давлением или вакуумом.

При этом следует иметь в виду, что прочностные свойства всех металлов и сплавов, как правило, с возрастанием температуры понижаются, а с уменьшением — повышаются. Однако у углеродистых, конструкционных и легированных сталей с понижением температуры сильно снижается и ударная вязкость, что делает невозможным применение при низких температурах этих сталей из-за их хрупкости. Ударная вязкость почти не снижается при низких температурах у высоколегированных сталей аустенитного класса и цветных металлов и сплавов.

Таким образом, выбор материала должен производиться из его коррозионной стойкости в заданной среде и рабочих условий (давления и температуры стенки — расчетной и минимально возможной отрицательной).

В пп. 3.2—3.9 для каждого вида полуфабриката приведены данные по применению, техническим требованиям и видам испытаний для различных марок

Марки сталей, рекомендуемые для сварных аппаратов, работающих без давлений с инертными средами (ОСТ 26-291—79)

Вместимость аппарата V, м³	Средняя температура самой холодной пятидневки, °С	Марка стали, ГОСТ, ТУ	Дополнительные требования к стали
До 100	Не ниже —30	ВСт3кп, ВСт3сп2, ВСт3лс2, ВСт3Глс2 по ГОСТ 380—71	—
	От —31 до —40	ВСт3лс3, ВСт3сп3, ВСт3Глс3 по ГОСТ 380—71; 15К-3, 16К-3, 18К-3, 20К-3, 16ГС-3 по ГОСТ 5520—79; 16ГС-6 по ГОСТ 19282—73; 20 по ГОСТ 1050—74; 10Г2 по ГОСТ 4543—71; 20ХНЗЛ по ТУ 26-02-19—75	
Св. 100	От —41 до —60	09Г2С, 10Г2С1 по ГОСТ 5520—79; 09Г2С-8, 10Г2С1-8 по ГОСТ 19282—73	В нормализованном состоянии $a_{ц}$ при —70 °С
	Не ниже —30	ВСт3лс3, ВСт3сп3, ВСт3Глс3 по ГОСТ 380—71; 15К, 16К, 18К, 20К по ГОСТ 5520—79	—
Св. 100	От —31 до —40	ВСт3лс4, ВСт3сп4, ВСт3Глс4 по ГОСТ 380—71; 15К-5, 16К-5, 18К-5, 20К-5 по ГОСТ 5520—79; 20 по ГОСТ 1050—74	$a_{ц}$ при —20 °С
	От —41 до —60	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1 по ГОСТ 5520—79; 16ГС-6, 09Г2С-6, 10Г2С1-6 по ГОСТ 19282—73	$a_{ц}$ при —40 °С
	От —41 до —60	09Г2С, 10Г2С1 по ГОСТ 5520—79; 09Г2С-8, 10Г2С1-8 по ГОСТ 19282—73	В нормализованном состоянии $a_{ц}$ при —70 °С

Примечания: 1. Трубы из углеродистых сталей марок 10, 20 допускаются применять при температуре не ниже —40 °С с техническими требованиями по ГОСТ 8731—77. 2. Допускается применять отливки из сталей марок 20Л-11, 20Л-11Л, 25Л-11, 25Л-11Л в термически обработанном состоянии (закалка с отпуском, нормализация с отпуском) при температурах от —31 до —40 °С. 3. Для анкерных болтов могут применяться стали, рекомендованные для аппаратов V > 100 м³. Сталь марок 20, 25, 30, 35, 40 и ВСт3пс могут применяться для крепежных деталей, работающих при температуре не ниже —40 °С. 4. Пределы применения двухфазной стали определяются по основному слою. 5. Допускается испытание деталей при средней температуре самой холодной пятидневки. 6. Для материалов, не приведенных в настоящей таблице, нижний температурный предел применения определяется по табл. 3.2, 3.3, 3.9, 3.12, 3.14, 3.16, 7. Для макропримесей рафонов, в которых температура воздуха наиболее холодной пятидневки может быть ниже —40 °С, материал для аппаратуры назначает головной институт подотрасли в каждом отдельном случае особо. 8. При толщине проката менее 5 мм допускается применение сталей по ГОСТ 380—71 категории 2 вместо сталей категории 3 и 4.

стали в зависимости от рабочих условий, а также их основные механические свойства.

Применение указанных марок на другие рабочие параметры, а также других материалов допускается только на основании заключения головного отраслевого института и разрешения соответствующего министерства.

В табл. 3.1 приведены марки стали, рекомендуемые для сварных аппаратов с инертными средами, работающих без давления и устанавливаемых на открату воздуха или в неотопляемом помещении в зависимости от средней температуры самой холодной пятидневки.

Марки сталей имеют следующее обозначение:

углеродистые обыкновенного качества — последовательно указываются: группа, марка стали, степень раскисления и категория требований, например ВСт3сп3;

качественные, углеродистые конструкционные — двумя цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента, например 20 (для обозначения котельных марок в конце ставится буква К, например 20К); легированные — комплексом цифр и букв, причем первые две цифры указывают на содержание углерода в сотых долях процента (отсутствие цифр означает, что среднее содержание углерода составляет около 0,01%), затем последовательно указываются буквы, обозначающие наличие в стали того или иного легирующего элемента, за каждой из букв одной или двумя цифрами указывается примерное содержание данного элемента в процентах (отсутствие цифр означает, что содержание данного элемента составляет до 1,5%).

Обозначения в марках сталей: Г — марганец, С — кремний, Х — хром, Н — никель, М — молибден, В — вольфрам, Ф — ванадий, Т — титан, Д — медь, Ю — алюминий, Б — ниобий, Р — бор, А — азот (в конце обозначения не ставятся). Наличие в конце обозначения буквы А обозначает высококачественную сталь, а Ш (через дефис) — особо высококачественную.

3.2. Листовая сталь

Из листовой стали изготавливаются корпуса (обечайки), днища, фланцы, различные тарелки, трубные решетки и многие другие детали аппаратов. Листовой прокат — основной материал для большинства аппаратов по массе.

Рекомендуемые марки, технические требования, виды испытаний и условия применения листовой стали в зависимости от рабочих параметров приведены в табл. 3.2 для листовой стали, в табл. 3.3 — для двухфазной листовой стали.

При заказе углеродистых сталей обыкновенного качества и двухфазных с основным слоем из тех же сталей должна быть указана необходимость гарантии свариваемости.

При испытаниях на ударную вязкость сталей значение ее должно быть при +20 °С $a_{ц} \geq 0,5$ МДж/м², а при минусовых температурах и после механического старения $a_{ц} \geq 0,3$ МДж/м².

При заказе стали марок 15К, 16К, 18К, 20К, 09Г2С, 10Г2С1 и 16ГС должна быть указана необходимость поставки стали в термически обработанном состоянии и испытания ее на ударную вязкость после механического старения.

При заказе двухфазных сталей необходимо требовать проведение контроля листов неразрушающими методами.

При заказе двухфазных сталей с основным слоем из сталей марок 15К, 20К, 09Г2С, 10Г2С1 и 16ГС должна быть указана необходимость поставки стали с испытанием на ударную вязкость после механического старения и с полными испытаниями.

При заказе высоколегированных сталей для аппаратов, работающих под избыточным давлением, следует требовать, чтобы глубина зачистки листов не была бы больше минусовых отклонений по толщине, а при необходимости отговаривать требование по α -фазе и контролю на межкристаллитную коррозию сталей 08Х2Н6Т и 08Х21Н6М2Т.

Листовая сталь для аппаратов, работающих под избыточным давлением свыше 10 МПа при толщине листа свыше 60 мм, и двухфазная сталь для аппаратов, работающих под избыточным давлением свыше 0,07 МПа при толщине листа

ВСт3п3 по ГОСТ 380-71	По ТУ 14-1-1551-75	От -20 до +425	Не обра-ничено	По ГОСТ 380-71 и п. 4 примечаний	Для трубных решеток и других деталей с учетом п. 12 примечаний	20Ю4 по ТУ 14-1-1551-75	15К, 16К, 18К, 20К	категории 5 по ГОСТ 5520-79	15К, 16К, 18К, 20К	категории 3 по ГОСТ 5520-79	15К, 16К, 18К, 20К	категории 10 по ГОСТ 5520-79	15К, 16К, 18К, 20К	категории 11 по ГОСТ 5520-79	20К по ТУ 14-1-1211-75	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1 категории 6 по ГОСТ 5520-79
						От -40 до 16,0	п. 11 примечаний	Для плоских фланцев и других деталей с учетом п. 12 примечаний	По ТУ 14-1-1211-75 полностью и п. 11 примечаний	По ГОСТ 5520-79	15К, 16К, 18К, 20К	категории 3 по ГОСТ 5520-79	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1 категории 3 по ГОСТ 5520-79			
ВСт3п3 по ГОСТ 380-71	По ТУ 14-1-1551-75	От -20 до +425	Не обра-ничено	По ГОСТ 380-71 и п. 4 примечаний	Для трубных решеток и других деталей с учетом п. 12 примечаний	По ТУ 14-1-1551-75	15К, 16К, 18К, 20К	категории 5 по ГОСТ 5520-79	15К, 16К, 18К, 20К	категории 3 по ГОСТ 5520-79	15К, 16К, 18К, 20К	категории 10 по ГОСТ 5520-79	15К, 16К, 18К, 20К	категории 11 по ГОСТ 5520-79	20К по ТУ 14-1-1211-75	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1 категории 6 по ГОСТ 5520-79
						От -40 до 16,0	п. 11 примечаний	Для плоских фланцев и других деталей с учетом п. 12 примечаний	По ТУ 14-1-1211-75 полностью и п. 11 примечаний	По ГОСТ 5520-79 и п. 11 примечаний	15К, 16К, 18К, 20К	категории 3 по ГОСТ 5520-79	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1 категории 3 по ГОСТ 5520-79			

Марка стали, ГОСТ или ТУ	Технические требования	Рабочие условия	t _Р , °С	p, МПа	Виды испытаний и требования		Назначение и условия применения
					Δ	σ _т	
ВСт3п2, ВСт3п2, ВСт3п2 по ГОСТ 380-71	ВСт3п3, ВСт3п3, ВСт3п3 по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 14637-79	От 0 до 200	Δ 0,07	Δ 1,6	Δ 0,07	Для ненапряженных деталей внутренних устройств и других конструкций с учетом п. 12 примечаний
ВСт3п4, ВСт3п4, ВСт3п4 по ГОСТ 380-71	ВСт3п5, ВСт3п5, ВСт3п5 по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 14637-79	От -20 до 200	Δ 0,07	Δ 1,6	Δ 0,07	Для ненапряженных деталей внутренних устройств и других конструкций с учетом п. 12 примечаний
ВСт3п6, ВСт3п6, ВСт3п6 по ГОСТ 380-71	ВСт3п6, ВСт3п6, ВСт3п6 по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 14637-79	От 200 до 425	Δ 0,07	Δ 1,6	Δ 0,07	Для ненапряженных деталей внутренних устройств и других конструкций с учетом п. 12 примечаний

Рекомендуемые марки листовой стали (ОСТ 26-291-79)

Марка стали, ГОСТ или ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения
		t _р , °C	p, МПа		
10Т2С1 катодный 7, 8, 9 по ГОСТ 5520-79	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1 катодный 17 при s ≤ 60 мм и катодный 12 при s > 60 мм	От -60 до -41	От -70 до -41	По ГОСТ 5520-79	Для корпусов, днищ, плоских фланцев, труб- ных решеток и других деталей с учетом п. 12 примечания
12ХМ по ГОСТ 20072-74	12ХМ по ТУ 14-1-642-73 и ТУ 24-10-003-70	От -40 до +540	От -40 до +560	По ТУ 14-1-2304-78 и ГОСТ 5520-79	Для крышек плав- ящих головок, трубных решеток, стяжных колец, и других деталей с уче- том п. 14 примечания
15Х5М по ГОСТ 5632-72	10Х14Г14Н4Т по ГОСТ 5632-72	От -196 до +500	От -40 до +600	Группа М26 по ГОСТ 7350-77 и п. 17 примечания	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и дру- гих деталей с учетом п. 13, 15 и 16 приме- чаний

08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632-72	08Х18Н10Т по ГОСТ 5632-72	От -40 до +300	От -196 до +450	По ТУ 14-1-2261-77 и ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и дру- гих деталей с учетом п. 15 и 16 примечания
08Х18Н10Т по ГОСТ 5632-72	Группа М26 по ГОСТ 7350-77	От -253 до +610	От -253 до +450	По ТУ 14-1-394-72 и ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и дру- гих деталей с учетом п. 13, 15 и 16 приме- чаний
12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-72	Группа М26 по ГОСТ 7350-77	От -253 до +350	От -253 до +600	По ТУ 14-1-394-72 и ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и дру- гих деталей с учетом п. 13, 15 и 16 приме- чаний
Не отгра- ничено	Группа М26 по ГОСТ 7350-77	От -253 до +700	От -253 до +600	По ТУ 14-1-394-72 и ГОСТ 7350-77	Для деталей внутрен- них устройств не подде- жащих контролю Госгор- технадзора СССР, для сред, не вызывающих меж- кристаллитную корро- зию с учетом п. 13 при- мечания

ГОСТ 5632-72 08X13 по	Группа M26 по ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ и других деталей толщин до 12 мм	—	По ГОСТ 5582-75, группа 2, 3 Для внутренних деталей аппаратов
ГОСТ 5632-72 03X17H14M3 по	Группа M26 по ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и других деталей с учетом п. 13 примечаний	До 5,0	По ТУ 14-1-1154-74 и ТУ 14-1-1541-75
ГОСТ 5632-72 06XH28MЛТ по	Группа M26 по ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ, плоских фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом п. 13 примечаний	До 5,0	По ТУ 14-1-1154-74 и ТУ 14-1-1541-75
ГОСТ 5632-72 08X17H15M3Т по	Группа M26 по ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ, плоских фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом п. 13 примечаний	До 5,0	По ТУ 14-1-1154-74 и ТУ 14-1-1541-75
ГОСТ 5632-72 10X17H13M3Т по	Группа M26 по ГОСТ 7350-77	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и других деталей для сред, не вызывающих межкристаллическую коррозию с учетом п. 13 примечаний	До 5,0	По ТУ 14-1-1154-74 и ТУ 14-1-1541-75

Марка стали, ГОСТ или ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения
		t, °C	p, МПа		
ГОСТ 5632-72 12X18H10Т по	По ТУ 14-1-394-72	Не обра- ничено	До +350 От -253	До +600	Для плоских фланцев, трубных решеток и других деталей для сред, не вызывающих межкристаллическую коррозию с учетом п. 13 примечаний
ГОСТ 5632-72 03X18H11 по	По ТУ 14-1-490-72	Не обра- ничено	До +350 От -253	До +610 От -196	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и других деталей с учетом п. 13, 15 и 16 примечаний
ГОСТ 5632-72 10X17H13M2Т по	Группа M26 по ГОСТ 7350-77	Для корпусов и других деталей для сред, не вызывающих межкристаллическую коррозию с учетом п. 13 примечаний	До +350 От -253	До +350	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и других деталей с учетом п. 13, 15 и 16 примечаний
ГОСТ 5632-72 08X17H13M2Т по	По ТУ 14-1-394-72	Не обра- ничено	До +350 От -196	До +700	Для корпусов, днищ, плоских фланцев и других деталей с учетом п. 13, 15 и 16 примечаний

<p>Технические требования</p>	<p>Рабочие условия t_р, °C p, МПа</p>	<p>Виды испытаний и требования</p>	<p>Назначение и условия применения</p>	<p>ВСтЗсп4+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп3+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп6+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп5+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп3 с плакирующим слоем из сталей марок 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 06ХН28МДТ по ГОСТ 10885-75</p>	<p>20К-3 с плакирующим слоем из сталей тех же марок по ГОСТ 10885-75</p>			
				<p>От -20 до +200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От -20 до 0</p>	<p>От -20 до 0</p>	<p>От 0 до 200</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>

<p>Технические требования</p>	<p>Рабочие условия t_р, °C p, МПа</p>	<p>Виды испытаний и требования</p>	<p>Назначение и условия применения</p>	<p>ВСтЗсп4+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп3+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп6+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп5+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп3 с плакирующим слоем из сталей марок 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 06ХН28МДТ по ГОСТ 10885-75</p>	<p>ВСтЗсп3 с плакирующим слоем из сталей тех же марок по ГОСТ 10885-75</p>			
				<p>От -20 до +200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>	<p>От 0 до 200</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>
				<p>От -20 до +425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От 200 до 425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +425</p>	<p>От -20 до +475</p>

Рекомендуемые марки листовых двукрьюной стали (ОСТ 26-291-79)

<p>16ТС-17, 0912С-17 с плакирующим слоем из стальной марки 16ТС-17, 0912С-17 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>16ТС-3, 0912С-3 с плакирующим слоем из стальной марки 16ТС-3, 0912С-3 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>16ТС-6, 0912С-6 с плакирующим слоем из стальной марки 16ТС-6, 0912С-6 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>0912С категории 7, 8, 9 с плакирующим слоем из стальной марки 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т, 06ХН18М7Т по ГОСТ 10885-75</p>	<p>По ГОСТ 10885-75</p>	От -40 до +425	От -30 до +200	От -40 до -31	От -70 до -41	<p>Не определено</p>	<p>По ГОСТ 10885-75 полностью*</p>	<p>Для корпусов, днищ, патрубков и других деталей** с учетом пп. 3, 8, 9, 12 и 13 приложения</p>
					От -40 до +425	От -30 до +200	От -40 до -31	От -70 до -41			
					От -40 до +425	От -30 до +200	От -40 до -31	От -70 до -41			
					От -40 до +425	От -30 до +200	От -40 до -31	От -70 до -41			

<p>20К-10 с плакирующим слоем из стальной марки 20К-10 с плакирующим слоем из стальной марки 20К-11 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>16ТС-6+08Х13, 0912С-6+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>16ТС-3+08Х13, 0912С-3+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>16ТС-17+08Х13, 0912С-17+08Х13 по ГОСТ 10885-75</p>	<p>Технические требования</p>	<p>Т_р, °С</p>	<p>Рабочие условия</p>	<p>р, МПа</p>	<p>Виды испытаний и требования</p>	<p>Назначение и условия применения</p>	От 200 до 425	От -20 до +425	От -40 до -31	От -30 до +200	От -40 до +475	<p>Для корпусов, днищ и других деталей с учетом пп. 2, 8, 9, 12 и 13 приложения</p>
										От 200 до 425	От -20 до +425	От -40 до -31	От -30 до +200	От -40 до +475	
										От 200 до 425	От -20 до +425	От -40 до -31	От -30 до +200	От -40 до +475	
										От 200 до 425	От -20 до +425	От -40 до -31	От -30 до +200	От -40 до +475	

Состав и размеры стального листового проката

мм

Основные размеры	Листовой прокат		
	Сталь листовая горячекатаная (ГОСТ 19903—74)	Сталь листовая холоднокатаная (ГОСТ 19904—74)	Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозийно-стойкая (ГОСТ 10885—75)
Ширина	500—3 800	500—2300	1200—2800
Длина	1 200—12 000	1000—6000	2000—9400
Толщина листа стали: углеродистой обыкновенного качества (ГОСТ 380—71); качественной углеродистой низколегированной (ГОСТ 5520—79); котельной (ГОСТ 5520—79); коррозионностойкой, жаростойкой и жаропрочной	0,5—160 (в листах) 1,2—12 (в рулонах) 4—160	0,5—5 (в листах) 0,5—3 (в рулонах)	4—160 — 4—160

свыше 25 мм, должны подвергаться контролю ультразвуковым или другим равноценным методом. Методы контроля по ТУ 14-1-809—73 (балл 2 по табл. 1 норм контроля).

При заказе стали по ГОСТ 5520—79 (за исключением марки 20К) для аппаратов, подлежащих Госгортехнадзору и работающих при повышенных температурах, необходимо требовать определение предела текучести при температуре, близкой к рабочей.

Для изготовления плоских прокладок и оболочек асбестовых прокладок во фланцевых соединениях применяется сталь марки 08кп по ГОСТ 1050—74 с техническими требованиями и видом испытаний по ГОСТ 9045—70, а также сталь марки 08Х18Н10 по ГОСТ 5632—72 с техническими требованиями и видом испытаний по ГОСТ 5582—75.

Для изготовления прокладок овального и восьмиугольного сечений применяется низколегированная сталь с техническими требованиями и видом испытаний по МПТУ 4102—53, а также сталь марки 08Х18Н10 по ГОСТ 5632—72 с техническими требованиями и видом испытаний по ГОСТ 7350—77.

Для изготовления аппаратов применяется листовой прокат, состав и размеры которого приведены в табл. 3.4.

Сталь листовая обозначается словом «Лист», затем дробью, в числителе которой указываются размеры листа в миллиметрах (толщина \times на ширину \times на длину), затем указывается ГОСТ 19903—74 (для горячекатаной) или ГОСТ 19904—74 (для холоднокатаной), а в знаменателе — марка стали (с указанием категории или состояния материала и качества поверхности) и указывается ГОСТ технических требований (ГОСТ 380—71, ГОСТ 5520—79, ГОСТ 5582—75 или ГОСТ 7350—77). Для сталей коррозионностойких, жаростойких и жаропроч-

Основные механические свойства листовой и сортовой углеродистой стали обыкновенного качества (ГОСТ 380—71)

Марка стали	$\sigma_{\text{в}}$, МПа, не менее	$\sigma_{\text{т}}$, МПа, не менее, при толщине проката, мм			$\delta_{\text{в}}$, %	$a_{\text{н}}$, МДж/м ²
		До 20	Св. 20—40	Св. 40—100		
ВС3кп	370	240	230	220	27—24	—
ВС3пс, сп, Гпс	380	250	240	230	26—23	0,8—0,5
ВС4пс	420	270	260	250	24—21	0,7—0,4
ВС5пс, сп	500	290	280	270	20—17	—

Примечание. Металл горячекатаный, в состоянии поставки.

Основные механические свойства листовой качественной конструкционной стали (ГОСТ 5520—79)

Марка стали	$\sigma_{\text{в}}$, МПа, не менее	$\sigma_{\text{т}}$, МПа, не менее, при толщине листа, мм		$\delta_{\text{в}}$, %	$a_{\text{н}}$, МДж/м ²
		До 20	Св. 20—40		
15К	372	225	216	27—25	0,7—0,6
16К	402	255	245	22	0,7
18К	431	275	265	20	0,6
20К	402	245	235	25—23	0,6—0,5
20*	420	250**	250**	25	—

Примечание. Металл горячекатаный или нормализованный, в состоянии поставки.

* По ГОСТ 1050—74.

** При толщине проката до 80 мм.

ных в числителе перед размерами листа указывается через тире точность проката (А или Б), вид кромки (НО или О), неплоскостность (ПН, ПУ или ПВ).

Двухслойная сталь обозначается словом «Лист», затем — дробью, в числителе которой указываются размеры листа в миллиметрах (толщина \times на ширину \times на длину), затем указывается ГОСТ 10885—75, а в знаменателе — марка нового слоя + марка плакированного слоя.

В табл. 3.5—3.8 приведены основные механические свойства листовых сталей при $t_R = 20^\circ\text{C}$. Механические свойства двухслойных сталей соответствуют механическим свойствам их основного слоя.

Основные механические свойства листовой низколегированной стали (ГОСТ 19282—73)

Марка стали	Толщина проката, мм	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	$a_{\text{н}}$, МДж/м ² , при t_{R} , °C	
				+20	-40
16ГС	4 5—9 10—20 21—32 33—60 Св. 60 до 160	500 500 490 480 470 460	330 330 320 300 290 280	не менее	
				—	—
				0,6	0,4
				0,6	0,3
				0,6	0,25
				0,6	0,25
09Г2С	4 5—9 10—20 21—32 33—60 61—80 Св. 80 до 160	500 500 480 470 460 450 440	350 350 330 310 290 280 270	не менее	
				—	—
				0,65	0,4
				0,6	0,35
				0,6	0,3
				0,6	0,3
10Г2С1	4 5—9 10—20 21—32 33—60 61—100	500 500 490 480 460 440	360 350 340 330 330 300	не менее	
				—	—
				0,65	0,4
				0,6	0,3
				0,6	0,25
				0,6	0,25

Марка стали	Толщина проката, мм	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	$a_{\text{н}}$, МДж/м ² , при t_{R} , °C	
				-40	-70
09Г2С	10—32	500	370	19	0,3
10Г2С1	10—40	540	400		

Примечания: 1. Для сталей всех марок при любой толщине $\delta_{\text{н}} = 21\%$.
2. По требованию потребителя листы из стали марок 09Г2С толщиной 10—60 мм и 10Г2С1 толщиной 10—40 мм поставляются после закалки с отпуском. Нормы механических свойств при этом должны соответствовать требованиям, указанным в таблице.

Основные механические свойства толстолистовой легированной стали

Марка стали	ГОСТ, ТУ	Толщина листа, мм	$\sigma_{\text{в}}$, МПа		$\delta_{\text{н}}$, %					
			не менее	не менее						
12ХМ 12МХ, 12ХМ 15Х5М 10Х14Г14Н4Т 08Х22Н6Т* 08Х21Н6М2Т* 08Х18Н10Т 08Х18Н10Т 12Х18Н9Т 12Х18Н10Т 08Х18Н12Б 03Х18Н11 10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т 08Х17Н13М2Т 08Х17Н15М3Т 06ХН28МДТ 03Х17Н14М3	ГОСТ 20072—74 ТУ 24-10-003—70 ГОСТ 7350—77 ГОСТ 7350—77 ГОСТ 7350—77 ГОСТ 7350—77 ТУ 14-1-394—72 ГОСТ 7350—77 ТУ 14-1-394—72 ГОСТ 7350—77 ТУ 14-1-490—72 ГОСТ 7350—77 ГОСТ 7350—77 ТУ 14-1-394—72 ГОСТ 7350—77 ТУ 14-1-394—72 ТУ 14-1-1154—74, ТУ 14-1-1541—75 ГОСТ 7350—77 ГОСТ 7350—77 ГОСТ 7350—77	20—130 4—50 4—50 4—50 4—50 Св. 50 до 75 4—50 Св. 50 до 75 4—50 6—20 4—50 4—50 Св. 50 до 75 4—50 4—50 6—20	412 412 470 588 588 588 509 530 530 509 509 530 530 509 509 509 539 509	236 236 236 245 340 340 206 206 236 206 196 236 196 196 216 196	21 18 18 40 40 43 43 38 38 45 37 37 40 35 40					
						08Х13 15Х25Т 08Х17Т	4—50 4—50 4—50	422 440 440	294 — —	23 14 18

Примечания: Для всех марок стали листы поставляются в термообработанном состоянии. Режимы термообработки по соответствующим ГОСТ и ТУ.
* Для листов толщиной свыше 25 мм механические свойства не нормируются, но должны определяться.

3.3. Сортовая сталь

Сортовая сталь в виде полос, круга, квадрата и фасонных профилей (угловая, корончатая, двутавровая и др.) применяется для изготовления фланцев, муфт, пробок, различных внутренних устройств, опорных балок и других деталей аппаратов.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний сортовой стали, в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 3.9.

При заказе сортовой углеродистой стали должна быть указана необходимость гарантии свариваемости.

При заказе сортовой стали марок 16ГС, 09Г2, 09Г2С должна быть указана необходимость поставки стали в термически обработанном состоянии и испытания ее на ударную вязкость, требуемое значение которой указано выше для листовой стали тех же марок.

Для изготовления аппаратов применяется сортовая горячекатаная сталь, поставляемая в виде полос по сортаменту ГОСТ 103—76 шириной 11—200 мм, толщиной 4—60 мм; кругов по сортаменту ГОСТ 2590—71 диаметром 5—250 мм;

12X18H10T по ГОСТ 5632-72	По ГОСТ 5949-75	От -253 до +610	Не определено	Для фланцев, внутренних устройств и других деталей для сред, не выделяющих межкристаллитную коррозию с учетом п. 5 примечаний
		От -253 до +300		
08X22H6T, 08X21H6M2T по ГОСТ 5632-72	По ГОСТ 5949-75	От -40 до +300	Не определено	Для фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом пп. 5, 6 и 7 примечаний
10X14T14H4T по ГОСТ 5632-72		От -196 до +500		Для фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом пп. 3, 4, 6 и 7 примечаний
10T2 по ГОСТ 4543-71	По ГОСТ 4543-71 и a_n при $t_R < -30^\circ\text{C}$	От -70 до +475	Не определено	Для фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом п. 4 примечаний
09T2-12, 09T2C-12 по ГОСТ 19281-73		От -40 до +475		
09T2-6, 09T2C-6 по ГОСТ 19281-73	По ГОСТ 19281-73	От -40 до +200	Не определено	Для фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом п. 4 примечаний
09T2-9, 09T2C-9 по ГОСТ 19281-73		От -70 до -41		
20 по ГОСТ 1050-74	По ГОСТ 1050-74	От -20 до +475	Не определено	Для муфт, пробок и других деталей с учетом п. 4 примечаний
ВСт3п2 по ГОСТ 380-71		От -20 до +425		Для деталей аппаратов, не подлежащих сварке

ВСт3п2 по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 535-79	От -30 до +425	До 5,0	Для деталей аппаратов, не подлежащих сварке и контролю по ГОСТ 9430-80 СССР, или при $s \leq 16$ мм
		От 0 до +425		
ВСт3п3 по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 535-79	От -20 до +200	До 5,0	Для фланцев и ответственных конструкций внутренних устройств с учетом п. 4 примечаний
ВСт3п4 по ГОСТ 380-71		От -30 до +550		Для ненапряженных деталей внутренних устройств с учетом п. 4 примечаний
ВСт3кп по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 535-79	От -30 до +200	До 1,6	Для ответственных деталей внутренних устройств, не подлежащих сварке, с учетом п. 4 примечаний
Ст3кп по ГОСТ 380-71		От 10 до 200		Для фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом пп. 3 и 4 примечаний
ВСт3кп2 по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 535-79	От 10 до 200	До 1,6	Для фланцев, внутренних устройств и других деталей с учетом пп. 3 и 4 примечаний
ВСт3кп по ГОСТ 380-71		От -30 до +550		Для ненапряженных деталей внутренних устройств с учетом п. 4 примечаний

Рекомендуемые марки сортовой стали (ОСТ 26-291-79)

Основные механические свойства сортовой высоколегированной стали (ГОСТ 5949—75)

Марка стали	σ_B МПа, не менее	σ_T	$\delta_5, \%$ не менее
15X5M*	400	220	22
10X14Г14Н4Т	650	350	35
08X22НСТ	600	20	20
08X21Н6М2Т	600	350	25
10X17Н13М2Т	520	220	40
10X17Н13М3Т	540	200	40
08X17Н15М3Т	500	200	35
12X18Н10Т	520	200	40
08X18Н10Т	500	200	40
03X18Н11	450	160	40
08X18Н12Б	500	180	40
06XН28МДТ	По согласованию		
08X13, 12X13	600	420	20
08X17Т	По согласованию		
15X25Т, 15X28	450	300	20
07X16Н6-Ш**	1200	1000	12

Пр и м е ч а н и е. Металл термообработанный, в состоянии поставки.

* По ГОСТ 20072—74.

** По ИУ 14-1-22—71.

3.4. Трубы стальные

Стальные трубы служат для изготовления из них корпусов, трубных пучков, змеевиков, штуцеров, патрубков и других деталей аппаратов.

Для кожухотрубных теплообменных аппаратов по массе трубы в большинстве случаев превышают все остальные их части и детали.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытанных стальных труб в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 3.12.

Для изготовления аппаратов применяются следующие виды труб: трубы сварные водогазопроводные (усиленные) из углеродистых сталей обычного качества по ГОСТ 3262—75;

трубы электросварные прямшовные по сортаменту ГОСТ 10704—76, $D_n = 426 \div 1620$ мм из углеродистых сталей обычного качества и низколегированных сталей по ГОСТ 10706—76;

трубы бесшовные горячекатаные по сортаменту ГОСТ 8732—78, $D_n = 25 \div 820$ мм из углеродистых сталей обычного качества, качественных и легированных по ГОСТ 8231—74;

квадратов по сортаменту ГОСТ 2591—71 размером 5—200 мм; уголков равнобоких по сортаменту ГОСТ 8509—72 с номерами профиля 2—25; уголков неравнобоких по сортаменту ГОСТ 8510—72 с номерами профиля 2,5/1,6—25/16; швеллеров по сортаменту ГОСТ 8240—72 (с уклоном внутренних граней и с параллельными гранями полок) с номерами профиля 5—40; двутавров по сортаменту ГОСТ 8239—72 с номерами профиля 10—60.

Материалом полос, кругов и квадратов являются стали марок: углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 380—71; углеродистая качественная по ГОСТ 1050—74; низколегированная по ГОСТ 19281—73; теплоустойчивая по ГОСТ 20072—74; коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная по ГОСТ 5949—75.

Материалом уголков, швеллеров и двутавров служат стали углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 380—71 и низколегированная по ГОСТ 19281—73.

Обозначается сортовая сталь наименованием проката (полоса, круг, квадрат, уголок, швеллер, двутавр), затем дробью, в числителе которой указывается в одних случаях размер профиля в миллиметрах (для полосы — толщина X на ширину, для круга — диаметр, для квадрата — его сторона, для уголка — ширина полки одной X на ширину другой полки X на толщину), в других случаях — номер профиля (для швеллера и двутавра) и ГОСТ на сортамент. В знаменателе указываются марка стали и ГОСТ на технические требования (ГОСТ 380—71, ГОСТ 1050—74, ГОСТ 19281—73, ГОСТ 20072—74 или ГОСТ 5949—75).

В табл. 3.5, 3.10 и 3.11 приведены основные механические свойства сортовых сталей при $t = 20^\circ\text{C}$.

Т а б л и ц а 3.10

Механические свойства сортовой низколегированной стали (ГОСТ 19281—73)

Марка стали	Толщина проката, мм	Механические свойства				
		σ_B , МПа	σ_T , МПа	$\delta_5, \%$	a_n , МДж/м ² , при $t, ^\circ\text{C}$	
					—40	—70
09Г2	4					
	5—9	450	310	21	0,4	0,3
	10—20		310		0,3	0,3
	21—32		300		0,3	—
09Г2С	4					
	5—9	500	350	21	0,4	0,35
	10—20	500	330		0,35	0,3
	21—32	470	310		0,35	—
	33—60	460	290		0,35	—
	61—80	450	280		0,35	—
Св. 80 до 160	440	270		0,35	—	
10Г2*	До 200	430	250	22	—	—

* По ГОСТ 4543—71.

Рекомендуемые марки стальных труб (ОСТ 26-291—79)

Марка стали, ГОСТ или ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения	
		t_R , °C	p , МПа			
ВСт3сп3, ВСт3пс3 по ГОСТ 380—71	Трубы водогазопро- водные (усиленные) по ГОСТ 3262—75	От 0 до 200	До 1,6	По ГОСТ 3262—75	Для погружных холо- дильников, распылите- лей и других деталей с учетом п. 16 примечаний	
ВСт3кп2 по ГОСТ 380—71		От 10 до 200		По ГОСТ 10706—76, группа В и п. 7 при- мечаний	Для корпусов аппара- тов, патрубков и других деталей с учетом пп. 6, 7 и 16 примечаний	
ВСт3сп4, ВСт3пс4 по ГОСТ 380—71	Трубы электросвар- ные по ГОСТ 10706—76, группа В	От —15 до +350	До 0,07	Гидравлическое ис- пытание каждой трубы при давлении, равном 1,5 рабочего *, и п. 5 примечаний		При категории стали 4 толщина труб должна быть не более 9 мм
ВСт3сп3, ВСт3пс3 по ГОСТ 380—71		От 0 до 200		По ГОСТ 10706—76, группа В и пп. 5 и 6 примечаний		
ВСт3сп5, ВСт3пс5 по ГОСТ 380—71		От —20 до +400		До 5,0	По ГОСТ 10706—76, группа В и пп. 5 и 8 примечаний. Механи- ческие свойства и удар- ная вязкость основного металла по ГОСТ 380—71	
ВСт3сп6, ВСт3пс6 по ГОСТ 380—71		От 200 до 400				

10, 20 по ГОСТ 1050—74	Трубы электросвар- ные по ТУ 14-3-624—77	От —30 до +400	До 4,0	По ТУ 14-3-624—77 и п. 8 примечаний	Для трубных пучков теплообменной аппара- туры с учетом пп. 7 и 16 примечаний	
	По ГОСТ 550—75, группа А и Б, ГОСТ 8733—74, груп- па В, ГОСТ 8731—74, группа В	От —30 до +475		До 5,0	По ГОСТ 8733—74, группа В; ГОСТ 550—75; ГОСТ 8731—74, груп- па В и пп. 9 и 10 при- мечаний	Для корпусов, патруб- ков, штуцеров и люков с учетом п. 16 примеча- ний
	По ГОСТ 550—75, группа А и В, ГОСТ 8733—74, груп- па В				По ГОСТ 550—75, ГОСТ 8733—74, группа В и пп. 9, 10 и 11 при- мечаний. Испытание на сплющивание по требо- ванию чертежа *	Для корпусов, трубных пучков теплообменников, змеевиков, патрубков и других деталей с учетом п. 16 примечаний
	По ГОСТ 550—75, группа А и Б, ГОСТ 8731—74, груп- па В					
20 по ГОСТ 1050—74	По ТУ 14-3-460—75		Не огра- ничено	По ТУ 14-3-460—75		
20ЮЧ по ТУ 14-242-167—77, ТУ 14-242-168—77	По ТУ 14-242-167—77 и ТУ 14-242-168—77	От —40 до +475	До 16,0	По ТУ 14-242-167—77 и ТУ 14-242-168—77	Для корпусов, змееви- ков, трубных секций, па- трубков и других дета- лей с учетом п. 16 при- мечаний	

Марка стали, ГОСТ или ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения
		$t_R, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$		
09Г2С по ГОСТ 19282-73	По ТУ 14-3-500-76	От -60 до +475	Не огра- ничено	По ТУ 14-3-500-76	Для корпусов, аппара- тов, патрубков и других деталей с учетом п. 16 примечаний
10Г2 по ГОСТ 4543-71	По ГОСТ 550-75, группа А и Б, ГОСТ 8733-74, груп- па В, ГОСТ 8731-74, группа В	От -70 до -31 От -30 до +475		По ГОСТ 550-75	
12Х1МФ по ГОСТ 20072-74	По ТУ 14-3-460-75	От -20 до +560		По ТУ 14-3-460-75	Для трубных пучков, змеевиков, патрубков и других деталей с учетом п. 17 примечаний
15ХМ по ТУ 14-3-460-75		От -40 до +560			
1Х2М1 по ТУ 14-3-517-76	По ТУ 14-3-517-76	От -40 до +600		По ТУ 14-3-517-76	
15Х5 по ГОСТ 20072-74	По ГОСТ 550-75, группа А и Б	От -40 до +425		По ГОСТ 550-75 и п. 11 примечаний	
15Х5М, 15Х5МУ, 15Х5ВФ по ГОСТ 20072-74					

15Х5МУ по ГОСТ 20072-74	По ТУ 14-3-313-74	От -40 до +600		По ТУ 14-3-313-74	Для печных змеевиков, патрубков и других де- талей с учетом п. 17 при- мечаний
12Х8ВФ по ГОСТ 20072-74	По ГОСТ 550-75			По ГОСТ 550-75	
Х9М по ТУ 14-3-457-76	По ТУ 14-3-457-76			По ТУ 14-3-457-76	
Х8 по ГОСТ 550-75	По ГОСТ 550-75	От -40 до +475	До 5,0	По ГОСТ 550-75	Для трубных пучков и змеевиков
10Х14Г14Н4Т по ТУ 14-3-59-72	По ТУ 14-3-59-72	От -196 до +500		По ТУ 14-3-59-72	Для трубных пучков, змеевиков и других дета- лей с учетом пп. 14 и 15 примечаний
08Х22Н6Т по ГОСТ 5632-72	По ГОСТ 9940-72, ГОСТ 9941-72, ТУ 14-3-59-72	От -40 до +300		По ГОСТ 9940-72, ГОСТ 9941-72 и ТУ 14-3-59-72	
08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-3-59-72			По ТУ 14-3-59-72	
03Х17Н14М3 по ТУ 14-3-396-75	По ТУ 14-3-396-75, ТУ 14-3-697-78	От -196 до +450		По ТУ 14-3-396-75, ТУ 14-3-697-78	Для трубных пучков, змеевиков и других де- талей

Марка стали, ГОСТ или ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения
		$t_R, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$		
12X18H10T по ГОСТ 5632-72	По ГОСТ 9940-72 и ГОСТ 9941-72	От -253 до +350	Св. 350 до 610	По ГОСТ 9940-72, ГОСТ 9941-72 и п. 12 примечаний	Для трубных пучков, змеевиков и других дета- лей с учетом пп. 14, 15 и 18 примечаний
		Св. 350 до 610			Для трубных пучков, змеевиков, патрубков и других деталей для сред, не вызывающих межкри- сталлитную коррозию с учетом п. 18 примечаний
12X18H10T по ТУ 14-3-460-75	По ТУ 14-3-460-75	От -253 до +610	Не огра- ничено	По ТУ 14-3-460-75	Для трубных пучков, теплообменников, подо- гревателей и других де- талей для сред, не вызы- вающих межкристаллит- ную коррозию с учетом п. 18 примечаний
08X18H10T по ГОСТ 5632-72		От -196 до +610			Для трубных пучков, змеевиков и других дета-
08X18H12Б по ГОСТ 5632-72					
08X17H15M3T по ГОСТ 5632-72	По ГОСТ 9940-72 и ГОСТ 9941-72	От -196 до +600	Св. 350 до 700	По ГОСТ 9940-72, ГОСТ 9941-72 и п. 12 примечаний	лей с учетом пп. 13, 14 и 18 примечаний
10X17H13M2T по ГОСТ 5632-72		От -196 до +350			Для трубных пучков, змеевиков, патрубков и других деталей для сред, не вызывающих межкри- сталлитную коррозию с учетом п. 18 примечаний
03X18H11 по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-3-681-78, ТУ 14-3-692-78, ТУ 14-3-697-78	От -196 до +450	До 5,0	По ТУ 14-3-681-78, ТУ 14-3-692-78, ТУ 14-3-697-78	Для трубных пучков, змеевиков, патрубков и других деталей
03X21H21M4ГБ по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-3-694-78, ТУ 14-3-696-78, ТУ 14-3-751-78	От -70 до +400		По ТУ 14-3-694-78, ТУ 14-3-696-78, ТУ 14-3-751-78	Для трубных пучков, патрубков и других дета- лей с учетом пп. 14 и 15 примечаний
03XН28МДТ по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-3-719-78, ТУ 14-3-751-78	От -196 до +400		По ТУ 14-3-719-78, ТУ 14-3-751-78	
06XН28МДТ по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-3-318-75, ТУ 14-3-763-78, ТУ 14-3-822-79			По ТУ 14-3-318-75, ТУ 14-3-763-78, ТУ 14-3-822-79	Для трубных пучков и других деталей с уче- том пп. 9 и 18 Примеча- ний

Марка стали, ГОСТ или ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения
		t_R , °C	p , МПа		
08X17T по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72 и ГОСТ 9941—72; по ТУ 14-3-746—78	От 0 до +700	—	По ГОСТ 9940—72, ГОСТ 9941—72 и п. 12 примечаний; по ТУ 14-3-746—78	Для деталей внутрен- них устройств аппаратов, не подлежащих контролю Госгортехнадзора СССР
15X25T по ГОСТ 5632—72		От 0 до 900			
15X28 по ГОСТ 5632—72		От -40 до +600			
08X13, 12X13 по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72 и ГОСТ 9941—72	От -40 до +600	До 6,4	По ГОСТ 9941—72 и п. 12 примечаний	Для трубных пучков теплообменников
ХН32Т по ТУ 14-3-489—76	По ТУ 14-3-489—76	До 900	Не огра- ничено	По ТУ 14-3-489—76	Для деталей аппаратов

Примечания: 1. При заказе труб для изготовления корпусов, патрубков, люков и штуцеров аппаратов, подведомственных Госгортехнадзору СССР, поставляемых по ГОСТ 8731—74, необходимо требовать определение предела текучести. 2. Трубы с толщиной 12 мм и более из сталей марок 10, 20 по ГОСТ 8731—74 должны быть испытаны на ударную вязкость при температуре 20 °C. 3. При заказе любых труб следует требовать в сертификате химический состав стали. 4. Трубы, работающие под избыточным давлением свыше 10 МПа и при температуре свыше 400 °C, должны подвергаться 100-процентному контролю качества по всей длине с помощью ультразвука или другого неразрушающего метода. 5. Для электросварных труб из стали марки ВСтЗ на предприятии — изготовителе аппаратов должны проводиться просвечивание сварного шва каждого корпуса, изготовленного из этих труб, а также проверка механических свойств сварного соединения у 10% труб одной партии. 6. Трубы из углеродистой стали кипящей не должны применяться: а) в аппаратах, предназначенных для сжиженных газов; б) в аппаратах, соприкасающихся со взрыво- и огнеопасными средами, средами I и 2-го класса опасности (СН245—71), за исключением сероводорода, и средами, вызывающими коррозионное растрескивание, а также со средами, вызывающими сероводородное растрескивание и расслоение. Внутренние устройства аппаратов, соприкасающиеся со взрыво- и огнеопасными средами, допускается выполнять из труб кипящей стали толщиной стенки не более 10 мм. 7. Электросварные трубы не должны применяться в средах I и 2-го класса опасности (СН245—71), за исключением сероводорода в аппаратах, где смещение сред трубного и межтрубного пространства может привести к взрыву. 8. При заказе электросварных труб по ГОСТ 10706—76 необходимо требовать испытание на ударную вязкость основного металла при +20 или -20 °C. 9. При заказе труб по ГОСТ 8731—74 и ГОСТ 8733—74 необходимо оговаривать группу В, требование гидравлического испытания каждой трубы и при необходимости испытания на раздачу, сплющивание и загиб. 10. При заказе труб по ГОСТ 550—75 из сталей марок 10, 20, 15X5М и X8, предназначенных для изготовления теплообменных аппаратов, необходимо оговорить группу А (сортамент по ГОСТ 550—75). 11. При заказе труб из коррозионностойких сталей по ГОСТ 9940—72 необходимо потребовать очистку от окислов, термообработку труб, гидравлическое испытание каждой трубы, при указании в чертежах — испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии; при заказе труб по ГОСТ 9941—72 — гидравлическое испытание каждой трубы, при указании в чертежах — испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии. 12. Допускается применять трубы с гарантией гидравлических испытаний предприятием-поставщиком. 13. В процессе изготовления аппаратов должны проверяться: а) соответствие состояния и качества свариваемых деталей и сварочных материалов требованиям действующих стандартов и технических условий; б) соответствие качества подготовки кромок и сборки под сварку требованиям действующих стандартов и чертежей; в) соблюдение технологического процесса сварки и термической обработки, разработанного в соответствии с требованиями действующих стандартов и чертежей. 14. Для элементов аппаратов, изготовленных из стальных труб аустенитного, ферритного и аустенитно-ферритного классов, сварные соединения должны быть испытаны на склонность к межкристаллитной коррозии при наличии соответствующего требования в технических условиях и чертежах. 15. Сварные соединения элементов аппаратов, изготовленных из труб, должны подвергаться металлографическому исследованию для аппаратов: а) группы 1, 2 и 3, работающих при давлении свыше 5,0 МПа, при температуре свыше 450 °C или ниже -40 °C; б) из сталей, склонных к термическому воздействию (например, 12МХ, 12ХМ), из сталей аустенитного класса без ферритной фазы (например, 06ХН28МДТ). В остальных случаях металлографические исследования сварных соединений проводятся по требованию технических условий изделия или технического проекта. 16. Элементы аппаратов, изготовленные с применением сварки из углеродистых и низколегированных стальных труб, подлежат обязательной термообработке: а) если толщина стенки трубы в месте сварного соединения более 36 мм для углеродистых сталей и более 30 мм для низколегированных сталей марок 09Г2С и 10Г2; б) если аппараты предназначены для эксплуатации в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, при указании об этом проектной организацией в технической документации; в) если необходимость термической обработки обусловлена условиями изготовления, эксплуатации аппарата и оговаривается в технической документации. 17. Сварные соединения из низколегированных, марганцовистых, марганцово-кремнистых и хромомолибденовых сталей, выполненные электрошлаковой сваркой, подлежат нормализации и высокому отпуску. 18. Элементы аппаратов, изготовленные из труб марок 08X18H10T, 08X18H12B и других стабилизированных марок сталей должны подвергаться по требованию в техническом проекте стабилизирующему отжигу в том случае, если аппараты предназначены для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, а также при температуре выше 350 °C в средах, вызывающих межкристаллитную коррозию. 19. Трубы, монтируемые в аппаратах с применением развальцовки, должны испытываться на раздачу, в остальных случаях — на сплющивание и загиб.

Основные механические свойства труб (ГОСТ 550—75, ГОСТ 8731—74, ГОСТ 8733—74, ГОСТ 9940—72, ГОСТ 9941—72, ОСТ 26-291—79 и специальные ТУ)

Марка стали, ГОСТ, ТУ	Технические требования	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_s , %	a_{H_2} , МДж/м ²
		Не менее			
ВСт3кп по ГОСТ 380—71	По ГОСТ 10706—76, группа В	370	240	20	—
ВСт3сп3, ВСт3пс3 по ГОСТ 380—71		380	250	18	0,6 ($s = 5 \div 9$ мм) 0,5 ($s = 9 \div 20$ мм)
ВСт3сп4, ВСт3пс4, ВСт3сп5, ВСт3пс5 по ГОСТ 380—71					При -20 °C 0,2 ($s = 5 \div 9$ мм)
ВСт3сп6, ВСт3пс6 по ГОСТ 380—71					—
10 по ГОСТ 1050—74	По ГОСТ 550—75, группа А и Б	360	Горячедеформированные 220	25	0,8
20 по ГОСТ 1050—74		340	Холодно- и теплодеформированные 210	26	—
10 по ГОСТ 1050—74	По ГОСТ 8731—74, группа В	440	Горячедеформированные 260	22	0,8
20 по ГОСТ 1050—74		420	Холодно- и теплодеформированные 250	23	—
10 по ГОСТ 1050—74	По ГОСТ 8731—74, группа В	360	220	24	—
20 по ГОСТ 1050—74		420	250	21	—
10 по ГОСТ 1050—74	По ГОСТ 8733—74, группа В	350	210	24	—
20 по ГОСТ 1050—74		420	250	21	—
20ЮЧ по ТУ 14-242-167—77, ТУ 14-242-168—77	По ТУ 14-3-460—75			22	0,4
	По ТУ 14-242-167—77	240	23	—	
По ТУ 14-242-168—77	При -40 °C 0,5 ($s \leq 12$ мм)				
09Г2С по ГОСТ 19282—73	По ТУ 14-3-500—76	480	270	22	При -70 °C 0,4
10Г2 по ГОСТ 4543—71	По ГОСТ 550—75, группа А и Б			21	1,2; при -30 °C 0,25
	По ГОСТ 8733—74, группа В	430	250	22	—
12Х1МФ по ГОСТ 20072—74	По ТУ 14-3-460—75	450	280	19	0,5
15ХМ по ТУ 14-3-460—75				20	
1Х2М1 по ТУ 14-3-517—76				270	1,0 при $s \geq 12$ мм

Марка стали, ГОСТ, ТУ	Технические требования	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	a_{K^*} , МДж/м ²
		Не менее			
15Х5 по ГОСТ 20072—74	По ГОСТ 550—75, группа А	400	Горячедеформированные 220	24	1,0
15Х5М по ГОСТ 20072—74		400	Горячедеформированные 220	22	1,2
		400	Холодно- и тепलोдеформированные 220	22	—
15Х5М-У по ГОСТ 20072—74		600	Горячедеформированные 420	16	1,0
15Х5М по ГОСТ 20072—74	По ТУ 14-3-313—74	580	420	16	1,0
12Х8ВФ по ГОСТ 20072—74	По ГОСТ 550—75	400	170	22	
Х9М по ТУ 14-3-457—76	По ТУ 14-3-457—76	480	220		
Х8 по ГОСТ 550—75	По ГОСТ 550—75	400			
Х14Г14Н4Т по ТУ 14-3-59—72	По ТУ 14-3-59—72		—	35	
08Х22Н6Т по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72	600		24	
	По ГОСТ 9941—72, по ТУ 14-3-59—72		—	20	
08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632—72	По ТУ 14-3-59—72	600	—	20	
03Х17Н14М3 по ТУ 14-3-697—78	По ТУ 14-3-697—78	500	200	30	
12Х18Н10Т по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72 По ГОСТ 9941—72 По ТУ 14-3-460—75	540 560 540	— — 220	40 35 35	
08Х18Н10Т по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72 По ГОСТ 9941—72	520 560		40 37	
08Х18Н12Б по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72 По ГОСТ 9941—72	520 540		38 37	
10Х17Н13М2Т по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72, ГОСТ 9941—72	540		35	
08Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72 По ГОСТ 9941—72	520 560			
03Х18Н11 по ГОСТ 5632—72	По ТУ 14-3-681—78, ТУ 14-3-692—78, ТУ 14-3-697—78	520	200	45	
03Х21Н21М4ГБ по ГОСТ 5632—72	По ТУ 14-3-694—78, ТУ 14-3-696—78, ТУ 14-3-751—78			30	
03ХН28МДТ по ГОСТ 5632—72	По ТУ 14-3-719—78	500	220	35	

Марка стали, ГОСТ, ТУ	Технические требования	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	$a_{H'}$, МДж/м ²
06ХН28МДТ по ГОСТ 5632—72	По ТУ 14-3-318—75, ТУ 14-3-763—78	530	—	35	—
		500			
08Х17Т по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72, ГОСТ 9941—72	380	—	17	—
		450 470			
15Х25Т по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72, По ГОСТ 9941—72	450	—	17	—
		380			
15Х28 по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72	450	—	22	—
		380			
08Х13 по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72, ГОСТ 9941—72	400	—	21	—
		480			
12Х13 по ГОСТ 5632—72	По ГОСТ 9940—72	400	—	21	—
ХН32Т по ТУ 14-3-489—76	По ТУ 14-3-489—76	480	180	35	—
		480			

Примечание. Значения $a_{H'}$ указаны для температуры образцов 20 °С. Данные по $a_{H'}$ при минусовых температурах приводятся с указанием соответствующей температуры испытания образцов.

трубы бесшовные холоднодеформированные по сортаменту ГОСТ 8734—75, $D_H = 5 \div 250$ мм из качественных углеродистых и легированных сталей по ГОСТ 8733—74;

трубы бесшовные холодно-, тепло- и горячедеформированные для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности по ГОСТ 550—75 из качественных углеродистых и легированных сталей $D_H = 20 \div 114$ мм;

трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионностойкой стали по ГОСТ 9940—72, $D_H = 57 \div 325$ мм;

трубы бесшовные холодно- и теплодеформированные из коррозионностойкой стали по ГОСТ 9941—72, $D_H = 5 \div 250$ мм.

Все трубы, в зависимости от пожеланий заказчика, поставляются немерной, мерной и кратной мерной длины.

Трубы обозначаются:

из углеродистых сталей обычного качества, качественных и легированных словом «Труба», затем дробью, в числителе которой указываются размеры трубы в мм (наружный диаметр \times на толщину стенки \times на длину) и ГОСТ сортамента, а в знаменателе — марка стали и ГОСТ технических требований;

из коррозионностойких сталей словом «Труба», затем указываются размеры трубы в мм (наружный диаметр \times на толщину стенки \times на длину), марка стали и ГОСТ сортамента трубы.

В табл. 3.13 приведены основные механические свойства труб из различных марок стали при $t_R = 20$ °С.

3.5. Поковки стальные

Из поковок и штамповок изготавливаются фланцы, трубные решетки и ряд других деталей аппаратов, когда их невозможно выполнить из листового или сортового проката, или по экономическим соображениям.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний стальных поковок в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 3.14.

Режимыковки, штамповки и термообработки поковок устанавливаются действующей технологической документацией завода-поставщика.

По форме и размерам поковки должны соответствовать готовому изделию с допусками на механическую обработку, технологическими допусками и допусками на точность изготовления в соответствии с ГОСТ 7062—79, ГОСТ 7829—70 и ГОСТ 7505—74.

Качество поковок, допускаемые дефекты и методы их устранения должны соответствовать требованиям ГОСТ 8479—70 и ОСТ 26-704—72.

Поковки и штамповки из коррозионностойкой стали должны быть испытаны на склонность к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032—75, которая не допускается.

Поковки и штамповки из углеродистых, низко- и среднелегированных сталей на детали аппаратов, работающих под избыточным давлением свыше 6,4 МПа, имеющие габаритный размер более 200 мм или толщину более 50 мм, подлежат контролю на отсутствие в них внутренних дефектов.

Поковки и штамповки для аппаратов, работающих под избыточным давлением свыше 6,4 МПа, а также поковки и штамповки из высоколегированных сталей при том же давлении подвергаются указанному контролю только по требованию в технической документации.

В любом случае дефектоскопии подвергается не менее 50% объема поковки.

В случае применения одинаковых штамповок указанный выше контроль осуществляется выборочно согласно ТУ.

В табл. 3.15 приведены основные механические свойства стальных поковок при $t_R = 20$ °С.

Рекомендуемые марки стальных поковок (ОСТ 26-291—79)

Марка стали, ГОСТ, ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения
		$t_R, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$		
ВСт5сп по ГОСТ 380—71	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП25	От —20 до +400	До 5,0	По ГОСТ 8479—70, группа IV По ГОСТ 8479—70, группа IV. a_n при ра- бочей температуре *	Для трубных решеток, стяжных колец и других деталей с учетом п. 4 при- мечаний
20 по ГОСТ 1050—74	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП20 и груп- па IV-КП22	От —30 до +475	Не огра- ничено		Для фланцев привар- ных встык, трубных реш- еток с учетом п. 4 при- мечаний
16ГС по ГОСТ 19282—73	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП25; для стали марки 10Г2 груп- па IV-КП22	От —40 до +475			Для фланцев привар- ных встык, трубных реш- еток и других деталей поковки должны быть в состоянии нормализа- ции с учетом п. 4 при- мечаний
10Г2 по ГОСТ 4543—71		От —70 до —31			Для стальных колец теплообменников и подо- гревателей с учетом п. 5 примечаний
09Г2С по ГОСТ 19282—73		От —30 до +475			
20Х по ГОСТ ГОСТ 4543—71	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП40	От —40 до +450	По ГОСТ 8479—70, группа IV		
15ХМ по ГОСТ 4543—71	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП28С	От —40 до +560	По ГОСТ 8479—70, группа IV	Для фланцев привар- ных встык, трубных реш- еток и других деталей с учетом п. 5 примечаний	
15Х5ВФ, 15Х5М по ГОСТ 5632—72	По ОСТ 26-704—72, группа IV	От —40 до +600	По ОСТ 26-704—72, группа IV	Для трубных решеток, фланцев приварных встык и других деталей с учетом пп. 6—8 приме- чаний	
08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632—72		От —40 до +300	По ОСТ 26-704—72, группа IV. На межкри- сталлитную коррозию от- партни по требованию чер- тежа		Для трубных решеток, фланцев приварных встык и других деталей для сред, не вызывающих межкристаллитную кор- розию, с учетом п. 8 при- мечаний
12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632—72		От —253 до +350			
12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632—72		От —196 до +600			
08Х18Н10Т по ГОСТ 5632—72		От —253 до +600		Для трубных решеток, фланцев приварных встык и других деталей с учетом пп. 6—8 приме- чаний	
10Х17Н3М2Т по ГОСТ 5632—72		От —253 до +350			

Испытания проводятся на заводе — изготовителе аппаратуры.

1. Допускается применять стальные горячекатаные кольца для изготовления фланцев приварных встав на стали марок 20 по ГОСТ 14-1-1431-75, 16ГС, 12ХМ, 15Х5М, 10Г2, 12Х18Н10Т по ТУ 14-3-375-75, 3. Допускается применять фланцы приварные вставки на поковом групп IV-K-II22 по ГОСТ 8479-70 и бандажных заготовок на стали 20 по ГОСТ 1050-74 ниже температуры — 30 до — 40 °С. При условии термодобработки — закалки и последующего высокого отпуска или нормализации после приварки фланца к патрулку, обжимке или диншу. Патрубок фланца, привариваемый к корпусу, должен быть изготовлен из стали 16ГС (09Г2С, 10Г2), 4. Элементы аппаратов, изготовленные на углеродистых и низколегированных сталях поковом, подлежат обязательной термодобработке: а) если толщина стенки детали в месте сварного соединения более 36 мм для углеродистых сталей и более 30 мм для низколегированных сталей марок 16ГС, 09Г2С, 10Г2; б) если аппараты предназначены для эксплуатации в средах, вызывающих коррозионное растрескивание при указании об этом проектной организацией в технической документации; в) если необходимость термообработки обусловлена условиями эксплуатации, маргинальностью, эксплуатационными требованиями и высоким уровнем ответственности. Сварные соединения аппаратов, изготовленных из сталей поковом аустенитно-ферритного класса, подлежат нормализации и высокому отпуску. 6. Для элементов аппаратов, изготовленных из сталей поковом аустенитно-ферритного класса, сварные соединения должны быть испытаны на склонность к межкристаллитной коррозии при наличии соответствующего требования в технической документации или в чертежах. 7. Сварные соединения элементов аппаратов, изготовленных из сталей поковом аустенитно-ферритного класса, должны подвергаться металлографическому исследованию для аппаратов: а) группы 1, 2 и 3; б) на стали, склонных к рваническому воздействию (например, 12ХМ, 12ХМ), на стали аустенитного класса без ферритной фазы (например, 06ХН28МДТ). В остальных случаях металлографическое исследование сварных соединений проводится по требованию технической документации или технической спецификации. 8. Элементы аппаратов, изготовленные из сталей поковом марок 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б и других стабилитированных марок сталей, должны подвергаться по требованию в техническом проекте стабилитированному отжигу в том случае, если аппараты предназначены для работы в средах, вызывающих межкристаллитную коррозию.

Марка стали, ГОСТ, ТУ	Технические требования	Рабочие условия		Виды испытаний и требования	Назначение и условия применения
		t ^Р , °С	p, МПа		
03Х18Н11 по ГОСТ 5632-72	По ОСТ 26-704-72, группа IV	От-253	до +450	Не органично	Для трубных решеток, встав и других деталей с учетом пп. 6 и 7 примечаний
		От-196	до +350		
		Св. 350	до 600		
03Х17Н14М3 по ГОСТ 5632-72	По ОСТ 26-704-72, группа IV	От-196	до +350	Не органично	Для фланцев приварных встав, трубных решеток и других деталей с учетом пп. 6 и 7 примечаний
		Св. 350	до 600		
		От-196	до +450		
10Х17Н13М2Т по ГОСТ 5632-72	По ОСТ 26-704-72, группа IV	От-196	до +350	Не органично	Для фланцев приварных встав, трубных решеток и других деталей с учетом пп. 6 и 8 примечаний
		Св. 350	до 600		
		От-196	до +450		
06ХН28МДТ по ГОСТ 5632-72	По ОСТ 26-704-72, группа IV	От-196	до +400	Не органично	Для трубных решеток, крышек, плавающих головок теплообменников и других деталей, не подвергнувшихся сварке
		Св. 350	до 600		
		От-196	до +600		

Продолжение табл. 3.14

Основные механические свойства стальных поковок
(ГОСТ 8479—70 и ОСТ 26-291—79)

Марка стали, ГОСТ	Технические требования	Размер поковки (толщина или диа- метр), мм	$\sigma_{в'}$	$\sigma_{т'}$	δ_{5} , %	$\frac{a_{Н'}}$ МДж м ²
			МПа	МПа		
не менее						
ВСт5сп по ГОСТ 380—71	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП25	До 100	480	250	22	0,5
		Св. 100 до 300			19	0,4
		Св. 300 до 500			17	0,35
		Св. 500 до 800			15	0,35
20 по ГОСТ 1050—74	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП22	До 100	440	220	24	0,55
		Св. 100 до 300			20	0,5
		Св. 300 до 500			18	0,45
		Св. 500 до 800			16	0,4
	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП20	До 100	400	200	26	0,6
		Св. 100 до 300			23	0,55
		Св. 300 до 500			20	0,5
		Св. 500 до 800			18	0,45
16ГС по ГОСТ 19282—73	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП25	До 100	480	250	22	0,5
		Св. 100 до 300			19	0,4
		Св. 300 до 500			17	0,35
		Св. 500 до 800			15	0,35
10Г2 по ГОСТ 4543—71	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП22	До 100	440	220	24	0,55
		Св. 100 до 300			20	0,5
		Св. 300 до 500			18	0,45
		Св. 500 до 800			16	0,4

Марка стали, ГОСТ	Технические требования	Размер поковки (толщина или диа- метр), мм	$\sigma_{в'}$	$\sigma_{т'}$	δ_{5} , %	$\frac{a_{Н'}}$ МДж м ²
			МПа	МПа		
не менее						
09Г2С по ГОСТ 19281—73	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП25	До 100	480	250	22	0,5
		Св. 100 до 300			19	0,4
		Св. 300 до 500			17	0,35
		Св. 500 до 800			15	0,35
20Х по ГОСТ 4543—71	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП40	До 100	630	400	17	0,6
		Св. 100 до 300			15	0,55
		Св. 300 до 500			13	0,5
		Св. 500 до 800			11	0,4
15ХМ по ГОСТ 4543—71	По ГОСТ 8479—70, группа IV-КП28с	До 100	540	280	20	0,45
		Св. 100 до 300			17	0,35
		Св. 300 до 500			15	0,3
		Св. 500 до 800			13	0,3
15Х5ВФ, 15Х5М по ГОСТ 5632—72	По ОСТ 26-704—72	До 800	600	420	13	0,5
08Х22Н6Т по ГОСТ 5632—72			500	300	20	0,8
08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632—72			550			
12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т по ГОСТ 5632—72			500	200	35	—

Марка стали, ГОСТ	Технические требования	Размер поковки (толщина или диаметр), мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	a_n , МДж/м ²	
			не менее				
03X18H11 по ГОСТ 5632—72	По ОСТ 26-704—72	До 800	450	160	40	—	
03X17H14M3 по ГОСТ 5632—72			480	180			
06XH28MДТ по ГОСТ 5632—72			520	200	30		
08X13 по ГОСТ 5632—72			600	400	13		0,5
12X13 по ГОСТ 5632—72			630				

Примечание. Значения механических свойств относятся к испытанию на продольных образцах. Допускается проверка механических свойств на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах, при этом нормы, указанные в настоящей таблице, снижаются на значения, указанные в следующей таблице:

Типы образцов	Размер поковки (диаметр, толщина), мм	Допускаемое снижение норм механических свойств, %			
		σ_B	σ_T	δ_5	a_n
Поперечные	До 800	10	10	50	50
Радиальные	До 800	10	10	35	40
Тангенциальные	До 300	5	5	25	25
»	Св. 300	5	5	30	30

Из отливок изготавливаются фланцы, крышки и ряд других деталей аппаратов, главным образом тогда, когда этих деталей требуется достаточно большое количество и поэтому литье является экономически целесообразным.

Стальные отливки должны применяться в термообработанном состоянии с проверкой механических свойств после термообработки.

Вид и режим термообработки устанавливает завод-поставщик.

Рекомендуемые марки, технические требования и виды испытаний стальных отливок в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 3.16.

Сталь для отливок должна выплавляться в мартеновских или электрических печах. Содержание в стали серы и фосфора допускается не более чем по 0,05%.

Допускаемые отклонения по размерам и массе отливок, а также припуски на механическую обработку — согласно III классу точности ГОСТ 2009—55.

Качество поверхности отливок должно соответствовать требованиям ГОСТ 2176—77 и ГОСТ 977—75 и инструкции завода-поставщика.

На поверхности отливок, подлежащих механической обработке, допускаются без исправления места, расчищенные от трещин, раковин и других дефектов, если глубина их не превышает 2/3 припуска на механическую обработку.

Дефекты отливок, влияющие на прочность и ухудшающие товарный вид, подлежат исправлению по инструкции завода-поставщика.

Отливки из легированных и высоколегированных сталей подвергаются контролю макро- и микроструктуры по требованию.

Отливки из стали марок 10X18H9ТЛ и 10X18H12M3ТЛ не должны обладать склонностью к межкристаллитной коррозии, что подлежит проверке в соответствии с ГОСТ 6032—75. Каждая полая отливка должна подвергаться гидравлическому испытанию пробным давлением по ГОСТ 356—68.

Отливки для фланцев должны подвергаться контролю ультразвуком или другим равноценным методом по инструкции завода-поставщика.

В табл. 3.17 приведены основные механические свойства металла стальных отливок при $t_R = 20^\circ\text{C}$.

3.7. Крепежные детали

Крепежные детали в виде болтов, шпилек, гаек, винтов и других деталей применяются в аппаратах для закрепления: фланцевых соединений, аппаратов на опорах, различных внутренних и наружных устройств и т. д.

Рекомендуемые марки сталей, технические требования крепежных деталей в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 3.18.

При выборе марок сталей для крепежных деталей стандартных фланцевых соединений следует руководствоваться этими стандартами.

Материалы крепежных деталей должны выбираться с одинаковым коэффициентом линейного расширения соединяемых деталей (фланцев и др.). Применение материалов с различными коэффициентами линейного расширения допускается при обосновании этого соответствующим расчетом или экспериментальными данными. Допускается применять гайки из перлитной стали на болтах (шпильках) из аустенитной стали. Сопрягаемые гайки и болты (шпильки) должны изготавливаться из разных по твердости материалов, при этом предпочтительно более твердыми должны быть болты (шпильки). Материал заготовок или готовые крепежные изделия должны быть термообработаны.

Крепежные детали из углеродистой и легированной сталей могут изготавливаться с защитными покрытиями (цинковым и кадмиевым, с хромированием, никелевым, окисным и фосфатным с промасливанием, а из коррозионностойкой стали — для улучшения свинчиваемости — медным покрытием).

Резьбу следует выполнять нарезкой или накаткой, последняя не допускается для деталей из аустенитной стали при рабочей температуре свыше 500°C .

В табл. 3.19 приведены основные механические свойства материала заготовок для стальных крепежных деталей при $t_R = 20^\circ\text{C}$.

Основные механические свойства стальных отливок
(ГОСТ 977—75, ГОСТ 2176—77, ОСТ 26-291—79)

Марка стали, ГОСТ, ТУ	Режим термической обработки	$\sigma_{В'}$	$\sigma_{Т'}$	δ_5	$a_{Н'}$
		МПа	МПа	%	МДж/м ² , при 20 °С
не менее					
20Л по ГОСТ 977—75	Нормализация с отпуском или нормализация	420	220	22	0,5
25Л по ГОСТ 977—75	Нормализация с отпуском или нормализация Закалка и отпуск	450	240	19	0,4
		500	300	22	0,35
35Л по ГОСТ 977—75	Нормализация с отпуском или нормализация Закалка и отпуск	500	280	15	0,35
		550	350	16	0,3
45Л по ГОСТ 977—75	Нормализация с отпуском или нормализация Закалка и отпуск	550	320	12	0,3
		600	400	10	0,25
35ХМЛ по ГОСТ 977—75	Нормализация с отпуском или нормализация Закалка и отпуск	600	400	12	0,3
		700	550	12	0,4

Марка стали, ГОСТ, ТУ	Режим термической обработки	$\sigma_{В'}$	$\sigma_{Т'}$	δ_5	$a_{Н'}$
		МПа	МПа	%	МДж/м ² , при 20 °С
не менее					
20Х5МЛ, 20Х5ТЛ, 20Х8ВЛ по ГОСТ 2176—77; 20Х5ВЛ по ТУ 26-02-19—75	По технологии предприятия-изготовителя	600	400	16	0,4
20ХН3Л по ТУ 26-02-19—75				12	0,5
20ГМЛ по ТУ 26-0781-26—77		280	28	1,2	
10Х18Н9Л по ГОСТ 2176—77			180	1,0	
12Х8Н9Л по ГОСТ 2176—77		450	200	25	0,6
12Х18Н12М3ТЛ по ГОСТ 2176—77					
10Х21Н6М2Л по ТУ 26-02-19—75		600	300	30	
40Х24Н12СЛ по ГОСТ 2176—77		500	250	20	
35Х23Н7СЛ по ГОСТ 2176—77				12	
35Х23Н7СЛ по ГОСТ 2176—77		Без термической обработки	550		12

Марка стали, ГОСТ		Технические требования		t _р , °С		Пабочные условия	
				Борты (шпильки)		Борты (шпильки)	
				Тайки		Тайки	
07X16H6 по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-205-72	От -40	до +325	От -40	до +325	От -40	до +325
		От -40	до +580	От -40	до +580	От -40	до +580
18X12БМБФ по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -70	до +600	От -70	до +600	От -70	до +600
		От -40	до +580	От -40	до +580	От -40	до +580
45X14H14B2M по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -70	до +600	От -70	до +600	От -70	до +600
		От -40	до +580	От -40	до +580	От -40	до +580
08X13, 12X13 по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -40	до +550	От -40	до +550	От -40	до +550
		От -30	до +475	От -30	до +475	От -30	до +475
20X13, 30X13 по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -30	до +475	От -30	до +475	От -30	до +475
		От -40	до +580	От -40	до +580	От -40	до +580
10X14T14H4T по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -196	до +500	От -196	до +500	От -196	до +500
		От -196	до +400	От -196	до +400	От -196	до +400
07X21T7AH5 по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -196	до +400	От -196	до +400	От -196	до +400
		От -196	до +400	От -196	до +400	От -196	до +400
08X15H24B4TP по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -196	до +600	От -196	до +600	От -196	до +600
		От -253	до +600	От -253	до +600	От -253	до +600
12X18H10T, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T, 08X17H15M3T, 31X19H9MББТ по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -196	до +400	От -196	до +400	От -196	до +400
		От -253	до +600	От -253	до +600	От -253	до +600
06XH28MДТ по ГОСТ 5632-72	По ТУ 14-1-1139-74	От -196	до +400	От -196	до +400	От -196	до +400
		От -196	до +400	От -196	до +400	От -196	до +400

Примечания: 1. Основное давление для шайб из стали марок ВСт3сп4, 10, 20, 12X13, 20X13, 30X13, 07X16H6 по 10 МПа, для остальных марок — по 16 МПа. 2. Допускается применять крепежные изделия из стали марок 35X, 38XA, 40X, 30XMA при температуре от -60 °С при условии проведения испытаний образцов на ударную вязкость при рабочей минусовой температуре (ГОСТ 9454-78, тип IV) и $d_H \geq 0,3 \text{ МДж/м}^2$.

Марка стали, ГОСТ		Технические требования		t _р , °С		Пабочные условия	
				Борты (шпильки)		Борты (шпильки)	
				Тайки		Тайки	
ВСт3сп4 по ГОСТ 380-71	По ГОСТ 380-71	От -20	до +300	От -20	до +300	От -20	до +300
		От -20	до +300	От -20	до +300	От -20	до +300
10 по ГОСТ 1050-74	По ГОСТ 1050-74	От -10	до +425	От -10	до +425	От -10	до +425
		От -10	до +450	От -10	до +450	От -10	до +450
20, 25, 30, 35, 45 по ГОСТ 1050-74	По ГОСТ 1050-74	От -10	до +425	От -10	до +425	От -10	до +425
		От -10	до +450	От -10	до +450	От -10	до +450
35X, 40X, 38XA по ГОСТ 4543-71	По ГОСТ 4543-71	От -40	до +425	От -40	до +425	От -40	до +425
		От -40	до +450	От -40	до +450	От -40	до +450
30XМ, 35XМ, 30XМА по ГОСТ 4543-71	По ГОСТ 4543-71	От -40	до +425	От -40	до +425	От -40	до +425
		От -40	до +450	От -40	до +450	От -40	до +450
18X2H4МА по ГОСТ 4543-71	По ГОСТ 4543-71	От -40	до +425	От -40	до +425	От -40	до +425
		От -40	до +450	От -40	до +450	От -40	до +450
10T2, 15XМ, 20XН3А по ГОСТ 4543-71	По ГОСТ 4543-71	От -70	до +400	От -70	до +400	От -70	до +400
		От -70	до +450	От -70	до +450	От -70	до +450
09T2C по ГОСТ 19281-73	По ГОСТ 19281-73	От -70	до +425	От -70	до +425	От -70	до +425
		От -70	до +450	От -70	до +450	От -70	до +450
25X1MФ, 20X1MФБР по ГОСТ 20072-74	По ГОСТ 20072-74	От -40	до +510	От -40	до +510	От -40	до +510
		От -40	до +540	От -40	до +540	От -40	до +540
25X2MФ по ГОСТ 20072-74	По ГОСТ 20072-74	От -40	до +540	От -40	до +540	От -40	до +540
		От -40	до +565	От -40	до +565	От -40	до +565
20X1MФ1TP по ГОСТ 20072-74	По ГОСТ 20072-74	От -40	до +565	От -40	до +565	От -40	до +565
		От -50	до +565	От -50	до +565	От -50	до +565

Рекомендуемые марки сталей крепежных деталей (ОСТ 26-291-79)

Таблица 3.19

Основные механические свойства материала заготовок
для стальных крепежных деталей (ГОСТ 380—71, ГОСТ 1050—74,
ГОСТ 4543—71, ГОСТ 5949—75, ГОСТ 19281—73)

Марка стали	Технические требования	Диаметр заготовки	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	ϕ , %	Твердость по Бринеллю, НВ, не более	
			ис. менее				Болты (шпильки)	Гайки
ВСтЗсп4	По ГОСТ 380—71	До 40	380	240	25	—	—	—
10	По ГОСТ 1050—74	До 60	340	210	31	55	—	143
20			420	250	25	55	207	143
25			460	280	23	50	217	170
30			500	300	21	50	229	179
35			540	320	20	45	229	187
40			580	340	19	45	241	197
45			610	360	16	40	241	207
35Х	По ГОСТ 4543—71	До 100	930	750	11	45	255	Ниже на 15—20%
38ХА			950	800	12	50	207	
40Х			1000	800	10	45	217	
30ХМ			950	750	11	45	229	
35ХМ			950	850	12	45	241	
30ХМА			950	750	12	50	229	
18Х2Н4МА			1050	800	12	50	269	
10Г2			430	250	22	50	197	
15ХМ			450	280	21	55	179	
20ХНЗА			950	750	12	55	241	
09Г2С	По ГОСТ 19281—73	До 200	440	270	21	—	—	Ниже на 15—20%
25Х1МФ	По ГОСТ 20072—74		800	680	16	—	217	
25Х2М1Ф					12	50	229	
20Х1МФ1БР					14	—	229	
20Х1МФ1ТР		15			—	229		
07Х16Н6	По ТУ 14-1-205—72	1100	900	12	50	—	—	
18Х12ВМБФР	По ГОСТ 5949—75	До 200	750	500	12	45	241	229
45Х14Н14В2М		—	720	320	20	35	250	—
08Х13		—	600	420	20	60	—	—
12Х13		До 60	600	420	20	60	—	—
20Х13		» 60	660	450	16	55	—	—
30Х13		» 60	По согласованию					
10Х14Г14Н4Т		» 60	650	250	35	50	—	—
07Х21Г7АН5		—	700	370	40	50	—	—
08Х15Н24В4ТР		—	По согласованию					
12Х18Н10Т		До 60	520	200	40	55	—	—
10Х17Н13М2Т		» 60	520	220	40	55	—	—
10Х17Н13М3Т		» 60	540	200	40	55	—	—
08Х17Н15М3Т		» 60	500	200	35	45	—	—
31Х19Н9МВБТ		—	600	300	30	40	—	—
06ХН28МДТ		До 60	По согласованию					

Примечания: 1. Приведенные механические свойства относятся к термически обработанному состоянию материала (ВСтЗсп4 — горячекатаное, 09Г2С — в состоянии поставки). 2. Значение σ_H при 20 °С в зависимости от марки стали от 0,4 до 1,3 МДж/м².

3.8. Сварочные материалы

При соединении различных деталей аппаратов сваркой применяются сварочные материалы, зависящие от вида сварки, соединяемых материалов и рабочих условий.

Рекомендуемые для применения сварочные материалы приведены в табл. 3.20—3.25.

Таблица 3.20

Электроды для электродуговой сварки
углеродистых и низколегированных сталей (ОСТ 26-291—79)

Марка стали	Тип электрода по ГОСТ 9467—75	Допустимая температура эксплуатации аппарата
ВСтЗкп, ВСтЗпс, ВСтЗсп, ВСтЗГпс, 10, 15, 20, 15К, 16К, 18К, 20К, 20Л и марки ВСтЗсп и 20К основного слоя двухслойной стали	Э42 *, Э46 *	Св. —15 °С
	Э42А, Э46А, Э50А	Св. —30 °С; для сталей по табл. 3.1 св. —40 °С
22К, 25Л	Э46А, Э50А	Св. —30 °С; для сталей по табл. 3.1 св. —40 °С
16ГС, 17ГС, 17Г1С и марка 16ГС основного слоя двухслойной стали; 20ЮЧ; трубы из стали 10 и 20 толщиной стенки менее 12 мм	Э50А	Св. —40 °С
09Г2С, 10Г2, 10Г2С1 и марка 09Г2С основного слоя двухслойной стали		Св. —60 °С; от —61 до —70 °С после нормализации
12МХ и та же марка основного слоя двухслойной стали	Э09МХ **, Э09Х1М **	Св. 0 °С ***
12ХМ, 15ХМ и марка 12ХМ основного слоя двухслойной стали	Э09Х1М **, Э09Х1МФ **	
12Х1МФ	Э09Х1МФ **	
20Х2МА и та же марка основного слоя двухслойной стали	Э05Х2М **	
15Х5, 15Х5М, 15Х5МУ, 15Х5ВФ, 20Х5МЛ, 20Х5ВЛ	Э10Х5МФ **	

* При работе аппаратов в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, применять не рекомендуется.

** При сварке требуются специальные меры (подогрев, термообработка и др.).

*** Более низкие температуры работы сварных соединений допускаются при применении специальной технологии сварки и термообработки, согласованной с головным институтом отрасли.

Электроды для ручной электродуговой сварки высоколегированных сталей (ОСТ 26-291—79)

Марка стали	Требования по стойкости против межкристаллитной коррозии			
	Нет		Есть	
	Тип электрода по ГОСТ 10052—75	Условия применения	Тип электрода по ГОСТ 10052—75	Условия применения
08X13 и та же марка плакированного слоя двухслойной стали	Э-10X25H13Г2	По табл. 3.2; 3.9; 3.12	—	—
08X17Т; 15X25Т	Э-10X25H13Г2		Э-10X25H13Г2Б	До 350 °С
08X22H6Т	Э-04X20H9, Э-07X20H9		Э-08X20H9Г2Б, Э-08X19H10Г2Б	По табл. 3.2; 3.9; 3.12
08X21H6M2Т	Э-02X20H14Г2M2		Э-09X19H10Г2M2Б, Э-07X19H11M3Г2Ф	
03X19АГ3Н10	Э-02X21H10Г2	До 450 °С	Э-02X21H10Г2	До 350 °С
			Э-02X19H9Б	По табл. 3.2 св. 350 °С после стабилизирующего отжига *
12X18H9Т, 12X18H10Т, 08X18H10Т, 12X18H9ТЛ, 08X18H12Б	Э-04X20H9	До 450 °С	Э-08X20H9Г2Б	До 450 °С; от 350 до 450 °С после стабилизирующего отжига *
	Э-07X20H9	По табл. 3.2; 3.9; 3.12; 3.14 и 3.16	Э-08X19H10Г2Б	По табл. 3.2; 3.9; 3.12; 3.14 и 3.16 св. 350 °С после стабилизирующего отжига *

10X17H13M2Т **, 10X17H13M3Т, 08X17H13M3Т **, 12X18H12M3ТЛ	Э-07X19H11M3Г2Ф	До 350 °С	Э-09X19H10Г2M2Б	До 350 °С
	Э-02X20H14Г2M2, Э-09X19H11Г3M2Ф, Э-02X19H18Г5АМ3	По табл. 3.2; 3.9; 3.12; 3.14; 3.16		
08X17H15M3Т	—	—	Э-02X19H18Г5АМ3	До 350 °С
10X14Г14H4Т	Э-10X20H9Г6С, Э-03X15H9АГ4	По табл. 3.2; 3.9; 3.12	—	—
03X18H11	Э-02X21H10Г2	До 450 °С	Э-02X21H10Г2	До 350 °С
	Э-02X19H9Б	По табл. 3.2; 3.9; 3.12; 3.14	Э-02X19H9Б	По табл. 3.2; 3.9; 3.12; 3.14 св. 350 °С после стабилизирующего отжига *
12X18H10Т, 08X18H10Т плакированного слоя двухслойной стали	Э-10X25H13Г2 для переходного и плакированного слоев, Э-04X20H9, Э-07X20H9 только для плакированного слоя	По табл. 3.3	Э-10X25H13Г2 только для переходного слоя, Э-08X20H9Г2Б, Э-08X19H10Г2Б только для плакированного слоя	По табл. 3.3 св. 350 °С после стабилизирующего отжига *

Марка стали	Требования по стойкости против межкристаллитной коррозии			
	Нет		Есть	
	Тип электрода по ГОСТ 10052-75	Условия применения	Тип электрода по ГОСТ 10052-75	Условия применения
10X17H13M2T, 08X17H15M3T плакированного слоя двухслойной стали	Э-10X25H13Г2 только для переходного слоя, Э-07X19H11M3Г2Ф только для плакированного слоя	По табл. 3.3	Э-10X25H13Г2 только для переходного слоя, Э-09X19H10Г2М2Б только для плакированного слоя	До 350 °С
08X17H15M3T плакированного слоя двухслойной стали	—	—	Э-10X25H13Г2 только для переходного слоя, Э-02X19H18Г5АМЗ только для плакированного слоя	До 350 °С
03X17H14M3	Э-02X19H18Г5АМЗ, Э-02X20H14Г2М2	По табл. 3.2; 3.9; 3.12; 3.14	Э-02X19H18Г5АМЗ, Э-02X20H14Г2М2	До 350 °С
ХН32Т	Э-27X15H35B3Г2Б2Т	По табл. 3.2; 3.9; 3.12	—	—

* Возможность проведения стабилизирующего отжига должна быть согласована с головным институтом отрасли по технологии.
 ** Примененные сварных соединений при температуре выше 600 °С должно быть согласовано с головным институтом отрасли.

Сварочные материалы для автоматической сварки углеродистых и низколегированных сталей (ОСТ 26-291—79)

Марка стали	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса по ГОСТ 9087—69	Условия применения
ВСт3кп, ВСт2пс, ВСт3сп, ВСт3пс, 10, 15, 15К, 16К, 18К, 20К и марка ВСт3сп и 20К основного слоя двухслойной стали	Св-08, Св-08А по ГОСТ 2246—70 Св-08ГА, Св-10ГА по ГОСТ 2246—70	АН-348А, ОСЦ-45	Св. —30 °С; св. —40 °С по табл. 3.1
25Л	Св-10НЮ по ТУ 14-1-2219—77	АН-22	Св. —40 °С
16ГС, 17ГС, 17ГГС, 09Г2С, 10Г2, 10Г2С1 и марки 16ГС и 09Г2С основного слоя двухслойной стали	Св-08ГА по ГОСТ 2246—70	АН-348А, ОСЦ-45, АН-22	Св. —30 °С при любой толщине металла; св. —40 °С при толщине металла до 24 мм
16ГС, 17ГС, 17ГГС и марка 16ГС основного слоя двухслойной стали	Св-10НЮ по ТУ 14-1-2219—77	АН-348А, ОСЦ-45, АН-22	Св. —40 °С при любой толщине металла при условии выполнения многослойной сварки или в сочетании с проволоками Св-10НМА или Св-10НЮ *
09Г2С, 10Г2, 10Г2С1 и марка 09Г2С основного слоя двухслойной стали	Св-08ГА по ГОСТ 2246—70	АН-348А, ОСЦ-45	Св. —60 °С при любой толщине металла при условии выполнения многослойной сварки или в сочетании с проволоками Св-10НМА, Св-10НЮ или Св-08МХ *

Марка стали	Марка проволоки, ки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса по ГОСТ 9087-69	Условия применения
09Г2С, 10Г2С1, 10Г2 и марка основного слоя двухслойной стали	Св-08ГА, Св-08ГС по ГОСТ 2246-70	АН-348, ОСЦ-45	Св.—70 °С при любой толщине металла при условии нормализации сварных соединений
09Г2С1, 10Г2, 10Г2С1 и марка основного слоя двухслойной стали	Св-10НЮ по ТУ 14-1-2219-77	АН-22	Св.—70 °С без нормализации сварных соединений при сварке по специальной технологии, согласованной с головной организацией по сварке
09Г2С1, 10Г2, 10Г2С1 и марка основного слоя двухслойной стали	Св-10НЮ по ТУ 14-1-2219-77	АН-22	Св.—70 °С без нормализации сварных соединений при сварке по специальной технологии, согласованной с головной организацией по сварке
12МХ и та же марка основного слоя двухслойной стали	Св-08МХ ** по ГОСТ 2246-70	АН-348А, АН-22	Св. 0 °С
12ХМ и та же марка основного слоя двухслойной стали	Св-08ХМ **, Св-10Х2М ** по ТУ 14-1-2219-77	АН-348А, АН-22	Св. 0 °С
20Х2МА	Св-04Х2МА ** по ГОСТ 2246-70	АН-22	

* Условие выполнения сварных соединений с различным сочетанием сварочных проволок определяется технологией, согласованной с головным институтом отрасли.
** При сварке требуются специальные меры (подогрев, термообработка и др.).

Таблица 3.23

Сварочные материалы для автоматической сварки высоколегированных сталей (ОСТ 26-291-79)

Марка стали	Наличие требований по стойкости против межкристаллитной коррозии					
	Нет			Есть		
	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса, ГОСТ, ТУ	Условия применения	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса, ГОСТ, ТУ	Условия применения
08Х13 плакированного слоя двухслойной стали	Св-06Х25Н12ТЮ, Св-07Х25Н12Г2Т по ГОСТ 2246-70		По табл. 3.3	—	—	—
08Х22Н6Т	Св-04Х19Н9, Св-06Х19Н9Т по ГОСТ 2246-70	АН-26С по ГОСТ 9087-69	По табл. 3.2 и 3.12	Св-06Х21Н7БТ по ТУ 14-1-1389-75, Св-07Х18Н9ТЮ, Св-05Х20Н9ФБС по ГОСТ 2246-70, Св-08Х20Н9С2БТЮ по ТУ 14-1-1140-74	АН-26С по ГОСТ 9087-69, 48-ОФ-6 по ОСТ 5.9206-75	По табл. 3.2 и 3.12
08Х21Н6М2Т	Св-04Х19Н11М3, Св-06Х19Н10М3Т по ГОСТ 2246-70	АН-26С по ГОСТ 9087-69, 48-ОФ-6 по ОСТ 5.9206-75	—	Св-08Х19Н10М3Б, Св-06Х20Н11М3ТБ по ГОСТ 2246-70	—	—
03Х18Н11	—	—	—	Св-01Х18Н10 по ТУ 14-1-973-74, Св-01Х19Н9 по ГОСТ 2246-70	АН-18 по ТУ 14-1-509-73	До 350 °С

Марка стали	Наличие требований по стойкости против межкристаллитной коррозии					
	Нет			Есть		
	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса, ГОСТ, ТУ	Условия применения	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса, ГОСТ, ТУ	Условия применения
03X17H14M3	—	—	—	Св-01X17H14M2 по ТУ 14-1-973—74, Св-01X19H18Г10АМ4 по ТУ 14-1-1892—76	АН-18 по ТУ 14-1-509—73	До 350 °С
03X21H21M4ГБ	—	—	Св-01X23H28M3ДЗТ по ГОСТ 2246—70, Св-03X25МДГБ по ТУ 14-1-2571—78			
12X18H9Т, 12X18H10Т, 08X18H10Т	Св-06X19H9Т, Св-04X19H9 по ГОСТ 2246—70	АН-26С по ГОСТ 9087—69	До 600 °С	Св-07X18H9ТЮ, Св-05X20H9ФБС по ГОСТ 2246—70	АН-26С по ГОСТ 9087—69	До 350 °С без термообработки; от 350 до 600 °С стабилизирующий обжиг *
12X18H10Т, 08X18H10Т плакированного слоя двухслойной стали	Св-06X25H12ТЮ, Св-07X25H12Г2Т по ГОСТ 2246—70		По табл. 3.3	Св-06X25H12ТЮ, Св-07X25H12Г2Т по ГОСТ 2246—70		До 350 °С для сварки переходного слоя
				Св-05X20H9ФБС по ГОСТ 2246—70		До 350 °С для сварки плакирующего слоя
Св-08X25H13БТЮ по ГОСТ 2246—70	До 350 °С для сварки переходного и плакирующего слоев					

08X18H12Б	—	—	—	Св-05X20H9ФБС по ГОСТ 2246—70	АН-26С по ГОСТ 9087—69, 48-ОФ-6 по ГОСТ 5.9206—75	До 350 °С
10X17H13M2Т**, 10X17H13M3Т	Св-04X19H11M3 по ГОСТ 2246—70	АН-26С по ГОСТ 9087—69, 48-ОФ-6 по ГОСТ 5.9206—75	По табл. 3.2 и 3.12	Св-06X20H11M3ТБ, Св-08X19H10M3Б по ГОСТ 2246—70		
08X17H15M3Т	—	—	—	01X19H18Г10АМ4 по ТУ 14-1-1892—76	АН-18 по ТУ 14-1-509—73	
10X14Г14Н4Т	Св-05X15H9ГБАМ по ТУ 14-1-1595—76	АН-26С по ГОСТ 9087—69	По табл. 3.2 и 3.12	—	—	—
10X17H13M2Т, 10X17H13M3Т плакированного слоя двухслойной стали	Св-06X25H12ТЮ, Св-07X25H12Г2Т по ГОСТ 2246—70		По табл. 3.3	Св-07X25H12Г2Т, Св-06X25H12ТЮ по ГОСТ 2246—70	АН-26С по ГОСТ 9087—69	До 350 °С для переходного слоя
	Св-04X19H11M3 по ГОСТ 2246—70		Св-06X20H11M3ТБ, Св-08X19H10M3Б по ГОСТ 2246—70	АН-26С по ГОСТ 9087—69, 48-ОФ-6 по ГОСТ 5.9206—75	До 350 °С для плакированного слоя	
06XН28МДТ, 03XН28МДТ	—	—	—	Св-01X23H28M3ДЗТ по ГОСТ 2246—70	АН-18 по ТУ 14-1-509—73	До 350 °С

* Возможность проведения стабилизирующего отжига должна быть согласована с головным институтом отрасли по технологии.
 ** Применение сварных соединений при температуре выше 600 °С должно быть согласовано с головным институтом отрасли.

Сварочные материалы для электрошлаковой сварки сталей
(ОСТ 26-291—79)

Марка стали	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса, ГОСТ, ТУ	Условия применения
ВСтЗсп, ВСтЗпс, 20, 15К, 16К	Св-08ГА по ГОСТ 2246—70	АН-8, АН-22 по ГОСТ 9087—69	По табл. 3.2 при условии норма- лизации и высо- кого отпуска свар- ных соединений
18К, 20К, 22К, 20ЮЧ	Св-10НЮ по ТУ 14-1-2219—77, Св-10Г2, Св-08ГС по ГОСТ 2246—70		
16ГС, 09Г2С	Св-10Г2, Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-08ГСМТ по ГОСТ 2246—70, Св-10НЮ по ТУ 14-1-2219—77		
12МХ, 12ХМ	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХМ по ГОСТ 2246—70, 10Х2М по ТУ 14-1-2219—77		
12Х18Н9Т, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т	Св-04Х19Н9, Св-01Х19Н9, Св-06Х19Н9Т по ГОСТ 2246—70	АН-26С по ГОСТ 9087—69, 48-ОФ-6 по ОСТ 5.9206—75	До 600 °С при отсутствии тре- бований стойко- сти металла шва против межкри- сталлитной кор- розии
	Св-07Х19Н10Б, Св-05Х20Н9ФБС по ГОСТ 2246—70	АНФ-14 по ВТУ 1961 г. ИЭС им. Патона	До 350 °С при наличии требова- ний стойкости ме- талла шва против межкристаллит- ной коррозии

Марка стали	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Марка флюса, ГОСТ, ТУ	Условия применения
10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т	Св-01Х19Н18Г10АМ4 по ТУ 14-1-1892—76, Св-06Х20Н11М3ТБ, Св-08Х19Н10М3Б по ГОСТ 2246—70, Св-03Х19Н15Г6М2АВ2 по ТУ 14-1-1595—76	АН-22, АН-26 по ГОСТ 9087—69, АНФ по ВТУ 1961 г. ИЭС им. Патона, АН-45 по ТУ 14-146-15—75	До 350 °С при условии подтвер- ждения стойкости металла шва про- тив межкристал- литной коррозии по предваритель- ным испытаниям
<p>Примечания: 1. Применение проволоки марки Св-08ХМ допускается только с содержанием хрома не менее 1% и молибдена не менее 0,5%. 2. Для сварки основного слоя двухслойной стали применяются сварочные материалы для соответствующей марки стали по данной таблице. 3. При выполнении электрошлаковой сварки допускается применение пластинчатых электродов и других технологических приемов по технической документации, утвержденной в установленном порядке. 4. Для кольцевых швов аппаратов из стали марки 12ХМ допускается производить только высокий отпуск без нормализации при условии выполнения многослойной электрошлаковой сварки по технической документации, согласованной с головной организацией отрасли. 5. Для кольцевых швов аппаратов с толщиной стенки до 100 мм, предназначенных для работы при температуре свыше —20 °С для сталей марок 20К и 20ЮЧ, свыше —40 °С для стали марки 16ГС и свыше —55 °С для стали марки 09Г2С, допускается производить только высокий отпуск без нормализации при условии комбинированного способа сварки — автоматической сварки под флюсом и электрошлаковой сварки с регулированием термического цикла.</p> <p>Применение электрошлаковой сварки с регулируемым термическим циклом без последующей нормализации допускается для кольцевых швов обечаек толщиной до 60 мм.</p>			

Таблица 3.25

Сварочные материалы для дуговой сварки в защитном газе
(ОСТ 26-291—79)

Марка стали	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Защитный газ, ГОСТ	Условия применения
ВСтЗсп, ВСтЗкп, ВСтЗпс, 10, 20, 20Л	Св-08Г2С по ГОСТ 2246—70	Углекислый газ по ГОСТ 8050—76 или смесь угле- кислого газа с ки- слородом по ГОСТ 5583—68: 70% CO ₂ +30% O ₂	Св. —30 °С; св. —40 °С по табл. 3.1
16ГС, 17ГС, 17ГС1, 09Г2С, 10Г2, 10Г2С1, трубы из стали 10 и 20 тол- щиной стенки до 12 мм			Св. —40 °С
09Г2С, 10Г2, 10Г2С1			Св. —40 до —70 °С при усло- вии нормализации сварных соедине- ний

Марка стали	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Защитный газ, ГОСТ	Условия применения
09Г2С, 10Г2, 10Г2С1	Св-08Г2С по ГОСТ 2246—70	Смесь аргона по ГОСТ 10157—73 с 50% углекислого газа; смесь аргона с 25% углекислого газа и 5% кислорода	Св. —70 °С
			Св. 0 °С
12МХ, 12ХМ	Св-10ХГ2СМА по ГОСТ 2246—70	Углекислый газ по ГОСТ 8050—76; аргон по ГОСТ 10157—73	Св. 0 °С
1Х2М1	Св-06Х8Г2СМФТЮЧ по ТУ 14-1-2338—78	Углекислый газ по ГОСТ 8050—76; аргон по ГОСТ 10157—73	Св. 0 °С; для сварки теплообменных труб диаметром до 38 мм; корневого слоя шва труб диаметром более 38 мм
15Х5М, 15Х5МУ	Св-10Х5М по ГОСТ 2246—70	Аргон по ГОСТ 10157—73	Св. 0 °С
12Х8ВФ, Х9М	Св-06Х8Г2СМФТЮЧ по ТУ 14-1-2338—78	Углекислый газ по ГОСТ 8050—76	Св. 0 °С
08Х13 и та же марка плакированного слоя двухслойной стали	Св-08Х20Н9Г7Т, Св-10Х16Н25АМ6, Св-07Х25Н12Г2Т, Св-08Х25Н13БТЮ по ГОСТ 2246—70	Углекислый газ по ГОСТ 8050—76; аргон по ГОСТ 10157—73	По табл. 3.2, 3.3, 3.9, 3.12 и 3.14
08Х22Н6Т	Св-06Х21Н7БТ по ТУ 14-1-1389—75, Св-07Х19Н10Б, Св-07Х18Н9ГЮ по ГОСТ 2246—70	Аргон по ГОСТ 10157—73	До 300 °С при наличии требований против стойкости сталлитной коррозии

Марка стали	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Защитный газ, ГОСТ	Условия применения
08Х22Н6Т	Св-04Х19Н9, Св-06Х19Н10Т по ГОСТ 2246—70	Аргон по ГОСТ 10157—73	До 300 °С при отсутствии требований против межкристаллитной коррозии
			До 300 °С при наличии требований против межкристаллитной коррозии
12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т и 08Х18Н10Т плакированного слоя двухслойной стали	Св-08Х20Н9Г7Т, Св-10Х16Н25АМ6 по ГОСТ 2246—70	Углекислый газ по ГОСТ 8050—76; аргон по ГОСТ 10157—73	Для сварки плакированного слоя двухслойной стали и деталей внутренних устройств
			Аргон по ГОСТ 10157—73
03Х18Н11	Св-01Х19Н9Т, Св-04Х19Н9 по ГОСТ 2246—70	Аргон по ГОСТ 10157—73	При отсутствии требований стойкости против межкристаллитной коррозии
			Аргон по ГОСТ 10157—73
10Х14Г14Н4Т	Св-06Х19Н9Т, Св-07Х18Н9ТЮ, Св-05Х20Н9ФБС по ГОСТ 2246—70	Аргон по ГОСТ 10157—73	До 350 °С при наличии требований против межкристаллитной коррозии
			Углекислый газ по ГОСТ 8050—76
08Х21Н6М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н13М2Т	Св-01Х18Н10 по ТУ 14-1-973—74	Аргон по ГОСТ 10157—73	По табл. 3.2, 3.3 и 3.9 при отсутствии требований против межкристаллитной коррозии
			Св-05Х15Н9Г6АМ по ТУ 14-1-1595—76
08Х21Н6М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н13М2Т	Св-04Х19Н11М3 по ГОСТ 2246—70	Аргон по ГОСТ 10157—73	По табл. 3.2, 3.3 и 3.9 при отсутствии требований против межкристаллитной коррозии

Марка стали	Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Защитный газ, ГОСТ	Условия применения
08X21H6M2T, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T, 08X17H13M2T	Св-06X19H10M3T, Св-06X20H11M3TB, Св-08X19H10M3B по ГОСТ 2246—70, Св-01X19H18Г10АМ4 по ТУ 14-1-1892—76	Аргон по ГОСТ 10157—73	До 350 °С при наличии требова- ний стойкости про- тив межкристал- литной коррозии
08X18H12B	Св-06X19H9T, Св-07X19H10B, Св-07X18H9ТЮ, Св-05X20H9ФБС по ГОСТ 2246—70		
03X19АГЗН10	Св-01X18H10 по ТУ 14-1-973—74		До 350 °С при наличии требова- ний стойкости против межкри- сталлитной кор- розии без требова- ния равнопрочно- сти сварных соеди- нений основному металлу
03X21H21M4ГБ	Св-01X23H28M3ДЗТ по ГОСТ 2246—70, Св-03XН25МДТБ по ТУ 14-1-2571—78		До 350 °С при наличии требо- ваний стойкости против межкри- сталлитной кор- розии
08X17H15M3T, 03X17H14M3	Св-01X17H14M2 по ТУ 14-1-973—74, Св-01X19H18Г10АМ4 по ТУ 14-1-1892—76		
03XН28МДТ, 06XН28МДТ	Св-01X23H28M3ДЗТ по ГОСТ 2246—70, Св-03X25МДТБ по ТУ 14-1-2571—78		
<p>Примечания: 1. Допускается применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом проволокой Св-08Г2С стали марок ВСт3сп, 10, 20, 20Л, 17ГС, 17Г1С, 16ГС, 09Г2С, 10Г2, 10Г2С1. 2. При сварке основного и плакированного слоев двухслойной стали применяются сварочные материалы, приведенные в настоящей таблице, для соответствующей марки стали. 3. При необходимости выполнения переходного слоя шва двухслойной стали аргонодуговой сваркой рекомендуется применение сварочной проволоки марок Св-08X20H9Г7Т, Св-10X16H25АМ6, Св-07X25H13, Св-06X25H12ТЮ и Св-07X25H12Г2Т.</p>			

Сварочные материалы, не указанные в таблицах, могут применяться только по согласованию с головным НИИ соответствующей специализации.

Сварочные материалы должны обеспечивать механические свойства металлов шва или наплавленного металла, аналогичные основным соединяемым сваркой материалам.

Сварочные материалы для соединений из разнородных сталей должны приниматься по соответствующей нормативной документации, а предназначенные для работы в средах, вызывающих межкристаллитную коррозию, должны быть испытаны на склонность к межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032—75

Глава 4

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

4.1. Хранение и подготовка конструкционных материалов

Все конструкционные материалы в виде полуфабрикатов из листового, сортового и фасонного проката и труб, поступающие партиями с металлургических предприятий на завод—изготовитель аппаратов, сопровождаются паспортом с указанием номера плавки, марки стали, размеров, химического состава, механических свойств, термической обработки, качества обработки и состояния поверхности и подлежат строгому учету и хранению на материальном складе на специальных деревянных стеллажах для каждого вида сорта, марки и размеров материала, во избежание ошибок при передаче его на изготовление. Стеллажи для материалов могут находиться в помещении или на открытом воздухе при условии предохранения материалов от повреждений, попадания на них грязи и атмосферных осадков. Особенно это относится к высоколегированным коррозионностойким сталям, наличие на поверхности которых царапин, ссадин, забоин и других дефектов может явиться причиной коррозии, значительно снижающей качество поверхности металла. Хранение материалов из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей осуществляется отдельно. Листовой прокат должен храниться в вертикальном положении, рассортированным по маркам стали, толщине и размерам листов.

Требуемый для изготовления детали материал по виду, марке и размерам получается с материального склада в виде заготовок, размеры которых с учетом припусков на обработку должны соответствовать чистовым размерам детали.

Отрезка заготовок из листового, сортового и фасонного проката и труб из углеродистых и низколегированных сталей производится автогеном или механическим способом (на гильотинных или пресс-ножницах, дисковыми пилами трения и др.), отрезка же заготовок из высоколегированных сталей — преимущественно механическим способом.

При наличии неплоскостностей и неровностей в листах последние правятся на правильных вальцах и правильно-гибочных прессах, отдельные выпуклости правятся вручную.

Разметка и раскрой разверток из листового проката производится в горизонтальном положении: углеродистых и низколегированных сталей на полу цеха, а высоколегированных сталей — на специальных плазах или столах, покрытых деревянными настилами.

Процесс разметки разверток осуществляется чертилками с кернением по линии реза.

Вырезка чистовых заготовок производится большей частью механическим способом, особенно высоколегированных и двухслойных сталей, а также электродуговым, электрокислородным и ацетилено-кислородно-флюсовым способами.

Рекомендуются следующие припуски на обработку листов после предварительной их обрезки в зависимости от толщины листа:

Толщина листа s , мм	До 8	9—12	13—20	Св. 20
Припуск, мм	6	8	10	12

4.2. Вальцовка, штамповка, отбортовка и гнутье деталей

Подготовка кромок под сварку производится в основном механическим способом: в заготовках — листах для цилиндрических обечаек и конических переходов (днищ) для продольных швов — до вальцовки, а для поперечных (кольцевых) швов — в обечайках и переходах после их вальцовки и правки, в отбортованных днищах после их штамповки. Кромки под продольные швы обрабатываются на кромкострогальных или фрезерных станках, а под поперечные швы в обечайках и днищах — на расточных и токарных станках. При небольшом объеме работ и при местной зачистке кромок применяется пневмозубило.

Вальцовка цилиндрических обечаек и конических днищ и переходов производится обычно в холодном состоянии на трех- или четырехвалковом вальцовочном станке с предварительной подгибкой одной кромки.

Гнутье заготовок из листового, сортового и фасонного проката производится при большой кривизне и угле загиба свыше 150° — в холодном состоянии, а при малых кривизне и углах загиба — в горячем состоянии.

Минимальные радиусы кривизны по нейтральной линии при гнутье проката в холодном состоянии, мм: листовой и сортовой прокат — $25s$, швеллер, двутавр в плоскости большой оси — $25H$, малой оси — $45b$; угольник равнобокий в плоскости полки — $50(b - 0,95s)$; угольник неравнобокий в плоскости большой полки — $50(B - 0,8s)$, малой полки — $50(b - 1,17s)$, где s — толщина листа, полосы, квадрата, круга, полки угольника; H — высота швеллера, двутавра; b — ширина полок швеллера, двутавра равнобокого угольника; B — ширина большой полки неравнобокого угольника.

При гнутье в горячем состоянии заготовка нагревается до $1000-1200^\circ\text{C}$ в газовых, угольных или муфельных печах. Гнутье производится при температуре не ниже $700-800^\circ\text{C}$.

Гнутье труб при радиусегиба до $3,5d_T$ производится в холодном состоянии, при меньших радиусах — в горячем состоянии с набивкой труб песком.

Отбортовка конических переходов (днищ), плоских днищ, специальных воротников (торовых вставок), мест присоединения встык штуцеров в обечайках и днищах, а также труб производится с помощью приспособлений большей частью в горячем состоянии.

Размер высоты цилиндрического борта зависит от толщины отбортовываемого элемента (т. е. толщины листа s), мм:

Высота цилиндрического борта	15	$2s+5$	$s+15$	$0,5s+25$
Толщина отбортовываемого элемента	До 4	5—9	10—20	Св. 20

Наружный диаметр отбортовки трубы должен быть до $1,3d$, где d — внутренний диаметр трубы. Диаметр отверстия в заготовке воротника должен быть равен $0,6d$.

Штамповкой в горячем состоянии изготавливаются отбортованные эллиптические днища и ряд других деталей, особенно тогда, когда этих деталей требуется большое количество и, следовательно, изготовление оснастки является экономически целесообразным.

4.3. Сварка

Сварка является основной технологией изготовления стальной сварной химической аппаратуры, когда требуется неразъемно соединить между собой различные ее детали.

Из существующих многих видов сварки в производстве стальных аппаратов применяется главным образом электродуговая сварка разными способами (руч-

ным, автоматическим и полуавтоматическим под флюсом, в защитных газах), реже — другие виды сварки (электродшлаковая, газовая, контактная).

Наибольшее применение имеет автоматическая сварка под флюсом, которой соединяются листы различных толщин обечаек, днищ, корпусов и других деталей аппаратов, имеющих значительную протяженность сварных швов. Данная сварка характеризуется большой производительностью, высоким качеством, механической прочностью процесса и низкой стоимостью.

Ручной электродуговой сваркой соединяются главным образом патрубки, штуцера, внутренние и наружные устройства с корпусом; применяется также в тех случаях, когда по конструктивным или технологическим соображениям затруднено или невозможно применить автоматическую сварку.

Электродуговой сваркой соединяются преимущественно детали большой толщины (заготовки крупных фланцев, крупные трубные решетки и т. п.).

Газоэлектрической (электродуговой в защитных газах) сваркой соединяются детали толщиной до 20 мм, а также трубы в трубных решетках.

Газовой сваркой, имеющей ограниченное применение при изготовлении рассматриваемых аппаратов, соединяются в ряде случаев лишь трубы $D_y \leq 80$ мм, с толщиной стенки до 4 мм и в других обоснованных случаях, огороженных в чертежах и ТУ.

В зависимости от толщины соединяемых деталей сварка их производится в один или несколько проходов (слоев).

Электродуговая ручная сварка осуществляется специально изготовленными плавящимися электродами, автоматическая сварка под флюсом — присадочной плавящейся проволокой, электродуговая в защитных газах — плавящимся электродом либо неплавящимся вольфрамовым электродом с присадочной проволокой, электродшлаковая — проволочным плавящимся электродом либо плавящимся мундштуком, газовая сварка — за счет расплавления соединяемых мест пламенем горелки при сгорании ацетилена в кислороде. Контактная сварка осуществляется за счет пропускания электрического тока в местах прижатия соединяемых деталей в точки (точечная) или непрерывно узкой полосой (роликовая). Этот вид сварки применяется только при соединении деталей из тонких (до 1,5 мм) листов.

Во всех случаях и для любых способов сварки соединяемые сваркой места, а также прилегающие к ним поверхности деталей на величину 20—30 мм перед сваркой тщательно очищаются от грязи, ржавчины и жира.

Сварные швы подлежат контролю качества соединения (внешним осмотром и измерением, механическими испытаниями, металлографическим исследованием, стилоскопированием, ультразвуковой дефектоскопией, просвечиванием рентгеном или γ -лучами, замером твердости, в ряде случаев испытанием на межкристаллитную коррозию и гидравлическим или пневматическим испытанием).

4.4. Сборка

Сборка встык двух и более цилиндрических обечаек производится на сборочных роликах с помощью временно приваренных к одной из соединяемых обечаек изнутри нескольких планок-коротышей, являющихся направляющими для соборования соосности обечаек. Аналогичным способом производится и сборка отбортованных эллиптических и конических днищ с обечайкой под сварку. В дальнейшем планки-коротыши срубуются. Сборка обечаек диаметром до 1500 мм и присоединение к ним отбортованных днищ производится также при помощи специальных сборочных колец с прорезями для контроля зазора между кромками и прихваток перед сваркой.

Все сборочные операции деталей из высоколегированных сталей производятся преимущественно в приспособлениях без применения ударных инструментов. Последние используются лишь в крайних случаях и только в виде деревянных молотков или металлических с наплавленными рабочими поверхностями из меди.

Аппараты крупных габаритов (по диаметру или длине), нетранспортабельные в полном объеме собранном виде, проходят на заводе-изготовителе контрольную сборку и транспортируются частями с окончательной сборкой (сваркой) их на монтажной площадке.

4.5. Термообработка

Термообработка производится для снятия внутренних напряжений в металле изделия, остающихся после горячей или холодной обработки и сварки, и бывает двух видов: основная, состоящая из нормализации с отпуском, закалки, закалки с отпуском, или многоступенчатая, включающая нагрев до температуры нормализации, и дополнительная в виде отпуска.

Основная термообработка производится в следующих случаях:

если полуфабрикат (лист, труба и др.) не подвергался термообработке по режимам, обеспечивающим механические свойства, принятые в расчетах на механическую прочность;

если технологические операции (вальцовка, штамповка, отбортовка, гнутье) производились в нагретом состоянии с нагревом до температуры, превышающей температуру отпуска; для изделий из углеродистых сталей, формоизменение которых заканчивалось при температуре до 700 °С, основная термообработка не обязательна;

после сварки электрошлаковым способом;

во всех других случаях, когда в ТУ на изготовление изделий или стандартами по сварке предусматривается основная термообработка.

Дополнительной термообработке (отпуску) изделие подвергается в следующих случаях:

после вальцовки или штамповки деталей из углеродистых сталей в холодном состоянии или с нагревом до 700 °С при толщине стенки, превышающей 0,2D цилиндрической обечайки или днища;

после гнутья труб в холодном состоянии:

из углеродистых сталей с толщиной стенки свыше 36 мм при $d_t > 150$ мм и радиусегиба до $3d_t$;

из легированных сталей с толщиной стенки свыше 20 мм или при $d_t > 102$ мм и радиусегиба до $4d_t$;

после сварки обечаек, днищ, труб и других деталей:

из углеродистых сталей при толщине стенки свыше 36 мм;

из низколегированных (марганцовистых) сталей при толщине стенки свыше 30 мм;

из легированных сталей согласно указаниям стандартов и инструкций по сварке;

после приварки штуцеров и других деталей к корпусу, если толщина стенки их превышает толщину стенки, указанную выше;

во всех других случаях, для которых в ТУ на изготовление изделия или в стандартах и инструкциях по сварке предусматривается дополнительная термообработка.

Для изделий, состоящих из элементов с разной толщиной стенок, необходимость термообработки устанавливается по условиям для наиболее толстостенного элемента.

4.6. Консервация, окраска и упаковка

Аппараты после их испытания (см. главу 5), принятые ОТК, подлежат консервации и окраске.

Консервация металлических неокрашенных поверхностей аппаратов, поставляемых в собранном виде, а также частей нетранспортабельных по диаметру или длине аппаратов и комплектующих деталей и узлов производится согласно требованиям ГОСТ 9.014—78 или другой технической документации с целью обеспечения защиты от коррозии при транспортировании, хранении и монтаже аппарата в течение 24 мес. со дня отгрузки его с завода-изготовителя.

Методы консервации и применяемые для этого материалы должны обеспечивать возможность расконсервации аппарата в сборе и их частей без разборки. Данное требование не распространяется на узлы и детали аппаратов, соприкасающихся с технологическим продуктом и требующие обезжиривания, которое невозможно осуществить без разборки. Поверхности, подлежащие окраске, предварительно очищаются от окалины, ржавчины, грязи и обезжириваются.

По требованию, оговоренному в чертежах, аппараты окрашиваются на заводе-изготовителе или защищаются ингибиторами коррозии.

При отсутствии указаний в чертежах вид окраски выбирается заводом-изготовителем, при этом наружная поверхность аппаратов, не требующих теплоизоляции на месте эксплуатации, окрашивается фенольным грунтом по ГОСТ 9109—76 или другими равноценными материалами, которые могут быть перекрыты при монтаже необходимыми лакокрасочными материалами.

Аппараты, изготовленные из высоколегированных сталей с содержанием хрома свыше 13%, окраске не подлежат. Необходимость консервации механически обрабатываемых мест в этом случае определяется технической документацией. Для придания товарного вида аппараты окрашиваются битумным лаком БТ-577 по ГОСТ 5631—79.

Кромки, подлежащие сварке при монтаже, и прилегающие к ним поверхности шириной 50—60 мм в частях нетранспортабельных аппаратов не окрашиваются, а защищаются консистентными смазками или другими материалами.

Аппараты, изготовленные в соответствии с чертежами и ТУ, прошедшие испытание на прочность и плотность и принятые ОТК, подлежат упаковке, обеспечивающей сохранность его деталей, узлов и аппарата в целом от повреждений и утери отдельных деталей или узлов, удобство при погрузке, разгрузке и транспортировке, устойчивость положения и возможность крепления его на транспортном средстве. Все съемные детали и узлы в аппарате жестко закрепляются.

Все отверстия в патрубках, штуцерах и муфтах закрываются пробками или заглушками в соответствии с ОСТ 26-1002—74.

Фланцевые штуцера с ответными фланцами и крепежными деталями заглушаются в соответствии с ОСТ 26-1001—74.

Торцы отдельных частей нетранспортабельных аппаратов закрываются деревянными щитами с прокладкой толем.

Отдельно отправляемые детали упаковываются в ящики или собираются в пакеты.

Вид упаковки, если отсутствуют специальные указания в чертежах, выбирается заводом-изготовителем. Типы и требования к упаковочным ящикам по ГОСТ 10198—78, ГОСТ 5959—71.

Крупногабаритные аппараты закрепляются на поперечных деревянных брусках или полозьях во избежание перемещения их внутри ящика. Особо крупные аппараты устанавливаются на деревянных брусках, жестко на них закрепляются и отгружаются без тары.

Крепежные детали, запасные прокладки фланцевых соединений и другие детали, отгружаемые отдельно, консервируются и упаковываются в оберточную парафинируемую бумагу.

При необходимости производить монтажную сварку частей нетранспортабельных аппаратов требуемые для этого электроды заворачиваются в водонепроницаемую бумагу, укладываются в пакеты из полиэтилена и упаковываются в деревянные ящики, закрываемые крышками.

Отгружаемый аппарат сопровождается технической документацией, которая заворачивается в водонепроницаемую бумагу и вкладывается в полиэтиленовый пакет.

Каждое отгрузочное место сопровождается своим упаковочным листом. Если аппарат имеет несколько отгрузочных мест, то техническая и товаросопровождающая документация упаковывается в место № 1 с указанием места нахождения в нем этой документации.

Упаковочные листы заворачиваются в водонепроницаемую бумагу, упаковываются в специальный карман, изготовленный согласно ОСТ 26-1005—74.

4.7. Транспортировка

Существенным фактором при конструировании, особенно крупногабаритных и имеющих большую массу аппаратов, является их транспортировка, чаще всего по железной дороге, от завода-изготовителя к месту монтажа.

Значения массы и габаритов аппаратов, допускаемых к перевозке по железной дороге в СССР

Категория	<i>m</i> , кг	<i>D</i> , мм	<i>L</i> , м
I	120 000	3200	48
II	120 000	3800	37
III	120 000	4000	21
IV	240 000	3900	22
V	400 000	4380	11

К перевозке по железной дороге в СССР допускаются аппараты, имеющие значения массы *m*, диаметра *D* и длины *L*, не превышающие указанных в таблице.

При значениях *m*, *D* и *L*, соответствующих категориям III—V, возможность перевозки аппаратов по железной дороге требует специального согласования с МПС СССР.

В случае, если значения *m*, *D* или *L* будут большими, чем это указано в таблице, аппарат должен транспортироваться частями с соединением (сваркой) ватся по железной дороге соответствующими частями на монтажной площадке.

В ряде случаев транспортировка крупногабаритных аппаратов возможна водным путем (на плыву или барже) либо автомобильным способом. В частности, к перевозке речным транспортом по магистральным водным путям СССР (реки Волга, Кама, Ока, Белая, канал им. Москвы, Волго-Донской канал, Дон от Калача до Ростова) при согласовании с Министерством речного флота РСФСР допускается транспортировка на судах аппаратов, имеющих $D \leq 8$ м и $L \leq 55$ м, а буксировкой на плыву—термезированных аппаратов, имеющих $D \leq 10$ м и $L \leq 100$ м.

Глава 5

ИСПЫТАНИЕ АППАРАТОВ

5.1. Контроль качества конструкционного материала и сварных соединений

Применяемые марки конструкционных материалов, конструкция и размеры (в пределах установленных допусков) деталей и узлов, а также аппарата в целом должны соответствовать чертежам и ТУ, что проверяется пооперационным контролем в процессе изготовления аппарата.

Особое внимание должно уделяться контролю качества сварных соединений, являющихся наиболее уязвимыми местами в сварных аппаратах в части их прочности и коррозионной стойкости.

Контроль качества сварных соединений производится как непосредственно, так и контрольными образцов этих соединений, выполненных одним и тем же сварщиком одновременно с изготовлением контролируемых изделий, с применением тех же исходных материалов, разделки кромок, способов и режимов сварки и термобработки по СТ СЭВ 800—77 и ОСТ 26-291—79.

Указанный контроль сварных соединений осуществляется следующими методами: внешним осмотром и измерением швов; механическими испытаниями; металлографическим исследованием; стилокопированием; ультразвуковой дефектоскопией; просвечиванием (рентгено- или гаммаграфированием); замером твердости металла шва; испытанием на межкристаллитную коррозию; гидравлическим или пневматическим испытанием и другими методами (магнитография, цветной дефектоскопией и т. д.), если они предусмотрены в чертежах и ТУ.

Внешнему осмотру и измерению сварных швов подлежат все сварные соединения по методике, приведенной в ГОСТ 3242—79, для выявления недопустимых дефектов, которые должны быть устранены путем вырубки дефектных мест и последующей их качественной заварки.

Внешний осмотр и измерение швов производят после очистки их и прилегающих к ним поверхностей основного металла по обе стороны шва от шлака, брызг и других загрязнений.

Механическим испытаниям при температуре $+20^\circ\text{C}$ подвергаются контрольные стыковые соединения всех аппаратов на растяжение, изгиб и ударную вязкость. При этом предел прочности сварного соединения должен быть не ниже предела прочности соединяемого материала, угол загиба для образцов из малоуглеродистых и аустенитных сталей должен быть больше 100° , из низколегированных и феррито-аустенитных сталей при толщине их до 20 мм — больше 80° , при толщине свыше 20 мм — больше 60° , для легированных сталей при толщине до 20 мм — 50° , при толщине свыше 20 мм — 40° .

Испытание на изгиб сварных образцов труб с $D_y \leq 100$ мм может быть заменено испытанием трубы на сплющивание до расстояния между сжимаемыми поверхностями труб: $3s$ — для малоуглеродистых и аустенитных сталей, $4s$ — для остальных сталей.

Испытания на ударную вязкость для аппаратов с рабочей температурой ниже -20°C производится при рабочей температуре.

Значение ударной вязкости сварного соединения должно быть не ниже значения для основного металла соединяемых элементов.

Количество испытательных образцов по ГОСТ 6996—66 для каждого контрольного сварного соединения должно быть: на растяжение по два образца типов XII, XIII или XIV; на изгиб по два образца типов XXVII или XXVIII; на ударную вязкость по три образца типа VI с надрезом по оси шва.

Металлографическим исследованиям подвергаются образцы, вырезанные из контрольных сварных соединений у аппаратов, изготовленных из сталей, склонных к термическому воздействию (независимо от их группы).

Стилокопированию для установления соответствия примененных марок стали и сварочных материалов в части наличия в них хрома или молибдена подвергаются детали и сварные соединения аппаратов, изготовленные из легированных и высоколегированных хромом и молибденом сталей.

Ультразвуковой дефектоскопией и рентгено- или гаммапросвечиванию сварных швов, выявляющим внутренние дефекты сварных соединений и определяющим их качество, подвергаются сварные соединения всех аппаратов.

Объем контроля для аппаратов: 1-й группы 100% всех сварных швов; 2-й и 3-й группы 50%; 4-й группы 25%; для остальных — 10%.

Ультразвуковой контроль производится в соответствии с ГОСТ 14782—76, рентгено- или гаммапросвечивание — в соответствии с ГОСТ 7512—76.

Применение того или другого метода контроля или сочетание их выбирается исходя из возможностей более полного выявления недопустимых дефектов с учетом особенностей физических свойств металла, а также особенностей методики контроля для каждого вида сварных соединений.

Места пересечения сварных соединений подлежат обязательному контролю данного вида для всех групп аппаратов.

Испытанию на межкристаллитную коррозию подвергаются сварные соединения из феррито-аустенитных и аустенитных сталей в соответствии с ГОСТ 6032—75, при наличии соответствующих требований в чертежах и ТУ.

Образцы всех видов механических испытаний (на разрыв, изгиб и ударную вязкость) для испытания на межкристаллитную коррозию и металлографические исследования вырезаются из контрольных сварных соединений, размеры которых выбираются с таким расчетом, чтобы из них можно было вырезать тройное количество указанных выше образцов с учетом возможности проведения повторных испытаний.

Недопускаемыми дефектами в сварных соединениях являются: трещины всех видов и направлений; свищи и пористость шва;

подрезы, наплывы, прожоги, незаплавленные кратеры; смещение и совместный увод кромок свариваемых элементов свыше допускаемых норм;

несоответствие формы и размеров швов требованиям стандартов, ТУ и чертежам;

испытания, расположенные в сечении шва (между отдельными валиками и слоями шва и между основным металлом и металлом шва); единичные шлаковые и газовые включения глубиной свыше 0,1s и 3 мм, длиной 0,2s при $s \leq 40$ мм и длиной свыше 8 мм при $s > 40$ мм; цепочки пор и шлаковых включений, имеющие суммарную длину свыше s на участке длиной 10s, а также отдельные дефекты размерами, превышающими указанные;

скопление газовых пор или шлаковых включений на отдельных участках шва больше пяти на 1 см^2 площади шва; максимальный линейный размер отдельных дефектов не должен превышать 1,5 мм, а сумма их линейных размеров не должна превышать 3 мм.

Выявленные дефекты должны быть устранены путем вырубки их и последующей качественной заварки.

Замеру твердости металла шва подвергаются сварные соединения у готовых аппаратов, изготовленных из хромомолибденовых сталей, и плакированный слой из двухслойных сталей с основным слоем из указанных выше сталей.

Твердость для хромомолибденовых сталей должна быть до *HВ* 240, а плакированного слоя — до *HВ* 200.

5.2. Испытания аппаратов на прочность и плотность

Испытаниям аппаратов на прочность и плотность под пробным давлением подвергаются все аппараты до установки в них съемных внутренних устройств согласно СТ СЭВ 800—77 и ОСТ 26-291—79.

На время испытаний все отверстия в аппарате герметично заглушаются. Значения пробного давления в зависимости от расчетного давления приведены в табл. 1.2.

Испытания аппаратов, поставляемых заказчику в собранном виде, производятся на заводе-изготовителе, а нетранспортируемых аппаратов, поставляемых частями, — на монтажной площадке. В этом случае на заводе-изготовителе по возможности испытываются только отдельные части аппаратов.

Указанные испытания чаще всего проводятся гидравлическим способом (водой с температурой 5—40 °С).

Время выдержки аппарата под пробным давлением должно быть не менее 10 мин для аппаратов с толщиной стенки до 50 мм и 20 мин для аппаратов с толщиной стенки 50—100 мм. Затем давление снижается до рабочего, при котором производится осмотр аппарата и обстукивание сварных швов молотком массой от 0,5 до 1 кг (в зависимости от толщины стенки).

Если гидравлическое испытание аппарата невозможно (недоступные напряжения от массы воды в аппарате, трудоемкость удаления воды и т. п.), то разрешается заменять гидравлическое испытание пневматическим (воздухом или каким-либо нейтральным газом).

Пневматические испытания проводятся с соблюдением особых мер предосторожности только при положительных результатах тщательного внутреннего и наружного осмотра сварных швов и проверки технической документации по контролю качества сварных соединений.

При пневматическом испытании сварные швы не обстукиваются, а проверяются с применением мыльного раствора.

Во всех случаях гидравлического или пневматического испытания напряжения в стенках элементов аппарата должны иметь запас прочности к пределу текучести при температуре +20 °С не менее 1,1 при гидравлическом испытании и 1,2 при пневматическом испытании.

При испытании вертикальных аппаратов в горизонтальном положении пробное давление увеличивается на значение гидростатического давления столба жидкости (воды) внутри аппарата.

Если в рабочих условиях аппарат заполняется жидкостью, имеющей плотность большую, чем вода, то это должно учитываться при увеличении расчетного и пробного давлений.

Литые детали, работающие под избыточным давлением, после термической и механической обработки должны подвергаться гидравлическому испытанию под пробным давлением $1,5 [\sigma_{30}/[\sigma]]$, но не менее 0,3 МПа.

Плотность приварки укреплений колец у штуцеров проверяется пневматическим избыточным давлением 0,4—0,6 МПа с проверкой швов внутри и снаружи аппарата с применением мыльного раствора.

Аппараты, работающие под атмосферным давлением и испытываемые наливом воды, выдерживаются под водой 4 ч, а затем сварные швы обстукиваются молотком, как указано выше.

В отдельных случаях допускается испытание сварных швов наливом воды заменять смачиванием их керосином согласно ГОСТ 3242—79. Время выдержки при этом должно быть, мин: при толщинах стенок до 4 мм — 30, 4—10 мм — 35, свыше 10 мм — 40.

Аппараты считаются выдержавшими испытание, если при испытании не было падений давления по манометру, течи, капель, потения или пропуски газа или жидкости через сварные швы; после испытания не замечается остаточных деформаций в элементах аппарата; не обнаружено признаков разрыва.

Результаты пробного испытания оформляются актом и заносятся в паспорт аппарата.

ОБЩИЕ ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Глава 6

ОБЕЧАЙКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ

6.1. Конструкции

Цилиндрические обечайки являются одним из основных элементов химических аппаратов. Из одной или нескольких обечаек образуется цилиндрический корпус аппарата. Они входят составной частью в различные внутренние и наружные устройства аппаратов.

Обечайки большей частью изготавливаются вальцовкой из листового проката, реже из сварных труб большого диаметра или поковок.

Исполнительную (принятую) толщину стенки вальцованных обечаек при толщине их 6—42 мм следует применять только четных размеров.

Кроме обечаек, образующие корпус аппарата, соединяются между собой преимущественно встык.

Вальцованные обечайки должны иметь возможно меньше сварных швов, особенно продольных. Поэтому листы для изготовления обечаек желательно выбирать больших размеров, сообразуясь с рациональным раскромом (малыми отходами). Обечайки могут вальцеваться как по длинной, так и по короткой стороне листа.

Обечайки диаметром до 1000 мм должны изготавливаться не более чем с двумя продольными швами, а диаметром свыше 1000 мм допускается изготавливать из нескольких листов максимально возможной длины. В корпусе аппарата допускается замыкающая обечайка-вставка длиной не менее 400 мм.

Допускается изготавливать обечайки путем вальцовки карт, сваренных встык в плоском состоянии из небольших листов. В этом случае ширина листов в карте должна быть не менее 800 мм.

Продольные швы в листах смежных обечаек должны быть смещены по отношению друг друга на значение не менее трехкратной толщины стенки обечайки, но не менее чем на 100 мм между осями швов. В обечайках, выполняемых из карт, допускаются перекрещивающиеся швы в листах толщиной до 30 мм (при автоматической или электрошлаковой сварке и 100%-ном просвечивании швов) для корпусов аппаратов, работающих под избыточным давлением до 1,6 МПа и при температуре до 400 °С. Допускается изготовление корпусов аппаратов из полубоачек.

Допускаемые отклонения в длине окружности развертки обечаек приведены в табл. 6.1.

Местное утонение толщины стенки обечайки в любом случае допускается не более чем до ее расчетного размера.

Неперпендикулярность торцов обечайки к ее образующей допускается в пределах 1 мм на 1 м диаметра, но не более 3 мм при диаметре до 3 м.

Корпусы аппарата, сваренные из отдельных обечаек, должны удовлетворять следующим требованиям:

Допускаемые отклонения в длине окружности развертки обечаек мм

Толщина стенки обечайки	Обечайки из стали		
	углеродистой и легированной	высоколегированной	двухслойной при диаметре, мм до 2000 ср. 2000
До 14	±3	±3	±3
16—18	±5	±3	±5
20	±7	±3	±5
22—24	±7	±5	±5
26—28	±9	±5	±5
30—34	±11	±6	±6
36—38	±13	±6	±6
40 и более	±15	±8	±8

отклонение по длине (высоте) допускается в пределах ±0,3% от номинальной длины (высоты) корпуса, но не более 75 мм;

непрямолнейность образующей допускается в пределах 2 мм на 1 м длины (высоты), а на всей длине (высоте) корпуса: 20 мм при длине (высоте) его до 10 м и 30 мм — свыше 10 м;

отклонение наружного диаметра корпусов определяется значением, %,

$$a = \frac{2(D_{\max} - D_{\min})}{D_{\max} + D_{\min}} \cdot 100,$$

где D_{\max} , D_{\min} — наибольший и наименьший диаметры корпуса соответственно.

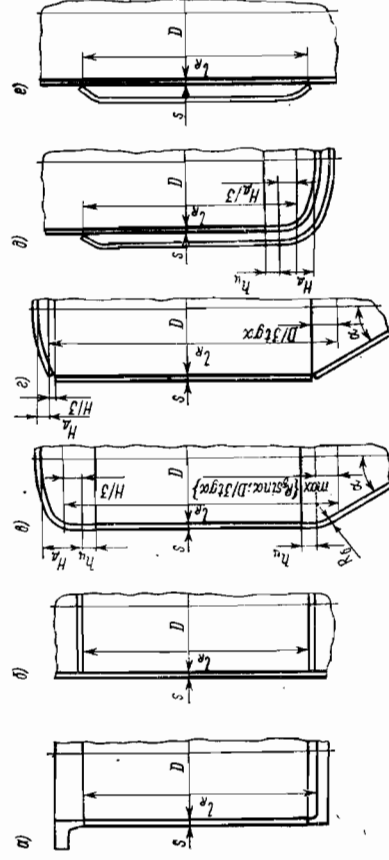


Рис. 6.1. Конструкции гладких цилиндрических обечаек (корпусов) аппаратов: а — с фланцем и плоским днищем; б — с жесткими внутренними перегородками; в — с отбортованными эллиптическим и коническим днищами; г — с неотбортованными сферическим и коническим днищами; д — с рубашкой на нижней части аппарата; е — с рубашкой на средней части аппарата

6.2.1. Расчет обечаяк, нагруженных снпипгнним нсбсплсннм дсплнспм. Толщина стенки определяется по формулам:

$$s_R = \frac{pRD}{2[\sigma]\varphi_p - pR}; \quad (6.1)$$

$$s \geq s_R + c. \quad (6.2)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi_p(s-c)}{D + (s-c)}. \quad (6.3)$$

Производить расчет на прочность для условий испытания не требуется, если расчетное давление в условиях испытания будет меньше, чем расчетное давление в рабочих условиях, умноженное на 1,35 $[\sigma]_{sp}/[\sigma]$.

6.2.2. Расчет обечаяк, нагруженных наружным давлением. Толщина стенки приближенно определяется по формулам:

$$s_R = \max \{K_2 D \cdot 10^{-2}; 1,1 p_R D / 2 [\sigma]\}; \quad (6.4)$$

$$s \geq s_R + c. \quad (6.5)$$

Коэффициент $K_2 = f(K_1; K_3)$ определяется по рис. 6.3 в зависимости от значе- ний коэффициентов K_1 и K_3 :

$$K_1 = \frac{n_{up} p_R}{2,4 \cdot 10^{-6} E}; \quad K_2 = \frac{100(s-c)}{D}; \quad K_3 = \frac{l_R}{D}. \quad (6.6)$$

Допускаемое наружное давление определяется по формуле

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}, \quad (6.7)$$

где допускаемое давление из условия прочности определяется по формуле

$$[p]_p = \frac{2[\sigma](s-c)}{D + (s-c)}, \quad (6.8)$$

а допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости опре- деляется по формуле

$$[p]_E = \frac{18 \cdot 10^{-6} E}{n_{up} B_1} \frac{D}{l_R} \left[\frac{100(s-c)}{D} \right]^2 \sqrt{\frac{100(s-c)}{D}}, \quad (6.9)$$

где

$$B_1 = \min \left\{ 1, 0; 8,15 \frac{D}{l_R} \sqrt{\frac{D}{100(s-c)}} \right\}. \quad (6.10)$$

Расчетная длина обечайки l_R принимается в зависимости от ее конфигурации (см. рис. 6.1).

С помощью расчетной номограммы на рис. 6.3 можно определять s_R , $[p]$ и l без расчета по правилу, показанному на рис. 6.4, где приводится вариант l для определения s_R из равенства $K_2 = f(K_1; K_3)$, вариант l/l для $[p]$ из $K_1 = f(K_2; K_3)$ и вариант l/l для l из $K_3 = f(K_1; K_2)$.

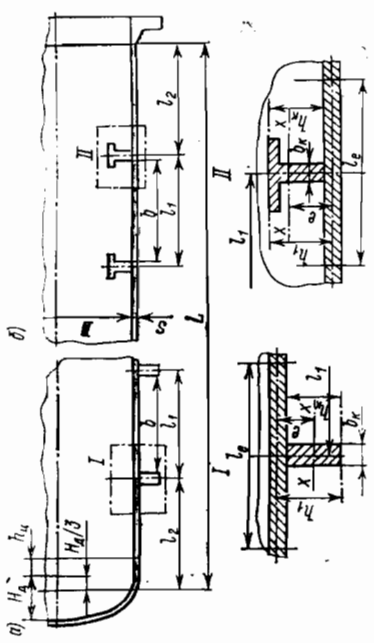


Рис. 6.2. Конструкция корпуса аппарата, подкрепленного наружными (а) и внутренними (б) кольцами жесткости

Значение a допускается в следующих пределах: $a \leq 0,5\%$ — для корпусов колонных аппаратов и аппаратов, работающих под вакуумом или под наружным давлением; $a \leq 1,0\%$ — для корпусов аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением; $a \leq 2,0\%$ — для корпусов аппаратов, работающих без избыточного давления и под наливом.

У аппаратов с внутренними устройствами, устанавливаемыми в корпус в собранном виде, непрямолинейность допускается в пределах номинального зазора между внутренним диаметром корпуса и наружным диаметром устройства. У таких аппаратов усиления кольцевых и продольных сварных швов на внутрен- ней поверхности корпуса должны быть защищены заподлицо с основным метал- лом в местах, мешающих установке устройства.

При изготовлении аппаратов из двухслойных сталей усиление желательно не снимать, а у деталей внутренних устройств в месте усиления шва — предусматри- вать местную выемку. В тех случаях, когда снятие усиления является все же необходимым, должна быть обеспечена коррозионная стойкость корпуса в месте снятого усиления.

Типовые конструкции гладких цилиндрических обечаяк (корпусов) аппаратов приведены на рис. 6.1, а конструкция цилиндрической обечайки (корпуса), под- крепленной кольцами жесткости, — на рис. 6.2. Последние применяются преимущественно в аппаратах, работающих под вакуумом или под наружным дав- лением.

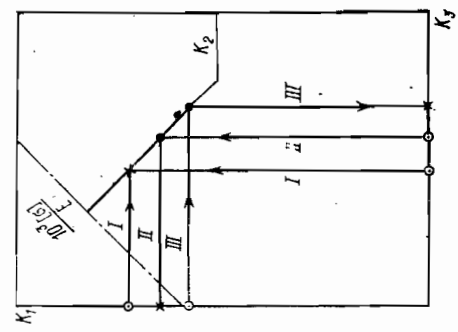
Кольца жесткости в зависимости от конструктивных возможностей могут располагаться как внутри, так и снаружи корпуса. Форма поперечного сечения колец может быть произвольной. В качестве примера (рис. 6.2) показаны наруж- ные (прямоугольного сечения) и внутренние (таврового сечения) кольца; $x-x$ — ось, проходящая через центр тяжести сечения кольца. Поперечное сечение кольца жесткости чаще всего бывает прямоугольным, но может быть в виде фасонного профиля (утолщителя, швеллера, двутавра и т. д.).

6.2. Расчет цилиндрических обечаяк

Расчет цилиндрических обечаяк проводится по ГОСТ 14249—80, СТ СЭВ 597—77.

Гладкие цилиндрические обечайки (см. рис. 6.1). Формулы расчета при- менимы при условии $s-c/D \leq 0,1$ для обечаяк и труб при $D \geq 200$ мм; $s-c/D \leq 0,3$ для труб при $D < 200$ мм.

На обечайки могут действовать нагрузки от внутреннего или наружного давления и сосредоточенные (боковые, осевые).



Если на рис. 6.3 коэффициент K_1 будет меньше, то значение $[p]$ можно определять по формуле

$$[p] = 2,4 \frac{K_1 \cdot 10^{-6} E}{n_u} \quad (6.10)$$

Полученное значение толщины стенки по (6.4) и (6.5) должно быть проверено по формуле (6.6).

6.2.3. Расчет обечаек, нагруженных осевой растягивающей силой P и внутренним избыточным давлением p_R . Толщина стенки определяется по формулам:

$$sR = \frac{P + 0,25\pi p_R D^2}{\pi D [\sigma] \varphi_T}; \quad (6.11)$$

$$s \geq sR + c. \quad (6.12)$$

Допускаемая осевая растягивающая сила определяется по формуле

$$[P] = \pi (D + s - c) (s - c) [\sigma] \varphi_T. \quad (6.13)$$

6.2.4. Расчет обечаек, нагруженных внешней осевой сжимающей силой. Приводимые ниже формулы расчета применимы при условии, что $I/RD \geq 1,0$.

Допускаемая осевая сжимающая сила определяется по формуле

$$[P_1] = \frac{[P_1]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P_1]_p}{[P_1]_E}\right)^2}}, \quad (6.14)$$

где допускаемая осевая сжимающая сила из условия прочности

$$[P_1]_p = \pi (D + s - c) (s - c) [\sigma], \quad (6.15)$$

а допускаемая осевая сжимающая сила из условия устойчивости в пределах упругости определяется по формуле

$$[P_1]_E = \min \{ [P_1]_{E_1}; [P_1]_{E_2} \}, \quad (6.16)$$

где допускаемая осевая сжимающая сила $[P_1]_{E_2}$ определяется из условия местной устойчивости в пределах упругости по формуле

$$[P_1]_{E_1} = \frac{310 \cdot 10^{-9} E}{n_u} D^2 \left[\frac{100 (s - c)}{D} \right]^2 \sqrt{\frac{100 (s - c)}{D}}, \quad (6.17)$$

а допускаемая осевая сжимающая сила $[P_1]_{E_2}$ — из условия общей устойчивости в пределах упругости по формуле

$$[P_1]_{E_2} = \frac{\pi (D + s - c) (s - c) E}{n_u} \left(\frac{\pi}{\lambda_{пр}} \right)^2. \quad (6.18)$$

Гибкость $\lambda_{пр}$ определяется по формуле $\lambda_{пр} = 2,83 l_{пр} / (D + s - c)$.

Приведенная длина обечайки $l_{пр}$ определяется по табл. 6.2.

При $l/D \leq 10$ формула (6.16) принимает вид

$$[P_1]_E = [P_1]_{E_1}.$$

Для рабочих условий ($n_u = 2,4$) допускаемую сжимающую силу можно определять по формуле

$$[P_1] = \pi (D + s - c) (s - c) [\sigma] \min \{ \varphi_1; \varphi_2 \}. \quad (6.20)$$

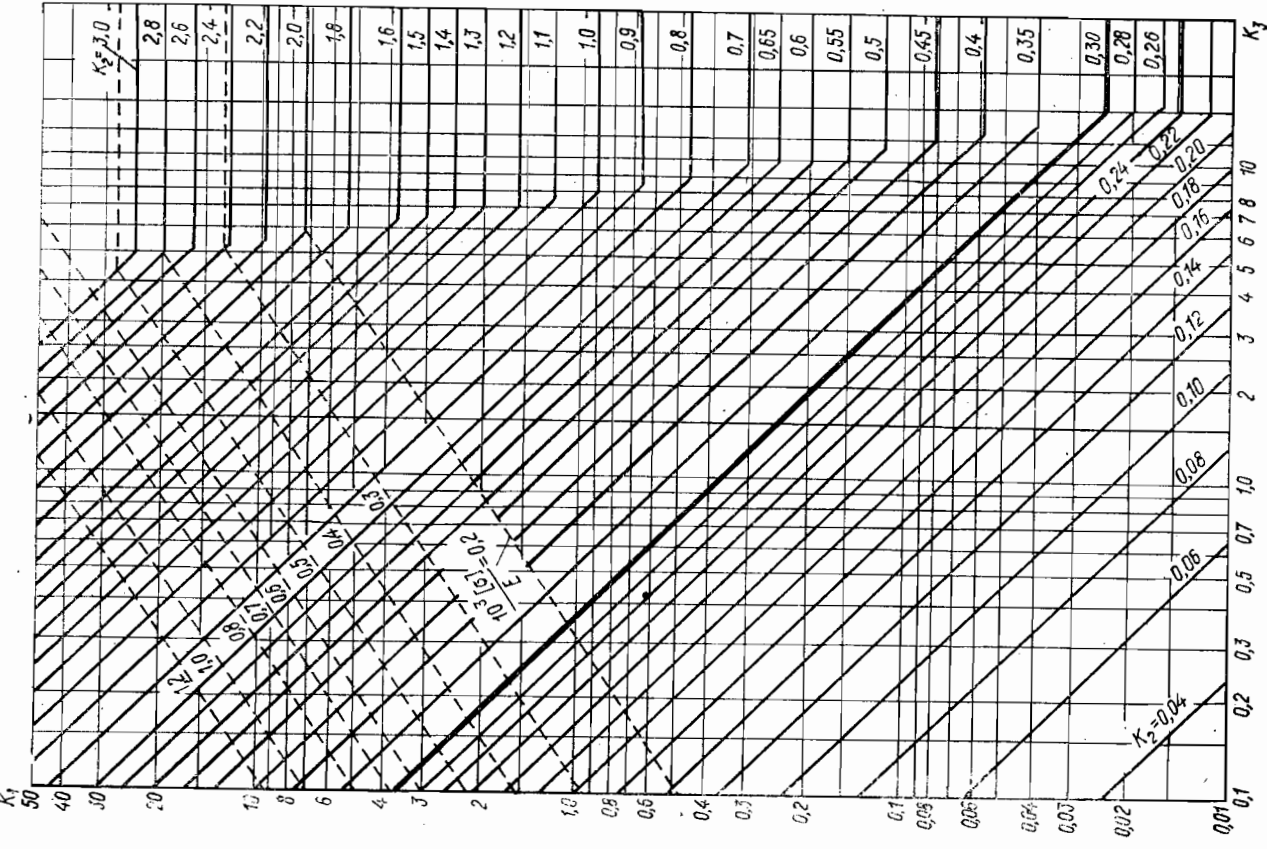
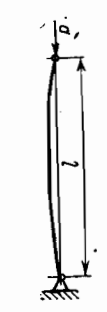
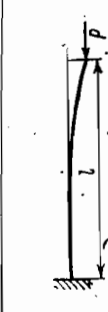
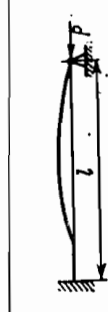



Рис. 6.3. Нограмма определения толщины цилиндрических стальных обечаек, работающих под наружным давлением

Приведенная расчетная длина обечайки

Расчетная схема	$l_{пр}$
	l
	$2l$
	$0,7l$
	$0,5l$

Для рабочих условий ($n_u = 2,4$) допускаемый изгибающий момент можно определять по формуле

$$[M] = 0,25D (D + s - c) [\sigma] \varphi_s \quad (6.24)$$

Коэффициент $\varphi_s = f [D/(s - c)]$ определяется по рис. 6.6. Расчет обечайки, нагруженных внешней поперечной силой. Допускаемая поперечная сила определяется по формуле

$$[Q] = \frac{[Q]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_p}{[Q]_E}\right)^2}} \quad (6.25)$$

где допускаемая поперечная сила из условия прочности

$$[Q]_p = 0,25\pi D (s - c) [\sigma] \quad (6.26)$$

а допускаемая поперечная сила из условия устойчивости в пределах упругости

$$[Q]_E = \frac{2,4E (s - c)^3}{n_u} \left[0,18 + 3,3 \frac{D (s - c)}{l^2} \right] \quad (6.27)$$

6.2.7. Расчет обечайки, работающих под совместным действием наружного давления, внешней осевой сжимающей силы и внешнего изгибающего момента.

Коэффициенты $\varphi_1 = f [D/(s - c)]$; $[\sigma]/E$ и $\varphi_2 = f (\lambda_{пр})$ определяются по рис. 6.5, а и рис. 6.5, б соответственно.

Для обечайки, у которых $lR/D \ll 1$, при отсутствии более точных расчетов допускается пользоваться формулой (6.17).

6.2.5. Расчет обечайки, нагруженных внешней изгибающей силой. Допускаемый изгибающий момент определяется по формуле

$$[M] = \frac{[M]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_p}{[M]_E}\right)^2}} \quad (6.21)$$

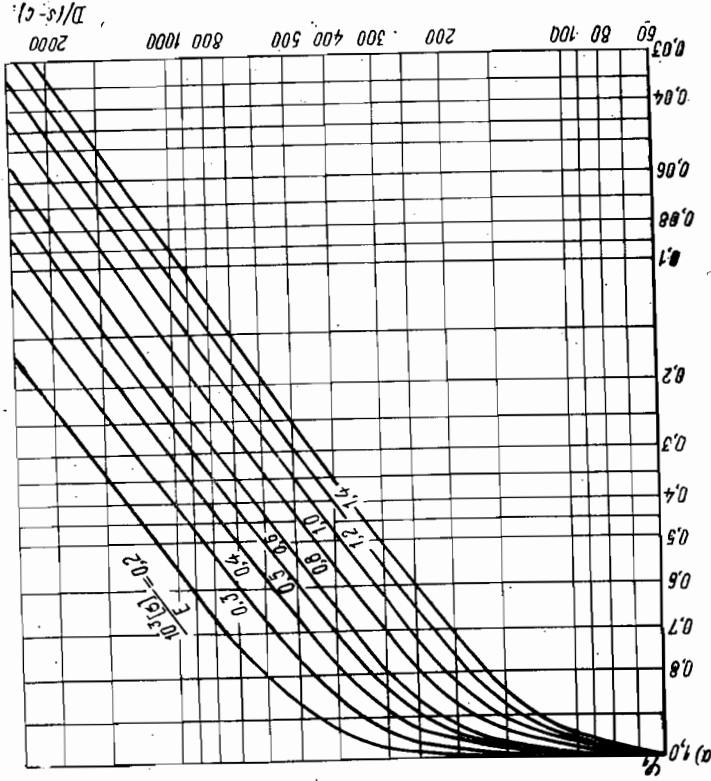
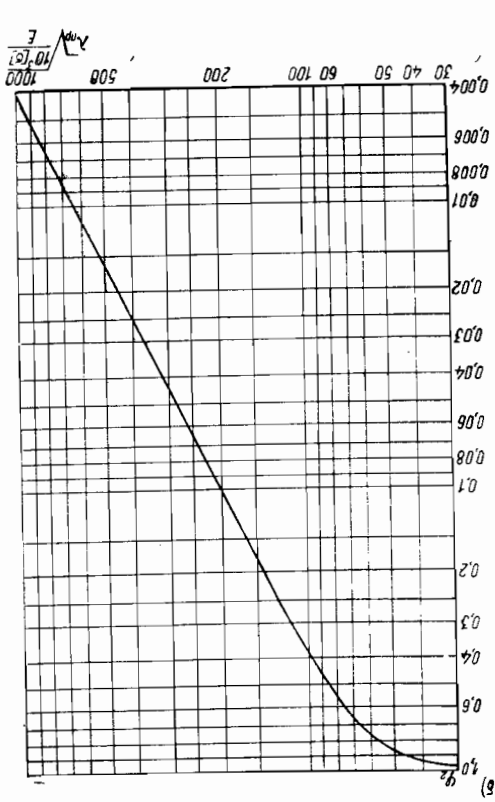
где допускаемый изгибающий момент из условия прочности рассчитывается по формуле

$$[M]_p = 0,25\pi D (D + s - c) \times (s - c) [\sigma] = 0,25D [P]_p \quad (6.22)$$

а допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости — по формуле

$$[M]_E = \frac{89 \cdot 10^{-9} E D^3}{n_u} \left[\frac{100 (s - c)^2}{D} \right] \times \sqrt{\frac{100 (s - c)}{D}} = 3,5 [P]_{E1} \quad (6.23)$$

Рис. 6.5. График определения коэффициентов снижения допускаемых напряжений φ_1 (а) и φ_2 (б)



Если $K_4 \ll 0$, то укрепления кольцами жесткости не требуется.
 В диапазоне $0 < K_4 < 2 \frac{\varphi_{\tau}}{\varphi_p}$ — 1 расстояние между двумя смежными кольцами жесткости определяется по формуле

$$b \leq \sqrt{D(s-c) \left[\frac{2}{K_4} - \frac{\varphi_p}{\varphi_{\tau}} \left(1 + \frac{1}{K_4} \right) \right]} \quad (6.30)$$

Площадь поперечного сечения кольца

$$F_k \geq I_1 (s-c) \frac{[\sigma] \varphi_p K_4}{[\sigma]_{кФк}} \quad (6.31)$$

Если $K_4 \geq 2 \frac{\varphi_{\tau}}{\varphi_p} - 1$, то толщину стенки обечайки необходимо увеличить до такого размера, чтобы выполнялось следующее условие:

$$0 < K_4 < 2 \frac{\varphi_{\tau}}{\varphi_p} - 1 \quad (6.32)$$

При определении площади поперечного сечения кольца жесткости F_k необходимо учитывать прибавку c , для компенсации коррозии.

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется из условия

$$[p] = \min \{ [p]_1; [p]_2 \}, \quad (6.33)$$

где допускаемое внутреннее избыточное давление, определяемое из условий прочности всей обечайки, рассчитывается по формуле

$$[p]_1 = \frac{2 [\sigma] \varphi_p (s-c) + 2 \frac{F_k}{l_R} [\sigma]_{кФк}}{D + (s-c)} \quad (6.34)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление, определяемое из условий прочности обечайки между двумя соседними кольцами жесткости, определяется по формуле

$$[p]_2 = \frac{2 [\sigma] \varphi_{\tau} (s-c)}{D + (s-c)} \frac{2 + \lambda_{п}^2}{1 + \frac{\varphi_{\tau}}{\varphi_p} \lambda_{п}^2}, \quad (6.35)$$

где

$$\lambda_{п}^2 = \frac{b^2}{D(s-c)} \quad (6.36)$$

и

$$l_R = \max \{ l_1; l_2 \}. \quad (6.37)$$

6.2.9. Расчет обечайки, нагруженных наружным давлением. Допускаемое наружное давление определяется из условия

$$[p] = \min \{ [p]_1; [p]_2 \}, \quad (6.38)$$

где допускаемое наружное давление, определяемое из условий устойчивости всей обечайки, рассчитывается по формуле

$$[p]_1 = \frac{[p]_{1п}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_{1п}}{[p]_{1E}} \right)^2}} \quad (6.39)$$

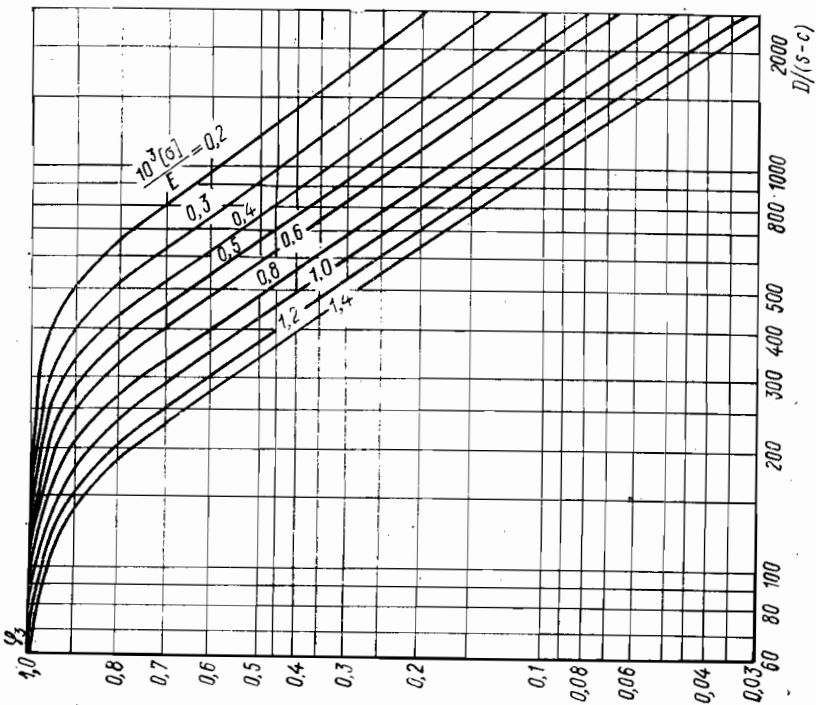


Рис. 6.6. График определения коэффициента снижения допускаемых напряжений

Обечайки, работающие под совместным действием нагрузок P , Q и M , провяжут на устойчивость по формуле

$$\frac{P_R}{[p]} + \frac{P_1}{[P_1]} + \left(\frac{Q}{[Q]} \right)^2 + \frac{M}{[M]} \leq 1,0, \quad (6.28)$$

где $[p]$ по п. 6.2.2, $[P_1]$ — по п. 6.2.4, $[Q]$ — по п. 6.2.6 и $[M]$ — по п. 6.2.5.

Цилиндрические обечайки, подкрепленные кольцами жесткости (см. рис. 6.2). Приводимые ниже формулы расчета применимы при выполнении следующих ограничений: отношение высоты сечения кольца жесткости к диаметру обечайки $l_k/D \leq 0,2$; кольца жесткости расположены на обечайке равномерно. В случае неравномерного расположения колец жесткости значения b и l_1 в формулах расчета необходимо подставлять для того участка, на котором значения b и l_1 максимальные.

6.2.8. Расчет обечайки, нагруженных внутренним избыточным давлением. Кольца жесткости устанавливаются при условии, если коэффициент

$$K_4 = \frac{P_R (D + s - c)}{2 \varphi_p [\sigma] (s - c)} - 1 > 0. \quad (6.29)$$

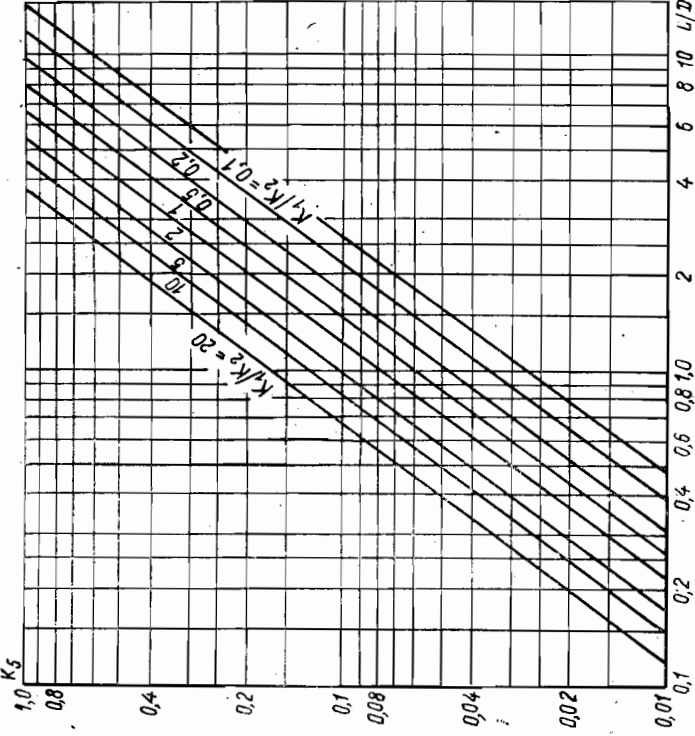


Рис. 6.7. График определения коэффициента K_5

Здесь $[p]_{1p}$ соответствует $[p]_{11}$, определенной по формуле (6.34) при значениях $\Phi_p = 1,0$ и $\Phi_k = 1,0$; допускаемое наружное давление из условий устойчивости в пределах упругости рассчитывается по формуле

$$[p]_{1E} = \frac{18 \cdot 10^{-6} E}{K B_2 n_u} \frac{D}{L} \left[\frac{100K(s-c)}{D} \right]^2 \sqrt{\frac{100K(s-c)}{D}}, \quad (6.40)$$

где

$$B_2 = \min \left\{ 1,0; 8,15 \frac{D}{L} \sqrt{\frac{D}{100K(s-c)}} \right\}. \quad (6.41)$$

Коэффициент жесткости обечайки, подкрепленной кольцами жесткости,

$$K = \sqrt{\frac{10,9J}{I_1(s-c)^3}}. \quad (6.42)$$

Здесь эффективный момент инерции расчетного поперечного сечения кольца жесткости определяется по формуле

$$J = J_k + \frac{I_1(s-c)^3}{10,9} + e^2 \frac{F_k l e (s-c)}{F_k + l e (s-c)}, \quad (6.43)$$

где эффективная длина стенки обечайки, учитываемая при определении эффективного момента инерции, определяется из условия

$$l e = \pi \sqrt{I_1; I_2; [b_k + 1,1 \sqrt{D(s-c)}]}. \quad (6.44)$$

Здесь b_k — ширина поперечного сечения кольца жесткости в месте его приварки к обечайке; e — расстояние между центром тяжести поперечного сечения кольца жесткости и серединой поверхности обечайки. Допускаемое наружное давление, определяемое из условий устойчивости обечайки между кольцами жесткости $[p]_2$, соответствует давлению $[p]$ в формуле (6.6) при $lR = b$ в равенствах (6.8) и (6.9). Вместо $[p]_p$ по формуле (6.7) допускается принимать $[p]_2$ по формуле (6.34) при $\Phi_x = 1,0$.

После определения размеров кольца жесткости и обечайки по конструктивным соображениям необходимо произвести проверку в соответствии с условием (6.37).

Толщина стенки s или расстояние между кольцами жесткости $l = b$ для заданного расчетного давления p определяется с помощью графиков рис. 6.3. Расчетный эффективный момент инерции кольца жесткости рассчитывают по формуле

$$J_R = \frac{0,1 p R D^3 l R}{E} \frac{n_u}{2,4} K_5, \quad (6.45)$$

где $lR = \max \{l_1; l_2\}$ (см. рис. 6.2); коэффициент $K_5 = f(l/D)$; $n_u p R / E$; $D/(s-c)$ определяется по графику рис. 6.7.

Профиль кольца жесткости выбирается из условия, что

$$J \gg J_R, \quad (6.46)$$

где J определяется по формуле (6.42).

Допускаемые нагрузки на обечайки с кольцами жесткости, работающими при воздействии на них осевых растягивающих или сжимающих сил, поперечных сил или изгибающего момента, рассчитываются, как и для гладких цилиндрических обечайек, по формулам пп. 6.2.3—6.2.6 при $lR = b$. При определении приведенной расчетной длины $l_{пр}$ по табл. 6.2 вместо l следует принимать общую длину L обечайки.

6.2.9. Расчет обечайек с кольцами жесткости, нагруженными совместно действующими нагрузками p_n, P_1, Q и M . Расчет следует производить аналогично расчету по п. 6.2.7, при этом допускаемое наружное давление определяется по условию (6.37).

Формулы расчета, приведенные в пп. 6.2.2; 6.2.4—6.2.7 и 6.2.9, применимы при условии, что расчетные температуры не превышают значений, при которых возникает ползучесть материалов, т. е. при таких температурах, когда допускаемое напряжение определяется только по пределу текучести или временному сопротивлению (пределу прочности). Если нет точных данных, то формулы допустимо применять при условии, что расчетная температура стенки обечайки из углеродистой стали не превышает 380 °С, из низколегированной 420 °С и из аустенитной 525 °С.

Для обечайек, подкрепленных кольцами жесткости, дополнительно к указанному выше условиям применимости формул расчета должно также выполняться следующее ограничение:

$$p_{лр} \leq 1,35 \frac{[\sigma]_{лр}}{[\sigma]} p R. \quad (6.47)$$

Глава 7

ДНИЩА И КРЫШКИ ПРИВАРНЫЕ

7.1. Конструкции

Днища, так же как и обечайки, являются одним из основных элементов химических аппаратов. Цилиндрические цельносварные корпуса как горизонтальных, так и вертикальных аппаратов с обеих сторон ограничиваются днищами.

Форма днищ, применяемая в отечественном аппаростроении, бывает эллиптическая, полушаровая, в виде сферического сегмента, коническая и цилиндри-

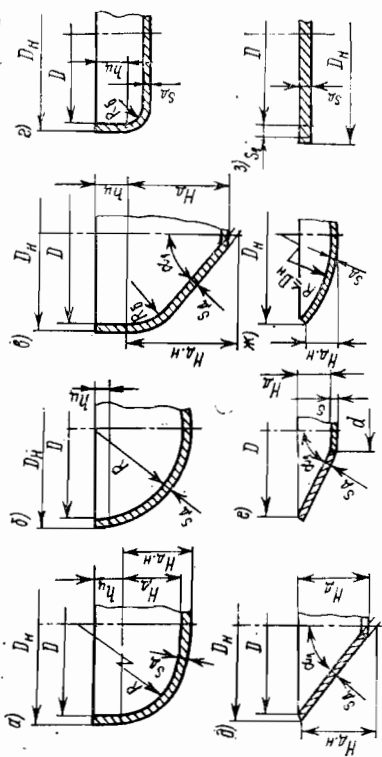


Рис. 7.1. Конструкции днищ для стальных сварных аппаратов: а — эллиптическое отбортованное; б — полусферическое отбортованное; в — коническое отбортованное; г — плоское отбортованное; д — коническое неотбортованное; е — коническое неотбортованное с плоским диском; ж — сферическое неотбортованное; з — плоское неотбортованное.

Конические и плоские днища бывают с отбортовкой на цилиндр и без отбортовки, а эллиптические — только с отбортовкой. Наиболее распространенной формой днищ в сварных химических аппаратах, особенно подведомственных Госгортехнадзору, является эллиптическая форма с отбортовкой на цилиндр.

Полусферические днища целесообразно применять в крупнобаритных аппаратах, подведомственных Госгортехнадзору, вместимости $D \geq 4$ м. Согласно МН 4704—63, стальные полусферовые днища изготавливаются $D = (3,6 \div 12)$ м с толщиной стенок 10—36 мм.

Сферические неотбортованные днища (в виде сферического сегмента) применяются главным образом в аппаратах, работающих под наливом, а также в виде составных частей отъемных крышек в аппаратах, работающих под избыточным давлением до 1,6 МПа.

Конические днища применяются в основном в вертикальных аппаратах снизу, в которых требуется полное удаление жидкого, сыпучего или кускового продукта. Выбор угла в вершине конуса определяется технологическими соображениями: для жидких веществ их вязкостью, а для сыпучих и кусковых веществ — их углом естественного откоса.

В горизонтальных аппаратах, работающих под наливом или под избыточным давлением до 0,07 МПа, могут применяться неотбортованные конические днища с углом при вершине конуса $2\alpha \leq 140^\circ$, а в вертикальных аппаратах, не подведомственных Госгортехнадзору СССР, — $2\alpha \leq 60^\circ$.

В аппаратах, подведомственных Госгортехнадзору, допускаются отбортованные конические днища с углом в вершине конуса $2\alpha \leq 45^\circ$ и неотбортованные конические днища с углом при вершине $2\alpha \leq 60^\circ$.

Наряду с коническими днищами в аппаратах часто применяются переходы, соединяющие цилиндрические обечайки разных диаметров, типовые конструкции которых показаны на рис. 7.2.

Отбортованные конические днища с углом в вершине конуса $2\alpha > 60^\circ$, а также неотбортованные конические днища применяются большей частью в аппаратах, работающих под избыточным давлением до 0,07 МПа и под наливом. Применение таких днищ в аппаратах, подведомственных Госгортехнадзору, должно быть согласовано с головным институтом отрасли.

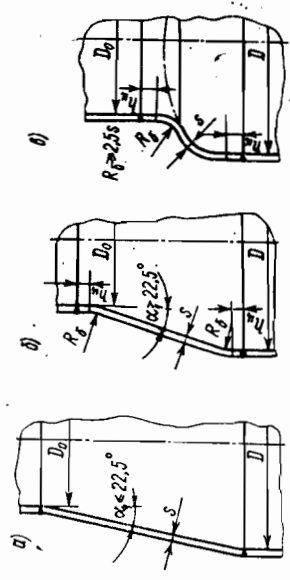


Рис. 7.2. Конструкции переходов для стальных сварных аппаратов: а — конические без отбортовки; б — конический с отбортовками с обеих сторон; в — обратновогнутый

В табл. 7.1—7.10 приведены основные размеры стандартных стальных днищ.

Днища с наружными базовыми диаметрами применяются для корпусов из труб, а с внутренними базовыми диаметрами — для корпусов, свальцованных из листов.

Одним из ответственных узлов в аппаратах является соединение днищ с корпусом. Соединение полусферовых, отбортованных эллиптических, конических и плоских днищ с цилиндрическими обечайками производится только встык. Типовые конструкции соединений конических частей с цилиндрическими показаны на рис. 7.3.

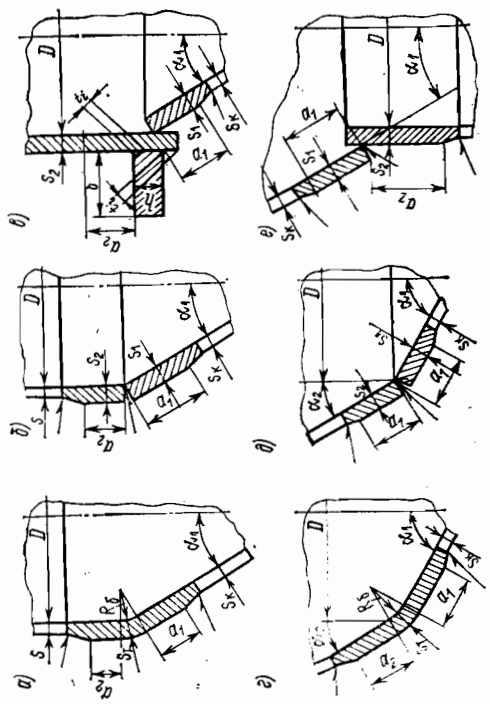


Рис. 7.3. Конструкции соединений конических и цилиндрических частей в стальных аппаратах: а — с отбортованной вставкой; б — без отбортовки; в — с укрепляющим кольцом; г — с отбортованной двухконусной вставкой; д — без отбортовки двух конусных частей; е — без отбортовки и укрепляющего кольца

Размеры эллиптических отбортованных днищ с внутренними базовыми диаметрами (рис. 7.1, а), ГОСТ 6533—78

D, мм	s _д	H _д	h _ц		F _д , м ²	V _д , м ³
			мм			
400	4—25 28—30	100	25 40	25 40	0,20 0,22	0,0115 0,0134
(450)	4—20	112	25	25	0,25	0,0158
500	4—20 22—36	125	25 40	25 40	0,31 0,33	0,0212 0,0241
(550)	4—18 20	137	25 40	25 40	0,37 0,40	0,0276 0,0312
600	4—16 18—40	150	25 40	25 40	0,44 0,47	0,0352 0,0395
(650)	4—14 16—20	162	25 40	25 40	0,51 0,54	0,0441 0,0491
700	4—14 16—36 40	175	25 40 60	25 40 60	0,59 0,62 0,66	0,0543 0,0601 0,0678
800	4—12 14—32 34—50	200	25 40 60	25 40 60	0,76 0,79 0,84	0,0793 0,0868 0,0969
900	5—10 12—28 30—32	225	25 40 60	25 40 60	0,95 0,99 1,05	0,1109 0,1204 0,1331
1000	5—10 12—25 28—55 60—80	250	25 40 60 80	25 40 60 80	1,21 1,21 1,27 1,34	0,1617 0,1617 0,1774 0,1931
(1100)	6—8 10—22 25—32	275	25 40 60	25 40 60	1,40 1,45 1,52	0,1972 0,2114 0,2304
1200	6—8 10—20 22—45 50—80	300	25 40 60 80	25 40 60 80	1,65 1,71 1,79 1,86	0,2534 0,2704 0,2930 0,3156
1300	6—8 10—20 22—32	325	25 40 60	25 40 60	1,93 2,00 2,08	0,3195 0,3394 0,3659

D, мм	s _д	H _д	h _ц		F _д , м ²	V _д , м ³
			мм			
1400	6 8—18 20—40 45—70 80—100	350	25 40 60 80 100	25 40 60 80 100	2,23 2,30 2,39 2,48 2,56	0,3960 0,4191 0,4499 0,4807 0,5114
(1500)	6 8—16 18—38 40—60	375	25 40 60 80	25 40 60 80	2,56 2,63 2,72 2,82	0,4840 0,5104 0,5458 0,5814
1600	6 8—16 18—36 38—60 65—100	400	25 40 60 80 100	25 40 60 80 100	2,90 2,98 3,08 3,18 3,28	0,5840 0,6141 0,6543 0,6945 0,7347
(1700)	6—14 16—32 36—50	425	40 60 80	40 60 80	3,35 3,45 3,56	0,7310 0,7763 0,8217
1800	6—14 16—32 34—55 60—90 100	450	40 60 80 100 120	40 60 80 100 120	3,74 3,85 3,96 4,08 4,19	0,8617 0,9126 0,9634 1,0143 1,0652
(1900)	6—12 14—20	475	40 60	40 60	4,15 4,27	1,0072 1,0638
2000	6—12 14—28 30—50 55—80 90—100	500	40 60 80 100 120	40 60 80 100 120	4,59 4,71 4,84 4,96 5,09	1,1681 1,2309 1,2937 1,3565 1,4200
2200	8—10 12—25 28—45 50—70 80—100	550	40 60 80 100 120	40 60 80 100 120	5,52 5,66 5,80 5,94 6,08	1,5395 1,6155 1,6915 1,7675 1,8444
2400	8—10 12—22 25—40 45—65 70—100	600	40 60 80 100 120	40 60 80 100 120	6,54 6,70 6,85 7,00 7,15	1,9823 2,0727 2,1631 2,2536 2,3452
2500	8—10 12—22 25—40 45—60 65—100	625	40 60 80 100 120	40 60 80 100 120	7,09 7,25 7,40 7,56 7,72	2,2323 2,3305 2,4286 2,5267 2,6262

D, мм	s _д	H _д	h _ц		V _д , м³		
			мм	мм			
2600	8	650	40	7,65	2,5026		
	10-22		60	7,82	2,6087		
	25-38		80	7,98	2,7149		
	40-60		100	8,14	2,8210		
	65-100		120	8,31	2,9286		
2800	8	700	40	8,85	3,1067		
	10-20		60	9,03	3,2298		
	22-36		80	9,20	3,3529		
	38-55		100	9,38	3,4760		
	60-100		120	9,55	3,6009		
3000	8	750	40	10,13	3,8010		
	10-18		60	10,32	3,9423		
	20-34		80	10,51	4,0836		
	36-50		100	10,70	4,2249		
	55-100		120	10,89	4,3681		
3200	10-18	800	60	11,70	4,7523		
	20-32		80	11,90	4,9131		
	34-50		100	12,10	5,0738		
	55-100		120	12,30	5,2373		
	3400		12-16	850	60	13,17	5,6662
18-30		80	13,38		5,8477		
32-45		100	13,60		6,0292		
50-100		120	13,81		6,2138		
3600		12-20	900		60	14,73	6,6902
	22-28	80		14,95	6,8936		
	30-40	100		15,18	7,0971		
	45-100	120		15,40	7,3043		
	3800	14		950	60	16,37	7,8305
16-25		80	16,61		8,0572		
28-40		100	16,84		8,2839		
45-100		120	17,08		8,5149		
4000		16-25	1000		80	18,35	9,3446
	28-40	100		18,60	9,5958		
	45-90	120		18,85	9,8520		
	4500	16-22		1125	80	23,08	13,1529
		25,28			100	23,36	13,4710

Примечания: 1. Днища с диаметрами, заключенными в скобки, допускаются применять для рубашек аппаратов. 2. Днища из двухслойной стали допускаются изготовлять с толщиной стенки 24 и 26 мм вместо 25 мм. 3. Днища толщиной стенки свыше 60 мм до 1 января 1982 г. допускается изготовлять с высотой борта h_ц по остатке предприятия-изготовителя.
Пример условного обозначения днища с D = 1000 мм и s = 10 мм: Днище 1000-10 ГОСТ 6533 — 78.

Размеры конических отбортованных стальных днищ с наружными базовыми диаметрами (рис. 7.1, в), ГОСТ 12619—78

D _н , мм	s _д	h _ц	2α = 60°				2α = 90°				
			H _{д-н} , мм	F _д , м²	V _д , м³	H _{д-н} , мм	F _д , м²	V _д , м³	H _{д-н} , мм	F _д , м²	V _д , м³
219	4-8	30	201	0,11	0,003	125	0,09	0,003	0,09	0,003	
			248	0,15	0,006	152	0,12	0,005	0,12	0,005	
			293	0,20	0,011	178	0,16	0,008	0,16	0,008	
			338	0,27	0,016	204	0,20	0,012	0,20	0,012	
426	0,36	0,024	245	0,30	0,019	0,30	0,019				
480	4-8	30	436	0,44	0,034	272	0,36	0,025	0,36	0,025	
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
530	4-8	30	480	0,53	0,045	297	0,42	0,033	0,42	0,033	
	10	40	—	—	—	—	—	—	—	—	
630	4-8	30	566	0,72	0,072	347	0,55	0,052	0,55	0,052	
	10	40	—	—	—	—	—	—	—	—	
720	6-10	50	644	0,94	0,109	392	0,71	0,078	0,71	0,078	
	12	50	—	—	—	—	—	—	—	—	
820	6, 8	40	752	1,30	0,168	476	1,07	0,128	1,07	0,128	
	10, 12	50	—	—	—	—	—	—	—	—	
920	6, 8	40	838	1,59	0,231	—	1,28	0,172	1,28	0,172	
	10, 12	50	838	1,62	0,238	526	1,31	0,179	1,31	0,179	
1020	14, 16	60	—	—	—	—	1,34	0,185	1,34	0,185	
	6, 8	40	925	1,91	0,308	—	1,50	0,225	1,50	0,225	
1020	10, 12	50	925	1,94	0,316	576	1,54	0,233	1,54	0,233	
	14, 16	60	—	—	—	—	1,58	0,242	1,58	0,242	
1120	6, 8	40	1012	2,25	0,400	—	1,75	0,288	1,75	0,288	
	10	50	1012	2,29	0,410	626	1,78	0,298	1,78	0,298	
1220	12, 14	60	1012	2,33	0,419	—	1,83	0,308	1,83	0,308	
	16	70	—	—	—	—	1,86	0,318	1,86	0,318	
1220	6	40	1098	2,63	0,508	—	2,01	0,361	2,01	0,361	
	8, 10	50	1098	2,67	0,520	676	2,05	0,373	2,05	0,373	
1220	12, 14	60	1098	2,71	0,531	—	2,10	0,385	2,10	0,385	
	16	70	—	—	—	—	2,14	0,396	2,14	0,396	

D, мм	s _д , мм	h _ц	2α = 60°				2α = 90°			
			H _д , мм	F _д , мм ²	V _д , мм ³	H _д , мм	F _д , мм ²	V _д , мм ³	H _д , мм	F _д , мм ²
800	4, 6 8, 10 12, 14	30	735	1,22	0,152	466	1,00	0,115		
		40		1,25	0,157		1,03	0,120		
		50		1,28	0,162		1,06	0,125		
900	4, 6 8 10, 12 14	30	821	1,50	0,211		1,20	0,156		
		40		1,53	0,217	516	1,23	0,162		
		50		1,56	0,224		1,26	0,169		
		60		1,59	0,230		1,30	0,175		
1000	4 6, 8 10, 12 14, 16	30	908	1,81	0,283		1,42	0,206		
		40		1,84	0,291	566	1,45	0,214		
		50		1,88	0,299		1,49	0,222		
		60		1,93	0,307		1,53	0,229		
		70								
(1100)	6, 8 10 12, 14 16	40	997	2,19	0,380		1,69	0,275		
		50		2,22	0,389	616	1,73	0,284		
		60		2,26	0,399		1,77	0,294		
1200	6 8, 10 12, 14 16, 18	40	1080	2,55	0,485		1,95	0,346		
		50		2,60	0,496	666	1,99	0,357		
		60		2,64	0,508		2,04	0,368		
		70		2,68	0,519		2,08	0,380		
(1300)	6 8, 10 12 14, 16 18, 20	40		2,95	0,608		2,23	0,428		
		50		3,00	0,621		2,28	0,441		
		60	1168	3,04	0,634	716	2,32	0,454		
		70		3,08	0,647		2,37	0,468		
		80		3,13	0,661		2,41	0,481		
1400	6, 8 10, 12 14, 16 18, 20	50	1254	3,43	0,765		2,58	0,537		
		60		3,47	0,780	766	2,62	0,553		
		70		3,52	0,795		2,67	0,568		
		80		3,57	0,811		2,72	0,584		
(1500)	6, 8 10, 12 14 16, 18 20, 22	50		3,89	0,929		2,89	0,646		
		60		3,94	0,946	816	2,94	0,664		
		70	1340	3,99	0,964		2,99	0,682		
		80		4,04	0,982		3,05	0,699		
		100		4,14	1,017		3,15	0,735		

D _н , мм	s _д , мм	h _ц	2α = 60°				2α = 90°			
			H _д , мм	F _д , мм ²	V _д , мм ³	H _д , мм	F _д , мм ²	V _д , мм ³	H _д , мм	F _д , мм ²
1323	6—10 12 14 16	50	1185	3,08	0,648	726	2,33	0,460		
		60	1185	3,12	0,662		2,38	0,473		
		70	1185	3,17	0,675		2,43	0,487		
		70	—	—	—		2,43	0,487		
1420	6, 8 10, 12 14, 16 70	50	1272	3,52	0,796	776	2,64	0,558		
		60		3,56	0,812		2,68	0,574		
		70		3,61	0,827		2,74	0,590		
		70								

Примечания: 1. R_б = 40 мм — для D_н ≤ 377 мм, R_б = 80 мм — для D_н ≥ 426 до 720 мм, R_б = 160 мм — для D_н ≥ 820 мм. 2. Значения толщин стенок только четные.
 Пример условного обозначения днища с 2α = 60°, D_н = 530 мм и s = 6 мм: Днище 60-530-6 ГОСТ 12619-78.

Таблица 7.4

Размеры конических отбортованных стальных днищ с внутренними базовыми диаметрами (рис. 7.1, в), ГОСТ 12619-78

D, мм	s _д , мм	h _ц	2α = 60°				2α = 90°			
			H _д , мм	F _д , мм ²	V _д , мм ³	H _д , мм	F _д , мм ²	V _д , мм ³	H _д , мм	F _д , мм ²
400 (450)	3—10	30	367	0,32	0,02	232	0,27	0,016		
		40	411	0,40	0,028	257	0,32	0,021		
500	3—8 10	30	452	0,48	0,038	282	0,38	0,028		
		40		0,49	0,040		0,40	0,030		
(550)	4—8 10	30	447	0,56	0,049	307	0,44	0,036		
		40		0,58	0,052		0,46	0,039		
600	4—8 10, 12	30	541	0,66	0,063	332	0,51	0,046		
		40		0,68	0,066		0,53	0,048		
(650)	4—8 10, 12	30	584	0,76	0,079	357	0,58	0,056		
		40		0,78	0,082		0,60	0,062		
700	4—6 8—10 12	30	627	0,87	0,097	382	0,65	0,069		
		40		0,89	0,101		0,68	0,073		
		50		0,92	0,105		0,70	0,076		

D, мм	S _д	h _ц	2α = 60°				2α = 90°			
			H _д , мм	F _д , МПа	V _д , м³	H _д , мм	F _д , МПа	V _д , м³	V _д , м³	
1600	6, 8	50	4,49	1,136	3,40	0,802				
	10	60	4,54	1,156	3,45	0,822				
	12, 14	70	4,59	1,177	3,51	0,843				
	16, 18	80	4,65	1,197	3,57	0,863				
	20—25	100	4,76	1,237	3,68	0,903				
(1700)	6, 8	50	5,01	1,348	3,76	0,944				
	10	60	5,07	1,371	3,82	0,966				
	12, 14	70	5,12	1,394	3,88	0,989				
	16	80	5,18	1,416	3,94	1,012				
	18	100	5,29	1,462	4,06	1,057				
1800	6	50	5,56	1,585	4,14	1,100				
	8, 10	60	5,62	1,611	4,20	1,126				
	12	70	5,68	1,636	4,26	1,151				
	14, 16	80	5,74	1,662	4,33	1,177				
	18—25	100	5,86	1,712	4,45	1,228				
(1900)	6	50	6,15	1,850	4,54	1,273				
	8, 10	60	6,20	1,880	4,61	1,302				
	12	70	6,27	1,910	4,67	1,330				
	14, 16	80	6,33	1,930	4,74	1,358				
	18	100	6,46	1,990	4,87	1,415				
2000	6	50	6,76	2,139	4,96	1,463				
	8	60	6,82	2,170	5,03	1,495				
	10, 12	70	6,89	2,201	5,09	1,526				
	14	80	6,95	2,233	5,16	1,557				
	16—22	100	7,09	2,296	5,30	1,620				
2200	25—30	120	7,22	2,358	5,44	1,683				
	8	60	8,14	2,845	5,92	1,935				
	10	70	8,20	2,883	6,00	1,973				
	12, 14	80	8,28	2,921	6,07	2,011				
	16—22	100	8,42	2,997	6,22	2,087				
2400	25—30	120	8,57	3,073	6,37	2,163				
	8	60	9,56	3,647	6,90	2,454				
	10	70	9,64	3,693	6,97	2,499				
	12	80	9,72	3,738	7,06	2,544				
	14—18	100	9,88	3,828	7,21	2,635				
20—28	120	10,04	3,919	7,38	2,725					

D, мм	S _д	h _ц	2α = 60°				2α = 90°			
			H _д , мм	F _д , МПа	V _д , м³	H _д , мм	F _д , МПа	V _д , м³	V _д , м³	
2500	8	60	10,32	4,100	7,41	2,745				
	10	70	10,40	4,149	7,49	2,794				
	12	80	10,48	4,198	7,57	2,843				
	14—18	100	10,65	4,296	7,74	2,941				
	20—25	120	10,81	4,394	7,90	3,039				
2600	8	70	11,20	4,640	8,03	3,110				
	10, 12	80	11,28	4,693	8,11	3,163				
	14—18	100	11,45	4,800	8,28	3,269				
	20, 22	120	11,62	4,906	8,45	3,375				
	2800	8	70	12,86	5,737	9,15	3,812			
10		80	12,95	5,799	9,24	3,874				
12—16		100	13,13	5,922	9,42	3,997				
18—22		120	13,31	6,045	9,61	4,120				
3000		10	80	14,74	7,065	10,44	4,683			
	12—16	100	14,93	7,206	10,64	4,824				
	18	120	15,13	7,348	10,84	4,965				
	3200	10	80	16,92	8,611	12,13	5,762			
		12—16	100	17,12	8,771	12,34	5,923			
18		120	17,33	8,932	12,55	6,084				
3400		10—14	100	19,17	10,426	13,72	6,989			
		16, 18	120	19,39	10,608	13,95	7,170			
	3600	12, 14	100	21,33	12,277	15,18	8,175			
		16, 18	120	21,57	12,480	15,42	8,378			
		3800	12	100	23,61	14,334	16,72	9,486		
14—18			120	23,86	14,560	16,96	9,713			
4000			12	100	26,01	16,608	18,32	10,930		
	14, 16		120	26,26	16,859	18,58	11,181			

Примечания 1. R_с = 80 мм — для D ≤ 700 мм, R_с = 160 мм — для D = 800—1500 мм, R_с = 200 мм — для D = 1600—3000 мм, R_с = 250 мм — для D ≥ 3200 мм. 2. Диаметры дна, заключенные в скобки, предусмотрены только для обогревающих и охлаждающих рубашек. 3. Значения толщин стенок: при s > 22 мм — 25, 28 и 30 мм.
Пример условного обозначения днища с 2α = 60°, D = 500 мм и s = 6 мм:
Днище 60-500-6 ГОСТ 12619-78.

Размеры конических неотбортованных стальных днищ с наружными базовыми диаметрами (рис. 7.1, б), ГОСТ 12620—78

D _н	S _д	2α = 60°			2α = 90°			2α = 120°		
		H _д мм	F _д мм ²	V _д мм ³	H _д мм	F _д мм ²	V _д мм ³	H _д мм	F _д мм ²	V _д мм ³
219		190	0,07	0,002	109,5	0,05	0,001			
273	3; 4	236	0,11	0,004	136,5	0,08	0,003			
325		281	0,16	0,007	162,5	0,11	0,004			
377		326	0,21	0,012	188,5	0,15	0,007			
426		369	0,27	0,016	213	0,19	0,009	123	0,16	0,005
480	4; 6	415	0,34	0,023	240	0,24	0,013	138	0,20	0,008
530		459	0,42	0,032	265	0,30	0,019	153	0,25	0,010
630		546	0,60	0,054	315	0,43	0,031	181	0,36	0,017
720		624	0,78	0,080	360	0,56	0,047	207	0,45	0,026
820		710	1,02	0,120	410	0,72	0,068	237	0,58	0,039
920		797	1,28	0,169	460	0,92	0,098	265	0,74	0,055
1020		883	1,58	0,231	510	1,14	0,132	294	0,91	0,075
1120	6; 8	970	1,91	0,307	560	1,35	0,176	323	1,10	0,102
1220		1056	2,28	0,398	610	1,61	0,228	352	1,31	0,130
1320		1143	2,67	0,505	660	1,88	0,290	381	1,54	0,166
1420		1230	3,10	0,631	710	2,18	0,362	410	1,78	0,207

Примечание. Для каждого угла 2α и D_н в зависимости от значений S_д, F_д и V_д имеют разные (в пределах ≤1%) значения; в таблице приведены наименьшие значения.

Пример условного обозначения днища с 2α = 60°, D_н = 530 мм и S_д = 6 мм:
Днище 60-530-6 ГОСТ 12620—78.

Размеры конических неотбортованных стальных днищ с внутренними базовыми диаметрами (рис. 7.1, а), ГОСТ 12620—78

D	S _д	2α = 60°			2α = 90°			2α = 120°		
		H _д мм	F _д мм ²	V _д мм ³	H _д мм	F _д мм ²	V _д мм ³	H _д мм	F _д мм ²	V _д мм ³
400	3, 4, 6 *1	346	0,25	0,02	200	0,18	0,01	115	0,14	0,01
500	3, 4, 6	433	0,39	0,03	250	0,28	0,02	144	0,23	0,01
600	3 *2, 4, 6, 8 *1	520	0,56	0,05	300	0,40	0,03	173	0,32	0,02
700		606	0,76	0,08	350	0,55	0,05	202	0,44	0,03
800	4, 6, 8	692	1,02	0,12	400	0,71	0,07	230	0,58	0,04
900		779	1,27	0,17	450	0,90	0,10	260	0,74	0,06
1000		866	1,56	0,23	500	1,12	0,13	288	0,90	0,08
1200		1039	2,25	0,39	600	1,60	0,23	346	1,30	0,13
1400	6, 8, 10	1212	3,06	0,62	700	2,20	0,36	404	1,78	0,21
1600	6 *2, 10, 12 *3	1386	3,99	0,93	800	2,86	0,54	462	2,32	0,31
1800		1559	5,05	1,32	900	3,63	0,76	520	2,93	0,44
2000		1732	6,24	1,82	1000	4,48	1,05	577	3,62	0,60
2200		1905	7,55	2,42	1100	5,42	1,40	635	4,38	0,80
2400	8, 10, 12	2078	8,99	3,14	1200	6,45	1,80	692	5,22	1,04
2500		2165	9,81	3,56	1250	6,93	2,04	722	5,66	1,18
2600		2252	10,55	3,99	1300	7,56	2,30	750	6,12	1,33
2800	8, 10, 12, 14 *3	2425	12,23	4,98	1400	8,78	2,88	808	7,10	1,65
3000		2598	14,04	6,13	1500	10,08	3,54	866	8,15	2,04
3200	8 *4, 10, 12, 14 *6	2771	16,07	7,42	1600	11,35	4,30	924	9,27	2,48
3400		2944	18,15	8,90	1700	12,82	5,14	981	10,47	2,97
3600	10, 12, 14 *5	3117	20,34	10,55	1800	14,37	6,10	1039	11,73	3,52
3800		3290	22,65	12,42	1900	16,00	7,18	1097	13,08	4,15
4000		3464	25,10	14,50	2000	17,74	8,38	1155	14,49	4,84
4500	12, 14, 16	—	—	—	2250	22,45	11,93	1299	18,34	6,88
5000		—	—	—	2500	27,72	16,36	1443	22,64	9,44
5600	12 *3, 14, 16, 18 *1	—	—	—	2800	34,76	22,98	1616	28,40	13,26
6300	12 *3, 14, 16, 18 *3, 16, 18 *1	—	—	—	3150	44,00	32,72	1818	35,94	18,89

Пример условного обозначения днища с 2α = 60°, D = 1000 мм и S_д = 6 мм:
Днище 60-1000-6 ГОСТ 12620—78.

*1 Только для 2α = 120°.
*2 → 2α = 60 и 90°.
*3 → 2α = 60°.
*4 → 2α = 60°.
*5 → 2α = 90 и 120°.

Размеры конических неотбортованных стальных днищ
с углом при вершине $2\alpha = 140^\circ$ (рис. 7.1, е),
ГОСТ 12621—78

D, мм	H _д	s _д		F _д , м ²	V _д , м ³
		мм			
1600	182	4, 6, 8, 10		1,84	0,18
1800	218			2,40	0,26
2000	255			3,04	0,37
2200	291			3,74	0,50
2400	328			4,50	0,65
2500	346	6, 8, 10, 12		5,21	0,73
2600	364			5,64	0,83
2800	400			6,54	1,03
3000	437			7,23	1,28
3200	473	8, 10, 12, 14		8,55	1,55
3400	510			9,65	1,86
3600	510			10,81	2,20
3800	542	10, 12, 14		12,05	2,57
4000	582			13,35	3,02

Примечание. d = 600 мм — для D ≤ 3400 мм, d = 800 мм — для D ≥ 3600 мм.
Пример условного обозначения днища с D = 2000 мм и s_д = 10 мм:
Днище 2000-10 ГОСТ 12621—78.

Размеры сферических неотбортованных днищ
(рис. 7.1, ж), ОСТ 26-01-1297—75

D _н , мм	H _д , н	s _д		F _д , м ²	V _д , м ³
		мм			
400	53,6	4, 6, 8		0,134	0,003
450	60,3			0,170	0,005
500	67,0	4, 6, 8, 10		0,210	0,006
600	80,4			0,303	0,011
700	93,8			0,412	0,018
800	107	4, 6, 8, 10, 12		0,539	0,026
900	121			0,682	0,037
1000	134			0,842	0,052
1100	147			1,02	0,069
1200	161	6, 8, 10, 12		1,21	0,090
1400	188			1,65	0,144
1600	214			2,15	0,216
1800	241			2,73	0,308
2000	268			3,37	0,423
2200	292			4,07	0,564
2400	322			4,85	0,734
2600	348	8, 10, 12		5,69	0,934
2800	375			6,60	1,167
3000	402			7,57	1,437

Примечание. Вместимость днищ имеют разные (в пределах ≤ 1%) значения в зависимости от s. В таблице приведены наименьшие значения.
Пример условного обозначения днища с D = 1000 мм и s = 10 мм из стали 09Г2С:
Днище 1000-10-09Г2С ОСТ 26-01-1297—75.

Размеры плоских стальных отбортованных (ГОСТ 12622—78) и неотбортованных (ГОСТ 12623—78) днищ для корпусов с наружными базовыми диаметрами

D _H , мм	Отбортованные (рис. 7.1, е)				Неотбортованные (рис. 7.1, з)			
	s _д , мм	F _д , м ²	V _д , м ³	D	s _д	D	s ₁ *	
133	—	—	—	119	4—22, 25	5		
159	—	—	—	143	—	6		
168	—	—	—	152	—	6		
219	—	0,06	0,002	203	—	7		
273	—	0,09	0,003	255	—	7		
325	4, 6	0,12	0,004	305	4—22, 25	8		
377	—	0,16	0,006	355	—	9		
426	—	0,19	0,007	402	—	10		
480	—	0,24	0,009	456	—	10		
530	—	0,28	0,011	—	—	—		
630	—	0,38	0,016	—	—	—		
720	4, 6	0,49	0,021	—	—	—		
820	—	0,63	0,030	—	—	—		
920	—	0,78	0,038	—	—	—		
1020	4—8	0,94	0,047	—	—	—		
1120	6, 8	1,11	0,057	—	—	—		
1220	6, 8	1,31	0,068	—	—	—		
1320	6, 8	1,53	0,079	—	—	—		
1420	6, 8	1,75	0,092	—	—	—		

Примечание. R_б = 30 мм; h_ц = 25 мм для D_H ≤ 730 мм. h_ц = 30 мм для D ≥ 820 мм.
 Пример условного обозначения отбортованного днища с D_H = 325 мм и s_д = 6 мм:
 Днище 325-6 ГОСТ 12622—78.

* Размеры для справок.

Размеры плоских стальных отбортованных (ГОСТ 12622—78) и неотбортованных (ГОСТ 12623—78) днищ для корпусов с внутренними базовыми диаметрами

D, мм	Отбортованные (рис. 7.1, е)				Неотбортованные (рис. 7.1, з)	
	s _д , мм	F _д , м ²	V _д , м ³	s _д	D _H	
400	—	0,18	0,007	3—6	430	
500	—	0,26	0,010	3—6	530	
600	—	0,36	0,015	4, 6	630	
700	4, 6	0,48	0,021	4—10	740	
800	—	0,62	0,030	4—10	840	
900	—	0,77	0,038	4—12	940	
1000	—	0,93	0,046	4—12	1040	
1200	—	1,30	0,067	4—12	1240	
1400	—	1,75	0,091	4—12	1440	
1600	6, 8	2,25	0,120	4—12	1640	
1800	—	2,80	0,152	4—14	1840	
2000	—	3,43	0,187	4—14	2040	
2200	—	4,12	0,227	—	2250	
2400	—	4,88	0,270	—	2450	
2500	—	5,28	0,293	6—16	2550	
2600	8, 10	5,69	0,317	—	2650	
2800	—	6,57	0,368	—	2850	
3000	—	7,50	0,422	—	3060	
3200	—	8,51	0,500	6—16	3260	
3400	—	9,58	0,565	6—16	3460	
3600	—	10,70	0,633	6—20	3660	
3800	—	11,90	0,706	6—20	3860	
4000	—	13,15	0,782	6—20	4060	
4500	—	—	—	8—20; 25	4560	
5000	—	—	—	—	5060	
5600	—	—	—	—	5660	

Примечание. R_б = 30 мм; h_ц = 25 мм — для D ≤ 700 мм, h_ц = 30 мм для D ≥ 800 мм.
 Пример условного обозначения отбортованного днища с D = 1000 мм и s_д = 6 мм:
 Днище 1000-6 ГОСТ 12622—78.

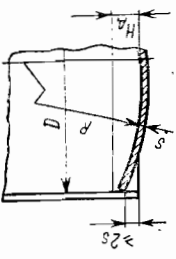


Рис. 7.4. Конструкция соединения сферических неотбортованных днищ с обечайкой

Конструкция соединения сферических неотбортованных днищ с цилиндрической обечайкой показана на рис. 7.4, а плоских днищ — на рис. 7.5.

Цилиндрические днища (рис. 7.6), представляющие собой часть цилиндрической обечайки, которая ограничивает обечайку корпуса аппарата того же диаметра при соединении их друг с другом под прямым углом, применяются лишь в аппаратах неотбортованного назначения, работающих без избыточного давления, под наливом или под избыточным давлением до 0,07 МПа при температуре среды до 50 °С.

Наличие концентрации напряжений в местах перехода одной криволинейной поверхности в другую, которые примерно в 1,7 раза превышают номинальные напряжения в цилиндрической обечайке, требуют из условий прочности соответствующего увеличения толщины стенки днища и прилегающей к нему концевой цилиндрической обечайки аппарата.

Эллиптические отбортованные днища изготавливаются горячей штамповкой из плоских круглых заготовок, состоящих из одной или нескольких частей, сваренных между собой встык. Возможное расположение стыков таких днищ показано на рис. 7.7 при $a \leq 0,2D$, а $a_1 \geq 200$ мм.

Полушаровые днища изготавливаются сварными из штампованных лепестков и шарового сегмента (рис. 7.8) при $a \geq 3s$, но не менее 100 мм, $a_1 \leq D/6$ и $a_2 \leq D/3$. Для крупногабаритных полушаровых днищ отдельные лепестки до штамповки в плоском состоянии могут свариваться из нескольких частей. Количество лепестков выбирается исходя из размеров листов и рационального раскроя.

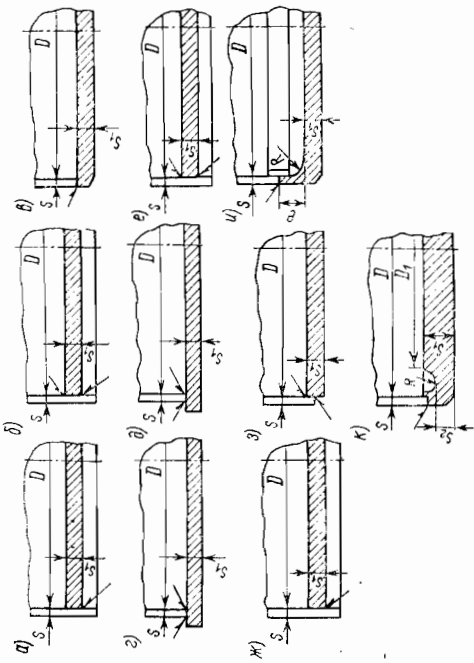


Рис. 7.5. Конструкции плоских днищ и сварные соединения их с цилиндрическими обечайками в сварных стальных аппаратах: а — с односторонним угловым швом без скоса кромок; б, г, з — с двусторонним угловым швом без скоса кромок; в — с односторонним угловым швом и скосом двух кромок; д — с двусторонним угловым швом и двусторонним скосом кромок обечайки; е — с двусторонним угловым швом и двусторонним скосом кромок днища; ж — с односторонним тавровым швом и криволинейным скосом кромок днища; и — с односторонним стыковым швом и подкладкой; к — с односторонним стыковым швом в замок и скосом двух кромок

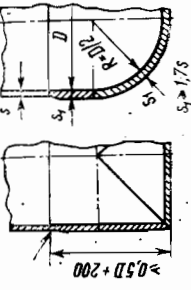


Рис. 7.6. Конструкция цилиндрического днища

При расположении отверстий в выпуклых днищах, за исключением эллиптических, должны соблюдаться следующие условия (рис. 7.9): при $s < 10$ мм $l \geq 0,1D_n$, при $s \geq 10$ мм $l \geq 0,09D + s$, где l — размер по проекции образующей по наружной поверхности днища.

При необходимости допускается расположение отверстий на отбортованной части выпуклого днища в зоне $l < 0,1D_n$ при условии подтверждения прочности специальным расчетом, согласованным головной организацией отрасли или соответствующими данными тензометрических измерений.

На отбортованной части эллиптических днищ допускается расположение отверстий в соответствии с расчетом по ОСТ 26-2045—77. Конические отбортованные и неотбортованные днища и переходы изготавливаются вальцовкой плоских разверток с последующей отбортовкой, которые могут состоять из одной или нескольких частей, сваренных между собой встык согласно рис. 7.10. При этом крупногабаритные днища в соответствии с расчетом их на прочность могут выполняться из листов разной толщины с соблюдением правил, указанных в гл. 12.

Допускаемые отклонения основных размеров эллиптических днищ приведены в табл. 7.11.

Допускается конусность отбортованной цилиндрической части в эллиптических днищах в зависимости от толщины стенки s , мм:

Толщина	До 20	20—26	28—34	Св. 36
Конусность	4	5	6	8

Отклонения от эллиптической формы в любом диаметральном сечении зависят от диаметра днища, мм:

Диаметр днища	До 529	550—1400	1600—2200	2400—2800	Св. 3000
Отклонение ΔR	+2; -5	+4; -10	+8; -18	+10; -28	+14; -38

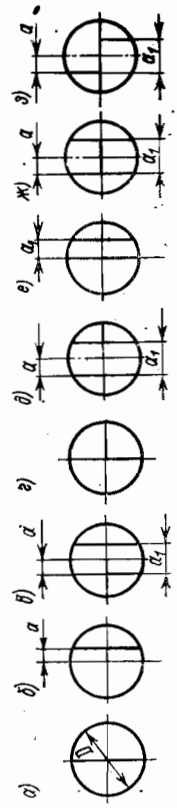


Рис. 7.7. Расположение стыков в плоских заготовках для эллиптических днищ, изготовляемых из нескольких листов: а, б — из двух листов; в, г, е — из трех листов; д, ж, з — из четырех листов

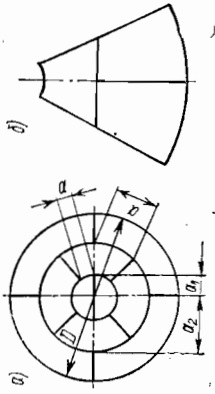


Рис. 7.8. Расположение стыков в полушаровых днищах, изготовляемых из отдельных частей: а — пример расположения сварных швов в днище; б — пример расположения сварных швов в плоской заготовке лепестка

Допускаемые отклонения основных размеров эллиптических отбортованных дниц (ОСТ 26-291—79)

D	ΔD		ΔH	Выпуклости и Торцевые Гне
	∅	∧		
До 720	±2	±3	±4	2
800—1300	±3	±4	±6	3
1400—1700	±4	±5	±8	4
1800—2500	±5	±6	±12	4
2600—3000	±6	±7	±16	4
3200—3400	±6	±7	±20	4
3600—4000	±8	±8	±20	4

Рис. 7.10. Расположение стыков в плоских заготовках — развертках конических дниц, изготовленных из отдельных частей: а — при $s = \text{const}$ и длине листов свыше $0,5D$; б — при $s = \text{const}$ и длине до $0,5D$

Отклонения диаметра у цилиндрической части отбортованных эллиптических, конических и плоских дниц, а также полшарового дница определяются исходя из условий допускаемого смещения кромок при соединении с корпусом при $a \leq 1,0\%$ (см. гл. 6).

Совместный увод кромок у продольных и кольцевых швов дниц, состоящих из нескольких частей, может быть $0,1s + 3$ мм, но не более 5 мм.

Продольные швы смежных поясов в составных конических дницах и меридиональные швы в полшаровых дницах должны быть смещены относительно друг друга (рис. 7.10), а отклонение любого продольного шва от образующей конуса допускается не более чем 15 мм на 1 м высоты конуса. Для аппаратов, не подведомственных Госгортехнадзору, указанные швы допускаются не смещать, если они выполняются автоматической сваркой и при 100% просвечивании мест пересечения.

7.2. Расчет дниц и крышек

Расчет дниц и крышек выполняется по ГОСТ 14249—80, СТ СЭВ 1039—78, СТ СЭВ 1048—78, СТ СЭВ 1041—78, РТМ 26-01-56—73.

Дница эллиптические отбортованные (см. рис. 7.1, а) и полусферические отбортованные (см. рис. 7.1, б). Формулы расчета применимы при условии $0,002 \leq (s_d - c)/D \leq 0,1$; $0,2 \leq H_d/D \leq 0,5$.

7.2.1. Расчет дниц, нагруженных внутренним избыточным давлением. Толщина стенки дница определяется по формулам:

$$sR = \frac{PRR}{2\Phi[\sigma] - 0,5PR}; \quad (7.1)$$

$$s_d = sR + c. \quad (7.2)$$

Радиус кривизны в вершине дница равен

$$R = D^2/4H_d,$$

где $R = D$ — для эллиптических дниц с $H_d = 0,25D$; $R = 0,5D$ — для полусферических дниц с $H_d = 0,5D$.

Допускаемое внутреннее избыточное давление рассчитывается по формуле

$$[p] = \frac{2(s_d - c)\Phi[\sigma]}{R + 0,5(s_d - c)}. \quad (7.3)$$

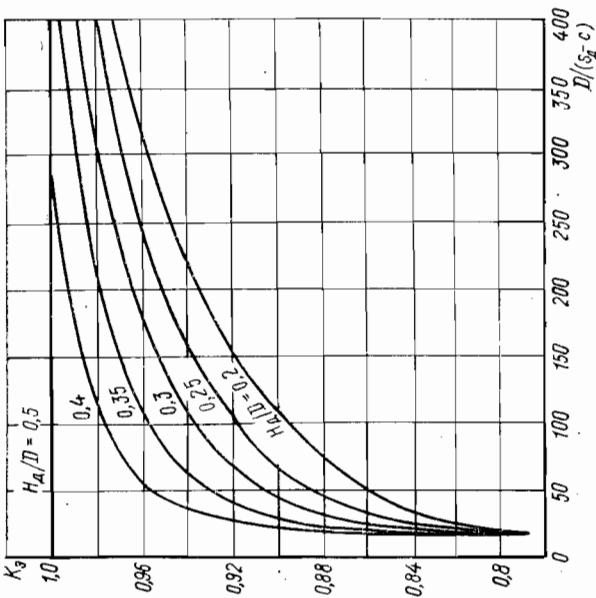


Рис. 7.11. Номограмма для определения коэффициента K_3 при расчете выпуклых дниц на наружное давление

Если длина цилиндрической отбортованной части дница $h_{ц} > 0,8\sqrt{D(s_d - c)}$ — для эллиптического дница или $h_{ц} > 0,3\sqrt{D(s_d - c)}$ — для полусферического дница, то толщина дница должна быть не менее толщины стенки сопрягаемой с ним обечайки, рассчитанной по формулам (6.1) и (6.2) при $\Phi_p = 1$.

Для дниц, изготовленных из нескольких заготовок, коэффициент Φ следует определять в соответствии с табл. 1.8.

7.2.2. Расчет дниц, нагруженных давлением. Толщина стенки дница приближенно определяется по формулам:

$$sR = \max \left\{ \frac{K_3 R}{510} \sqrt{\frac{n_u PR}{10^{-6} E}}; \frac{PRR}{2[\sigma]} \right\}; \quad (7.4)$$

$$s_d \geq sR + c. \quad (7.5)$$

Для предварительного расчета коэффициент приведения радиуса кривизны эллиптического дница K_3 принимается равным 0,9 для эллиптических дниц и 1,0 для полусферических дниц.

Полученные значения по формулам (7.4) и (7.5) должны быть проверены по формуле (6.6) расчета допускаемого наружного давления.

В формуле (6.6) допускаемое давление из условия прочности

$$[p]p = \frac{2[\sigma](s_d - c)}{R + (s_d - c)}, \quad (7.6)$$

а допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости

$$[p]E = \frac{26 \cdot 10^{-6} E}{n_u} \left[\frac{100(s_d - c)}{K_3 R} \right]. \quad (7.7)$$

здесь коэффициент $K_3 = I(\psi)(s_d - c)$; $H_D(U)$ определяется по рис. 7.11 или по формуле

$$K_3 = \frac{1 + (2,4 + 8x) x}{1 + (3,0 + 10x) x}, \quad (7.8)$$

где

$$x = 10 \frac{s_d - c}{D} \left(\frac{D}{2H_D} - \frac{2H_D}{D} \right). \quad (7.9)$$

Конические обечайки, днища и переходы

7.2.3. *Расчетные схемы и расчетные параметры.* Расчетные схемы конических обечайек, днищ и переходов приведены на рис. 7.1, в, д, е, рис. 7.2, а и б и рис. 7.3.

Расчетные длины переходных частей и расчетные диаметры определяются по формулам, приведенным в табл. 7.12.

Расчетные значения коэффициентов прочности сварных швов переходов обечайек следует определять по табл. 7.13.

7.2.4. *Условия применения формул расчета.* Для конических обечайек и днищ с углом $\alpha \leq 60^\circ$ формулы расчета применимы при соблюдении условия

$$0,001 \leq \frac{s_1 \cos \alpha_1}{D} \leq 0,05,$$

Т а б л и ц а 7.12

Расчетные параметры конических днищ, обечайек и переходов (рис. 7.3)

Рис. 7.3	Расчетная длина		Расчетный диаметр D_k
	a_1	a_2	
а		$0,5 \sqrt{D} (s_T - c)$	$D - 2 [R_6 (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) + 0,7 a_1 \sin \alpha_1]$
б; в		$0,7 \sqrt{D} (s_2 - c)$	$D - 1,4 a_1 \sin \alpha_1$
г	$0,7 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} (s_1 - c)}$	$0,5 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_2} (s_2 - c)}$	$D - 2 [R_6 (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) + 0,7 a_1 \sin \alpha_1]$
		$0,7 \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_2} (s_2 - c)}$	$D - 1,4 a_1 \sin \alpha_1$
е	$\sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} (s_1 - c)}$	$1,25 \sqrt{D} (s_2 - c)$	—

П р и м е ч а н и е. При ступенчатом изменении по оси конуса толщины стенок конических обечайек для второй и последующих частей за расчетный диаметр D_k данной части обечайки принимается внутренний диаметр большего осевого нования.

134

Расчетные значения коэффициентов прочности сварных швов переходов обечайек

Виды соединений обечайек	Виды нагрузок		Расчетные формулы для определения φ_R
	Внутреннее давление или растягивающая сила	Наружное давление или сжимающая сила	
Без торондального перехода и с торондальным переходом (рис. 7.3, а, б, в, д)	$\varphi_R = \sqrt{\varphi_T}$	$\varphi_R = \min \left[\varphi_p; \sqrt{\frac{\varphi_p}{\varphi_T}} \right]$	$\varphi_R = \min \left[\varphi_p; \sqrt{\frac{\varphi_p}{\varphi_T}} \right]$
Коническая и цилиндрическая обечайки с укрепляющим кольцом (рис. 7.3, в)	$\varphi_R = \sqrt{\varphi_1}; \varphi_{FR} = 1$	$\varphi_R = \min \left[\varphi_p; \sqrt{\frac{\varphi_p}{\varphi_T}} \right]; \varphi_{FR} = \varphi_F$	$\varphi_R = \min \left[\varphi_p; \sqrt{\frac{\varphi_p}{\varphi_T}} \right]; \varphi_{FR} = \varphi_F$
Внутренний цилиндрический корпус или штуцер с конической обечайкой (рис. 7.3, е)	$\varphi_R = \min \left[\varphi_p; \sqrt{\frac{\varphi_p}{\varphi_T}} \right]$	$\varphi_R = \sqrt{\varphi_T}$	$\varphi_R = \min \left[\varphi_p; \sqrt{\frac{\varphi_p}{\varphi_T}} \right]$

а с углом $\alpha_1 > 60^\circ$ — без ограничений; для гладких конических обечайек и днищ, нагруженных наружным давлением или осевой сжимающей силой или внешним изгибающим моментом, расчетные температуры не превышают значений, при которых возникает ползучесть металла, т. е. при температурах, когда допускаемые напряжения определяются только по σ_T или σ_F .

Если точных данных не имеется, то формулы применимы при условии, что расчетная температура стенки обечайки из углеродистой стали не превышает 380°C , из низколегированной стали — 480°C и из аустенитной стали — 525°C ; если расстояние между двумя соседними узлами обечайек не менее суммы соответствующих расчетных длин обечайек ($a_1 + a_2$) или если расстояние от узлов до опорных элементов аппарата (за исключением юбочных опор и опорных колец) не менее удвоенной расчетной длины обечайки по табл. 7.12; если в области расчетной длины цилиндрических и конических обечайек a_1 и a_2 отсутствуют отверстия диаметром более $3s$. В технически обоснованных случаях допустимо расположение отверстий в зоне расчетной длины при наличии дополнительных расположений осевой растягивающей или сжимающей силой, внешним изгибающим моментом; если исполнительные (принятые) длины переходных частей обечайек не менее расчетных длин a_1 и a_2 .

Если для конических и цилиндрических обечайек без торондального перехода угловой шов выполнен с двусторонним сплошным проваром;

если исполнительная толщина стенки конического элемента в месте соединения двух обечайек s_1 или s_2 будет принята не менее толщины s_k , определенной из расчета на прочность гладкой конической обечайки, нагруженной в зависимости от условий работы внутренним избыточным или наружным давлением, осевой растягивающей или сжимающей силой, внешним изгибающим моментом;

135

и эффективная длина конической обечайки (см. рис. 7.2, а и б) определяется по формуле

$$l_E = \frac{D - D_0}{2 \sin \alpha_1} \quad (7.17)$$

7.2.7. *Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой без торoidalного перехода (рис. 7.3, б и в), нагруженных внутренним избыточным или наружным давлением. Формулы расчета применимы при условиях $\alpha_1 \leq 60^\circ$; $0 \leq \alpha_2 \leq \alpha_1$; $(s_1 - c) \geq (s_2 - c)$. Толщина стенки определяется по формулам:*

$$s_{2R} = \frac{pR D \beta_1}{2 [\sigma]_2 \Phi R - pR \cos \alpha_2}; \quad (7.18)$$

$$s_2 \geq s_{2R} + c. \quad (7.19)$$

Коэффициент формы β_1 определяется из условия $\beta_1 = \max \{0.5; \beta\}$, β определяется по формуле

$$\beta = 0.4 \sqrt{\frac{D}{s_2 - c} \frac{\cos \alpha_2 (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2)}{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2} + \sqrt{\frac{1}{V \cos \alpha_2} + \frac{\kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)}{2 \cos \alpha_1}}} - 0.25, \quad (7.20)$$

где $\kappa = |\sigma|_1 / |\sigma|_2$ (7.21)

и ΦR определяется по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки. Толщина стенки второго элемента перехода определяется из отношения $(s_1 - c) / (s_2 - c)$ по условию

$$s_1 \geq \left\{ \frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right\} s_{2R} + c. \quad (7.22)$$

Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление рассчитывается по формуле

$$[p] = \frac{2 [\sigma]_2 \Phi R (s_2 - c)}{D \beta_1 + (s_2 - c) \cos \alpha_2}, \quad (7.23)$$

где β_1 определяется по (7.20).

Для соединения конической и цилиндрической обечайки (см. рис. 7.3, б) $\cos \alpha_2 = 1$ ($\alpha_2 = 0$), при определении значения коэффициента β_1 коэффициент β рассчитывается по формуле (7.21) и в формулах (7.18) и (7.23) в качестве допускаемого напряжения $[\sigma]_2$ принимается минимальное значение из допускаемых напряжений обечайки перехода $[\sigma]_1$ и $[\sigma]_2$.

7.2.8. *Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой торoidalным переходом (рис. 7.3, а и в), нагруженных внутренним избыточным или наружным давлением. Формулы расчета применимы при условиях $\alpha_1 \leq 70^\circ$; $0 \leq \alpha_2 \leq \alpha_1$; $0 \leq R_0/D \leq 0.3$. Толщина стенки определяется по формулам:*

$$s_R = \frac{pR D \beta_3}{2 [\sigma] \Phi R - pR \cos \alpha_2}; \quad (7.24)$$

$$s_T \geq s_R + c. \quad (7.25)$$

если исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки в месте соединения двух обечайек будет принята не менее минимальной толщины стенки, определяемой расчетом на прочност по п. 6.2 (см. гл. б).

Расчет толщины стенок переходной части обечайек следует определять численно методом последовательных приближений на основании предварительного подбора и последующей проверки отношений

$$D / (s_2 - c) \text{ и } (s_1 - c) / (s_2 - c).$$

В приводимых ниже расчетных формулах за допускаемое давление, осевую силу и изгибающий момент для конической обечайки принимается меньшее значение, полученное из условия прочности гладкой конической обечайки и условия прочности переходной части.

Формулы применимы для расчета конических переходов в местах крепления рубашки к корпусу аппарата.

7.2.5. *Расчет гладких конических обечайек, нагруженных внутренним избыточным давлением. Толщина стенки определяется по формулам:*

$$s_{KR} = \frac{pR D_K}{2 [\sigma] \Phi p - pR \cos \alpha_1}; \quad (7.10)$$

$$s_K \geq s_{KR} + c. \quad (7.11)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется по формуле

$$[p] = \frac{2 [\sigma] \Phi p (s_K - c)}{D_K + (s_K - c) \cos \alpha_1}, \quad (7.12)$$

где D_K принимается по табл. 7.12.

Коэффициент ΦR определяется по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки.

7.2.6. *Расчет гладких конических обечайек, нагруженных наружным давлением. Формулы расчета применимы при условии $\alpha_1 \leq 75^\circ$.*

Толщина стенки приближенно определяется по формулам (6.4) и (6.5) с помощью проверки по формуле (6.6).

При этом допускаемое наружное давление из условия прочности рассчитывается по формуле

$$[p]_p = \frac{2 [\sigma] (s_K - c)}{D_K + (s_K - c) \cos \alpha_1}, \quad (7.13)$$

а допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости — по формуле

$$[p]_E = \frac{18 \cdot 10^{-6} E}{n_u \beta_1} \frac{D_E}{l_E} \left[\frac{100 (s_K - c)}{D_E} \right]^2 \sqrt{\frac{100 (s_K - c)}{D_E}}. \quad (7.14)$$

Эффективный диаметр конической обечайки (см. рис. 7.2, а и б) определяется по формуле

$$D_E = \max \left\{ \frac{D + D_0}{2 \cos \alpha_1}; \frac{D}{\cos \alpha_1} - 0.31 (D + D_0) \sqrt{\frac{D + D_0}{s_K - c} - \operatorname{tg} \alpha_1} \right\}. \quad (7.15)$$

Коэффициент

$$\beta_1 = \min \left\{ 1.0; 8.15 \frac{D_E}{l_E} \sqrt{\frac{D_E}{100 (s_K - c)}} \right\}; \quad (7.16)$$

коэффициент формы β_3 определяется из условия

$$\beta_3 = \max \{0,5; \beta\beta_T\}, \quad (7.26)$$

где β определяется по формуле (7.21) при $\kappa = 1$ и $(s_1 - c)/(s_2 - c) = 1$; коэффициент

$$\beta_T = \frac{1}{1 + \frac{0,028R_6}{D} \sqrt{\frac{D}{s_T - c} (\alpha_1 - \alpha_2)}}. \quad (7.27)$$

Коэффициент φ_R определяется по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки.

Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление рассчитывается по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma] \varphi_R (s_T - c)}{D \beta_3 + (s_1 - c)}. \quad (7.28)$$

7.2.9. Расчет полого конического дна с тороидальным переходом (рис. 7.3, а), нагруженного внутренним избыточным давлением. Формулы расчета применимы при условии $\alpha_1 > 70^\circ$. Толщина стенки принимается как меньшее из значений

$$s_R = 0,3(D - R_6) \frac{\alpha_1}{90} \sqrt{\frac{pR}{[\sigma] \varphi_R}}; \quad (7.29)$$

$$(7.30)$$

и значения $s'_T = \max \{s_k; s_k\}$, где s_k определяется по (7.10) и (7.11), а s_T — по (7.24) и (7.25).

Допускаемое внутреннее избыточное давление принимается как большее из следующих значений:

$$[p] = [\sigma] \varphi_p \left[0,3 \frac{s'_T - c}{D - R_6} \frac{90}{\alpha_1} \right]^2 \quad (7.31)$$

и меньшее из значений $[p]$, определенных по формулам (7.12) и (7.28). Коэффициент φ_R определяется по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки.

7.2.10. Расчет конической и цилиндрической обечайки, соединенных между собой укрепляющим кольцом (рис. 7.3, в), нагруженным внутренним избыточным или наружным давлением. Формулы расчета применимы при условиях $\alpha_1 \leq 60^\circ$; $(s_1 - c) \geq (s_2 - c)$. Площадь поперечного сечения укрепляющего кольца определяется по формуле

$$F_k \geq \frac{pR D^2 \lg \alpha_1}{8[\sigma]_k \varphi_{FR}} \left(1 - \frac{\beta_F + 0,25}{\beta_1 + 0,25} \right), \quad (7.32)$$

где коэффициент формы β_F определяется по формуле

$$\beta_F = \left(\frac{2[\sigma]_2 \varphi_R}{pR} - 1 \right) \frac{s_2 - c}{D}. \quad (7.33)$$

При $F_k \leq 0$ по формуле (7.32) укрепление кольцом жесткости не требуется.

Коэффициенты φ_{FR} и φ_R определяются по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки.

В случаях действия нагрузки от наружного давления или осевой сжимающей силы, или изгибающего момента сварной шов стыкового соединения кольца должен быть проварен. При определении F_k необходимо учитывать также сечение стенок обечайки, расположенное между наружными швами кольца и обечайки. Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части рассчитывается по формуле

$$[p] = \frac{2[\sigma]_2 \varphi_R (s_2 - c)}{D \beta_2 + (s_2 - c)}, \quad (7.34)$$

где общий коэффициент формы β_2 определяется из условия

$$\beta_2 = \max \{0,5; \beta_0\},$$

где

$$\beta_0 = \frac{0,4 \sqrt{\frac{D}{s_2 - c}} \lg \alpha_1 - B_3 \left[1 + \sqrt{\frac{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2 \cos \alpha_1}} \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) \right]}{B_2 + \left[1 + \sqrt{\frac{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2 \cos \alpha_1}} \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) \right]} \quad (7.35)$$

Коэффициенты B_2 и B_3 в формуле (7.35) равняются:

$$B_2 = \frac{1,6F_k}{(s_2 - c) \sqrt{D (s_2 - c)}} \frac{[\sigma]_k \varphi_{FR}}{[\sigma]_2 \varphi_R}; \quad B_3 = 0,25. \quad (7.36)$$

Формулы расчета применимы при выполнении требования прочности сварного шва укрепляющего кольца по условию

$$\sum t_i \geq \frac{4F_k}{D}, \quad (7.37)$$

где $\sum t_i$ — сумма всех эффективных ширин несущих сварных швов между укрепляющим кольцом и обечайкой (см. рис. 7.3, в).

У прерывистого сварного шва действительная его ширина уменьшается в отношении длин сварного шва и всего периметра обечайки. Расстояние между концами прерывистых сварных швов должно быть не более $8s_2$, и сумма всех длин сварных швов — не менее $0,5\pi(D + s_2)$.

7.2.11. Расчет полого конического дна и цилиндрической обечайки, соединенных между собой укрепляющим кольцом (см. рис. 7.3, в), нагруженным внутренним избыточным давлением. Формулы расчета применимы при условиях $\alpha_1 > 60^\circ$; $s_1 = s_k$.

Толщина стенки конического дна определяется по формулам (7.10) и (7.11) при $D_k = D$.

Площадь поперечного сечения укрепляющего кольца определяется по формуле (7.32), в которой при определении β следует принять $(s_1 - c) = 0$; допускаемое внутреннее избыточное давление для конического дна $[p]$ определяется по формуле (7.12) при $D_k = D$, а для укрепляющего кольца — по формуле (7.34), при этом для определения β_2 принимают $(s_1 - c) = 0$. Расчет применим при соблюдении требования прочности сварного шва по условию (7.37).

Допускается применение полого конического дна без тороидального перехода и без укрепляющего кольца. Толщина стенки дна в этом случае определяется по формулам (7.29) и (7.30), и поверочный расчет проводится по формуле (7.31) при $R_6 = 0$.

7.2.12. Расчет соединения шпунца или цилиндрической обечайки с конической обечайкой по меньшему диаметру (см. рис. 7.3, е), нагруженного внутренним избыточным или наружным давлением. Формулы расчета применимы при условии $\alpha_1 \leq 60^\circ$.

Толщина стенки штуцера или цилиндрической обечайки определяется по формулам:

$$s_2 R = \frac{P_R D \beta_4}{2[\sigma]_2 \beta_R - P_R}; \quad (7.38)$$

$$s_2 \geq s_{2R} + c.$$

Расчет толщины стенки конического элемента переходной части производится с помощью отношения $(s_1 - c)/(s_2 - c)$ по условию (7.22).

Допускаемое внутреннее избыточное или наружное давление из условия прочности переходной части рассчитывается по формуле

$$[P] = \frac{2[\sigma]_2 \varphi R (s_2 - c)}{D \beta_4 + (s_2 - c)}. \quad (7.39)$$

Коэффициент формы β_4 определяется из условия

$$\beta_4 = \max \{1; \beta_{H1}\}, \quad (7.40)$$

где

$$\beta_{H1} = \beta + 0.75 \text{ при } \kappa \left\{ \frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right\}^2 \geq 1, \quad (7.41)$$

$$\beta_{H1} = 0.4 \sqrt{\frac{D}{s_2 - c}} \frac{t \varphi \alpha_1}{\kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right) \sqrt{\frac{s_1 - c}{(s_2 - c) \cos \alpha_1}} + \sqrt{\frac{1 + \kappa \left(\frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right)^2}{2}}} + 0.5 \quad (7.42)$$

при $\kappa \left\{ \frac{s_1 - c}{s_2 - c} \right\}^2 < 1$.

Коэффициент φ_R определяется по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки.

7.2.13. Расчет гладких конических обечаек, нагруженных осевой растягивающей силой (см. рис. 7.2, а и б). Толщина стенки рассчитывается по формулам:

$$s_{KR} = \frac{P}{\pi D_1 \varphi_T [\sigma] \cos \alpha_1}; \quad (7.43)$$

$$s_K \geq s_{KR} + c. \quad (7.44)$$

Допускаемая растягивающая сила определяется по формуле

$$[P] = \pi D_1 (s_K - c) [\sigma] \varphi_1 \cos \alpha_1. \quad (7.45)$$

7.2.14. Расчет гладких конических обечаек, нагруженных осевой сжимающей силой (см. рис. 7.2, а и б). Формулы расчета применимы при условии $\alpha_1 \leq 60^\circ$.

Допускаемая осевая сжимающая сила определяется по формуле

$$[P] = \frac{[P]_P}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_P}{[P]_E} \right)^2}}, \quad (7.46)$$

где допускаемая осевая сила из условия прочности определяется по формуле

$$[P]_P = \pi D_F (s_K - c) [\sigma] \cos \alpha_1, \quad (7.47)$$

а допускаемая осевая сила из условия

$$[P]_E = \frac{310 \cdot 10^{-9} E}{\mu_1} D_F^2 \left[\frac{100 (s_K - c)}{D_F} \right]^2 \sqrt{\frac{100 (s_K - c)}{D_F} \cos^2 \alpha_1}. \quad (7.48)$$

Эффективный диаметр конической обечайки при осевом сжатии и изгибе

$$D_F = \frac{0.9D + 0.1D_0}{\cos \alpha_1}. \quad (7.49)$$

7.2.15. Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой без торoidalного профиля (см. рис. 7.3, б и в), нагруженных осевой растягивающей или сжимающей силой. Формулы расчета применимы при условиях $\alpha_1 \leq 60^\circ$; $0 \leq \alpha_2 \leq \alpha_1$; $(s_1 - c) \geq (s_2 - c)$. Допускаемая осевая растягивающая или сжимающая сила из условия прочности переходной части определяется по формуле

$$[P] = \pi D \frac{(s_2 - c) [\sigma]_2 \varphi_R \cos \alpha_2}{\beta_5}, \quad (7.50)$$

где коэффициент формы β_5 определяется из условия

$$\beta_5 = \max \{1.0; (2\beta + 1.2)\}. \quad (7.51)$$

Коэффициент β определяется по формуле (7.21), коэффициент φ_R определяется по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки.

7.2.16. Расчет конической и цилиндрической части или двух конических частей, соединенных между собой торoidalным переходом (см. рис. 7.3, а и в), нагруженных осевой растягивающей или сжимающей силой. Формулы расчета применимы при условиях $\alpha_1 \leq 70^\circ$; $0 \leq \alpha_2 \leq \alpha_1$; $0 \leq R_0/D \leq 0.3$. Допускаемая осевая растягивающая или сжимающая сила определяется по формуле

$$[P] = \pi D \frac{(s - c) [\sigma] \varphi_R \cos \alpha_2}{\beta_7}, \quad (7.52)$$

где коэффициент формы β_7 определяется из условия

$$\beta_7 = \max \{1.0; \beta_T (2\beta + 1.2)\}. \quad (7.53)$$

Коэффициенты β и β_T определяются по формулам (7.21) и (7.27), а φ_R — по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузки.

7.2.17. Расчет конической и цилиндрической обечаек, соединенных между собой укрепляющим кольцом (см. рис. 7.3, в), нагруженных осевой растягивающей или сжимающей силой. Формулы расчета применимы при условиях $\alpha_1 \leq 60^\circ$; $(s_1 - c) \geq (s_2 - c)$.

Допускаемая осевая растягивающая или сжимающая сила из условия прочности переходной части рассчитывается по формуле

$$[P] = \pi D \frac{(s_2 - c) [\sigma]_2 \varphi_R}{\beta_6}, \quad (7.54)$$

где коэффициент формы β_6 определяется из условия

$$\beta_6 = \max \{1.0; 2\beta_6\}. \quad (7.55)$$

Коэффициент β_6 определяется по формуле (7.35), в которой следует принять $\beta_3 = -0.35$.

Проверка сварного шва укрепляющего кольца выполняется по условию (7.37). 7.2.18. Расчет соединения штуцера или цилиндрической обечайки с конической обечайкой по меньшему диаметру (см. рис. 7.3, в), нагруженного осевой растягивающей или сжимающей силой. Формулы расчета применимы при условии $\alpha_1 \leq 60^\circ$.

Допускаемая осевая растягивающая или сжимающая сила из условия прочности переходной части рассчитывается по формуле

$$[P] = \pi D \frac{(s_2 - c) [\sigma]_2 \varphi R}{\beta_8}, \quad (7.56)$$

где коэффициент формы β_8 определяется из условия

$$\beta_8 = \max \{1, 0; (2\beta_n - 1, 0)\}. \quad (7.57)$$

Коэффициент формы β_n определяется по формуле (7.4) или (7.42), а коэффициент φR — по формулам табл. 7.13 для соответствующего вида нагрузок.

7.2.19. Расчет гладких конических обечаек, нагруженных внешним изгибающим моментом. Допускаемый изгибающий момент определяется из условия прочности по формуле

$$[M] = \frac{D_R}{4} [P], \quad (7.58)$$

где расчетный диаметр $D_R = D_n$ (по формулам табл. 7.12) или $D_R = D_0$ для конического перехода (см. рис. 7.2, а и б), и из условия устойчивости по формуле (6.21), где допускаемый изгибающий момент из условия прочности рассчитывается по формуле

$$[M]_p = \frac{D_F}{4} [P]_p, \quad (7.59)$$

а допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах упругости — по формуле

$$[M]_E = \frac{D_F}{3,5} [P]_E. \quad (7.60)$$

Значения величин определяются по следующим формулам: D_F — по (7.49), $[P]_p$ — по (7.45), $[P]_E$ — по (7.47) и $[P]_E$ — по (7.48).

7.2.20. Расчет соединения конических и цилиндрических обечаек (см. рис. 7.3), нагруженных внешним изгибающим моментом. Допускаемый изгибающий момент из условия прочности переходной части рассчитывается по формуле

$$[M] = \frac{D}{4} [P], \quad (7.61)$$

где допускаемая осевая сила определяется по формулам (7.46), (7.54), (7.52), (7.56).

7.2.21. Расчет конических обечаек от сочетания нагрузок. Расчет ведется только на действие давления p_R , если сумма эквивалентных давлений от добавочных нагрузок в виде осевой силы и изгибающего момента, определяемых по формулам:

$$p_R = 4P/\pi D_R^2; \quad p_M = 16M/\pi D_R^3, \quad (7.62)$$

составляет для соответствующего расчетного диаметра не более 10% от p_R .

7.2.22. Расчет гладких конических обечаек при совместном действии нагрузок. При проверке прочности или устойчивости при совместном действии нагрузок в приведенных ниже формулах наружное давление и осевая сжимающая сила принимаются со знаком минус. Изгибающий момент всегда принимается со знаком плюс.

В случае действия наружного давления условие устойчивости конической части проверяется по формуле

$$-\frac{p}{[P]} - \frac{P}{[P]} + \frac{M}{[M]} \leq 1, \quad (7.63)$$

а также по формулам проверки устойчивости от действия отдельных нагрузок

$$|p| \leq [p], \quad |P| \leq [P], \quad |M| \leq [M]. \quad (7.64)$$

Допускаемые нагрузки определяются по формулам (6.6), (6.21), (7.46). Проверку следует проводить, если не выполняется требование п. 7.2.21, хотя бы для одного из расчетных диаметров обечаек.

В случае действия внутреннего давления в формуле (7.63) $p = 0$.

7.2.23. Расчет переходной части конических обечаек при совместном действии нагрузок. Переходные части конических обечаек проверяются на прочность от действия отдельных нагрузок по формулам (7.64), а также на соблюдение условия

$$\left| \frac{p}{[p]} + \frac{P}{[P]} \right| + \frac{M}{[M]} \leq 1, \quad (7.65)$$

где $[p]$, $[P]$, $[M]$ — допускаемые нагрузки для переходной части обечаек. Проверку следует проводить, если не выполняется требование п. 7.2.21 при $D_R = D$.

Сферические крышки и днища

7.2.24. Расчет крышек и днищ, нагруженных внутренним избыточным давлением. Формулы расчета применимы при условиях $(s - c)/R \leq 0,1$; $0,95D \leq R \leq D$.

Толщина сферической крышки (см. гл. 8, рис. 8.1, а и в) рассчитывается по формулам:

$$sR = \frac{0,58pRR}{\varphi[\sigma]}; \quad (7.66)$$

$$s = sR + c. \quad (7.67)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление определяется по формуле

$$[p] = \frac{1,73(s - c)[\sigma]\varphi}{R}. \quad (7.68)$$

Толщина сферического днища (см. рис. 7.4) определяется по формулам:

$$sR = \frac{0,72pRR}{\varphi[\sigma]}; \quad (7.69)$$

$$s = sR + c. \quad (7.70)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление рассчитывается по формуле

$$[p] = \frac{1,38(s - c)[\sigma]\varphi}{R}. \quad (7.71)$$

7.2.25. Расчет крышек и днищ, нагруженных наружным давлением. Допускаемое наружное давление определяется по формуле

$$[p] = 0,466K_1E \left(\frac{s - c}{R} \right)^2. \quad (7.72)$$

Формула расчета применима при условии

$$R/(s - c) \geq K_2(E/\sigma_T), \quad (7.73)$$

где $K_1 = f(p)$ и $K_2 = f_1(p)$ принимаются по табл. 7.14.

Значения коэффициентов K_1 и K_2 при расчете сферических неотбортованных крышек и дниц

ρ	Крышка		Днище	
	K_1	K_2	K_1	K_2
40	0,26	0,156	0,17	0,102
50	0,23	0,138	0,15	0,090
75	0,19	0,114	0,13	0,078
100	0,17	0,102	0,11	0,066
200	0,13	0,078	0,10	0,060
300	0,10	0,060	0,09	0,054

Т а б л и ц а 7.15

Значения коэффициента K в зависимости от конструкции сварного соединения плоских круглых дниц с обечайкой

Номер рисунка	Вид соединения	$\frac{(s-c)}{(s_1-c)}$	Значения K
7.5, а	Тавровое	—	0,53
7.5, б	»		0,50
7.5, в	Угловое		0,45
7.5, г	Тавровое		0,50
7.5, д	»		0,41
7.5, е	Тавровое	$< 0,5$	0,41
7.5, ж	»	$\geq 0,5$	0,38
7.5, з	Угловое	$< 0,5$	0,45
		$\geq 0,5$	0,41
7.5, и	Стыковое: при $l \geq \sqrt{D(s-c)}$ при $l < \sqrt{D(s-c)}$	—	$\max \left\{ 0,35; 0,45 \left(1 - 0,23 \frac{s-c}{s_1-c} \right) \right\}$ $\max \left\{ 0,4; 0,47 \left(1 - 0,23 \frac{s-c}{s_1-c} \right) \right\}$
7.5, к	Стыковое	$< 0,5$ $\geq 0,5$	0,41 0,38

Параметр пологости крышки и днища равен

$$\rho = 6,6H/(s-c).$$

Плоские круглые приварные днища и крышки (см. рис. 7.5).

7.2.26. Условия применения формул расчета. Формулы расчета плоских круглых дниц и крышек применяются при условии $(s_1 - c)/DR \leq 0,1$.

При $(s_1 - c)/DR > 0,1$ значение допускаемого давления, рассчитанного по приведенным ниже формулам, следует умножить на поправочный коэффициент

$$K_p = \min \left\{ 1,0; \frac{2,2}{1 + \sqrt{1 + \left(6 \frac{s_1 - c}{DR} \right)^2}} \right\} \quad (7.74)$$

Проверка допускаемого давления для дниц и крышек при $(s_1 - c)/DR > 0,1$ проводится во всех случаях.

7.2.27. Расчет плоских круглых дниц и крышек, наваренных внутренним избыточным или наружным давлением. Толщина днища или крышки рассчитывается по формулам:

$$s_{1R} = K K_0 D R \sqrt{\frac{pR}{[\sigma] \varphi}}; \quad (7.75)$$

$$s_1 \geq s_{1R} + c, \quad (7.76)$$

где значения коэффициента K и расчетного диаметра DR в зависимости от конструкции дниц и крышек принимаются по табл. 7.15.

Коэффициент ослабления днища или крышки отверстиями K_0 равен: при наличии одного отверстия

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{d}{DR} + \left(\frac{d}{DR} \right)^2}; \quad (7.77)$$

при наличии нескольких отверстий

$$K_0 = \sqrt{\frac{1 - \sum \left(\frac{d_i}{DR} \right)^3}{1 - \sum \frac{d_i}{DR}}}. \quad (7.78)$$

Для дниц и крышек без отверстий $K_0 = 1$.

Расчетный диаметр дниц типов а-з и к по рис. 7.5 $DR = D$, для типа и $DR = D - R$.

Максимальная сумма длин хорд отверстий в наиболее ослабленном диаметральном сечении днища или крышки (сечение I-I или II-II на рис. 7.12)

$$\sum d_i = \max \{ (d_1 + d_2); (b_1 + b_2) \}. \quad (7.79)$$

Во всех случаях толщина днища или крышки должна быть $s_1 \geq s$ толщины сопрягаемой с ним обечайки.

Допускаемое давление на плоское днище или крышку определяется по формуле

$$[p] = \left(\frac{s_1 - c}{K K_0 D R} \right)^2 [\sigma] \varphi. \quad (7.80)$$

Толщина утоненной части s_2 плоского днища типа к (рис. 7.5) рассчитывается по формулам:

$$s_2 R \geq \max \left\{ (s_1 - c) \sqrt{3 \frac{DR - D_1}{DR}}; 0,5 DR \frac{p}{[\sigma]} \right\}; \quad (7.81)$$

$$s_2 \geq s_2 R + c. \quad (7.82)$$

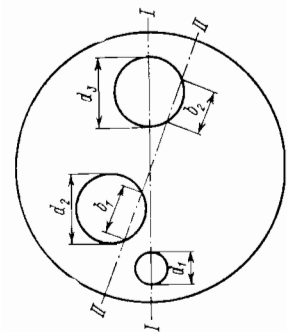


Рис. 7.12. Пример определения Σd_i в плоских днищах, ослабленных отверстиями

КРЫШКИ ОТЪЕМНЫЕ, ЛЮКИ

8.1. Конструкции

Отъемные крышки на корпусе аппарата применяются только в тех случаях, когда это невозможно выполнить цельносварным с люком для осмотра, чистки, ремонта, загрузки, выгрузки, монтажа и демонтажа внутренних устройств. Крышки большей частью присоединяются к корпусу аппарата с помощью фланцев, которые металлоемки особенно при больших диаметрах и высоких давлениях в аппарате и поэтому являются нежелательными.

Типовые конструкции отъемных крышек показаны на рис. 8.1 и 8.2. Эллиптические и сферические крышки состоят из соответствующих стандартных дисков, сваренных со стандартными или специальными фланцами, а плоские являются цельными, изготовленными из листов или поковок.

Многие аппараты по условиям их эксплуатации можно выполнять без крышек, цельносварными, и такие аппараты обычно снабжаются люками, которые стандартноизваны.

На рис. 8.3—8.6 показаны конструкции таких люков, представляющих собой штуцера с фланцевыми крышками, в табл. 8.1—8.3 соответственно приведены их основные размеры, а в табл. 8.4 и 8.5 — материальное оформление указанных люков.

Таблица 8.1

Стандартные люки со скобой для сварных аппаратов (рис. 8.3), ОСТ 26-2001—77

D_y	D	D_H	s	D_1	s_1	l	l_1	l_2	l_3	l_4
80	—	85	3,5	125	6	210	73	83	125	99
100	—	108	4,0	145	6	230	82	92	125	99
150	—	159	4,5	200	8	310	112	124	160	125
250	—	273	7,0	315	8	420	169	181	160	125
400	400	—	4,0	455	10	580	240	252	200	162
450	450	—	4,0	505	10	630	265	277	200	162
500	500	—	4,0	555	12	630	290	302	200	162

D_y	H	H_1	A	B	d_B	d_1	d_2	d_3	a	s_3
80	85	209	25	30	M12	10	8	10	36	4
100	85	209	25	30	M12	10	8	10	36	4
150	100	280	35	40	M16	14	10	14	42	6
250	100	328	35	40	M16	14	10	14	48	6
400	110	367	55	60	M20	20	12	18	48	10
450	110	367	55	60	M20	20	12	18	48	10
500	110	367	55	60	M20	20	12	18	48	10

Примечания: 1. Люки предназначены для аппаратов, работающих под напором при температуре среды от -10 до $+200$ °С. 2. Материал прокладки — резина с твердостью по Шору 75, ГОСТ 7338—65.
Пример условного обозначения люка с $D = 100$ мм с шифром материального исполнения 2: Люк 100-2 ОСТ 26-2001—77.

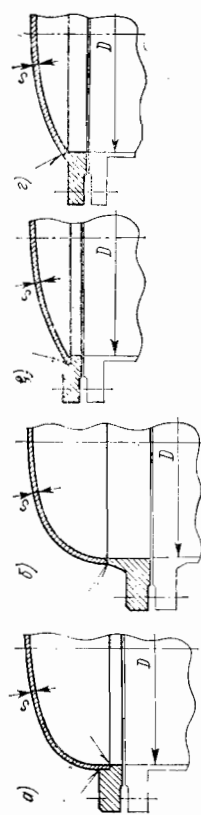


Рис. 8.1. Типовые конструкции отъемных выпуклых крышек в стальных сварных аппаратах; а — эллиптическая с плоским фланцем; б — эллиптическая с фланцем, приварным встык; в — сферическая с угловым сварным соединением с фланцем; г — сферическая со стыковым сварным соединением с фланцем

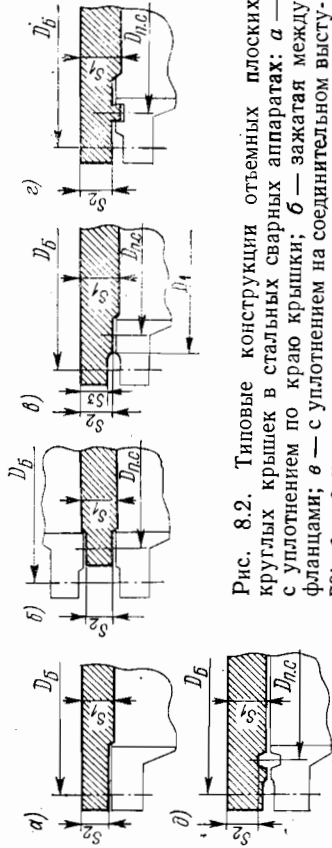


Рис. 8.2. Типовые конструкции отъемных плоских круглых крышек в стальных сварных аппаратах: а — с уплотнением по краю крышки; б — зажатая между фланцами; в — с уплотнением на соединительном выступе; г — с уплотнением выступ — впадина или шип — паз; д — с уплотнением овальной или восьмиугольной прокладкой

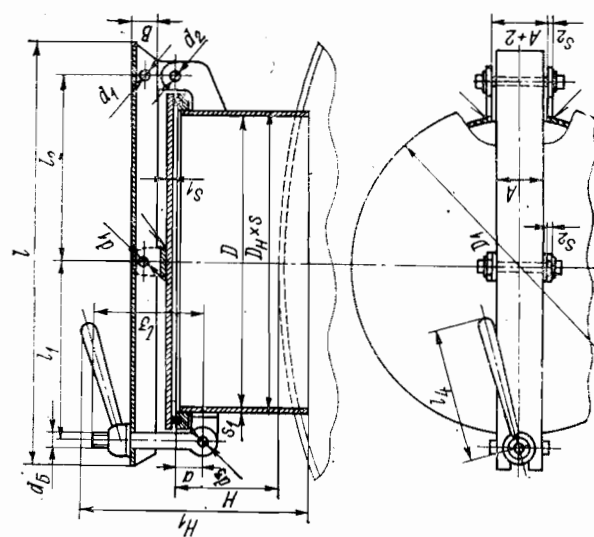


Рис. 8.3. Конструкция люков со скобой (ОСТ 26-2001—77)

Исполнение 1 Исполнение 2

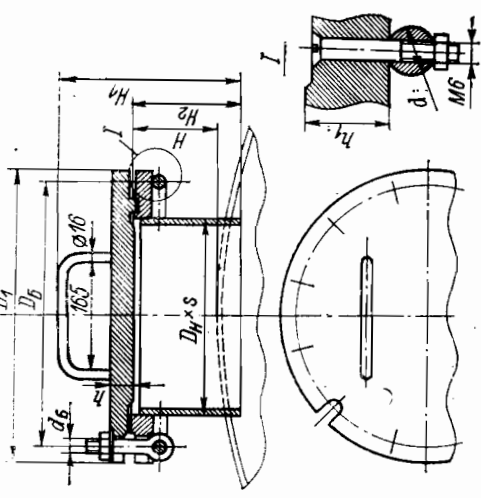


Рис. 8.6. Конструкции грузочных люков, ОСТ 26-2004—77; исполнение 1 — с уплотнением на соединительном выступе; исполнение 2 — с уплотнением шип-паз

Рис. 8.7. Конструкции шарнирных, подъемно-поворотных и поворотных устройств для крышек люков; а — тип 1, шарнирные с плоскими (исполнение 1) и сферическими (исполнение 2), крышками, ОСТ 26-2012—77; б — тип 2, подъемно-поворотные для вертикальных люков с плоскими (исполнение 1) и сферическими (исполнение 2) крышками, ОСТ 26-2013—77; в — тип 3, поворотные для горизонтальных люков с плоскими крышками, ОСТ 26-2014—77

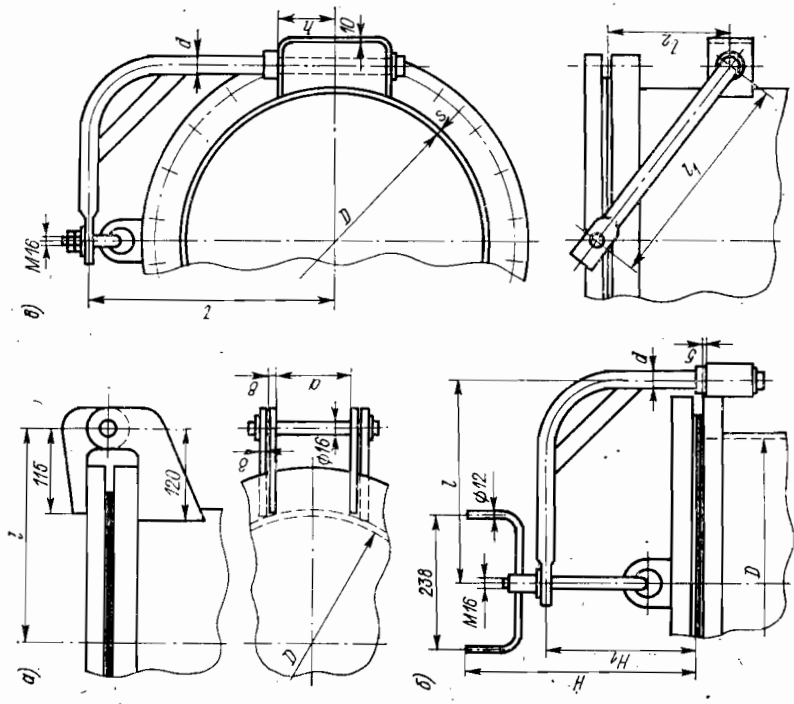


Рис. 8.5. Конструкции люков с плоскими и фланцевыми вставками; а — тип 3, с уплотнением в выступ-впадине; б — тип 4, с уплотнением шип-паз, ОСТ 26-2006—77; в — тип 5, с уплотнением под прокладку восьмиугольного сечения, ОСТ 26-2007—77; исполнение 1 — с толщиной стенки патрубка люка 34 мм; исполнение 2 — с толщиной стенки патрубка свыше 34 мм

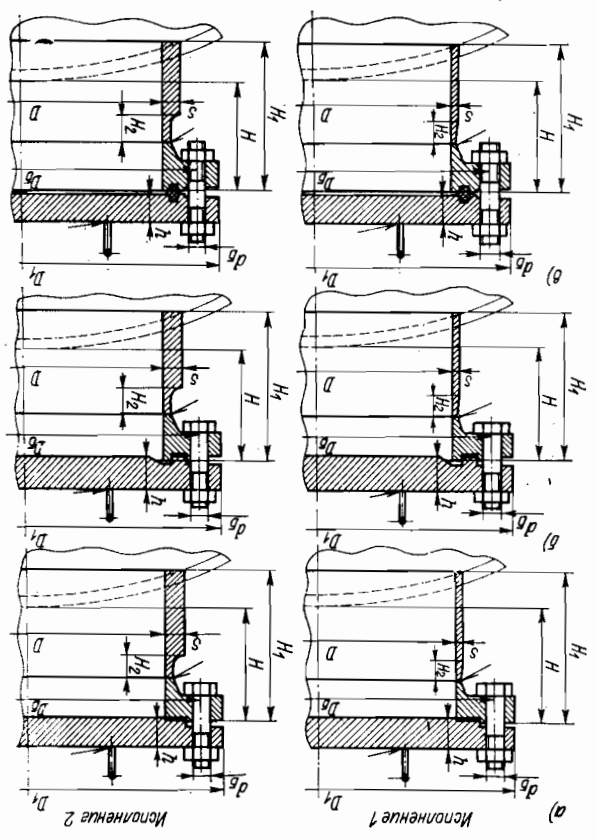
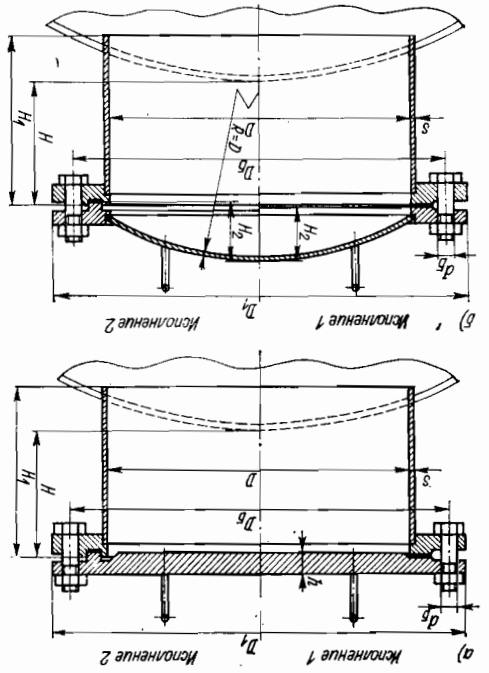


Рис. 8.4. Конструкции люков с крышками и плоскими фланцами: а — тип 1, с плоскими крышками, ОСТ 26-2002—77; б — тип 2, со сферическими крышками, ОСТ 26-2003—77; исполнение 1 — с уплотнением на соединительном выступе; исполнение 2 — с уплотнением шип-паз



P_y , МПа	D	D_1		s		h		H		H_1		H_2		Тип
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
4,0	600	795	14 20	60	70	260	420 430	405	565	575	30	65	70	3,4 рис. 8.5

Примечания: 1. Размеры D_1, d_1, d_2 , число болтов или шпилек, значение размеров уплотнительных поверхностей и фланцев приведены в табл. 3.7, 3.8 и 3.10 для соответствующих P_y . Прокладки — по табл. 13.14, 13.15 и 13.16. 2. Значения s, H и H_1 указаны для двух исполнений 1 — для толщин $s \leq 34$ мм, исполнение 2 — для толщин $s > 34$ мм. 3. Значения h указаны для двух исполнений крышек типа 1: исполнение 1 — для крышек с соединительным выступом (рис. 8.4, а, исполнение 1) и исполнение 2 — для крышек с шипом (рис. 8.4, а, исполнение 2). 4. Значения H_2 указаны для люков типа 2 для двух исполнений: исполнение 1 — для крышек с соединительным выступом (рис. 8.4, б, исполнение 1), исполнение 2 — для крышек с шипом (рис. 8.4, б, исполнение 2). Для люков типов 3, 4 и 5 значения H_2 также указаны для двух исполнений: исполнение 1 — для $s \leq 30$ мм (рис. 8.5, а—в, исполнение 1) и исполнение 2 — для $s \geq 45$ мм (рис. 8.5, а—в, исполнение 2).
Пример условного обозначения люка типа 3 исполнения 2 $D = 400$ мм, $s = 10$ мм на $P_y = 2,5$ МПа (25 кгс/см²) с шрифтом материального исполнения люка 3, крепежных деталей 1:
Люк 3-2-400-X10-25-3-1 ОСТ 26-2005-77.

Таблица 8.3

Стандартные люки грузочные для стальных сварных аппаратов (рис. 8.6), ОСТ 26-2004-77

P_y , МПа	D_y	$D_H \times s$	D_1	D_2	H	H_1		H_2		h		d	d_B	Число болтов
						1	2	1	2	1	2			
						1	2	1	2	1	2			
0,6	80	185	150	160	160	247	247	210	20	18	12	M16	4	
1,0	100	195	160	180	180	250	250	210	20	20	12	M16	4	
1,6	100	195	160	180	180	250	250	210	22	24	16	M20	8	
0,6	150	260	225	240	240	326	328	240	16	22	20	M16	8	
1,0	150	280	240	260	260	328	328	240	18	22	16	M20	8	
1,6	150	280	240	260	260	328	330	240	18	24	16	M20	8	
0,6	250	370	335	350	350	326	328	240	16	22	23	M16	12	
1,0	250	405	355	370	370	328	330	240	18	24	16	M20	12	
1,6	250	405	355	370	370	330	334	240	20	28	31	M24	12	

Примечания: 1. Значения H_1 и h даны для исполнения 1 и исполнения 2. 2. Размеры уплотнительных поверхностей см. табл. 13.1—13.4. Пример условного обозначения люка исполнения 1 $D_y = 100$ мм на $P_y = 1,0$ МПа (10 кгс/см²) с шрифтом материального исполнения люка 3, крепежных деталей 3:
Люк 1-100-10-3-3 ОСТ 26-2004-77.

Материальное оформление стандартных люков для стальных сварных аппаратов, ОСТ 26-2011-77

Тип люка	Шифр материального исполнения	Рабочие условия		Марка стали для деталей люка			
		P_y , МПа	$t, ^\circ\text{C}$		Обечайка, днище сферическое	Фланец	Крышка
			от	до			
1 и 2 по ОСТ 26-2001-77 (рис. 8.3)	1	Под налив	-40	+200	10*, 20*, ВСт3сп4	ВСт3сп4	—
	2				12X18H10T		
	3				10X17H13M2T		
	4				10X17H13M3T		
	5				08X22H6T		
	6				08X21H6M2T		
1 по ОСТ 26-2002-77 (рис. 8.4); грузочный по ОСТ 26-2004-77 (рис. 8.6)	1		-20	+300	ВСт3сп4, 10*, 20* (при $s \leq 25$ мм); 20К (при $s > 25$ мм)	ВСт3сп5 (при $s \leq 25$ мм); 20К (при $s > 25$ мм)	20
	2		-40		16ГС; 10Г2*	16ГС	09Г2
	3	$\leq 1,6$		-41	09Г2С; 10Г2*	09Г2С	10Г2
2 по ОСТ 26-2003-77 (рис. 8.4); грузочный по ОСТ 26-2004-77 (рис. 8.6)	4		-70			12X18H10T	
	5			+300		10X17H13M2T	
	6					10X17H13M3T	
	7		-40			08X22H6T	
	8					08X21H6M2T	
	1	≤ 4	-20	+400		ВСт3сп5	20
	2	$\leq 6,4$	-70			09Г2С, 10Г2	09Г2С, 10Г2
	3		-30	+475		16ГС, 20	20
3 по ОСТ 26-2005-77, 4 по ОСТ 26-2006-77, 5 по ОСТ 26-2007-77 (рис. 8.5)	4	≤ 16	-40			16ГС, 10Г2	16ГС, 10Г2
	5					20	16ГС, 20
	6		0			12ХМ, 15ХМ	12ХМ, 15ХМ
	7	$\leq 6,4$	-70	+540		10X17H13M2T	10X17H13M2T
	8					10X17H13M3T	10X17H13M3T
	9	≤ 16	-70			12X18H10T	12X18H10T

* Только для патрубков $D_y = 80 \div 250$ мм, изготовляемых из труб. При отсутствии труб патрубки допускается изготовлять из листовой стали.

Тип люка	Шифр материального исполнения люка	p, МПа	Рабочие условия		Шифр крепежных деталей	Вид крепежных деталей	Класс прочности, группа, марка стали			
			t, °C	До / От						
1, 2 по ОСТ 26-2001-77 (рис. 8.3); зарпущенный по ОСТ 26-2004-77 (рис. 8.6)	4, 5, 6	≤1,6	-70	+300	-		Группа 21 по ГОСТ 1759-70			
								≤0,6	1,0; 1,6	
	7, 8	≤1,6	-40							
	≤1,6									
3 по ОСТ 26-2005-77; 4 по ОСТ 26-2006-77; 5 по ОСТ 26-2007-77 (рис. 8.5)	1, 2, 3, 4, 5	≤1,6	-40	+400	1	Шпильки по ГОСТ 9066-75	35X			
								1, 2, 3, 4, 5	+400	
	2, 3, 4, 5			+475				+400	Шпильки по ГОСТ 9066-75	25X2МФ
6				+540	2	Шайбы по ГОСТ 9065-75	15XМ			

Продолжение табл. 8.5

Тип люка	Шифр материального исполнения люка	p, МПа	Рабочие условия		Шифр крепежных деталей	Вид крепежных деталей	Класс прочности, группа, марка стали
			t, °C	До / От			
1, 2 по ОСТ 26-2001-77 (рис. 8.3); зарпущенный по ОСТ 26-2004-77 (рис. 8.6)	4, 5, 6	≤1,6	-70	+300	-	Вид крепежных деталей	Класс прочности 5.6 или 6.6 по ГОСТ 1759-70
	3	≤1,6	-41				
	1, 2	1,0; 1,6	+300				
20XНЗА	4, 5, 6	≤1,6	-70	+300	-	Вид крепежных деталей	Класс прочности 5.6 по ГОСТ 1759-70
	3	≤1,6	-41				
	1, 2	1,0; 1,6	+300				
20XНЗА, 10Г2	4, 5, 6	≤1,6	-70	+300	-	Вид крепежных деталей	Класс прочности 5.6 по ГОСТ 1759-70
	3	≤1,6	-41				
	1, 2	1,0; 1,6	+300				
Группа 21 по ГОСТ 1759-70	4, 5, 6	≤1,6	-70	+300	-	Вид крепежных деталей	Класс прочности 5.6 по ГОСТ 1759-70
	3	≤1,6	-41				
	1, 2	1,0; 1,6	+300				

Материальное оформление крепежных деталей стандартных люков, ОСТ 26-2011-77

Стандартные устройства поворотные и подъемно-поворотные для крышек вертикально расположенных люков, ОСТ 26-2012-77, ОСТ 26-2013-77

Тип	P _н , МПа	мм									
		D	a		l		H		H ₁		d
			1	2	1	2	1	2	1	2	
1	0,6	160	160	307	307	307	307	—	—	—	—
	1,0	135	135	314	314	314	314	—	—	—	—
	1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,6	150	150	338	338	338	338	—	—	—	—
	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,3	160	160	363	363	363	363	—	—	—	—
0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	1,0	—	—	290	290	290	290	397	397	260	260
	1,6	—	—	298	298	298	298	397	397	260	260
	2,5	—	—	298	298	298	298	397	397	260	260
	4,0	400	—	325	325	325	325	397	397	—	—
	6,4	—	—	325	325	325	325	397	397	260	260
	10,0	—	—	345	345	345	345	397	397	260	260
	16,0	—	—	393	393	393	393	427	427	290	290
	0,6	—	—	308	308	308	308	397	397	427	427
	1,0	—	—	318	318	318	318	397	397	260	260
	1,6	—	—	325	325	325	325	397	397	260	260
	2,5	—	—	325	325	325	325	397	397	260	260
	4,0	450	—	350	350	350	350	397	397	260	260
6,4	—	—	350	350	350	350	397	397	260	260	
10,0	—	—	380	380	380	380	397	397	260	260	
16,0	—	—	423	423	423	423	427	427	290	290	
3	0,3	—	—	333	333	333	333	397	397	260	260
	0,6	—	—	333	333	333	333	397	397	260	260
	1,0	—	—	343	343	343	343	397	397	260	260
	1,6	—	—	350	350	350	350	397	397	260	260
	2,5	500	—	350	350	350	350	397	397	260	260
	4,0	—	—	378	378	378	378	397	397	260	260
	6,4	—	—	378	378	378	378	397	397	260	260
	10,0	—	—	410	410	410	410	427	427	290	290

Тип люка	Шифр ального испол-нения люка	P, МПа	Рабочие условия		Шифр крепеж-ных де-талей	Вид крепежных деталей	Класс прочности, группа, марка стали
			t, °C	От До			
3 по ОСТ 26-2005-77; 4 по ОСТ 26-2006-77; 5 по ОСТ 26-2007-77 (рис. 8.5)	7, 8, 9	≤16	-70	+41	3	Шпильки по ГОСТ 9066-75, гайки по ГОСТ 9064-75	20XН3А
							0X14Н20В3Т
							45X14Н14В2М
							20XН3А
							Шпильки по ГОСТ 9066-75, гайки по ГОСТ 9064-75
							37X12Н8ТМФБ
							15ХМ
							Шпильки по ГОСТ 9066-75
							0X14Н20В3Т
							45X14Н14В2М
6	+450	+540	-40	+450	5	Шпильки по ГОСТ 9066-75, гайки по ГОСТ 9064-75	15ХМ
							Шпильки по ГОСТ 9066-75
							0X14Н20В3Т
							45X14Н14В2М
							Гайки по ГОСТ 9064-75
							Шпильки по ГОСТ 9065-75
15ХМ	Шпильки по ГОСТ 9065-75						

Тип	$\rho_{\text{у}}$, МПа	мм								
		D		a		H		H_1		d
		1	2	1	2	1	2	1	2	
2	0,3									30
	0,6									36
	1,0									36
	1,6	600	—	387	387	397	427	260	290	45
	2,5									45
	4,0									45

Примечания: 1. Значения a , l , H и H_1 даны для двух исполнений: исполнение 1 — для люков с плоскими крышками, исполнение 2 — для люков со сферическими крышками; 2. Устройство типов 1 и 2 выполняется в трех материалах исполнениях: шифр 1 — из углеродистых сталей при $t \geq -20^\circ\text{C}$; шифр 2 — из низколегированных и углеродистых сталей при $t \geq -40^\circ\text{C}$; шифр 3 — из низколегированных сталей при $t \geq -70^\circ\text{C}$.
Пример условного обозначения устройства типа 2 конструкции исполнения 1 для люка $D = 400$ мм на условное давление $p = 1,6$ МПа (16 кгс/см²) с шифром материального исполнения 2: Устройство подвешивающее I-400-16-2 ОСТ 26-2013-77.

Таблица 8.7

Стандартное устройство поворотное для плоских крышек горизонтально расположенных люков (рис. 8.7, тип 3), ОСТ 26-2014-77

$\rho_{\text{у}}$, МПа	мм										
	$\rho_{\text{у}}$, МПа					мм					
	D	s	l	t_1	t_2	D	s	l	t_1	t_2	d
0,6	6	390	288	135		20	400	250			45
	8	400	290	135		50	470	300			
	10	420	310	140		65	460	300			
1,0						400					50
	10	310	140			32	460	320			
	16	420	320	160		75	510	375			
1,6	40					80	540	375			100
						90	540	375			
2,5						450					30
	12	330	165			8	415	135			
	20	340	180			8	425	135			
4,0	45					10	450	140			30
	45					10	450	140			
	50					10	450	140			
6,4						450					45
	14	350	205			10	450	175			
	45	400	230			16	450	175			
	50	400	230			36	450	175			45
65	430	250			45	450	175				

$\rho_{\text{у}}$, МПа	мм										
	$\rho_{\text{у}}$, МПа					мм					
	D	s	l	t_1	t_2	D	s	l	t_1	t_2	d
4,0		12									125
		20									
		36									
		45									
		55									
		500									
6,4		16									125
		40									
		40									
		55									
		65									
		75									
10,0		26									50
		70									
		80									
		90									
		500									
		100									
16,0		34									125
		85									
		95									
		100									
		500									
		100									
0,3		8									45
		8									
		10									
		10									
		500									
		600									
2,5		8									45
		8									
		8									
		10									
		500									
		600									

Примечания: Устройство выполняется в трех материалах исполнениях: шифр 1 — из углеродистых сталей при $t \geq -20^\circ\text{C}$; шифр 2 — из низколегированных и углеродистых сталей при $t \geq -40^\circ\text{C}$; шифр 3 — из низколегированных сталей при $t \geq -70^\circ\text{C}$.
Пример условного обозначения устройства типа 3 для люка $D = 400$ мм $s = 20$ мм на условное давление $p_{\text{у}} = 4$ МПа (40 кгс/см²), с шифром материального исполнения 3: Устройство поворотное 400×20-40-3 ОСТ 26-2014-77.

Формулы расчета плоских круглых крышек применимы при условии $(s_1 - c)/D_R \leq 0,1$.

Расчетная толщина s_{1R} определяется по формуле (7.75), в которой принимается $D_R = D_B$ для конструкции рис. 8.2, а и $D_R = D_{п.с}$ для конструкции рис. 8.2, б.

Коэффициент K_0 определяется по формулам (7.77) и (7.78) в зависимости от числа и размера отверстий, а коэффициент $K = 0,4$ для конструкции рис. 8.2, а, $K = 0,41$ для конструкции рис. 8.2, б.

Плоские круглые крышки с дополнительным краевым моментом (рис. 8.2, в—д) рассчитываются на внутреннее избыточное давление по формулам:

$$s_{1R} = K_0 K_1 D_R \sqrt{\frac{p}{[\sigma] \varphi}}; \quad (8.1)$$

$$s_1 \geq s_{1R} + c. \quad (8.2)$$

Значение коэффициента K_1 определяется по формуле

$$K_1 = 0,41 \sqrt{\frac{1 + 3\psi \left(\frac{D_B}{D_{п.с}} - 1 \right)}{\frac{D_B}{D_{п.с}}}} \quad (8.3)$$

или по графику рис. 8.8, а в зависимости от отношений $D_B/D_{п.с}$ и $\psi = 1 + R_{п}/Q_d$, где $R_{п}$ — реакция прокладки и Q_d — равнодействующая внутреннего давления на крышку, определяются по формулам (13.32) и (13.33), см. гл. 13.

Толщина плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом в месте уплотнения определяется по формуле

$$s_2 \geq \max \left\{ K_2 \sqrt{\frac{P_B}{[\sigma]}}; 0,6 \frac{P_B}{[\sigma] D_{п.с}} \right\} + c. \quad (8.4)$$

Здесь боковая нагрузка P_B принимается большей из двух значений, определенных из условий монтажа или рабочих условий по формулам (13.37) и (13.38).

Значение коэффициента K_2 рассчитывается по формуле

$$K_2 = 0,8 \sqrt{\frac{D_B}{D_{п.с}} - 1} \quad (8.5)$$

или определяется по графику рис. 8.8, б в зависимости от отношения $D_B/D_{п.с}$.

Толщина края плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом вне зоны уплотнения s_3 (рис. 8.2, в) рассчитывается по формуле (8.4), при этом вместо $D_{п.с}$ следует принять D_1 .

Допускаемое давление для плоской круглой крышки с дополнительным краевым моментом определяется по формуле

$$[p] = \left(\frac{s_1 - c}{K_1 K_0 D_R} \right)^2 [\sigma] \varphi. \quad (8.6)$$

Глава 9 РУБАШКИ

9.1. Конструкции

Рубашки в химических аппаратах предназначаются для наружного нагревания или охлаждения обрабатываемых или хранящихся в аппарате главным образом жидких продуктов. Они могут устанавливаться на цилиндрических вертикальных и горизонтальных аппаратах. Наибольшее применение имеют рубашки на вертикальных аппаратах.

Б. Лащинский А. А.

Крышки вертикальных люков с массой свыше 20 кг и горизонтальных массой свыше 40 кг должны иметь устройства, облегчающие их обслуживание. Такие устройства стандартизованы. На рис. 8.7 показаны их конструкции, а в табл. 8.6 и 8.7 — основные размеры.

Соединения фланцев со штуцерами и фланцев с выпуклыми крышками люков с корпусом см. в гл. 12.

8.2. Расчет крышек

Крышки аппаратов рассчитываются по ГОСТ 14249—80, СТ СЭВ 1040—78.

При определении толщины стенок днища эллиптических и сферических крышек используются формулы гл. 7; фланец для эллиптических крышек выбирается стандартный (см. гл. 13).

При расчете плоских крышек определяются расчетные толщины в средней части крышки s_1 и в месте уплотнения s_2 (см. рис. 8.2).

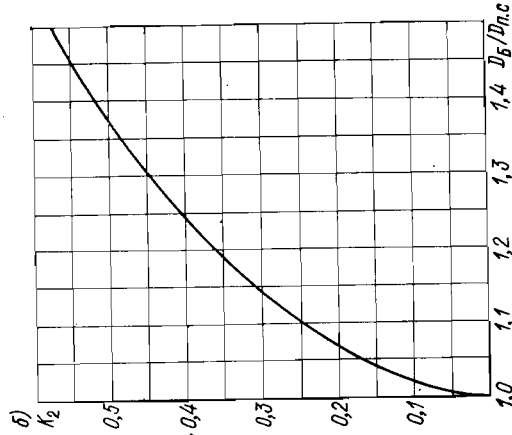
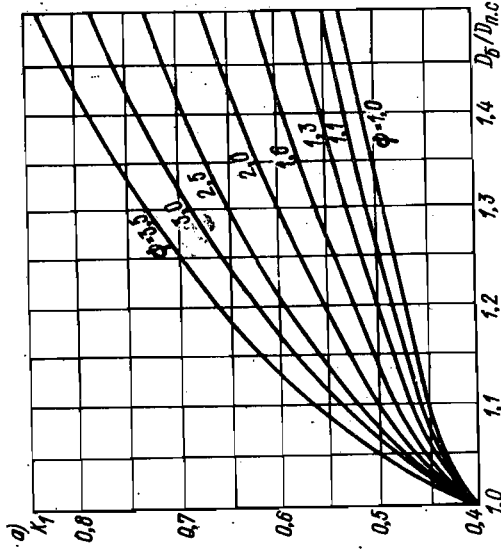


Рис. 8.8. Графики для определения коэффициентов при расчете объемных плоских круглых крышек: а — K_1 по формуле (8.3); б — K_2 — по формуле (8.5)

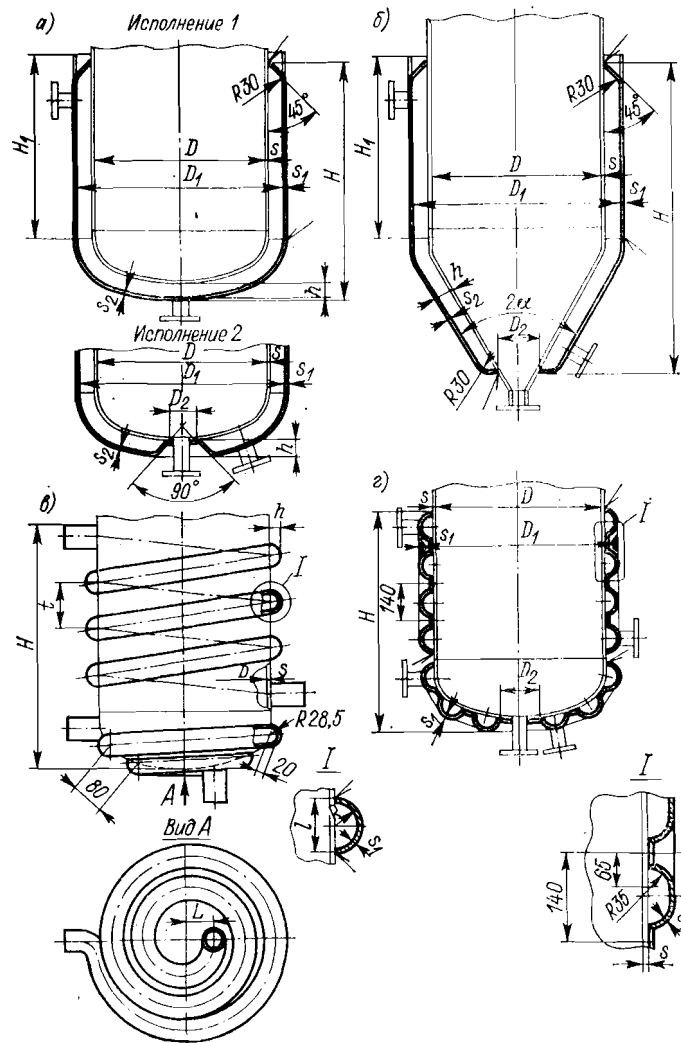


Рис. 9.1. Конструкции стандартных неразъемных рубашек для вертикальных стальных сварных аппаратов: а — тип 1, с эллиптическим дном и верхним (исполнение 1) и нижним (исполнение 2) выпуском продукта; б — тип 2, с коническим дном с углом при вершине конуса $2\alpha = 90^\circ$ и тип 3, с коническим дном с углом при вершине конуса $2\alpha = 60^\circ$; в — тип 4, рубашки из полутруб; г — тип 5, рубашки с вмятинами

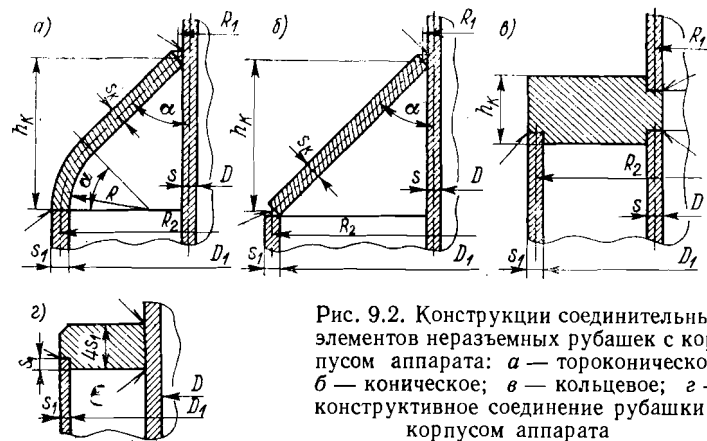


Рис. 9.2. Конструкции соединительных элементов неразъемных рубашек с корпусом аппарата: а — торконическое; б — коническое; в — кольцевое; г — конструктивное соединение рубашки с корпусом аппарата

По конструкции рубашки бывают неразъемные (приварные к корпусу аппарата) и отъемные. Более простыми и надежными в работе являются неразъемные рубашки, которые стандартизованы для сварной аппаратуры. Отъемные рубашки применяются в тех случаях, когда по условиям эксплуатации требуется периодическая чистка корпуса, закрытого рубашкой с обязательным вскрытием его.

На рис. 9.1 приведены конструкции стандартных неразъемных рубашек для вертикальных стальных сварных аппаратов, основные данные которых приведены в табл. 9.1—9.7. С эллиптическими и коническими днищами рубашки применяются при $p \leq 0,6$ МПа и $t \leq 350^\circ\text{C}$; при $p = 1,0$ — $1,6$ МПа и $t \leq 300^\circ\text{C}$; рубашки из полутруб при $p \leq 0,6$ МПа и $t \leq 350^\circ\text{C}$; при $p = 1,0$ — $6,4$ МПа и $t \leq 280^\circ\text{C}$; рубашки с вмятинами при $p = 2,5$ — 4 МПа и $t \leq 250^\circ\text{C}$.

При температуре стенки аппарата $t \leq 100^\circ\text{C}$ допускается приварка рубашки из углеродистой стали или низколегированных сталей к корпусу аппарата из аустенитных сталей.

На рис. 9.2 показаны конструкции соединительных элементов неразъемных рубашек с корпусом аппарата.

На рис. 9.3 показаны конструкции отъемных рубашек на вертикальных аппаратах.

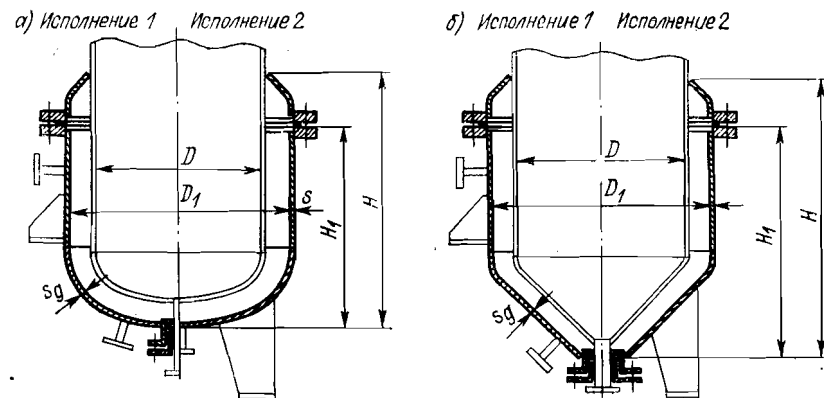


Рис. 9.3. Конструкции отъемных рубашек: а — с эллипсоидальным дном с нижним выпуском продукта (исполнение 1) и с верхним выпуском продукта (исполнение 2); б — с коническим дном и с нижним выпуском продукта

Таблица 9.1
Основные данные неразъемных рубашек с эллиптическими днищами
(рис. 9.1, а), ОСТ 26-01-984—74

D	D ₁	V, м ³	F, м ²	H		D	D ₁	V, м ³	F, м ²	H	
				мм	мм					мм	мм
219	273	0,010	0,16	234	150			0,630	2,20	579	280
273	325	0,010	0,18	197	100	1000	1100	0,800	3,00	849	550
		0,016	0,26	297	200			1,000	4,50	999	700
325	377	0,025	0,28	260	150			1,600	5,70	1699	1400
		0,040	0,45	430	320			2,000	7,70	2299	2000
377	426	0,040	0,40	302	180			2,500	9,30	2799	2500
		0,040	0,40	302	180			1,000	3,10	669	320
400	450	0,040	0,40	255	125	1200	1300	1,250	3,90	899	550
		0,063	0,60	410	280			1,600	5,30	1249	900
		0,100	0,80	580	450			2,000	6,10	1449	1100
		0,125	1,30	780	650			2,500	7,60	1849	1500
500	550	0,100	0,60	305	150	1400	1500	3,200	10,30	2549	2200
		0,100	0,80	435	280			1,000	4,50	849	450
		0,160	0,90	605	450			2,000	5,40	1049	650
		0,320	1,50	1355	1200			2,500	6,90	1399	1000
600	650	0,160	0,90	400	220	1600	1700	5,000	14,50	3099	2700
		0,200	1,10	530	350			1,600	4,50	849	450
		0,250	1,50	730	550			2,000	5,40	1049	650
		0,320	1,90	930	750			3,200	8,70	1799	1400
700	800	0,250	1,20	459	250			4,000	11,40	2049	1600
		0,320	1,70	659	450			4,000	10,40	1849	1400
		0,400	2,10	859	650			5,000	11,40	2049	1600
		0,400	2,10	859	650			6,300	15,50	2849	2400
800	900	0,400	1,70	554	320	1800	1900	8,000	19,50	3649	3200
		0,500	2,00	684	450			4,000	9,40	1399	900
		0,500	2,40	834	600			5,000	10,50	1599	1100
		0,630	2,60	934	700			6,300	13,40	2099	1600
900	1000	0,630	3,40	1234	1000			8,000	17,90	2899	2400
		1,000	4,40	1634	1400			10,000	21,40	3499	3000
		1,000	4,40	1634	1400			12,500	27,10	4499	4000
		1,250	5,90	2234	2000			6,300	13,00	1659	1100

Продолжение табл. 9.1

D	D ₁	V, м ³	F, м ²	H		D	D ₁	V, м ³	F, м ²	H					
				мм	мм					мм	мм				
2200	2400	8,000	16,00	2013	1400										
		10,000	17,40	2213	1600										
		12,100	23,00	3013	2400										
		16,000	28,60	3813	3200										
20,000															
												20,000	35,60	4813	4200
												25,000	34,80	3563	2800
												32,000	43,70	4563	3800
25,000															
												32,000	47,20	4963	4200
												40,000	56,00	5963	5200
												2800	3000		
2400	2600	12,500	19,60	2263	1600										
		12,500	22,60	2663	2000										
		16,000	26,40	3163	2500										
		20,000	31,70	3863	3200										
25,000															
												25,000	39,30	4863	4200
												25,000	25,10	2713	2000
												20,000	30,00	3313	2600
2600	2800	16,000	31,70	3513	2800										
		20,000	38,30	4313	3600										
		25,000	48,10	5513	4800										
		32,000	30,00	3000	3200										
33,30	3113	25,000	33,30	3113	2300										
												35,20	3313	2500	
												41,80	4013	3200	
												43,70	4213	3400	
66,40	6613	50,000	66,40	6613	5800										
												25,000	33,30	3113	2300
												32,000	41,80	4013	3200
												50,000	66,40	6613	5800

Примечания: 1. Указанные диаметры аппарата D для анчелей до 377 мм и рубашек D₁ для анчелей до 426 мм наружные (обечайки изготавливаются из сварных труб, остальные диаметры — внутренние (обечайки — из вальцованных листов). 2. Значения D₁ соответствуют следующим анчевым D, мм:

D₂ До 500 600 → 1000 1200 → 1800 Св. 2000
D₃ 100 140 200 250

3. Для D₁ ≤ 2200 мм h = 30 мм, для D₁ > 2200 мм h = 40 мм.

Пример условного обозначения рубашки исполнения I при D₁ = 1100 мм, H = 1299 мм, p = 0,6 МПа (6,0 кгс/см²) с отбортовкой (○) или с кольцом (K):

Рубашка I-1100-1299-6-0 ОСТ 26-01-984—74;
Рубашка I-1100-1299-6-K ОСТ 26-01-984—74.

Таблица 9.2

Основные данные неразъемных рубашек с коническими днищами
(рис. 9.1, б), ОСТ 26-01-985—74, ОСТ 26-01-986—74

D	D ₁	При 2α = 90°				При 2α = 60°			
		V, м³	F, м²	H, мм	H ₁ , мм	V, м³	F, м²	H, мм	H ₁ , мм
273	325	0,010 0,018	0,2 0,3	224 274	100 150	0,016	0,3	336	150
325	377	0,025	0,3	302	150	0,025	0,3	358	125
377	426	0,063	0,7	581	400	0,040	0,5	427	150
400	450	0,063 0,100	0,5 0,8	367 637	180 450	0,063 0,100	0,7 0,8	503 623	200 320
500	550	0,100 0,160	0,6 1,2	378 703	125 450	0,125 0,200	0,9 1,6	613 943	220 550
600	650	0,160 0,250	0,9 1,4	474 744	180 450	0,250	1,6	858	400
700	800	0,250 0,400	1,2 1,9	559 879	180 500	0,320 0,400 0,500	1,6 2,3 2,7	795 1045 1245	200 450 650
800	900	0,400 0,630	1,8 2,7	715 1085	280 650	0,500 0,630	2,1 2,7	1035 1335	350 650
900	1000	0,630	2,4	891	400	0,630	2,3	1056	280
1000	1100	0,800 1,000 1,250 1,600	2,9 3,7 4,8 6,1	947 1197 1547 1947	400 650 1000 1400	0,800 1,000 1,250 1,600	2,7 3,3 4,5 6,1	1147 1317 1667 2117	280 450 800 1250
1200	1300	1,25 1,60 2,00 2,50	3,7 4,9 6,4 7,9	1034 1334 1734 2134	400 700 1100 1500	1,25 1,60 2,00 2,50	3,6 4,6 6,1 7,6	1285 1505 1905 2255	280 500 900 1250
1400	1500	2,00 2,50 3,20	5,4 6,5 8,5	1296 1546 1996	550 800 1250	2,00 2,50 3,20	4,7 6,0 8,3	1466 1736 2186	280 550 1000
1600	1700	3,20 4,00 5,00	7,3 9,3 11,4	1558 1958 2358	700 1100 1500	3,20 4,00 5,00	6,9 8,7 11,8	1817 2167 2767	450 800 1400

Продолжение табл. 9.2

D	D ₁	При 2α = 90°				При 2α = 60°			
		V, м³	F, м²	H, мм	H ₁ , мм	V, м³	F, м²	H, мм	H ₁ , мм
1800	1900	5,00 6,30	11,0 13,3	2070 2470	1100 1500	5,00 6,30	10,4 12,7	2348 2748	800 1200
2000	2200	8,00 8,00 — —	14,8 16,1 — —	2492 2692 — —	1400 1600 — —	8,00 12,50 16,00 16,00	14,1 23,0 30,7 32,0	2855 4255 5355 5555	1100 2500 3600 3800
2200	2400	8,00 10,00 12,50 12,50	14,0 17,5 22,4 23,8	2190 2690 3390 3590	1000 1500 2200 2400	8,00 8,00 10,00 10,00	13,0 14,4 15,5 17,2	2517 2717 2917 3117	600 800 1000 1200
2400	2600	12,50 12,50 16,00	19,9 20,4 25,7	2702 2902 3602	1400 1600 2300	10,00	15,9	2899	800
2600	2800	16,00 16,00 20,00 20,00	26,0 28,5 29,4 31,0	3414 3714 3814 4014	2000 2300 2400 2600	10,00 16,00 16,00 —	13,4 22,1 24,6 —	2500 3480 3780 —	220 1200 1500 —
2800	3000	20,00 20,00 25,00 25,00 32,00 32,00 40,00	25,3 29,7 35,9 37,7 43,0 46,6 55,4	3126 3626 4326 4526 5126 5526 6526	1600 2100 2800 3000 3800 4000 5000	16,00 16,00 20,00 20,00 25,00 25,00 —	20,3 22,5 25,6 29,2 34,5 36,3 —	3211 3461 3711 4061 4761 4961 —	750 1000 1250 1600 2300 2500 —

Примечания: 1. Указанные диаметры аппарата D для значений до 377 мм и рубашек для значений до 426 мм наружные (обечайки изготовляются из сварных труб), остальные диаметры внутренние (обечайки — из вальцованных листов). 2. Значениям D соответствуют следующие значения D₂, мм:

D До 500 600—1000 1200—1800 2000 и более
D₂ 90 120 170 220

3. Для D₁ ≤ 2200 мм h = 30 мм, для D₁ > 2200 мм h = 40 мм.

Пример условного обозначения рубашки с 2α = 90°
D₁ = 1100 мм, H = 1197 мм, p = 0,6 МПа с отбортовкой:

Рубашка 1100-1197-6-О ОСТ 26-01-985—74

и с 2α = 60° с кольцом

Рубашка 1100-1197-6-К ОСТ 26-01-986—74.

Размер толщи обечайки s и дна s_2 неразъемных рубашек (рис. 9.1), ОСТ 26-01-984—74, ОСТ 26-01-985—74, ОСТ 26-02-986—77

D_1	s_2		s_2			s_2			s_2			
	s		s			s			s			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Условное давление $p_{\text{у}}$, МПа											
	0,3			0,6			1,0			1,6		
273	—	4	4	—	4	4	—	4	4	—	6	—
325	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	8	6
377	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	8	8
426	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	10	8
450	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	8	8
550	4	4	4	6	6	6	8	8	8	8	10	8
650	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	10	10
800	6	6	6	6	6	6	8	8	8	10	10	12
900	6	6	6	8	8	8	10	10	10	10	12	12
1000	6	6	6	8	8	8	10	10	10	10	12	12
1100	6	6	6	8	8	8	10	10	10	12	12	14
1300	8	6	6	8	10	8	10	10	12	14	14	16
1500	8	8	6	8	10	10	10	10	12	14	14	18
1700	10	8	8	10	12	10	12	16	14	—	—	—
1900	10	8	10	10	10	12	12	18	14	—	—	—
2200	12	10	8	10	12	14	14	20	16	—	—	—
2400	12	10	10	12	12	14	14	20	18	—	—	—
2600	8	12	10	8	12	16	14	—	—	—	—	—
2800	8	12	10	12	14	16	14	—	—	—	—	—
3000	10	12	10	10	14	18	16	—	—	—	—	—
3200	10	14	—	—	14	14	—	—	—	—	—	—

Примечания. Значения s_2 даны для трех типов рубашек: тип 1 — с эллиптическими днищами (исполнение 1 и 2), тип 2 — с коническими днищами с углом при вершине конуса $2\alpha = 90^\circ$ и тип 3 — с коническими днищами с углом при вершине конуса $2\alpha = 60^\circ$.

Основные данные рубашек из полутруб (рис. 9.1, в), ОСТ 26-01-987—74

D_1 , мм	V_1 , м ³	F_1 , м ²	H_1 , мм	D_1 , мм	V_1 , м ³	F_1 , м ²	H_1 , мм	D_1 , мм	V_1 , м ³	F_1 , м ²	H_1 , мм
600	0,25 0,32	0,9 1,4	430 630	1400	2,50 3,20 5,00	4,6 6,4 12,2	880 1280 2580	2400	12,50 12,50 16,00 20,00 25,00	14,5 17,5 21,3 26,6 34,2	1590 1990 2490 3190 4190
700	0,40	1,4	560		3,20 4,00 4,00 5,00 6,30 8,00	5,2 7,0 7,8 12,9 16,9	830 1180 1330 1530 2330 3130				
800	0,40 0,63 0,80 1,00 1,25	1,4 1,7 2,5 3,5 5,0	400 580 680 1280 1880	1600				2600			
900	0,63 0,80 1,00	1,7 2,4 2,9	500 700 900	1800							
1000	1,00 1,25 1,60 2,00 2,50	2,1 3,1 4,3 6,3 7,9	550 850 1250 1850 2350					2800			
1200	1,60 2,00 2,50 3,20	3,6 4,4 5,9 8,6	800 1000 1400 2100								

Примечания: 1. Значениям D соответствуют следующие значения L , мм: $D \dots \dots \dots$ До 1000 115 1200—1800 130 160

2. Рубашка может быть однозаходной и многозаходной с углом наклона витков до 5° и из отдельных частей, а также только на цилиндрической части аппарата.

Основные размеры элементов рубашек из полутруб

D	R	h	t	Толщина полутруб s_1 в зависимости от $p_{\text{у}}$, МПа	
				4,0	6,4
До 1000	28,5	20	80	4	5
Св. 1000	44,5	35	125	4	6

Пример условного обозначения рубашки для аппаратов с $D = 1000$ мм, $H = 1250$ мм, $R = 28,5$ мм: Рубашка 1000-1250-28,5 ОСТ 26-01-987—74.

Основные данные рубашек с вмятинами (рис. 9.1, з), ОСТ 26-01-988—74

D, мм	V, м³	F, м²	H, мм	D, мм	V, м³	F, м²	H, мм
1600	3,2	7,8	1350	2400	12,5	19,6	2260
	4,0	9,6	1700		12,5	22,6	2660
	4,0	10,4	1850		16,0	26,4	3160
	5,0	11,4	2050		20,0	31,7	3860
	6,3	15,5	2850		25,0	39,3	4860
1800	8,0	19,5	3650	2600	16,0	25,1	2710
	4,0	9,4	1400		20,0	30,0	3310
	5,0	10,5	1600		20,0	31,7	3510
	6,3	13,4	2100		25,0	38,3	4310
	8,0	17,9	2900	32,0	48,1	5510	
	10,0	21,4	3500	2800	16,0	24,2	2360
12,5	27,1	4500	20,0		28,6	2860	
2000	6,3	13,0	1650		20,0	31,3	3160
	8,0	16,2	2150		25,0	34,8	3560
	10,0	21,3	2950	25,0	36,6	3760	
	16,0	31,5	4550	32,0	43,7	4560	
	32,0	47,2	4960	40,0	56,0	5960	
2200	8,0	16,0	2010	3000	25,0	33,3	3110
	10,0	17,4	2210		25,0	35,2	3310
	12,5	23,0	3010		32,0	41,8	4010
	16,0	28,6	3810		32,0	43,7	4210
	20,0	35,6	4810		50,0	66,4	6610

Примечания: 1. $D_1 = D + 80$ мм; для $D \leq 1800$ мм $D_2 = 200$ мм, для $D \geq 2000$ мм $D_2 = 250$ мм. 2. Сварные швы на рубашке располагаются симметрично между вмятинами.

Таблица 9.7

Размеры толщин стенок обечайки и днищ аппаратов и рубашек с вмятинами, ОСТ 26-01-988—74
мм

P_y , МПа	Диаметр рубашки аппарата D					
	1600		1800—2200		2400—3000	
	s	s_1	s	s_1	s	s_1
2,5	16	12	16	12	16	12
3,2	16	12	16	12	18	12
4,0	18	12	18	14	18	14

Примечания: 1. Значение s — толщина стенок обечайки и днища аппарата, s_1 — толщина стенок обечайки и днища рубашки; значения толщин приведены из расчета их из стали марки ВСтЗсп с прибавкой $c = 2$ мм для стенок рубашек и $c = 4$ мм — для стенок корпуса аппарата. 2. Толщины стенок аппарата — для $p_y = 0,6$ МПа.

Пример условного обозначения рубашки с $D_1 = 2080$ мм, $H = 2150$ мм и толщиной стенки рубашки $s_1 = 12$ мм:

Рубашка 2080-2150-12 ОСТ 26-01-988—74.

9.2. Расчет корпусов аппаратов с неразъемными рубашками

Рубашки цилиндрические с эллиптическими и коническими днищами. При расчете определяют толщины стенок цилиндрических обечайки корпуса аппарата и рубашки (см. гл. 6) и эллиптических или конических днищ (см. гл. 7).

Толщина стенки тороконического или конического соединительного элемента обычно принимается равной толщине стенки обечайки рубашки, а высота соединительного кольца — конструктивно.

Угол конуса рекомендуется принимать $\alpha = 30^\circ$.

Рубашки из полутруб. Рассчитываются по ОСТ 26-01-987—74 и расчетная толщина стенки полутрубы определяется по формуле

$$s_{1R} = \frac{p_R R_B}{\varphi [\sigma]}, \quad (9.1)$$

где p_R — расчетное давление в рубашке; R_B — внутренний радиус трубы; φ — коэффициент прочности сварного шва; $[\sigma]$ — допускаемое напряжение материала полутруб.

Расчетная толщина стенки обечайки аппарата от внутренних избыточных давлений в аппарате и рубашке с учетом напряжений изгиба определяется по формуле

$$s_R = 2R \sqrt{\frac{p_R}{2\varphi [\sigma]} + \frac{D p'_R}{8\varphi [\sigma]}}, \quad (9.2)$$

где p'_R — расчетное давление в аппарате; p_R — расчетное давление в рубашке.

Расчетная толщина стенки обечайки исходя из устойчивости

$$s_R = \frac{B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A}, \quad (9.3)$$

где

$$A = \frac{2\sigma_T}{n_T D} \left(1 + \frac{D}{10l}\right) \left(1 + 5 \frac{D}{l}\right); \quad (9.4)$$

$$B = p_R \left(1 + 5 \frac{D}{l}\right); \quad (9.5)$$

$$C = 0,03 p_R D u. \quad (9.6)$$

Здесь $n_T = 1,6$ — коэффициент запаса устойчивости к пределу текучести; $u = 1,5$ — коэффициент, учитывающий некруглость полутрубы.

За расчетную принимается большее значение, определенное по формулам (9.2) и (9.3).

Рубашки с вмятинами. Толщина стенки обечайки и днища корпуса аппарата определяется по формуле

$$s = 0,15 \frac{p_R' D}{\varphi [\sigma]} + t \sqrt{\frac{p_R}{5\varphi [\sigma]}} + c' + c, \quad (9.7)$$

где p'_R , p_R — расчетные давления в аппарате и рубашке соответственно; D — внутренний диаметр обечайки аппарата; φ — коэффициент прочности продольного сварного шва на цилиндрической обечайке или радиального шва на днище корпуса аппарата; t — шаг между вмятинами; c' , c — прибавки к расчетным толщинам.

Расчетная толщина стенок обечайки и днища рубашки рассчитывается по формуле

$$s_1 = 0,7 (s - c) + c' + c. \quad (9.8)$$

Присоединение трубной арматуры к аппарату, а также технологических трубопроводов для подвода и отвода различных жидких или газообразных продуктов производится с помощью штуцеров или вводных труб, которые могут быть разъемными и неразъемными. По условиям ремонтоспособности чаще применяются разъемные соединения (фланцевые штуцера). Неразъемные соединения (на сварке) применяются при блочной компоновке аппаратов в кожухе, заполненном тепловой изоляцией, где длительное время не требуется осмотра соединений.

Стальные фланцевые штуцера стандартизованы и представляют собой патрубки из труб с приваренными к ним фланцами или кованые заодно с фланцами. В зависимости от толщины стенок патрубки штуцеров бывают тонкостенные и толстостенные, что вызывается необходимостью укрепления отверстия в стенке аппарата патрубком с разной толщиной его стенки.

На рис. 10.1 показаны конструкции стандартных стальных приварных фланцевых штуцеров, в табл. 10.1 приведены типы штуцеров и пределы их применения, в табл. 10.2—10.4 — их основные размеры. Геометрические параметры стандартных стальных фланцев для соответствующих значений p_y приведены в табл. 13.3 и 13.4.

Присоединение фланцевых штуцеров к цилиндрическому корпусу, днищу или крышке производится с определенным вылетом (рис. 10.2), который зависит от p_y , D_y , а также от толщины изоляции аппарата, если аппарат подлежит тепловой изоляции.

Рекомендуемые вылеты фланцевых штуцеров приведены в табл. 10.5. Вылеты безфланцевых штуцеров не стандартизованы, их можно принимать по соответствующим длинам патрубков фланцевых штуцеров.

При фланцевых соединениях на штуцерах с уплотнением выступ—впадина и шип—паз штуцера на аппарате рекомендуется устанавливать с впадиной и пазом. В этом случае присоединяемые части (трубная арматура, труба) должны иметь соответствующие фланцы с выступом и шипом.

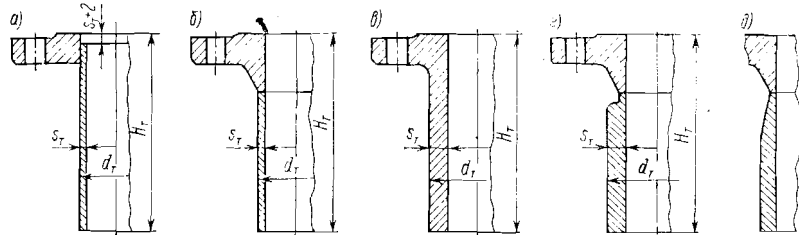


Рис. 10.1. Конструкции стандартных стальных приварных фланцевых штуцеров: а — с приварным плоским фланцем и тонкостенным патрубком; б — с приварным фланцем встык и тонкостенным патрубком; в — кованый толстостенный; г — с приварным фланцем встык и толстостенным патрубком; д — вариант конструкции сварного толстостенного штуцера

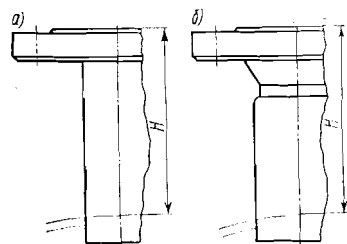


Рис. 10.2. Вылеты фланцевых штуцеров: а — для тонкостенных (см. рис. 10.1, а и б); б — для толстостенных (см. рис. 10.1, г и д)

Типы штуцеров и пределы их применения в зависимости от давления и температуры среды, ОСТ 26-1403—76

Тип и исполнение	Обозначение стандарта	Пределы применения		Допускаемая рабочая температура, °С	
		p_y , МПа	D_y , мм	От	До
Штуцера с фланцами стальными плоскими приварными с соединительным выступом (рис. 10.1, а)	ОСТ 26-1404—76	0,25	125—500		
		0,6 1,0; 1,6 2,5	25—500 50—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными плоскими приварными с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2)	ОСТ 26-1405—76	1,0; 1,6 2,5	50—500 20—500	-70	+300
Штуцера с фланцами стальными плоскими приварными с шипом (исполнение 1) или пазом (исполнение 2)	ОСТ 26-1406—76	0,6 1,0; 1,6 2,5	25—500 50—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными приварными встык с соединительным выступом (рис. 10.1, б)	ОСТ 26-1407—76	0,6 1,0 1,6 2,5	25—500 200—500 50—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными приварными встык с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2)	ОСТ 26-1408—76	0,6 1,0 1,6 2,5 4,0; 6,4	25—500 200—500 50—500 200—500 20—500	-70	+550
Штуцера с фланцами стальными приварными встык с шипом (исполнение 1) или пазом (исполнение 2)	ОСТ 26-1409—76	0,6 1,0 1,6 2,5 4,0; 6,4	25—500 200—500 50—500 200—500 20—500		
Штуцера с фланцами стальными приварными встык под прокладку овального сечения	ОСТ 26-1410—76	6,4 10,0 16,0	20—400 20—400 20—400	-70	+600

Тип и исполнение	Обозначение стандарта	Пределы применения		Допускаемая рабочая температура, °С	
		P_y , МПа	D_y , мм	От	До
Штуцера толстостенные кованые с соединительным выступом, тип 1 (рис. 10.1, в)	ОСТ 26-1412—76	1,6 2,5	50—80 20—80	—70	—550
Штуцера толстостенные кованые с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2), тип 1	ОСТ 26-1413—76	1,6 4,0	50—80 20—80		
Штуцера толстостенные кованые под прокладку овального сечения, тип 1	ОСТ 26-1415—76	6,4 10,0 16,0	20—80 20—80 20—80	—70	+600
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык, с соединительным выступом, тип 2 (рис. 10.1, з)	ОСТ 26-1412—76	1,6; 2,5	50—500		
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык, с выступом (исполнение 1) или впадиной (исполнение 2), тип 2	ОСТ 26-1413—76	1,6 2,5 4,0; 6,4	50—500 200—500 50—500	—70	+550
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык, с шипом (исполнение 1) или пазом (исполнение 2), тип 2	ОСТ 26-1414—76	1,6 2,5 4,0; 6,4	50—500 200—500 50—500		
Штуцера с толстостенными патрубками, с фланцами приварными встык под прокладку овального сечения, тип 2	ОСТ 26-1415—76	6,4 10,0 16,0	50—400 50—400 50—400	—70	+600

Основные размеры патрубков, стандартных стальных фланцевых тонкостенных штуцеров (рис. 10.1, а, б), ОСТ 26-1404—76—ОСТ 26-1410—76 мм

D_y	d_T	Давление условное P_y , МПа							
		До 0,6		1,0		1,6		2,5	
		s_T	H_T	s_T	H_T	s_T	H_T	s_T	H_T
20	25	3	—	3	—	3	—	3	155; 215
25	32	3	155; 215	3	—	3	—	3	155; 215
32	38	3	155; 215	3	—	3	—	3	165; 225
40	45	3	155; 215	3	—	3	—	3	165; 225
50	57	3	155; 215	3	155; 215	3	165; 225	3	165; 225
80	89	4	155; 215	4	155; 215	4	165; 225	4	165; 225
100	108	5	155; 215	5	155; 215	5	165; 225	5	185; 245
125	133	6	155; 215	6	155; 215	6	185; 245	6	185; 245
150	159	6	155; 215	6	185; 245	6	185; 245	6	185; 245
200	219	6	160; 220	6	190; 250	6	190; 250	6	190; 250
250	273	8	160; 220	8	190; 250	8	190; 250	8	190; 250
300	325	8	190; 250	8	210; 270	8	210; 270	8	210; 270
350	377	9	190; 250	9	210; 270	9	210; 270	9	240; 300
400	426	10	210; 270	10	210; 270	10	240; 300	10	260; 320
500	530	12	210; 270	12	240; 300	12	260; 320	12	280; 340

D_y	d_T	Давление условное P_y , МПа							
		4,0		6,4		10,0		16,0	
		s_T	H_T	s_T	H_T	s_T	H_T	s_T	H_T
20	25	3	155; 215	3	175; 235	3	175; 235	4	175; 235
25	32	3	160; 220	3	175; 235	3	175; 235	5	175; 235
32	38	3	165; 225	3	180; 240	4	180; 240	5	185; 245
40	45	3	170; 230	4	185; 245	4	190; 250	5	195; 255
50	57	4	170; 230	4	190; 250	5	190; 250	6	205; 265
80	89	5	180; 240	6	190; 250	8	210; 270	10	220; 280
100	108	5	190; 250	6	200; 260	8	220; 280	10	235; 295
125	133	6	190; 250	8	215; 275	10	235; 295	14	250; 310
150	159	8	190; 250	8	225; 285	12	245; 305	16	260; 320
200	219	8	210; 270	12	230; 290	16	290; 350	20	315; 375
250	273	10	220; 280	12	265; 325	16	310; 370	25	335; 395
300	325	10	270; 330	12	300; 360	20	360; 420	28	400; 460
350	377	12	270; 330	16	320; 380	20	380; 440	32	470; 530
400	426	12	320; 380	16	335; 395	22	380; 440	36	480; 540
500	530	12	320; 380	—	—	—	—	—	—

Пример условного обозначения штуцера с $D_y = 300$ мм на $P_y = 1,6$ МПа (16 кгс/см²), $H_T = 210$ мм, фланец с соединительным выступом из стали ВСт3сп4, патрубок из стали 10:

Штуцер 300-16-210-ВСт3сп4-10 ОСТ 26-1404—76

Основные размеры патрубков стандартных стальных фланцевых кованых толстостенных штуцеров (рис. 10.1, в), ОСТ 26-1412-76—ОСТ 26-1416-76

мм

Dy	d _T	Давление условное p _y , МПа											
		До 2,5		4,0		6,4		10,0		16,0			
		s _T	H _T	s _T	H _T	s _T	H _T	s _T	H _T	s _T	H _T		
20	38 48	10	—	10	—	16	—	16	—	16	—	16	—
25	45 52	10	—	10	—	16	—	16	—	16	—	16	—
32	56 64	14	—	14	—	16	—	16	—	16	—	16	—
(40)	64 74 76	14	—	14	—	20	—	20	—	20	—	20	—
50	76 86	14	—	14	—	20	—	20	—	20	—	20	—
(65)	96 106 110	14	—	14	—	20	—	24	—	24	—	24	—
80	110 112 120 124	16	—	16	—	20	—	20	—	20	—	20	—

Пример условного обозначения кованого толстостенного штуцера с соединительным выступом типа 1 Dy = 100 мм на p_y = 1,6 МПа (16 кгс/см²) из стали 09Г2С:

Штуцер 1-100-16-09Г2С ОСТ 96-1412-76.

Основные размеры стандартных стальных штуцеров с толстостенными патрубками с фланцами приварными встык (рис. 10.1, а, б), ОСТ 26-1412-76—ОСТ 26-1415-76

мм

Dy	d _T	Давление условное p _y , МПа													
		1,6		2,5		4,0		6,4		10,0		16,0			
		s _T	H _T	s _T	H _T	s _T	H _T	s _T	H _T	s _T	H _T	s _T	H _T		
50	65 68 70 76 78 80	—	—	10	—	10	—	14	—	14	—	16	—	16	—
(65)	82 84 86 88 92 94 96 102 108	—	—	10	—	10	—	14	—	14	—	16	—	16	—
80	96 98 102 106 110 115 118	—	—	10	—	10	—	16	—	16	—	20	—	20	—
100	121 126 128 130 132 134 136 142 150	12	—	12	—	16	—	16	—	20	—	20	—	20	—
125	145 148 150 152 153 161 168 172	12	—	12	—	16	—	16	—	20	—	20	—	20	—

Dy	d _г	Давление условное p _y , МПа											
		1,6		2,5		4,0		6,4		10,0		16,0	
		s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г
150	170	12	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	178	16	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	182	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—
	186	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	188	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	190	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	202	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	208	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	234	16	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	238	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	242	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	250	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—
	252	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	258	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	262	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	278	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
282	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
250	294	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	296	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	305	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	306	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	314	30	30	30	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	316	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	325	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	334	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	346	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
365	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
300	343	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	344	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	354	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	363	30	30	30	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	383	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	384	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	393	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	394	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
414	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
424	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Dy	d _г	Давление условное p _y , МПа											
		1,6		2,5		4,0		6,4		10,0		16,0	
		s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г	s _г	H _г
350	391	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	401	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	402	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	412	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	421	35	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	432	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	435	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	441	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	442	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	451	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
455	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
472	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
475	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
482	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
400	446	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	448	25	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	458	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	468	35	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	476	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	486	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	488	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	496	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	508	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	516	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
526	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
536	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
500	548	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	558	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	578	40	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	598	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	618	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Пример условного обозначения штуцера типа 2 с толстостенным патрубком, приварным фланцем с выступом (исполнение 1) встык
Dy = 50 мм, p_y = 1,6 МПа (16 кгс/см²), из стали 09Г2С:

Штуцер 2-1-50-16-09Г2С ОСТ 26-1413-76.

D_y	Тонкостенные штуцера										Толкостенные штуцера									
	Условное давление p_y , МПа																			
	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4	10,0	16,0	1,6	2,5	4,0	6,4	10,0	16,0	1,6	2,5	4,0	6,4	10,0	16,0
20	—					130 (190)	130 (190)					130 (190)	130 (190)							
25	120 (180)				120 (180)	130 (190)	130 (190)					130 (190)	130 (190)							
32	120 (180)			120 (180)	120 (180)	130 (190)	130 (190)					130 (190)	130 (190)							
40	120 (180)			120 (180)	120 (180)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
50	120 (180)			120 (180)	120 (180)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
65	120 (180)		120 (180)	120 (180)	120 (180)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
80	120 (180)		120 (180)	120 (180)	140 (200)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
100	120 (180)		120 (180)	120 (180)	140 (200)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
(125)	120 (180)		120 (180)	140 (200)	140 (200)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
150	120 (180)		120 (180)	140 (200)	140 (200)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
200	120 (180)		120 (180)	140 (200)	140 (200)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
250	120 (180)		120 (180)	140 (200)	140 (200)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							
300	130 (190)		130 (190)	140 (200)	140 (200)	140 (200)	140 (200)					140 (200)	140 (200)							

11.1. Конструкции

Различные отверстия в стенках корпуса, днища сварного аппарата для штуцеров и люков ослабляют стенки и поэтому должны быть большей частью укреплены. Укрепление осуществляется патрубком штуцера, утолщением укрепляемой стенки и укрепляющим кольцом. Наиболее рациональным и поэтому наиболее предпочтительным укреплением является укрепление патрубком штуцера.

На рис. 11.1 показаны типовые конструкции укреплений отверстий в стенках сварных аппаратов. Укрепляющие кольца должны изготавливаться предпочтительно цельными [допускается выполнять их из двух половин, при этом сварной шов (со сплошным проваром) должен быть расположен под углом 45° к продольной оси аппарата, если штуцер помещен на цилиндрическом корпусе]. Все укрепляющие кольца, а также накладные бобышки должны иметь контрольные сквозные отверстия М10, расположенные в нижней части кольца (бобышки) при рабочем положении аппарата для пневматического испытания герметичности сварных швов избыточным давлением 0,6 МПа.

На рис. 11.2 и 11.3 показаны типовые конструкции соединения наклонных штуцеров на обечайках и смещенных штуцеров на эллиптическом днище.

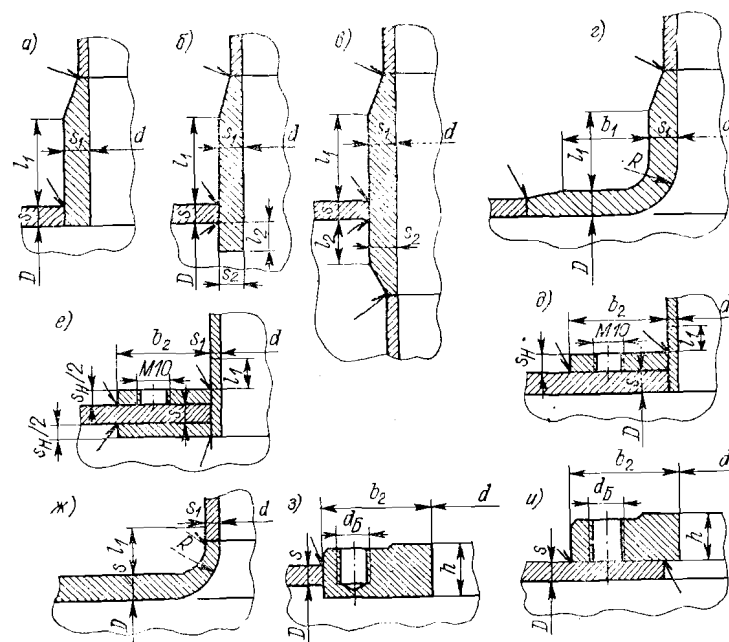


Рис. 11.1. Конструкции укреплений отверстий в стенках сварных аппаратов: а — приварным штуцером с внешней стороны; б — приварным штуцером с внешней и внутренней стороны; в — приварной вводной трубой; г — торовой вставкой; д — приварным снаружи накладным кольцом; е — приварными снаружи и внутри накладными кольцами; ж — отбортованной стенкой; з — врезной бобышкой; и — накладной бобышкой

Пределы применения метода расчета укрепления отверстий и значения D_R для различных укрепляемых элементов, СТ СЭВ 1639—79

Укрепляемый элемент	Пределы применения		D_R
	d_R/D	s/D	
Цилиндрическая обечайка	$\leq 1,0$	$\leq 0,1$	D
Конические переходы или днища	$\leq 1,0$	$\leq \frac{0,1}{\cos \alpha}$	$\frac{D_k}{\cos \alpha}$
Эллиптическое днище	$\leq 0,5$	$\leq 0,1$	$\frac{D^2}{2H} \sqrt{1 - 4 \frac{(D^2 - 4H^2)}{D^4} x^2}$
То же стандартное ($H_d = 0,25D$)			$2D \sqrt{1 - 3 \left(\frac{x}{D}\right)^2}$
Сферическое днище			$2R$

Примечание. Величина x — расстояние от центра укрепляемого отверстия до оси эллиптического днища (рис. 11.3).

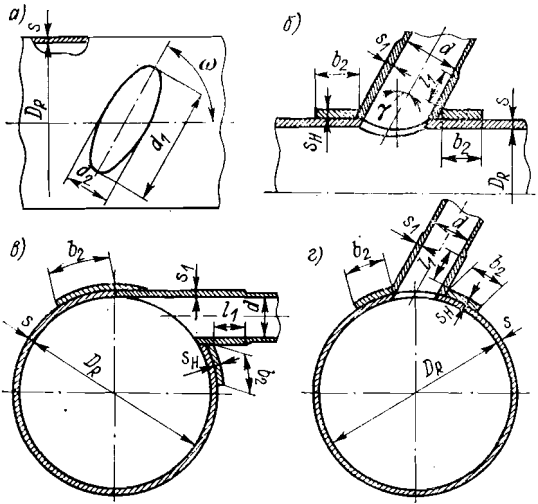


Рис. 11.2. Наклонные штуцера на обечайках: a — расположение овального отверстия на обечайке с углом ω между осью большего размера и образующей обечайки; b — расположение штуцера в плоскости продольного сечения обечайки под углом γ между осью штуцера и образующей; c — расположение штуцера в плоскости поперечного сечения обечайки под некоторым углом к главной оси

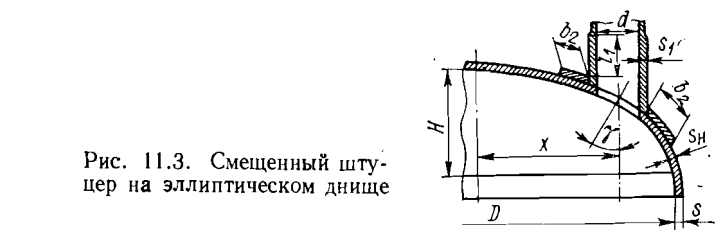


Рис. 11.3. Смещенный штуцер на эллиптическом днище

11.2. Расчет укрепления отверстий

Расчет укрепления отверстий проводится по СТ СЭВ 1639—79.

11.2.1. Область применения и основные формулы. Расчет распространяется на укрепление круглых и овальных отверстий в стенках цилиндрических обечайек, конических переходов и днищ, а также эллиптических и сферических днищ, изготовленных из пластичных в условиях эксплуатации сталей.

Пределы применения метода расчета и значения расчетных диаметров D_R для различных укрепляемых элементов приведены в табл. 11.1, а значения расчетных диаметров отверстий d_R — в табл. 11.2.

Отверстия в краевой зоне обечайек и днищ, как правило, не допускаются, поэтому расстояние (по проекции образующей) от оси штуцера до края цилиндрической обечайки или конического перехода должно быть

$$x_0 \geq \frac{B_0 + d}{2}, \tag{11.1}$$

где B_0 — ширина зоны укрепления, прилегающей к штуцеру при отсутствии накладного кольца, определяемая по формуле (11.6), а расстояние (по проекции образующей от оси штуцера на плоскость основания днища):

$$x_0 \geq 0,05 (D - d); \tag{11.2}$$

для сферических днищ

$$x_0 \geq \max \{0,1 (D + 2s); 0,09D + s\} + 0,5d. \tag{11.3}$$

Отверстия в краевой зоне выпуклых днищ допускаются при условии

$$d_R \leq \max \{(s - c); 0,2 \sqrt{D_R (s - c)}\}. \tag{11.4}$$

Для наклонных штуцеров с круглым поперечным сечением (рис. 11.2, б) формулы расчета применимы, если угол $\gamma \leq 45^\circ$, а отношение осей овального отверстия удовлетворяет условию

$$\frac{d_1}{d_2} \leq 1 + 2 \frac{\sqrt{D_R (s - c)}}{d_2}. \tag{11.5}$$

Эти ограничения не распространяются на тангенциальные и наклонные штуцера, оси которых лежат в плоскости поперечного сечения обечайки. Для нецентральных (смещенных) штуцеров на эллиптических днищах $\gamma \leq 60^\circ$.

Расчетные параметры. Расчетные толщины стенок укрепляемых элементов обечайек, конических днищ и переходов определяются по соответствующим формулам к гл. 6 и 7. Для эллиптических днищ, нагруженных внутренним избыточным давлением, расчетная толщина стенки определяется по формуле

$$s_R = \frac{p D_R}{4 [\sigma] \Phi - p}. \tag{11.6}$$

Расчетная толщина стенки штуцера, нагруженного как внутренним, так и наружным давлением, определяется по формуле

$$s_{1R} = \frac{p (d + 2c)}{2 [\sigma]_1 \Phi_1 - p}. \tag{11.7}$$

Таблица 11.2

Формулы для определения расчетных диаметров отверстий и штуцеров в зависимости от вида и направления штуцеров, присоединяемых к обечайкам, переходам и днищам

Вид отверстия и направление штуцера	Формулы для расчета d_R
Отверстие в стенке обечайки, перехода или днища при наличии штуцера круглого поперечного сечения, ось которого совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия, отверстие и штуцер, оси которых лежат в плоскости поперечного сечения цилиндрической или конической обечайки и направлены к поверхности под некоторым углом (тангенциальные штуцера), а также круглое отверстие без штуцера (рис. 11.1, а—и, рис. 11.2, в, е)	$d + 2c$
Отверстие смещенного штуцера на эллиптическом днище (рис. 11.3)	$\frac{d + 2c}{\sqrt{1 - \left(\frac{2x}{D_R}\right)^2}}$
Отверстие овального профиля при наличии наклонного штуцера круглого поперечного сечения, когда большая ось овального отверстия составляет угол ω с образующей обечайки (рис. 11.2, а)	$(d + 2c) (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma \cos^2 \omega)$
Отверстие овального профиля при наличии наклонного штуцера круглого сечения, когда ось штуцера лежит в плоскости продольного сечения обечайки ($\omega = 0$) (рис. 11.2, б, а также отверстия в сферических днищах)	$\frac{d + 2c}{\cos^2 \gamma}$
Овальное отверстие, у которого большая ось составляет угол ω с образующей обечайки (рис. 11.2, а)	$(d_2 + 2c) \times \left[\sin^2 \omega + \left(\frac{d_1 + 2c}{d_2 + 2c}\right)^2 \cos^2 \omega \right]^*$
Овальное отверстие, у которого большая ось находится в плоскости продольного сечения обечайки ($\omega = 0$)	$\frac{(d_1 + 2c)^2}{d_2 + 2c}$
Овальное отверстие, у которого меньшая ось находится в плоскости продольного сечения обечайки ($\omega = 90^\circ$)	$d_2 + 2c$
Отверстие для штуцера круглого поперечного сечения, ось которого совпадает с нормалью к поверхности в центре отверстия, при наличии отбортовки или торообразной вставки (рис. 11.1, г и ж)	$d + 1,5 (R_d - s_R) + 2c$

* Для выпуклых днищ принимается $\omega = 0$.

Расчетные длины внешней и внутренней частей штуцера, участвующие в укреплении отверстия и учитываемые при расчете (рис. 11.1, а—ж), определяются по формулам:

$$l_{1R} = \min \{l_1; 1,25\sqrt{(d + 2c)(s_1 - c)}\}; \quad (11.8)$$

$$l_{2R} = \min \{l_2; 0,5\sqrt{(d + 2c)(s_2 - 2c)}\}. \quad (11.9)$$

В случае проходящего штуцера одной толщины (рис. 11.1, б и в) принимается $s_2 = s_1$.
Ширина зоны укрепления в обечайках, переходах и днищах определяется по формуле

$$B_0 = \sqrt{D_R(s - c)}. \quad (11.10)$$

Расчетная ширина зоны укрепления в стенке обечайки, перехода или днища в окрестности штуцера определяется по формуле

$$b_{1R} = \min \{l_R; B_0\}, \quad (11.11)$$

где l_R — расстояние от наружной стенки штуцера до ближайшего несущего конструктивного элемента на укрепляемом элементе (кольца жесткости, фланца, опоры и т. п.).

Расчетная ширина зоны укрепления b_{1R} учитывается только при наличии внутреннего избыточного давления в аппарате, при наличии наружного давления $b_{1R} = 0$.

Расчетная ширина накладного кольца (рис. 11.1, е и д) определяется по формуле

$$b_{2R} = \min \{b_2; \sqrt{D_R(s_H + s - c)}\}. \quad (11.12)$$

Расчетная ширина врезной бобышки (рис. 11.1, з) рассчитывается по формуле

$$b_{2R} = \min \{b_2; \sqrt{D_R(h - c)}\}. \quad (11.13)$$

Расчетная ширина накладной бобышки (рис. 11.1, и) определяется по формуле

$$b_{2R} = \min \{b_2; \sqrt{D_R(h + s - c)}\}. \quad (11.14)$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления при отсутствии избыточной толщины стенки аппарата, рассчитывается по формуле

$$d_{0R} = 0,4B_0. \quad (11.15)$$

Коэффициент прочности сварных соединений. Если ось сварного соединения удалена от наружной поверхности штуцера на расстояние больше $3s$, то коэффициент прочности сварного соединения при расчете укрепления отверстия следует принимать $\varphi = 1$. В исключительных случаях, когда сварной шов пересекает отверстие или удален от наружной поверхности штуцера на расстояние меньше $3s$, принимается $\varphi \leq 1$ в зависимости от вида и качества сварного шва.

Если плоскость, проходящая через продольный шов, и ось штуцера образуют угол не более 30° с плоскостью поперечного сечения цилиндрической или конической обечайки, то принимается $\varphi_1 = 1$. В остальных случаях принимается $\varphi_1 \leq 1$ в зависимости от вида и качества сварного шва.

Отношение допускаемых напряжений. Для внешней части штуцера

$$\kappa_1 = \min \{1,0; [\sigma]_1/[\sigma]\}; \quad (11.16)$$

для накладного кольца или бобышки

$$\kappa_2 = \min \{1,0; [\sigma]_2/[\sigma]\}; \quad (11.17)$$

для внутренней части штуцера

$$\kappa_3 = \min \{1,0; [\sigma]_3/[\sigma]\}. \quad (11.18)$$

11.2.2. Одиночные отверстия. Отверстие считается одиночным, если ближайшее к нему отверстие не оказывает на него влияния, что имеет место, когда рас-

s_1	l_{1R}	l_{2R}	F_{1R}	F_{3R}	$F_{1R} + F_{3R}$	s_{II}	$l_{1R} = \sqrt{D_R(s_1 + s - c)}$	F_{2R}
0,7s						0,7s		
1,45s						...		

Если условие (11.28) не соблюдается, то методом последовательных приближений увеличивается s_1 (из условия сварки в пределах до $s_1 \leq 1,45s$) с соответствующим увеличением l_{1R} и l_{2R} до соблюдения условия (11.28).

Результаты расчета рекомендуются записывать в форме табл. 11.3 с интервалом $\geq 0,15s$.

Исполнительная толщина стенки штуцера принимается ближайшая большая по табл. 10.4 для толстостенных штуцеров.

При определении l_{1R} по (11.8) и l_{2R} по (11.9) длины l_1 и l_2 отсчитываются от наружной или внутренней поверхности аппарата соответственно.

Если при $s_1 = 1,45s$ условие (11.28) все же не соблюдается, то для укрепления отверстия следует ввести накладное кольцо или в месте расположения штуцера соответственно увеличить толщину укрепляемой стенки.

Предварительно принять $s_{II} = 0,7s$ и определяя b_{2R} из формулы (11.12), находим расчетную площадь укрепляющего сечения накладного кольца по формуле

$$F_{2R} = F_R - (F_{5R} + F_{1R} + F_{3R}) \quad (11.29)$$

и исполнительную площадь накладного кольца — по формуле

$$F_2 = F_{2R}/\chi_2. \quad (11.30)$$

Если $b_{2R} \leq \sqrt{D_R(s_{II} + s - c)}$, то b_2 принимается равным b_{2R} , а в качестве исполнительной толщины стенки штуцера ближайшее большее значение s_1 по табл. 10.4, при котором соблюдается условие

$$F_{1R} + F_{3R} \geq F_R - (F_{5R} + F_{2R}). \quad (11.31)$$

Если $b_{2R} > \sqrt{D_R(s_{II} + s - c)}$, то методом последовательных приближений увеличивается s_{II} до соблюдения условия (11.31) при ближайшем $b_{2R} \leq \sqrt{D_R(s_{II} + s - c)}$.

Результаты расчета рекомендуются записывать в форме табл. 11.4 с интервалами $s_{II} \geq 0,15s$.

Если $s_{II} > 1,45s$, то рекомендуется, если это конструктивно возможно, вместо одного накладного кольца устанавливать два кольца снаружи и внутри общей толщиной, равной $s_{II} + c$.

Форма накладных колец для эллиптических и сферических днищ — круглая, а для цилиндрических обечаек и конических переходов и днищ — овальная (допускается круглая при $d + 2b_2 \leq 0,6D$).

При отсутствии штуцера и укреплении отверстия врезной или накладной обечайкой (рис. 11.1, з, и) или утолщением стенки аппарата при расчеге условия укрепления принимается $l_{1R} = l_{2R} = 0$, расчетная ширина обечайки определяется по формулам (11.13) или (11.14), значение F_{2R} определяется по формуле (11.26) и проверяется условие

$$F_{2R} + F_{5R} \geq F_R. \quad (11.32)$$

Для случая укрепления отверстия врезной обечайкой $F_{5R} = 0$, так как в месте нахождения обечайки $b_{1R} = 0$ (стенка укрепляемого элемента здесь отсутствует).

Исполнительная ширина обечайки b_2 отсчитывается от края отверстия. **Графический расчет.** Расчет укрепления отверстия для штуцера по рис. 11.1, а без использования накладного кольца и внутренней части штуцера может производиться по номограммам (рис. 11.4—11.6) согласно табл. 11.5.

стояние между наружными поверхностями соответствующих штуцеров удовлетворяет условию

$$b \geq \sqrt{D_R(s_{II} + s - c)} + \sqrt{D_R(s_{II}'' + s - c)}. \quad (11.19)$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного укрепления, при наличии избыточной толщины стенки укрепляемого элемента (обечайки, перехода или днища) определяется по формуле

$$d_{0R} = 2 \left(\frac{s - c}{sR} - 0,8 \right) B_0. \quad (11.20)$$

Если расчетный диаметр одиночного отверстия удовлетворяет условию

$$dR \leq d_{0R}, \quad (11.21)$$

то дальнейших расчетов укрепления отверстия не требуется.

Условия укрепления отверстий. Расчетная площадь вырезанного сечения определяется по формуле

$$F_R = 0,5(dR - d_{0R})sR. \quad (11.22)$$

Расчетная площадь укрепляющего сечения укрепляемой стенки определяется по формуле

$$F_{5R} = b_{1R}(s - s_R - c). \quad (11.23)$$

Расчетная площадь укрепляющего сечения внешней части штуцера (рис. 11.1, а—ж) определяется по формуле

$$F_{1R} = l_{1R}(s_{1R} - s_{1R} - c)\chi_1. \quad (11.24)$$

Расчетная площадь укрепляющего сечения накладного кольца жесткости (рис. 11.1, д, е)

$$F_{2R} = b_{2R}s_{II}\chi_2. \quad (11.25)$$

Расчетная площадь укрепляющего сечения врезной или накладной обечайки (рис. 11.1, з, и) определяется по формуле

$$F_{2R} = b_{2R}h\chi_2. \quad (11.26)$$

Расчетная площадь укрепляющего сечения внутренней части штуцера (рис. 11.1, б, е)

$$F_{3R} = l_{2R}(s_3 - 2c)\chi_3. \quad (11.27)$$

В случае прохождения одной толщины штуцера (рис. 11.1, б и е) принимается $s_2 = s_1$.

В формулах (11.6)—(11.27) значения D_R рассчитываются по формулам, приведенным в табл. 11.1; значения dR — по формулам, приведенным в табл. 11.2; sR — по соответствующим формулам гл. 6 и 7, а для эллиптического днища — по формуле (11.6); s_{1R} — по формуле (11.7); d_{0R} — по формулам (11.15) и (11.20); B_0 — по формуле (11.10); l_{1R} и l_{2R} — по формулам (11.8) и (11.9); b_{1R} — по формуле (11.11), b_{2R} — по формулам (11.12)—(11.14); значения коэффициентов χ_1 , χ_2 и χ_3 — по формулам (11.16)—(11.18).

Если $dR \leq d_{0R}$, то конструкция штуцера, толщина его стенки и другие размеры принимаются из конструктивных и технологических соображений, в частности, по табл. 10.2 для толстостенных штуцеров. Если $dR > d_{0R}$, то проверка достаточности укрепления тонкостенным штуцером, выбранным по табл. 10.2, для чего определяются значения: l_{1R} по формуле (11.8), а если штуцер или труба вводится внутрь аппарата, l_{2R} — по формуле (11.9). Затем последовательно определяются значения b_{1R} по формуле (11.11), F_R — по (11.22), F_{5R} — по (11.23), F_{1R} — по (11.24) и F_{3R} — по (11.27).

Далее, проверяется условие

$$F_{1R} + F_{3R} \geq F_R - F_{5R}, \quad (11.28)$$

при соблюдении которого толщина стенки выбранного тонкостенного штуцера является исполнительной.

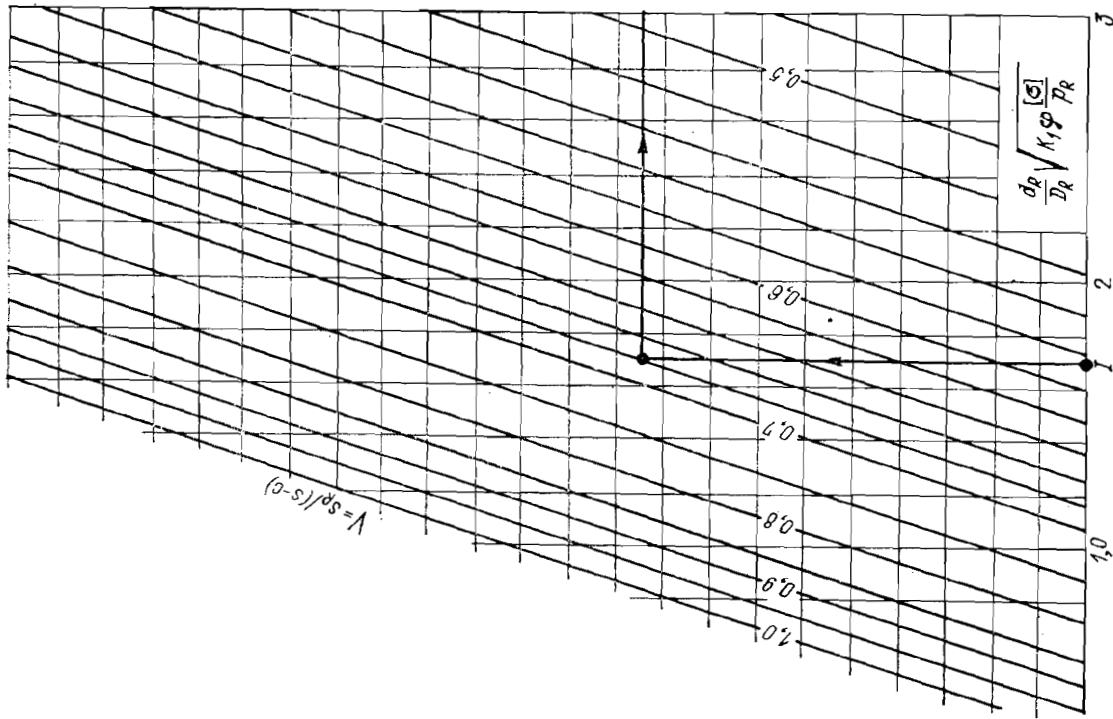
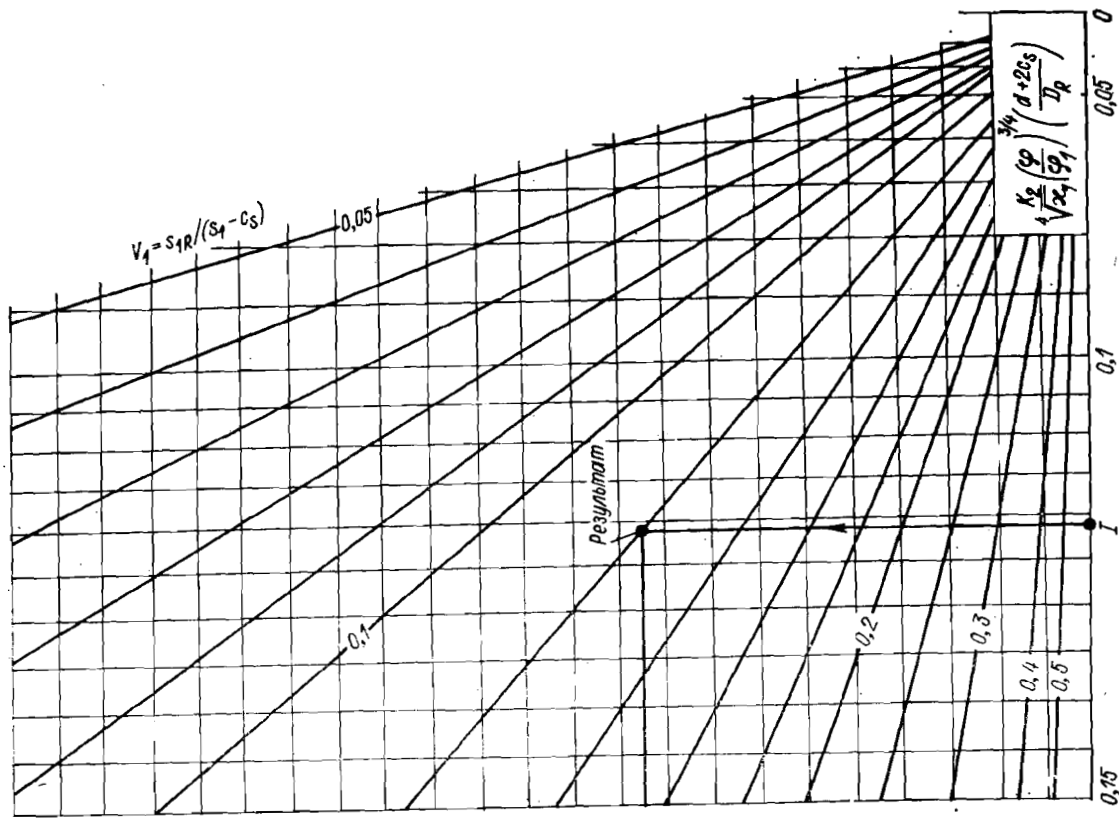


Рис. 11.4. Номограмма для графического

$$\frac{d_R}{D_R} \sqrt{K_1 \varphi \frac{[\sigma]}{P_R}} \leq 3 \text{ и}$$



расчета укрепления отверстий при

$$\frac{K_2}{\sqrt{x_1}} \left(\frac{\varphi}{\varphi_1} \right)^{3/4} \left(\frac{d + 2c_s}{D_R} \right) \leq 0,15$$

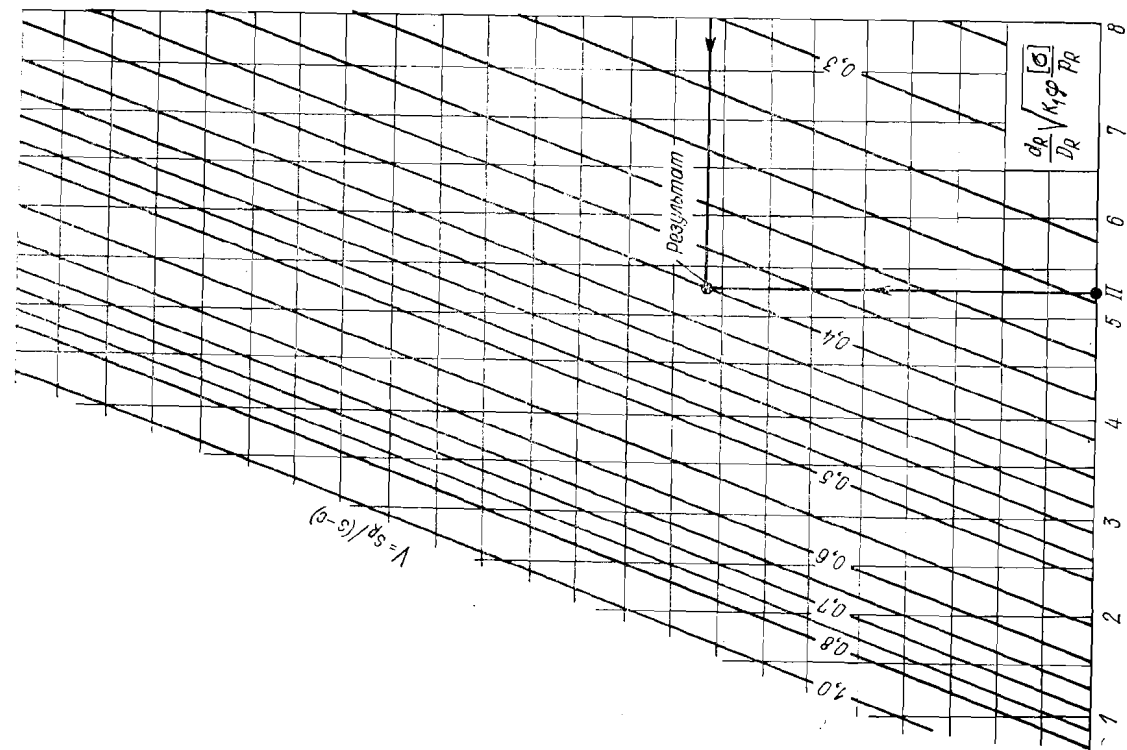
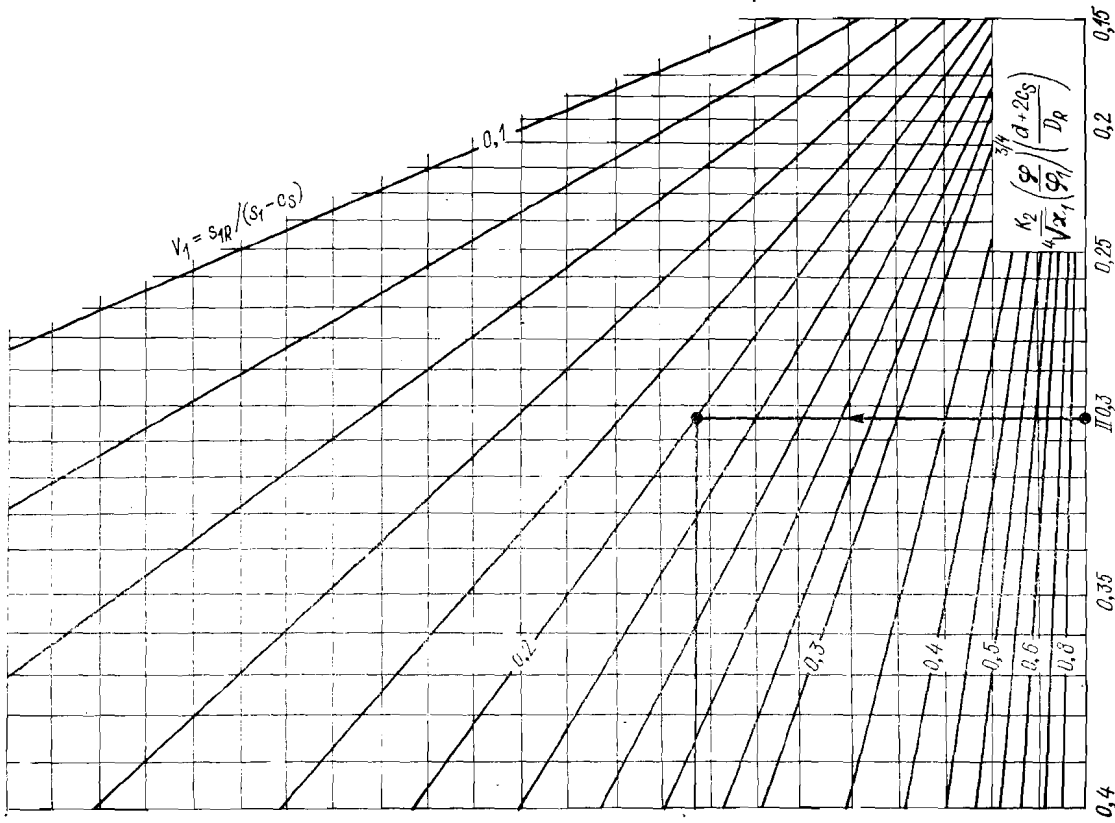
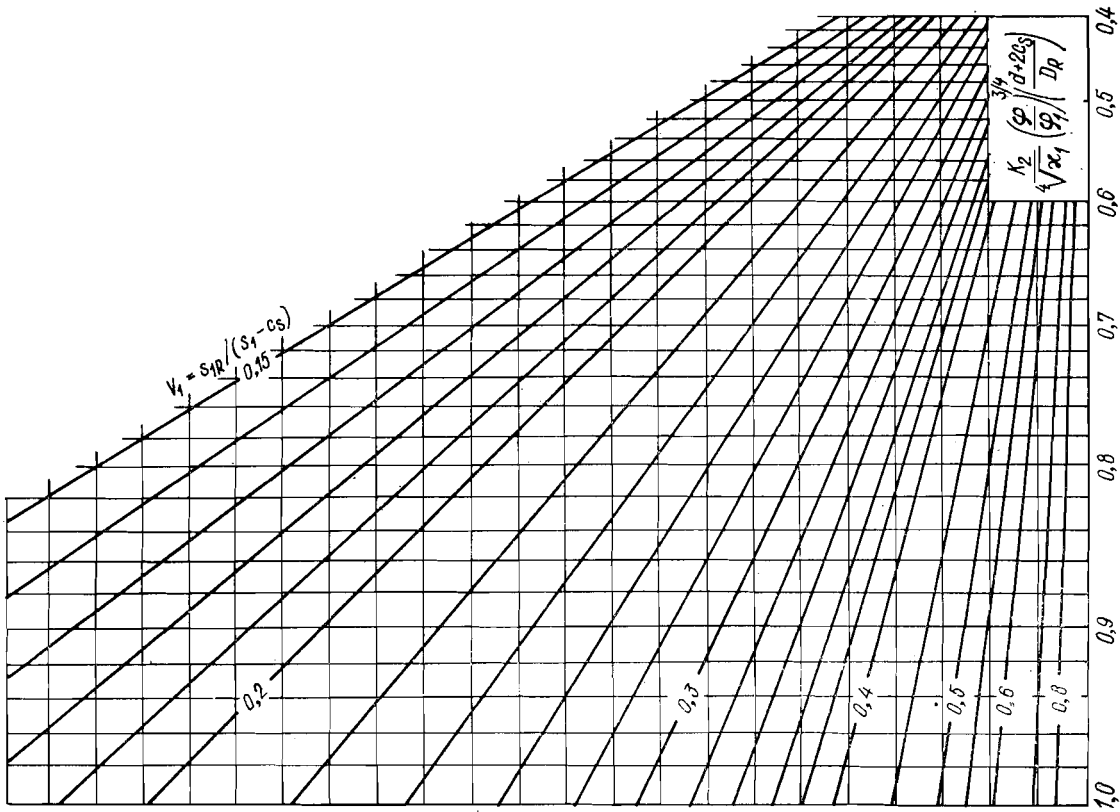


Рис. 11.5. Номограмма для графического расчета укрепления отверстий при $\frac{d_R}{D_R} \sqrt{\frac{\sigma}{PR}} = 3-8$ и $\frac{K_2}{\sqrt{x_1}} \left(\frac{\psi}{\psi_1} \right) \left(\frac{d+2c_s}{D_R} \right) = 0,15-0,4$



расчета укрепления отверстий при $\frac{K_2}{\sqrt{x_1}} \left(\frac{\psi}{\psi_1} \right) \left(\frac{d+2c_s}{D_R} \right) = 0,15-0,4$



расчета укрепления отверстий при

$$\frac{K_2}{\sqrt{x_1}} \left(\frac{\varphi}{\varphi_1} \right)^{3/4} \left(\frac{d+2c_s}{D_R} \right) = 0.4 \text{ --- } 1.0$$

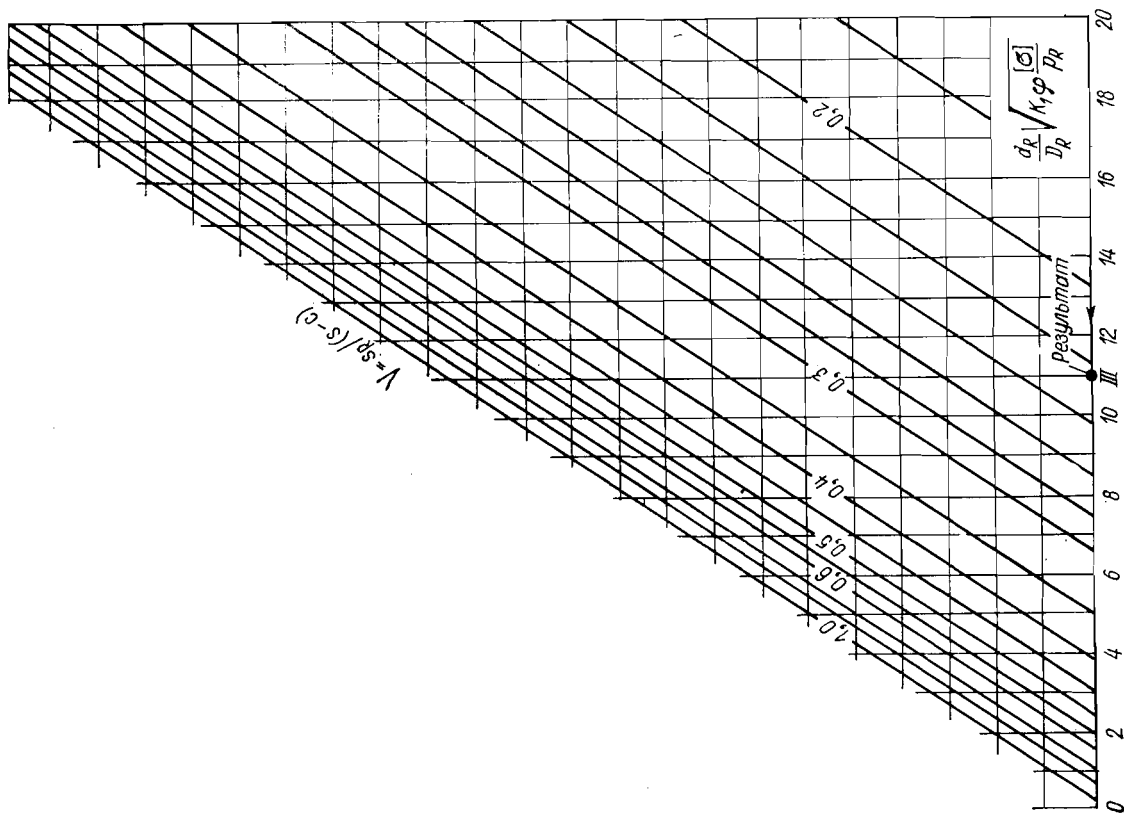


Рис. 11.6. Номограмма для графического

$$\frac{d_R}{D_R} \sqrt{K_1 \varphi \frac{[\sigma]}{P_R}} = 8 \text{ --- } 20 \text{ и}$$

Определение толщины стенок штуцера и укрепляемых элементов аппарата графическим методом (рис. 11.4—11.6), СТ СЭВ 1639—79

Вариант укрепления	Исходные данные	Расчетные параметры	Определяемые параметры	Определяемая толщина стенки
Укрепление отверстия штуцером и укрепляемой стенкой	D_R, d, d_R s_1, s_{1R}, c, c_s $\chi_1, \varphi, \varphi_1$ K_1, K_2, PR $[\sigma]$	$\frac{dR}{DR} \sqrt{K_1 \varphi \frac{PR}{\sigma}}$; $\frac{K_2}{4 \sqrt{\chi_1}} \left(\frac{\varphi}{\varphi_1} \right)^{3/4} \left(\frac{d+2c_s}{DR} \right)$; $V_1 = \frac{s_{1R}}{s_1 - c_s}$	V	$s \geq \frac{sR}{V} + c$
		D_R, d, d_R s, sR, c, c_s χ_1, K_1, K_2 $PR, [\sigma]$	$\frac{dR}{DR} \sqrt{K_1 \varphi \frac{PR}{\sigma}}$; $\frac{K_2}{4 \sqrt{\chi_1}} \left(\frac{\varphi}{\varphi_1} \right)^{3/4} \left(\frac{d+2c_s}{DR} \right)$; $V = \frac{sR}{s - c}$	V_1
Укрепление отверстия без штуцера	D_R, dR K_1, φ $PR, [\sigma]$	$\frac{dR}{DR} \sqrt{K_1 \varphi \frac{PR}{\sigma}}$ $V_1 = 1,0$	V	$s \geq \frac{sR}{V} + c$

Примечание. Для сферических и эллиптических стенок $K_1 = 2$; $K_2 = 1,68$; для цилиндрических и конических стенок $K_1 = K_2 = 1,0$. φ — коэффициент прочности сварных соединений обечаек и дна; φ_1 — коэффициент прочности продольного сварного соединения штуцера; c — сумма припуска к расчетной толщине стенки обечайки, перехода или дна, мм; c_s — сумма припусков к расчетной толщине стенки штуцера, мм.

При расчете по номограммам должны быть выполнены следующие условия:

$$l_1 \geq 1,25 \sqrt{(d+2c_s)(s_1-c_s)}; \quad (11.33)$$

$$bR \geq E_0. \quad (11.34)$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление

$$[p] = \frac{2K_1(s-c)\varphi[\sigma]}{DR+s-c} V, \quad (11.35)$$

где $K_1 = 1$ — для цилиндрических обечаек и конических переходов и дна; $K_2 = 2$ — для выпуклых дна;

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1R}(s_1 - c_s) \chi_1 + b_{2R} s_{1R} \chi_2 + l_{2R}(s_2 - 2c_s) \chi_3}{l_{1R}(s - c)}}{1 + 0,5 \frac{dR - d_{0R}}{l_{1R}} + K_1 \frac{d + 2c_s}{DR} \frac{\varphi}{\varphi_1} \frac{l_{1R}}{l_{1R}}} \right\} \cdot (11.36)$$

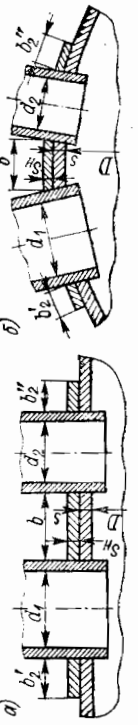


Рис. 11.7. Конструкции совместного укрепления близкорасположенных отверстий для штуцеров: а — при расположении отверстий по образующей цилиндрической или конической стенок, б — при расположении отверстий в выпуклых днах или по окружности цилиндрической стенки

Укрепление отверстий в аппаратах, работающих под наружным давлением. Допускаемое наружное давление определяется по формуле

$$[p] = \frac{[p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E} \right)^2}}, \quad (11.37)$$

где $[p]_p = [p]$ — по формуле (11.35); $[p]_E$ — определяется для соответствующих укрепляемых стенок (обечайки, или дна) без отверстий см. гл. 6 и 7. 11.2.3. Учет взаимного влияния отверстий. Если условие (11.19) не соблюдается, то после проведенного выше расчета укрепления каждого из отверстий проверяется достаточность укрепления перемычки между отверстиями определенным допускаемым внутренним избыточным давлением на перемычку по формуле

$$[p] = \frac{2K_1(s-c)\varphi[\sigma]}{0,5(D_R + D_R') + s - c} V, \quad (11.38)$$

где значение коэффициента K_1 дано в формуле (11.35), и коэффициент V , учитывающий понижение прочности из-за взаимного влияния отверстий, определяется из условия

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l'_{1R}(s'_1 - c'_s) \chi'_1 + b'_{2R} s'_{1R} \chi'_2 + l'_{2R}(s'_2 - c'_s) \chi'_3}{b(s-c)} + \frac{l''_{1R}(s''_1 - c''_s) \chi''_1 + b''_{2R} s''_{1R} \chi''_2 + l''_{2R}(s''_2 - 2c''_s) \chi''_3}{b(s-c)}}{K_3 \left(1 + 0,5 \frac{d'_R + d''_R}{b} \right) + K_1 \left(\frac{d' + 2c'_s}{D'_R} \frac{\varphi}{\varphi'_1} \frac{l'_{1R}}{b} + \frac{d'' + 2c''_s}{D''_R} \frac{\varphi}{\varphi''_1} \frac{l''_{1R}}{b} \right)} \right\} \quad (11.39)$$

Коэффициент K_3 для цилиндрических и конических обечаек определяется по формуле

$$K_3 = \frac{1 + \cos^2 \beta}{2}, \quad (11.40)$$

где β — угол между линией, соединяющей центры двух взаимнолежащих отверстий, и образующей обечайки. Для выпуклых дна $K_3 = 1$. Если ось сварного соединения обечайки удалена от наружных пове хностей обечаек штуцеров более чем на $3s$ и не пересекает перемычку, то коэффициент n прочности этого сварного шва в формулах (11.38) и (11.39) следует принимать $n = 1$.

ного шва. В остальных случаях принимается $\Phi \ll 1$ в зависимости от вида и качества сварного шва.

Коэффициенты прочности продольных сварных швов штуцеров $\Phi'_1 = 1$ и $\Phi'_2 = 1$, если соответствующие сварные швы составляют на окружности штуцеров с линией, соединяющей оси штуцеров, угол не менее 60° . В остальных случаях $\Phi'_1 \ll 1$ и $\Phi'_2 \ll 1$ в зависимости от вида и качества соответствующего сварного шва.

На рис. 11.7 показаны конструкции укрепления взаимовлияющих отверстий общей накладкой. Укрепление может быть осуществлено также и местным утолщением укрепляемой стенки толщиной $s + s_n + c$.

При укреплении двух близко расположенных отверстий другими способами необходимо, чтобы поперина площади, требуемой для укрепления в продольном сечении, размещалась между этими отверстиями.

Глава 12

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Основным видом неразъемного соединения отдельных деталей в стальных сварных аппаратах является преимущественно электродуговая сварка, выполняемая различными способами (ручным, автоматическим и полуавтоматическим под флюсом, в защитных газах и др.).

Типы, конструктивные элементы, размеры и обозначения монометаллических стальных сварных соединений стандартизованы: для ручной электродуговой сварки (Р) — по ГОСТ 5264—69; для автоматической (А) и полуавтоматической (П) электродуговой сварки под флюсом — по ГОСТ 8713—70; для электродуговой сварки в защитных газах (З) — по ГОСТ 14771—76; для электрошлаковой сварки (Ш) — по ГОСТ 15164—78.

Типы, конструктивные элементы, размеры и обозначения сварных соединений двухслойных сталей установлены ГОСТ 16098—70, а стальных труб и их элементов — ГОСТ 16037—80.

Сварки имеют несколько способов выполнения, которые обозначаются: *автоматическая* — под флюсом (А), на флюсовой подушке (АФ), на флюсо-медной подкладке (Ам), на стальной подкладке (Ас), с предварительным наложением подварочного шва (Апш), с предварительной подваркой корня шва (Апк); *полуавтоматическая* — под флюсом (П), на стальной подкладке (Пс), с предварительным наложением подварочного шва (Ппш), с предварительной подваркой корня шва (Ппк); *сварка в защитных газах* — в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным материалом (ИН), с присадочным материалом (ИПп), плавящимся электродом (ИП), в углекислом газе (УП); *электрошлаковая сварка* — проволочным электродом (ШЭ); плавящимся мунштуком (ШМ); электродом большого сечения, соответствующим по форме поперечному сечению сварочного пространства (ШП).

На рис. 12.1—12.6 показаны наиболее употребительные в сварной химической аппаратуре конструкции стальных сварных стандартных соединений, а в таблице — ссылки на соответствующие стандарты, в которых приведены основные размеры сварных соединений.

При сварке обечеек и труб, при варке дниц к обечеекам должны применяться, как правило, стыковые двусторонние швы. Односторонние швы применяются для соединения ненагруженных деталей и в тех случаях, когда невозможно применить двустороннюю сварку. При этом необходимо сварку осуществлять с подкладками (съёмными и остающимися).

Угловые и тавровые сварные швы применяются для присоединения штуцеров, люков и т. п. деталей. Присоединение плоских дниц угловыми швами допускается только в аппаратах, неподведомственных Госгортехнадзору.

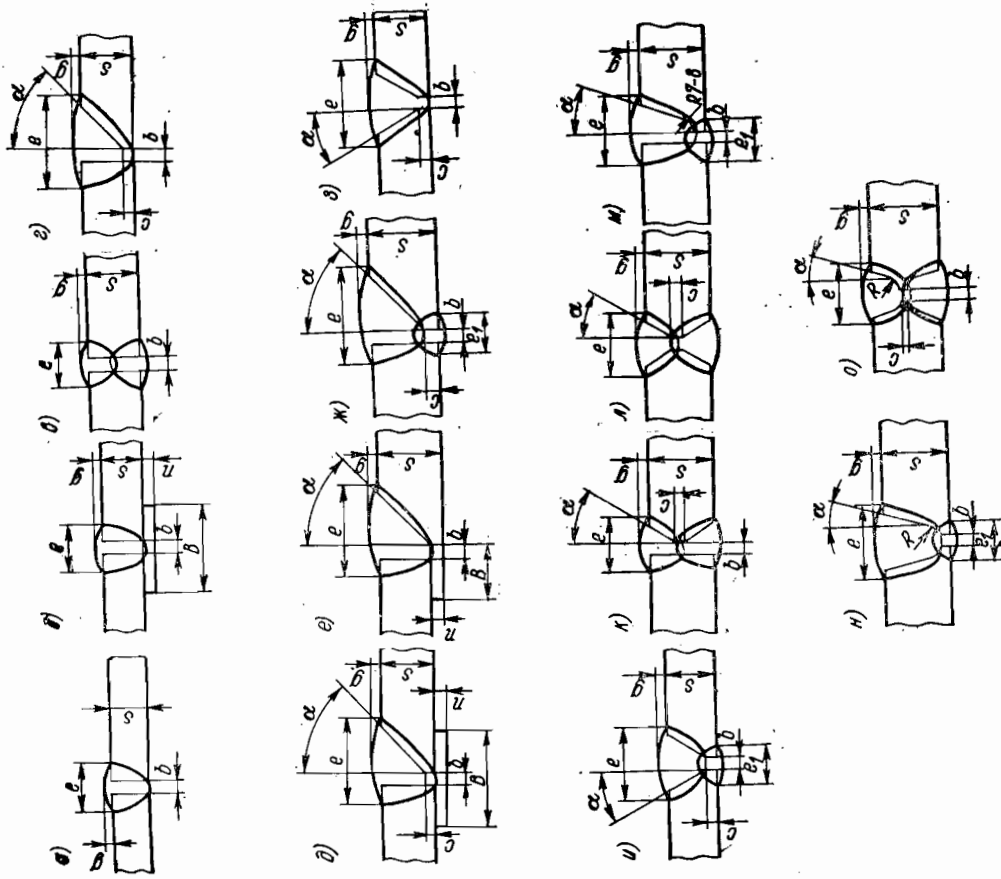


Рис. 12.1. Конструкции стыковых сварных соединений стали, выполненные электродуговой сваркой: а — односторонние без скоса кромок; б — двусторонние без скоса кромок со съёмной или остающейся подкладкой; в — двусторонние без скоса кромок; г — односторонние со скосом одной кромки; д — односторонние со скосом одной кромки и со съёмной или остающейся подкладкой; е — односторонние замковые со скосом одной кромки; ж — двусторонние со скосом одной кромки; з — односторонние со скосом двух кромок; и — двусторонние со скосом двух кромок; к — двусторонние с двумя скосами одной кромки; л — двусторонние со скосами двух кромок; м — двусторонние с двумя криволинейными скосами одной кромки; н — двусторонние с четырьмя криволинейными скосами двух кромок; о — двусторонние с четырьмя криволинейными скосами двух кромок

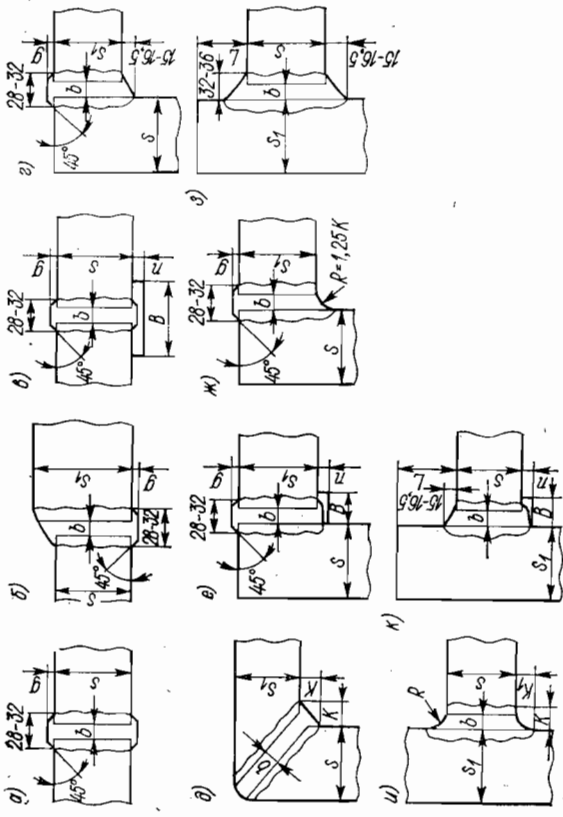


Рис. 12.3. Конструкции стыковых (а—в), угловых (г—ж) и тавровых (з—к) сварных соединений стали, выполненных электрошлаковой сваркой: а — без скоса кромок; б — без скоса кромок неравной толщины; в, е, к — без скоса кромок на приварной подкладке; г, з — без скоса кромок с нормальной галтелью; д — со скосом двух кромок; ж, и — без скоса кромок с увеличенной галтелью

На корпусе аппарата допускается иметь не более одного замыкающего шва, доступного для визуального осмотра только с одной стороны. Замыкающий шов во всех аппаратах должен быть выполнен способом, обеспечивающим провар по всей толщине свариваемого металла (например, аргодуговой сваркой корня шва с подкладным кольцом или замковым соединением). Перекрытые мест пересечения швов не допускается.

При приварке к корпусу или днищу аппарата опор, внутренних устройств и других деталей (кроме укрепляющих колец, штуцеров и люков) расстояние между краем шва приварки детали и краем ближайшего другого шва должно быть не менее толщины стенки корпуса или днища, но не менее 20 мм.

Продольные швы смежных обечайек и меридиональные швы выпуклых и конических днищ должны быть смещены относительно друг друга на трехкратную толщину наиболее толстого элемента, но не менее чем на 100 мм между осями швов.

Для аппаратов с толщиной стенки $s \leq 30$ мм, работающих под избыточным давлением до 1,6 МПа и при температуре не ниже 0 и до 400 °С, продольные швы смежных обечайек и меридиональных днищ допускается не смещать относительно друг друга, если соединения выполняются автоматической или электрошлаковой сваркой при условии их 100%-ного просвечивания или ультразвуковой дефектоскопии мест пересечения швов.

При стыковых соединениях элементов разной толщины конструкция их должна быть согласно рис. 12.7.

Смещение кромок соединяемых листов в продольных швах обечайек корпусов аппарата не должно превышать 10% номинальной толщины более тонкого листа, но не более 3 мм.

Смещение кромок в кольцевых швах при толщине листа до 20 мм также не должно превышать 10% номинальной толщины более тонкого листа плюс

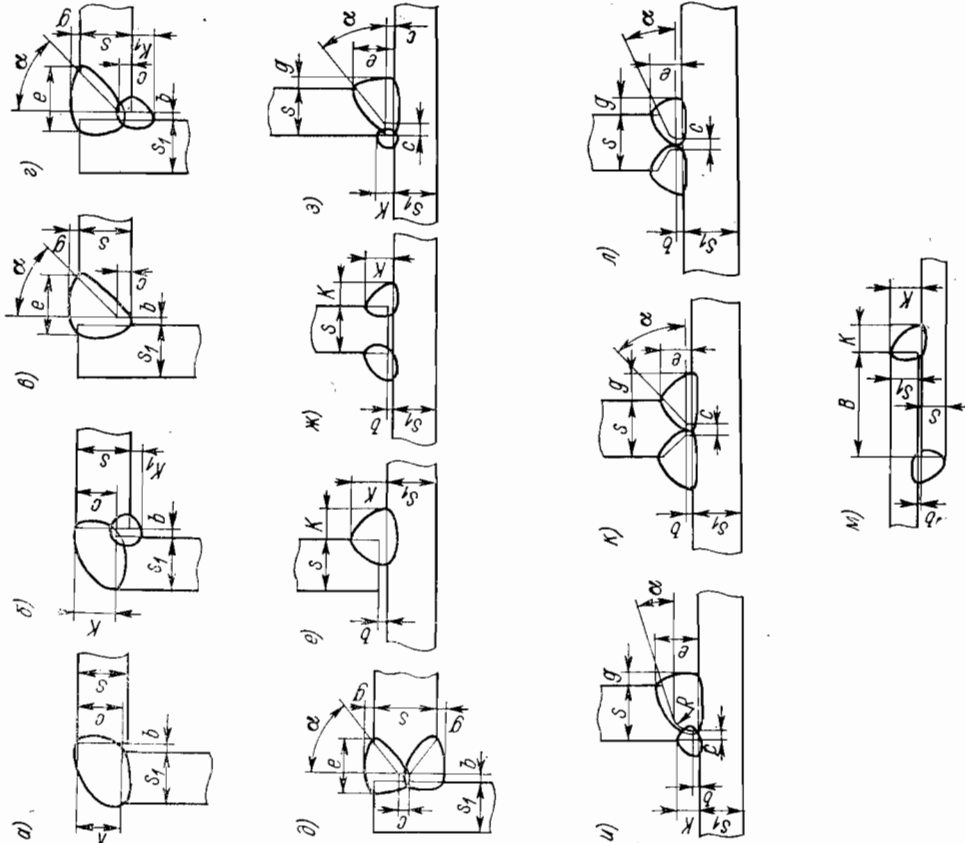


Рис. 12.2. Конструкции угловых (а—д) и тавровых (е—л) сварных соединений стали, выполненных электродуговой сваркой: а, е — односторонние без скоса кромок; б, ж — двусторонние без скоса кромок; в — односторонние со скосом одной кромки; г, з — двусторонние со скосом одной кромки; д, к — двусторонние с двумя скосами одной кромки; и — двусторонние с криволинейным скосом одной кромки; л — двусторонние с двумя криволинейными скосами одной кромки; м — внахлестку без скоса кромок

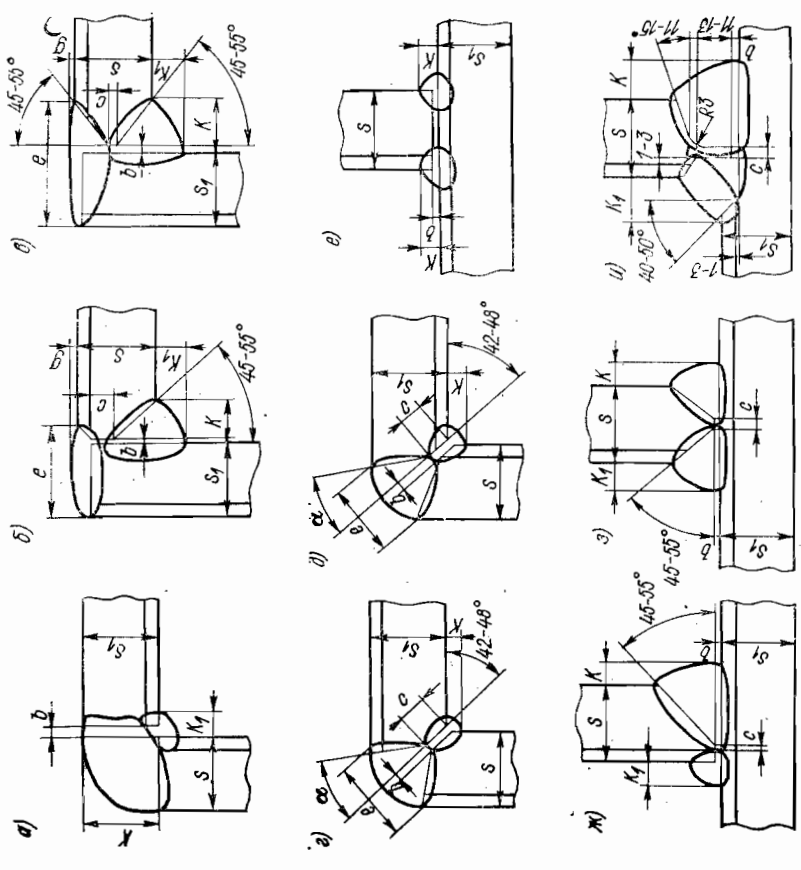


Рис. 12.5. Конструкции двусторонних угловых (а-д) и тавровых (е-и) сварных соединений двуслойной стали: а, е — двусторонние без скоса кромок; б, ж — двусторонние со скосом одной кромки; в, з — с двумя скосами одной кромки; г, д, и — со скосом двух кромок

1 мм, а при толщине листа свыше 20 мм — 15% толщины более тонкого листа, но не более 5 мм.

Смещение кромок в соединениях из двухслойной стали со стороны плакированного слоя должно быть не более 50% его толщины.

Совместный увод кромок в продольных и кольцевых швах не должен превышать 10% толщины листа плюс 3 мм, но не более 5 мм.

Точность стыковки концов обечаж между собой в корпусе аппарата, а также с днищами и фланцами должна быть обеспечена в пределах допускаемых отклонений размеров на смещение кромок в кольцевых швах.

Кроме сварных соединений стыковых, угловых и тавровых (под углом 90°) в аппаратах встречаются соединения под острым или тупым углами. Конструкция таких соединений также стандартизована: для ручной электродуговой сварки — по ГОСТ 11534-75, для автоматической и полуавтоматической электродуговой сварки — по ГОСТ 11533-75.

Для двухслойной стали конструкция угловых и тавровых сварных соединений под тупыми или острыми углами аналогична монометаллическим. При этом соединения двухслойной стали должны быть двусторонними с углом раскрытия под сварку $\alpha = 45-55^\circ$ и углом скоса кромок α_1 : при $\beta > 90^\circ$ $\alpha_1 = \alpha$ — $(180 - \beta)^\circ$, а при $\beta < 90^\circ$ $\alpha_1 = \alpha - (90 - \beta)^\circ$.

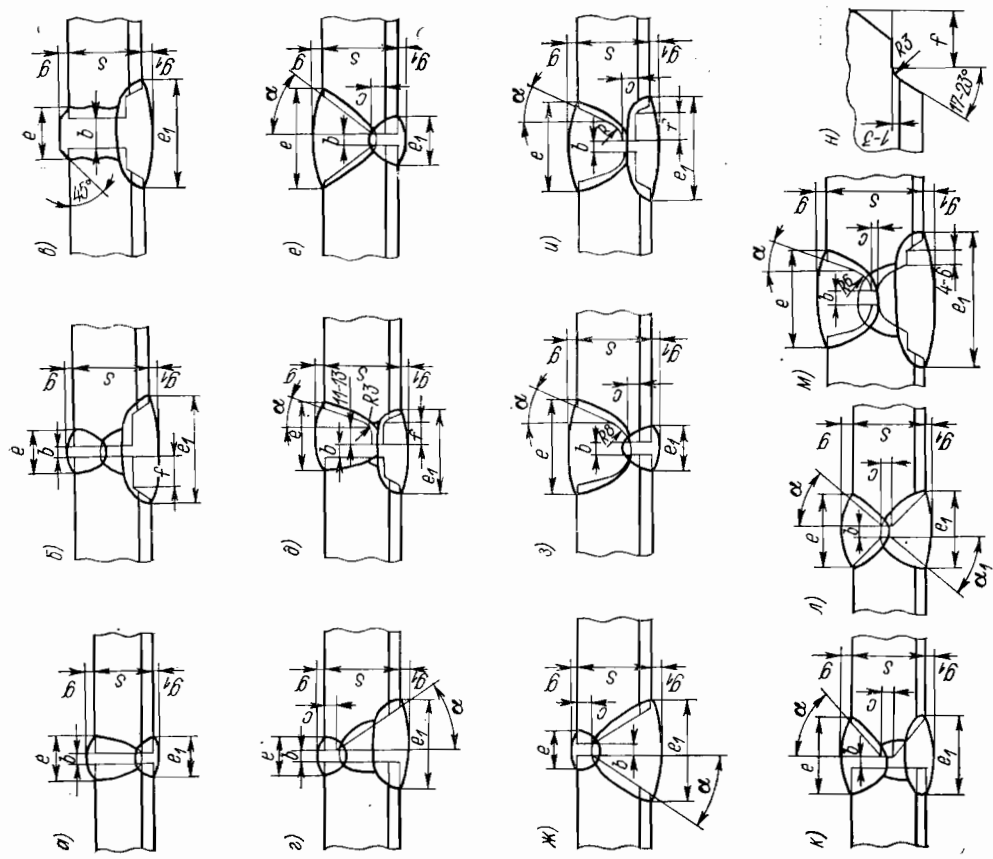


Рис. 12.4. Конструкции стыковых сварных соединений двуслойной стали: а — двусторонние без скоса кромок; б, в — двусторонние без скоса кромок со снятием плакированного слоя; г — двусторонние со скосом одной кромки; д — двусторонние с криволинейным скосом одной кромки и снятием плакированного слоя; е, ж — двусторонние со скосом двух кромок; з — двусторонние с криволинейным скосом двух кромок; и — двусторонние с криволинейными скосами двух кромок и снятием плакированного слоя; к — двусторонние с двумя скосами одной кромки; л — двусторонние с двумя скосами двух кромок; м — двусторонние с двумя криволинейными скосами двух кромок и снятием плакированного слоя; н — элемент снятия плакированного слоя

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения, номер таблицы
		сварного соединения	способа сварки	
Стыковое все листо- вой стали	12.1, а	С2	Р ИП; УП	ГОСТ 5264—69, табл. 3 ГОСТ 14771—76, табл. 5
		С5	АФ	ГОСТ 8713—70, табл. 6
		С3	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 4
	12.1, б	С4	ИН; ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 6
		С5	ИН; ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 7
		С7	Ас; Пс	ГОСТ 8713—70, табл. 8
	12.1, в	С4	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 5
		С7	ИН; ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 9
		С2	А; П	ГОСТ 8713—70, табл. 3
	12.1, г	С5	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 6
		С8	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 10
		С10	Аф; Ам	ГОСТ 8713—70, табл. 11
12.1, д	С6	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 7	
	С10	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 12	
	С11	Ап; Пп	ГОСТ 8713—70, табл. 12	
12.1, е	С7	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 8	
	С11	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 13	
	С12	А	ГОСТ 8713—70, табл. 13	

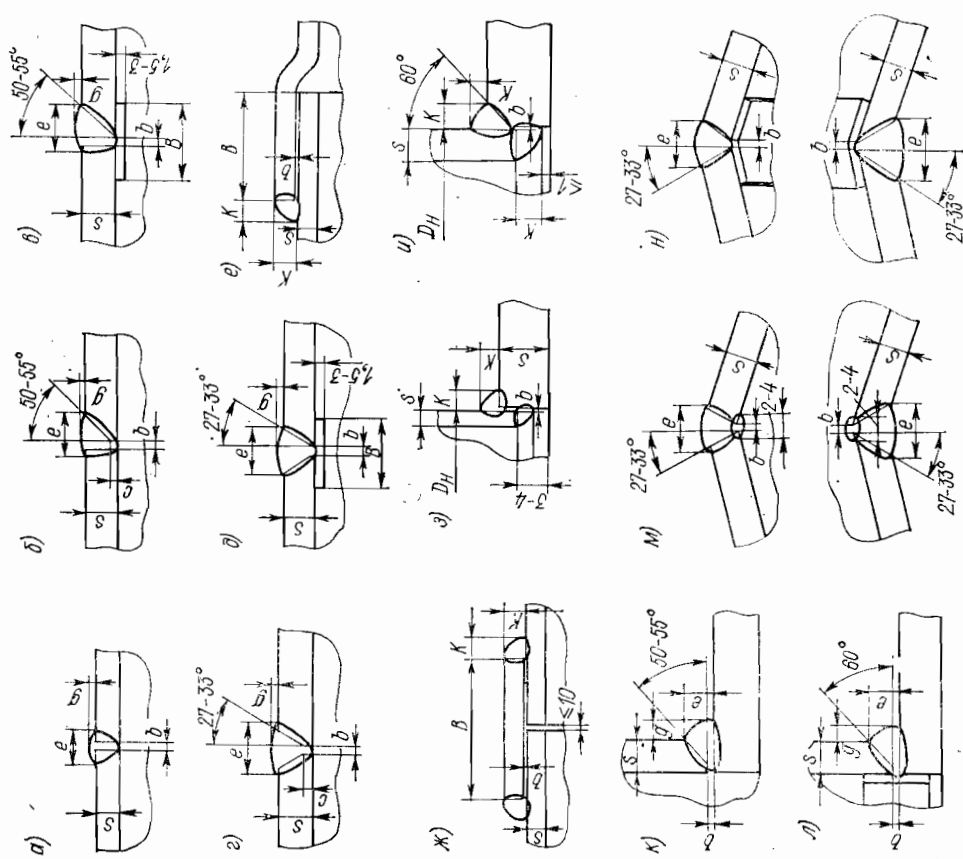


Рис. 12.6. Конструкции сварных соединений стальных труб и их элементов: а — стыковые односторонние без скоса кромок; б — стыковые односторонние со скосом одной кромки; в — стыковые односторонние со скосом одной кромки с остающейся или удаляемой подкладкой; г — стыковые односторонние со скосом двух кромок; д — стыковые односторонние с подкладкой; е — стыковые односторонние внахлестку; ж — двусторонние угловые; з — двусторонние для соединения с плоскими фланцами; и — угловые со скосом одной кромки; к — угловые со скосом одной кромки; л — угловые со скосом одной кромки и с подкладкой; м — соединения под углом без скоса кромок; н — соединения под углом с подкладкой

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения, номер таблицы
		сварного соединения	способа сварки	
Стыковое листовое листовой стали	12.1, и	C19	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 20
		C22	ИНп; ИП	ГОСТ 14771—76, табл. 24
		C23	ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 25
		C24	ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 26
		C21	А	ГОСТ 8713—70, табл. 22
	C22	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 23	
	C23	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 24	
	C26	ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 28	
	C27	УП	ГОСТ 14771—76, табл. 29	
	C33	А	ГОСТ 8713—70, табл. 34	
Стыковое двух- слойной листовой стали	12.4, а	C1	Р/Р; А/З+А	ГОСТ 16098—70, табл. 2
		C2	А/А; Афп/А	ГОСТ 16098—70, табл. 3
		C3	Ш/А; Ш/Р	ГОСТ 16098—70, табл. 4
	12.4, б	C4	А/А; Р/Р	ГОСТ 16098—70, табл. 5
		C5	А/А; Р/Р	ГОСТ 16098—70, табл. 6
	12.4, в	C6	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 7
		C7	Р/Р; А/А; Афп/А	ГОСТ 16098—70, табл. 8
	12.4, ж	C13	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 14
		C14	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 15
	12.4, и	C15	А+Ш/А; Р+Ш/А	ГОСТ 16098—70, табл. 16
		C17	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 18
	12.4, к	C19	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 20
		C21	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 22

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения, номер таблицы
		сварного соединения	способа сварки	
Стыковое листовое листовой стали	12.1, ж	C8	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 9
		C12	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 14
		C9	А	ГОСТ 8713—70, табл. 10
		C15	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 16
		C17	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 19
	C17	Аф; Ам	ГОСТ 8713—70, табл. 18	
	C18	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 19	
	C21	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 23	
	C13	А; П	ГОСТ 8713—70, табл. 14	
	C11	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 12	
12.1, к	C15	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 17	
	C29	А; П	ГОСТ 8713—70, табл. 30	
	C21	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 22	
12.1, л	C25	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 27	
	C30	А; П	ГОСТ 8713—70, табл. 31	
	C31	Аф	ГОСТ 8713—70, табл. 32	
	C32	Апк	ГОСТ 8713—70, табл. 33	
	C9	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 10	

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения, номер таблицы
		сварного соединения	способа сварки	
Угловое толстолистовой стали, выполненное электрошлаковой сваркой	12.3, а	С1	ШЭ; ШМ; ШП	ГОСТ 15164—78, табл. 3
	12.3, в	С2	ШЭ; ШМ; ШП	ГОСТ 15164—78, табл. 4
Угловое листовый стали	12.2, а	У4	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 30
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 33
	12.2, б	У5	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 5264—69, табл. 31
		У2	Апш; Ппш	ГОСТ 8713—70, табл. 37
	12.2, в	У6	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 32
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 36
	12.2, г	У7	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 33
			ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 37
12.2, д	У3	Апш; Ппш	ГОСТ 8713—70, табл. 38	
	У8	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 5264—69, табл. 34	
12.5, а	У4	Апш; Ппш	ГОСТ 14771—76, табл. 38	
	У1	А/А; Р/Р	ГОСТ 8713—70, табл. 39	
12.5, б	У2	Р/Р	ГОСТ 16098—70, табл. 24	
12.5, в	У5	Р/Р	ГОСТ 16098—70, табл. 25	
12.5, г	У7	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 28	
12.5, д	У8	Р/Р; А/А	ГОСТ 16098—70, табл. 30	

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения, номер таблицы
		сварного соединения	способа сварки	
Угловое толстолистовой стали, выполненное электрошлаковой сваркой	12.3, з	У1	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164—78, табл. 6
		У2	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164—78, табл. 7
	12.3, е	У3	ШЭ; ШМ; ШП	ГОСТ 15164—78, табл. 8
		У4	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164—78, табл. 9
12.2, е	Т1	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 37	
		ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 41	
12.2, ж	Т3	А; П	ГОСТ 8713—70, табл. 40	
		Р	ГОСТ 5264—69, табл. 38	
12.2, з	Т5	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 41	
		А; П	ГОСТ 8713—70, табл. 40	
12.2, и	Т7	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 40	
		ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 43	
12.2, и	Т9	Апш; Ппш	ГОСТ 8713—70, табл. 44	
		Р	ГОСТ 5264—69, табл. 41	
12.2, к	Т8	Апш	ГОСТ 8713—70, табл. 48	
		Р	ГОСТ 5264—69, табл. 42	
12.2, л	Т10	ИНп; ИП; УП	ГОСТ 14771—76, табл. 44	
		А; П	ГОСТ 8713—70, табл. 45	
12.2, л	Т11	Р	ГОСТ 5264—69, табл. 44	
		А	ГОСТ 8713—70, табл. 47	

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения, номер таблицы
		сварного соединения	способа сварки	
Тавровое листовое двухслойной стали	12.5, е	T1	A/A; P/P	ГОСТ 16098—70, табл. 35
	12.5, ж	T2	P/з; P/P	ГОСТ 16098—70, табл. 36
		T3	P/P; A/A	ГОСТ 16098—70, табл. 37
	12.5, з	T4	A/A; P/P	ГОСТ 16098—70, табл. 38
	12.5, и	T5	P/P; A/A	ГОСТ 16098—70, табл. 39
Тавровое толстолистовое сталь, выполненное электрошлаковой сваркой	12.3, з	T1	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164—78, табл. 10
	12.3, и	T2	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164—78, табл. 11
	12.3, к	T3	ШЭ; ШМ	ГОСТ 15164—78, табл. 12
	Наклепчатое листовое стали	12.2, м	N2	ИН; ИИп; ИП; УП
N1			A; П	ГОСТ 8713—70, табл. 49
12.6, а		C2	Г; ЗП; Р; Ф; ЗН	ГОСТ 16037—80, табл. 2
		C4	Р; ЗН; ЗП	ГОСТ 16037—80, табл. 3
		C8	ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 5
12.6, в	C10	ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 6	
12.6, г	C17	Г; ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 7	
12.6, д	C18	ЗП; ЗН; Р; Ф	ГОСТ 16037—80, табл. 8	
		C19	ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 9

Вид сварного соединения	Номер рисунка	Обозначение		ГОСТ, в котором приведены основные размеры сварного соединения, номер таблицы
		сварного соединения	способа сварки	
Наклепчатое труб	12.6, е	N3	Г; ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 22
		N4	Г; ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 23
Угловое труб с фланцами	12.6, з	У5	ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 25
	12.6, и	У7	ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 26
Угловое ответвительного штуцера с трубой	12.6, к	У19	ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 31
	12.6, л	У21	ЗП; ЗН; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 33
Стыковое секторов колец (отводов)	12.6, м	C54	ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 18
	12.6, н	C55	ЗП; Р	ГОСТ 16037—80, табл. 19

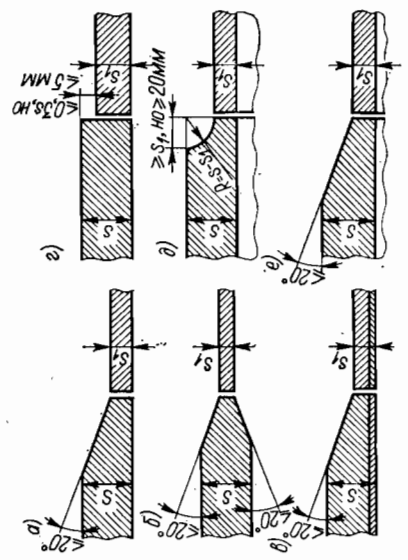


Рис. 12.7. Конструкции элементов для стыковых сварных соединений различной толщины: а, б — для монометаллических листов, полос и т. п.; в — для двухслойных листов; г — для монометаллических и двухслойных листов при $s > 1,3s_1$, но до 5 мм; д, е — для труб, втулок и т. п.

ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

13.1. Конструкции

В химических аппаратах для разъемного соединения составных корпусов и отдельных частей применяются фланцевые соединения преимущественно круглой формы. На фланцах присоединяются к аппаратам трубы, арматура и т. д. Фланцевые соединения должны быть прочными, жесткими, герметичными и доступными для сборки, разборки и осмотра. Фланцевые соединения стандартно называют для труб и трубопроводной арматуры и отдельно для аппаратов.

Конструкции стандартных стальных фланцев для трубопроводной арматуры и труб показаны на рис. 13.1 и 13.2.

В табл. 13.1 приведены типы и параметры стандартных фланцев для труб, трубопроводной арматуры и корпусов аппаратов, в табл. 13.2—13.4 — основные геометрические размеры стандартных фланцев для труб и трубопроводной арматуры. Соединения со свободными фланцами целесообразно применять для труб, работающих при высоких температурах, и при требовании независимой координации соединений частей по отверстиям для болтов и шпилек.

Рекомендуемые материалы для деталей стандартных фланцевых соединений трубопроводной арматуры и труб в зависимости от рабочих условий приведены в табл. 13.5.

Конструкции стандартных стальных фланцев для аппаратов показаны на рис. 13.3—13.5, пределы их применения в зависимости от расчетной температуры и материала приведены в табл. 13.6, их основные геометрические размеры —

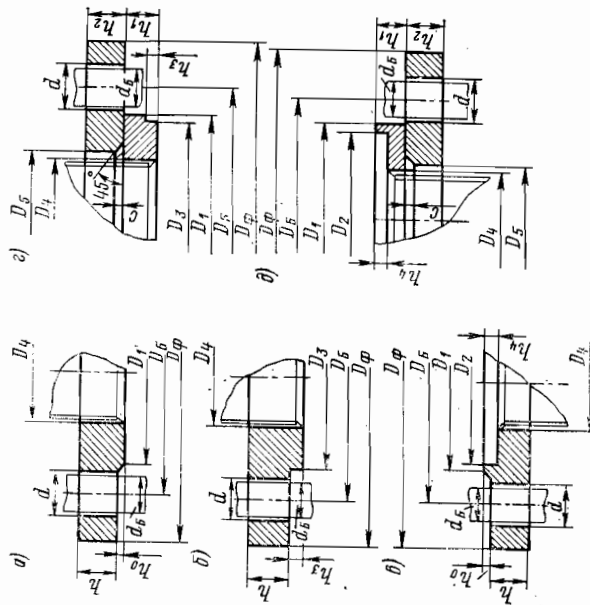


Рис. 13.1. Конструкции стандартных стальных плоских приварных и свободных фланцев для труб и трубопроводной арматуры: а — с соединительным выступом по ГОСТ 1255—67; б, в — с выступом и впадиной по ГОСТ 12828—67; г, д — свободные на приварном кольце с выступом и впадиной по ГОСТ 12834—67

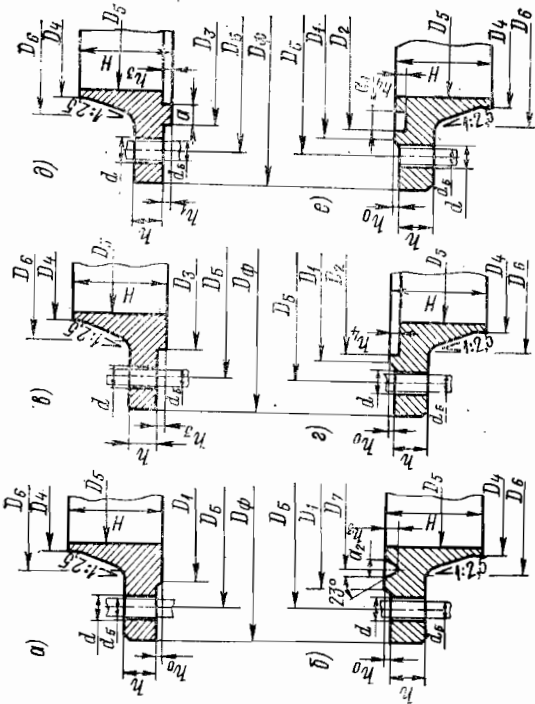


Рис. 13.2. Конструкции стандартных стальных приварных встык фланцев для труб и трубопроводной арматуры: а — с соединительным выступом по ГОСТ 12830—67; б — под прокладку овального сечения по ГОСТ 12833—67; в, г — с выступом и впадиной по ГОСТ 12831—67; д, е — с шпном и пазом по ГОСТ 12832—67

в табл. 13.7—13.10. Рекомендуемые материалы для крепежных деталей стандартных фланцевых соединений аппаратов даны в табл. 13.11.

Конструкция фланцевого соединения принимается в зависимости от рабочих параметров аппарата: плоские приварные фланцы — при $p \leq 2,5$ МПа, $t \leq 300$ °С и числе циклов нагружения за время эксплуатации до 2000; приварные встык фланцы — при $p \geq 2,5$ МПа, $t > 300$ °С и $t \leq -40$ °С.

Во фланцевых соединениях при $p \leq 4,0$ МПа и $t \leq 300$ °С применяют болты, а при $p > 4,0$ МПа и $t > 300$ °С — шпильки. В соединениях при $p > 6,4$ МПа под гайки шпильки устанавливают шайбы по ГОСТ 9065—75 или ОСТ 26-2042—77.

Плоские фланцы изготавливают из стали марки 12Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т, втулки — из стали марок 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т по ГОСТ 5632—72, причем защитный слой или накладка фланца и втулки должны выполняться из стали одной марки. Фланцы исполнения 6—10 применяют при рабочей температуре не более 100 °С. При использовании втулки из двухслойной стали фланцы могут применяться до 300 °С. Допускается применение фланцев исполнения 6—10 при температуре более 100 °С при подтверждении специальным расчетом на прочность, согласованным с головной организацией отрасли.

Материал защитного слоя или защитной накладки фланцев приварных встык — сталь марок 0Х13, 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т по ГОСТ 5632—72. Допускается применять для облицовки стали других марок исходя из условий эксплуатации с учетом свариваемости, допускаемых температурных пределов и требований ОСТ 26-291—79.

Пределы применения фланцев приварных встык исполнения 5—12 (см. рис. 13.4, д—м) и исполнения 2 (рис. 13.5, в, е) при сварке с обечайкой или днищем из двухслойной стали устанавливаются применительно к материалу основного слоя. При сварке с обечайкой или днищем из сталей аустенитного класса пределы применения устанавливаются специальным расчетом на прочность, согласованным с головной организацией отрасли.

Назначение фланцев	Тип фланцев	Стандарт	p_y , МПа	D_y , мм
Для аппаратов	Стальные плоские приварные с гладкой уплотнительной поверхностью (соединительным выступом — рис. 13.3, а, е, д), с шипом и пазом (рис. 13.3, б, в, ж, з, и, н), с выступом и впадиной (рис. 13.3, г, д, и, к, о, п)	ОСТ 26-426—79	0,3 0,6; 1,0 1,6	600—4000 400—3200 400—2400
	Стальные приварные встык с впадиной и выступом (рис. 13.4, а, б, в, г, и, к), с пазом и шипом (рис. 13.4, е, з, ж, з, л, м)	ОСТ 26-427—79	0,6 1,0 1,6 2,5 4,0; 6,4	3400—4000 400—4000 400—3200 400—2000 400—1600
	Стальные приварные встык под металлургическую прокладку восьмиугольного сечения (рис. 13.5)	ОСТ 26-428—79	6,4; 8,0; 10,0; 16,0	400—1600

Таблица 13.2

Фланцы для труб и трубной арматуры стальные плоские приварные с соединительным выступом (рис. 13.1, а), с выступом или впадиной (рис. 13.1, б, в) и свободные на приварном кольце с выступом или впадиной (рис. 13.1, г, д)

p_y , МПа	Размеры, мм											Число верстей z		
	D_y	D_{ϕ}	D_B	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	h	h_1		h_2	d
$\leq 0,25$	10	75	50	35	30	15	16	8	8	10	12	4	4	
	15	80	55	40	34	19	20	8	8	10	12	4	4	
	20	90	65	50	44	26	27	10	10	10	12	4	4	
	25	100	75	60	52	33	34	10	10	10	12	4	4	
	32	120	90	70	60	39	41	10	10	10	12	4	4	
	40	130	100	80	70	46	48	10	10	10	12	4	4	
	50	140	110	90	80	59	61	10	10	10	12	4	4	

Типы и параметры стандартных фланцев для труб, трубной арматуры и аппаратов

Назначение фланцев	Тип фланцев	Стандарт	p_y , МПа	D_y , мм
Для труб и трубной арматуры	Стальные плоские приварные с соединительным выступом (рис. 13.1, а)	ГОСТ 1255—67	0,1; 0,25 0,6 1,0; 1,6 2,5	10—1600 10—1000 10—600 10—500
	Стальные плоские приварные с выступом или впадиной (рис. 13.1, б, в)	ГОСТ 12828—67	0,1; 0,25; 0,6 1,0; 1,6 2,5	10—800 10—600 10—500
	Стальные свободные на приварном кольце с выступом или впадиной (рис. 13.1, г, д)	ГОСТ 12834—67	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	10—500
	Стальные приварные встык с соединительным выступом (рис. 13.2, а)	ГОСТ 12830—67	0,1; 0,25 0,6 1,0; 1,6 2,5 4,0 6,4; 10,0 16,0 20,0	10—1600 10—1400 10—1200 10—800 10—500 10—400 15—300 15—250
	Стальные приварные встык с выступом или впадиной (рис. 13.2, в, г)	ГОСТ 12831—67	0,1; 0,25; 0,6 1,0; 1,6; 2,5 4,0 6,4; 10,0 16,0 20,0	10—800 10—800 10—500 10—400 15—300 15—250
	Стальные приварные встык с шипом или пазом (рис. 13.2, д, е)	ГОСТ 12832—67	0,1; 0,25; 0,6 1,0; 1,6; 2,5 4,0 6,4; 10,0	10—800 10—800 10—500 10—400
	Стальные приварные встык под прокладку овального сечения (рис. 13.2, б)	ГОСТ 12833—67	6,4; 10,0 16,0 20,0	10—400 15—300 15—200

Р _у , МПа	Размеры, мм											Число вершин z
	D _у	D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₄	D ₆	f	h ₁	h ₂	d	
1,0	80	195	160	138	121	91	93	17	16	22	18	4
	100	215	180	158	150	110	112	19	16	24	18	8
	125	245	210	188	176	135	138	21	18	26	18	8
	150	280	240	212	204	161	164	21	18	26	23	8
	200	335	268	250	260	222	225	21	20	26	23	8
	250	390	320	313	313	273	279	23	22	28	23	12
	300	440	400	370	364	325	331	24	22	30	23	16
	350	500	460	430	422	377	383	24	24	32	23	16
	400	565	515	482	474	426	433	26	26	31	27	16
	600	780	725	685	678	630	630	31	28	38	27	20
1,6	10	90	60	40	35	15	16	12	12	14	14	4
	15	95	65	45	40	19	20	12	12	14	14	4
	20	105	75	58	51	26	27	14	14	16	14	4
	25	115	85	68	58	33	34	16	14	16	14	4
	32	135	100	78	66	39	41	16	16	18	18	4
	40	145	110	88	76	46	48	17	16	20	18	4
	50	160	125	102	88	59	61	19	16	20	18	4
	65	180	145	122	110	78	80	21	18	22	18	4
	80	195	160	138	121	91	93	21	18	24	18	4
	100	215	180	158	150	110	112	23	20	26	18	8
2,5	10	90	60	40	35	15	16	12	12	14	14	4
	15	95	65	45	40	19	20	12	12	14	14	4
	20	105	75	58	51	26	27	14	14	16	14	4
	25	115	85	68	58	33	34	16	16	18	14	4
	32	135	100	78	66	39	41	16	16	20	18	4
	40	145	110	88	76	46	48	17	18	22	18	4
	50	160	125	102	88	59	61	19	18	22	18	4
	65	180	145	122	110	78	80	21	20	24	18	8
	80	195	160	138	121	91	93	21	20	26	18	8
	100	215	180	158	150	110	112	23	22	28	23	8

Р _у , МПа	Размеры, мм											Число вершин z
	D _у	D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₄	D ₆	f	h ₁	h ₂	d	
≤ 0,25	65	160	130	110	101	78	80	11	14	14	14	4
	80	185	150	128	116	91	93	11	14	14	18	4
	100	205	170	148	138	110	112	11	14	14	18	4
	125	235	200	178	167	135	138	11	14	14	18	8
	150	260	225	202	192	161	164	13	16	16	18	8
	200	315	280	258	250	222	225	15	18	18	18	8
	250	370	335	312	304	273	279	18	18	20	18	12
	300	435	395	365	357	325	331	18	20	24	23	12
	350	485	445	415	407	377	383	18	20	28	23	12
	400	535	495	465	457	426	433	18	24	32	23	16
	500	640	600	570	562	530	537	20	26	38	23	16
	600	755	705	670	662	630	630	20	26	38	27	20
	800	975	920	880	868	820	820	21	—	—	30	24
	1000	1175	1120	1080	—	1020	—	25	—	—	30	28
	1200	1375	1320	1280	—	1220	—	25	—	—	30	32
	1400	1575	1520	1480	—	1420	—	27	—	—	30	36
1600	1785	1730	1690	—	1620	—	27	—	—	30	40	
0,6	10	75	50	35	30	15	16	10	8	10	12	4
	15	80	55	40	34	19	20	10	8	10	12	4
	20	90	65	50	44	26	27	12	10	10	12	4
	25	100	75	60	52	33	34	13	10	12	12	4
	32	120	90	70	60	41	43	13	10	12	14	4
	40	130	100	80	70	46	48	13	10	12	14	4
	50	140	110	90	81	59	61	13	12	12	14	4
	65	160	130	110	101	78	80	13	14	14	14	4
	80	185	150	128	116	91	93	15	14	14	18	4
	100	205	170	148	138	110	112	15	14	14	18	4
	125	235	200	178	167	135	138	17	14	14	18	8
	150	260	225	202	192	161	164	17	16	16	18	8
	200	315	280	258	250	222	225	19	18	18	18	8
	250	370	335	312	304	273	279	20	18	20	18	12
	300	435	395	365	357	325	331	22	20	24	23	12
	350	485	445	415	407	377	383	22	20	28	23	12
400	535	495	465	457	426	433	24	24	32	23	16	
500	640	600	570	562	530	537	25	26	38	23	16	
600	755	705	670	662	630	630	25	26	38	27	20	
800	975	920	880	868	820	820	27	—	—	30	24	
1000	1175	1120	1080	—	1020	—	31	—	—	30	28	
1,0	10	90	60	40	35	15	16	10	10	12	14	4
	15	95	65	45	40	19	20	10	10	12	14	4
	20	105	75	58	51	26	27	12	12	14	14	4
	25	115	85	68	58	33	34	14	12	14	14	4
	32	135	100	78	66	39	41	14	12	16	18	4
	40	145	110	88	76	46	48	15	12	18	18	4
50	160	125	102	88	59	61	15	14	18	18	4	
65	180	145	122	110	78	80	17	14	18	18	4	

Р _у , МПа	Размеры, мм										Число верстий n	
	D _у	D _ф	D _в	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	h ₁	h ₂		d
2,5	350	550	490	450	422	377	383	38	28	38	33	16
	400	610	550	505	474	426	433	40	30	42	33	16
	500	730	660	615	576	530	537	48	32	50	40	20

Примечания: 1. Для всех фланцев D₃ = D₂ - 1 мм. 2. Для всех фланцев значения h₁, h₂ и h₄ в зависимости от D_у:

D_у, мм ≤32 40-250 300-500 ≥600

h₁, мм 2 3 4 100 5

h₂, мм 4 4 5 125 6

h₄, мм 3 3 4 200 5

3. Для свободных фланцев на все Р_у значение с в зависимости от D_у:

D_у, мм ≤20 25-50 65-150 200 250-300 350-500

с, мм 4 5 6 8 11 12

4. Диаметр резьбы болтов (шпильки) d_б для всех фланцев при соответствующих d:

d, мм 12 14 18 23 27 30 33 40

d_б, мм M10 M12 M16 M20 M24 M27 M30 M36

Примеры условного обозначения: стальной плоский приварной фланец с соединительным выступом с D_у = 50 мм на Р_у = 1,0 МПа:

Фланец 50-10 ГОСТ 1255-67;

стальной плоский приварной фланец с выступом с D_у = 100 мм на Р_у = 1,6 МПа:

Фланец I-100-16 ГОСТ 12828-67;

то же с впадиной:

Фланец II-100-16 ГОСТ 12828-67;

стальной свободный фланец на приварном кольце с выступом с D_у = 300 мм на Р_у = 0,6 МПа:

Фланец I-300-6 ГОСТ 12834-67;

то же с впадиной:

Фланец II-300-6 ГОСТ 12834-67.

Таблица 13.3
Фланцы для труб и трубной арматуры стальные приварные встык с соединительным выступом (рис. 13.2, а), с выступом или впадиной (рис. 13.2, в, г), с шипом или пазом (рис. 13.2, д, е)

Р _у , МПа	Размеры, мм										Число верстий n		
	D _у	D _ф	D _в	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	H		h	d
≤0,25	10	75	50	35	30	15	8	22	25	8	12	4	
	15	80	55	40	34	19	12	28	30	8	12	4	
	20	90	65	50	44	26	18	36	32	8	12	4	
	25	100	75	60	52	33	25	42	30	8	12	4	
	32	120	90	70	60	39	31	50	30	8	14	4	
	40	130	100	80	70	46	38	60	36	9	14	4	
	50	140	110	90	81	58	49	70	36	9	14	4	
	65	160	130	110	101	77	66	88	36	9	14	4	
	80	185	150	128	116	116	90	78	102	38	11	18	4
	100	205	170	148	138	110	96	122	40	11	18	4	
	125	235	200	178	167	135	121	148	40	11	18	8	
	150	260	225	202	192	161	146	172	41	11	18	8	
	200	315	280	258	250	222	202	235	48	13	18	8	
	250	370	335	312	304	278	254	288	48	16	18	12	
	300	435	395	365	357	330	303	340	49	16	23	12	
	350	485	445	415	407	382	351	390	49	16	23	16	
400	535	495	465	457	432	398	440	49	16	23	16		
500	640	600	570	562	535	501	545	54	19	23	16		
600	755	705	670	662	636	602	650	60	19	27	20		
800	975	920	880	868	826	792	844	65	19	30	24		
1000	1175	1120	1080	—	—	1028	992	1044	65	21	30	28	
1200	1375	1320	1280	—	—	1228	1192	1244	70	23	30	32	
1400	1575	1520	1480	—	—	1428	1392	1445	70	23	30	36	
1600	1785	1730	1690	—	—	1628	1592	1646	70	23	30	40	
0,6	10	75	50	35	30	15	8	22	25	10	12	4	
	15	80	55	40	34	19	12	28	30	10	12	4	
	20	90	65	50	44	26	18	36	32	10	12	4	
	25	100	75	60	52	33	25	42	32	12	12	4	
	32	120	90	70	60	39	31	50	35	12	14	4	
	40	130	100	80	70	46	38	60	38	12	14	4	
	50	140	110	90	81	58	49	70	38	12	14	4	
	65	160	130	110	101	77	66	88	38	12	14	4	
	80	185	150	128	116	116	90	78	102	40	13	18	4
	100	205	170	148	138	110	96	122	41	13	18	4	
	125	235	200	178	167	135	121	148	43	15	18	8	
	150	260	225	202	192	161	146	172	46	15	18	8	
	200	315	280	258	250	222	202	235	53	17	18	8	
	250	370	335	312	304	278	254	288	53	18	18	12	
	300	435	395	365	357	330	303	340	54	18	23	12	
	350	485	445	415	407	382	351	390	54	18	23	16	
400	535	495	465	457	432	398	440	54	18	23	16		
500	640	600	570	562	535	501	545	54	19	23	16		
600	755	705	670	662	636	602	650	60	19	27	20		
800	975	920	880	868	826	792	844	65	19	30	24		
1000	1175	1120	1080	—	—	1028	992	1044	65	21	30	28	
1200	1375	1320	1280	—	—	1228	1192	1244	70	23	30	32	
1400	1575	1520	1480	—	—	1428	1392	1445	70	23	30	36	
1600	1785	1730	1690	—	—	1628	1592	1646	70	23	30	40	

P _y , МПа	Размеры, мм											Число верстей n	
	D _y	D _φ	D _B	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	H	h		d
1,0	10	90	60	40	35	15	8	25	35	10	14	4	
	15	95	65	45	40	19	12	30	35	10	14	4	
	20	105	75	58	51	26	18	38	38	12	14	4	
	25	115	85	68	58	33	25	45	40	12	14	4	
	32	135	100	78	66	39	31	55	42	13	18	4	
	40	145	110	88	76	46	38	62	45	13	18	4	
	50	160	125	102	88	58	49	76	45	13	18	4	
	65	180	145	122	110	77	66	94	48	15	18	4	
	80	195	160	138	121	90	78	105	50	15	18	4	
	100	215	180	158	150	110	96	128	51	17	18	4	
	125	245	210	188	176	135	121	156	60	19	18	8	
	150	280	240	212	204	161	146	180	60	19	23	8	
	200	335	295	268	260	222	202	240	61	19	23	8	
	250	390	350	320	313	278	254	290	63	21	23	8	
	300	440	400	370	364	330	303	345	64	22	23	12	
	350	500	460	430	422	382	351	400	64	22	23	16	
	400	565	515	482	474	432	398	445	64	22	27	16	
	500	670	620	585	576	535	501	550	69	24	27	20	
	600	780	725	685	678	636	602	650	70	24	30	20	
	800	1010	950	905	878	826	792	850	80	27	33	24	
1000	1220	1160	1110	—	1028	992	1050	85	29	33	28		
1200	1455	1380	1325	—	—	1192	1256	95	33	40	32		
1,6	10	90	60	40	35	15	8	26	35	12	14	4	
	15	95	65	45	40	19	12	30	35	12	14	4	
	20	105	75	58	51	26	18	38	38	12	14	4	
	25	115	85	68	58	33	25	45	40	12	14	4	
	32	135	100	78	66	39	31	55	42	13	18	4	
	40	145	110	88	76	46	38	64	45	13	18	4	
	50	160	125	102	88	58	49	76	45	13	18	4	
	65	180	145	122	110	77	66	94	50	15	18	4	
	80	195	160	138	121	90	78	110	53	17	18	4	
	100	215	180	158	150	110	96	130	53	17	18	8	
	125	245	210	188	176	135	121	156	60	19	18	8	
	150	280	240	212	204	161	146	180	60	19	23	8	
	200	335	295	268	260	222	202	240	61	21	23	12	
	250	405	355	320	313	278	254	292	68	23	27	12	
	300	460	410	378	364	330	303	346	70	24	27	12	
	350	520	470	438	422	382	351	400	74	28	27	16	
	400	580	525	490	474	432	398	450	79	32	30	16	
	500	710	650	610	576	535	501	559	94	38	33	20	
	600	840	770	720	678	636	602	660	95	41	40	20	
	800	1020	950	900	878	826	792	850	100	45	40	24	
1000	1255	1170	1110	—	1028	992	1060	115	49	46	28		
1200	1485	1390	1325	—	—	1192	1268	130	51	52	32		
2,5	10	90	60	40	35	15	8	26	35	14	14	4	
	15	95	65	45	40	19	12	30	35	14	14	4	
	20	105	75	58	51	26	18	38	38	14	14	4	
	25	115	85	68	58	33	25	45	45	14	14	4	
	32	135	100	78	66	39	31	56	45	16	18	4	
	40	145	110	88	76	46	38	64	48	16	18	4	
4,0	10	90	60	40	35	15	8	26	35	14	14	4	
	15	95	65	45	40	19	12	30	35	14	14	4	
	20	105	75	58	51	26	18	38	36	14	14	4	
	25	115	85	68	58	33	25	45	38	14	14	4	
	32	135	100	78	66	39	31	56	45	16	18	4	
	40	145	110	88	76	46	38	64	48	16	18	4	
	50	160	125	102	88	58	48	76	48	16	18	4	
	65	180	145	122	110	77	66	96	53	19	18	8	
	80	195	160	138	121	90	78	112	58	21	18	8	
	100	230	190	162	150	110	96	138	68	23	23	8	
	125	270	220	188	176	135	120	160	68	25	27	8	
	150	300	250	218	204	161	145	186	71	27	27	8	
	200	375	320	280	260	222	200	250	88	35	30	12	
	250	445	385	345	313	278	252	310	101	39	33	12	
	300	510	450	410	364	330	301	368	116	42	33	16	
	350	570	510	465	422	382	351	418	120	48	33	16	
	400	655	585	535	474	432	398	480	139	54	40	16	
	500	755	670	615	576	535	495	580	139	58	46	20	
	6,4	10	100	70	50	35	15	8	34	48	16	14	4
		15	105	75	55	40	19	12	38	48	16	14	4
20		125	90	68	51	26	18	48	56	18	18	4	
25		135	100	78	58	33	25	52	58	20	18	4	
32		150	110	85	66	39	31	64	62	21	23	4	
40		165	125	96	76	46	37	74	68	21	23	4	
50		175	135	108	88	58	47	86	70	23	23	4	
65		200	160	132	110	77	64	106	75	25	23	8	
80		210	170	142	121	90	77	120	75	27	23	8	
100		250	200	170	150	110	94	140	80	29	27	8	

P _y , МПа	Размеры, мм											Число верстей n	
	D _y	D _φ	D _B	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	H	h		d
2,5	10	90	60	40	35	15	8	26	35	14	14	4	
	15	95	65	45	40	19	12	30	35	14	14	4	
	20	105	75	58	51	26	18	38	36	14	14	4	
	25	115	85	68	58	33	25	45	38	14	14	4	
	32	135	100	78	66	39	31	56	45	16	18	4	
	40	145	110	88	76	46	38	64	48	16	18	4	
	50	160	125	102	88	58	49	76	48	17	18	4	
	65	180	145	122	110	77	66	96	53	19	18	8	
	80	195	160	138	121	90	78	110	55	19	18	8	
	100	230	190	162	150	110	96	132	61	21	23	8	
	125	270	220	188	176	135	121	160	68	23	27	8	
	150	300	250	218	204	161	146	186	71	25	27	8	
	200	360	310	278	260	222	202	245	78	27	27	12	
	250	425	370	335	313	278	254	300	78	29	30	12	
	300	485	430	390	364	330	303	352	84	32	30	16	
	350	550	490	450	422	382	351	406	89	36	33	16	
	400	610	550	505	474	432	398	464	104	40	33	16	
	500	730	660	615	576	535	500	570	104	44	40	20	
	600	840	770	720	678	636	600	670	120	49	40	20	
	800	1075	990	930	878	826	790	874	140	55	46	24	
4,0	10	90	60	40	35	15	8	26	35	14	14	4	
	15	95	65	45	40	19	12	30	35	14	14	4	
	20	105	75	58	51	26	18	38	36	14	14	4	
	25	115	85	68	58	33	25	45	38	14	14	4	
	32	135	100	78	66	39	31	56	45	16	18	4	
	40	145	110	88	76	46	38	64	48	16	18	4	
	50	160	125	102	88	58	48	76	48	16	18	4	
	65	180	145	122	110	77	66	96	53	19	18	8	
	80	195	160	138	121	90	78	112	58	21	18	8	
	100	230	190	162	150	110	96	138	68	23	23	8	
	125	270	220	188	176	135	120	160	68	25	27	8	
	150	300	250	218	204	161	145	186	71	27	27	8	
	200	375	320	280	260	222	200	250	88	35	30	12	
	250	445	385	345	313	278	252	310	101	39	33	12	
	300	510	450	410	364	330	301	368	116	42	33	16	
	350	570	510	465	422	382	351	418	120	48	33	16	
	400	655	585	535	474	432	398	480	139	54	40	16	
	500	755	670	615	576	535	495	580	139	58	46	20	
	6,4	10	100	70	50	35	15	8	34	48	16	14	4
		15	105	75	55	40	19	12	38	48	16	14	4
20		125	90	68	51	26	18	48	56	18	18	4	
25		135	100	78	58	33	25	52	58	20	18	4	
32		150	110	85	66	39	31	64	62	21	23	4	
40		165	125	96	76								

Р _у , МПа	Размеры, мм											Число верстий в д	
	D _у	D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	H	h		d
6,4	125	295	240	205	176	135	118	172	98	33	30	8	
	150	340	280	240	204	161	142	206	108	35	33	8	
	200	405	345	300	260	222	198	264	113	41	33	12	
	250	470	400	355	313	278	246	316	118	45	40	12	
	300	530	460	415	364	330	294	370	124	50	40	16	
	350	595	525	475	422	382	342	430	144	56	40	16	
	400	670	585	525	474	432	386	484	159	62	46	16	
	10,0	10	100	70	50	35	15	8	34	45	16	14	4
		15	105	75	55	40	19	12	38	48	18	14	4
		20	125	90	68	51	26	18	48	53	20	18	4
		25	135	100	78	58	33	25	52	58	22	18	4
		32	150	110	85	66	39	31	64	62	22	23	4
40		165	125	96	76	46	37	76	70	23	23	4	
50		195	145	115	88	58	45	86	71	25	27	4	
65		220	170	140	110	77	62	110	83	29	27	8	
80		230	180	150	121	90	75	124	90	31	27	8	
100		265	210	175	150	110	92	146	100	35	30	8	
125		310	250	210	176	135	112	180	115	39	33	8	
150		350	290	250	204	161	136	214	128	43	33	12	
200	430	360	315	260	222	190	276	143	51	40	12		
250	500	430	380	313	278	236	340	163	57	46	16		
300	585	500	445	364	330	284	400	184	66	46	16		
350	655	560	500	422	382	332	460	199	72	52	16		
400	715	620	560	474	432	376	510	204	76	52	16		
16,0	15	105	75	55	40	19	12	38	52	18	14	4	
	20	125	90	68	51	26	18	48	58	20	18	4	
	25	135	100	78	58	33	25	52	58	22	18	4	
	32	150	110	85	66	39	31	64	67	22	23	4	
	40	165	125	96	76	46	37	76	75	25	23	4	
	50	195	145	115	88	58	45	86	78	27	27	4	
	65	220	170	140	110	77	62	110	88	31	27	8	
	80	230	180	150	121	90	75	124	93	33	27	8	
	100	265	210	175	150	110	92	146	103	37	30	8	
	125	310	250	210	176	135	112	180	118	41	33	8	
	150	350	290	250	204	161	136	214	133	47	33	12	
	200	430	360	315	260	222	190	276	148	57	40	12	
250	500	430	380	313	278	236	340	168	65	40	12		
300	585	500	445	364	330	284	400	189	74	46	16		
20,0	15	120	82	55	28	23	14	40	54	24	23	4	
	20	130	90	63	35	29	19	46	57	26	23	4	
	25	150	102	73	42	36	25	54	62	28	27	4	
	32	160	115	86	50	43	31	64	67	30	27	4	
	40	170	124	91	56	49	36	74	75	31	27	4	
	50	210	160	129	70	61	46	105	98	37	27	8	
	65	260	203	167	97	90	68	138	121	45	30	8	

Р _у , МПа	Размеры, мм											Число верстий в д
	D _у	D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	H	h	
20,0	80	290	230	190	116	110	80	162	135	51	33	8
	100	360	292	245	138	135	102	208	178	63	40	8
	125	385	318	271	170	170	130	234	178	73	40	12
	150	440	360	306	190	196	150	266	193	79	46	12
	200	535	440	380	245	248	192	340	233	89	52	12
	250	670	572	508	319	330	254	460	303	107	58	16

Примечания: 1. Для всех фланцев $D_6 = D_2 - 1$ мм. 2. Для всех фланцев значения h_0, h_3 и h_4 в зависимости от $D_у$:

$D_у$, мм	≤ 32	40—250	300—500	≥ 600
h_0 , мм	2	3	4	5
h_3 , мм	4	4	5	6
h_4 , мм	3	3	4	5

3. Для фланцев с пазом значение a_1 в зависимости от $r_у$ для соответствующих $D_у$:

Р _у , МПа	a_1 для $D_у$, мм			
	10; 15	20; 25; 32	40—80	100—300
≤ 0,6	6	6	8	11
≥ 1,0	6	8	8	11

4. Для всех фланцев с шипом $a = a_1 - 1$ мм. 5. Диаметр резьбы болтов (шпнлек) d_B для всех фланцев при соответствующих d :

d , мм	12	14	18	23	27	30	33	40	46	52
d_B , мм	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36	M42	M48

6. Размер h_1 на рис. 13.2, б определяется в зависимости от $D_у$:

$D_у$, мм	≤ 250	300—500	600—800
h_1 , мм	4	5	6

Примеры условного обозначения: стальной приварной встык фланец с соединительным выступом с $D_у = 50$ мм на $r_у = 1,0$ МПа:

Фланец 50-10 ГОСТ 12830-67;

стальной приварной встык фланец с выступом с $D_у = 100$ мм на $r_у = 2,5$ МПа:

Фланец I-100-25 ГОСТ 12831-67;

то же с впадиной:

Фланец II-100-25 ГОСТ 12831-67;

стальной приварной встык фланец с шипом с $D_у = 300$ мм на $r_у = 4,0$ МПа:

Фланец (I)-300-40 ГОСТ 12832-67;

то же с пазом:

Фланец (II)-300-40 ГОСТ 12832-67.

Р _у , МПа	Размеры, мм											Число отверстий z		
	D _у	D _ф	D _Б	D ₁	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	H	h	h ₃		a ₃	d
20,0	15	120	82	55	23	14	40	40	54	24	6,5	9	23	4
	20	130	90	63	29	19	46	45	57	26	6,5	9	23	4
	25	150	102	73	36	25	19	54	62	28	6,5	9	27	4
	32	160	115	86	43	31	64	65	67	30	6,5	9	27	4
	40	170	124	91	49	36	74	75	75	37	6,5	9	27	4
	50	210	160	129	61	46	105	95	98	37	8	12	27	8
	65	260	203	167	90	68	138	130	121	45	8	12	30	8
	80	290	230	190	110	80	162	160	135	51	8	12	33	8
	100	360	292	245	135	102	208	190	178	63	8	12	40	8
	125	385	318	271	170	130	234	205	178	73	10	14	40	12
	150	440	360	306	196	150	266	240	193	79	11	17	46	12
	200	535	440	380	248	192	340	305	233	89	11	17	52	12

Примечания: 1. Значение h₀ в зависимости от D_у:
 D_у, мм ≤32 40-250 ≥300
 h₀, мм 2 3 4

2. Диаметр резьбы болтов (шпилек) d_Б для всех фланцев при соответствующих d:
 d, мм 14 18 23 27 30 33 40 46 52
 d_Б, мм М12 М16 М20 М24 М27 М30 М36 М42 М48

Примечание: Условное обозначение стального приварного встык фланца под прокладку овального сечения с D_у = 125 мм на Р_у = 16 МПа: Фланец 125-160 ГОСТ 12833-67.

Таблица 13.5

Рекомендуемые материалы для деталей стандартных фланцевых соединений труб и трубной арматуры

Деталь	Рабочие условия		Марка стали	Технические требования
	Р, МПа	t, °C		
Фланец плоский приварной	≤2,5	От 0 до +300	ВСт3сп3; ВСт3пс3; ВСт3Гпс3	ГОСТ 14637-79
			ВСт3сп4; ВСт3пс4; ВСт3Гпс4	
			20К	ГОСТ 5520-79
		От -40 до +300	16ГС	
		От -40 до +300	08Х22Н6Т; 08Х21Н6М2Т	ГОСТ 7350-77, группа А

Фланцы стальные приварные встык под прокладку овального сечения (рис. 13.2, б)

Р _у , МПа	Размеры, мм											Число отверстий z		
	D _у	D _ф	D _Б	D ₁	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	H	h	h ₃		a ₃	d
6,4	10	100	70	50	15	8	34	35	48	16	6,5	9	14	4
	15	105	75	55	19	12	38	35	48	16	6,5	9	14	4
	20	125	90	68	26	18	48	45	53	20	6,5	9	18	4
	25	135	100	78	33	25	52	50	58	20	6,5	9	18	4
	32	150	110	85	39	31	64	65	62	21	6,5	9	23	4
	40	165	125	96	46	37	74	75	68	21	6,5	9	23	4
	50	175	135	108	58	47	86	85	70	23	8	12	23	8
	65	200	160	132	77	64	106	110	75	25	8	12	23	8
	80	210	170	142	90	77	120	115	75	27	8	12	27	8
	100	250	200	170	110	94	140	145	80	29	8	12	30	8
	125	295	240	205	135	118	172	175	98	33	8	12	33	8
	150	340	280	240	161	142	206	205	108	35	8	12	33	12
200	405	345	300	222	198	264	265	113	41	8	12	40	12	
250	470	400	355	278	246	316	320	118	45	8	12	40	16	
300	530	460	415	330	294	370	375	124	50	8	12	40	16	
350	595	525	475	382	342	430	420	144	56	8	12	46	16	
400	670	585	525	432	386	484	480	159	62	8	12	46	16	
10,0	10	100	70	50	15	8	34	35	45	16	6,5	9	14	4
	15	105	75	55	19	12	38	35	48	16	6,5	9	14	4
	20	125	90	68	26	18	48	45	53	20	6,5	9	18	4
	25	135	100	78	33	25	52	50	58	22	6,5	9	18	4
	32	150	110	85	39	31	64	65	62	22	6,5	9	23	4
	40	165	125	96	46	37	76	75	70	23	6,5	9	23	4
	50	195	145	115	58	45	86	85	71	25	8	12	27	4
	65	220	170	140	77	62	110	110	83	29	8	12	27	8
	80	230	180	150	90	75	124	115	90	31	8	12	27	8
	100	265	210	175	110	92	146	145	100	35	8	12	30	8
	125	310	250	210	135	112	180	175	115	39	8	12	33	8
	150	350	290	250	161	136	214	205	128	43	8	12	33	12
200	430	360	315	222	190	276	265	143	51	8	12	40	12	
250	500	430	380	278	236	340	320	163	57	8	12	40	12	
300	585	500	415	330	284	400	375	184	66	8	12	46	16	
350	655	560	500	382	332	460	420	199	72	11	17	52	16	
400	715	620	560	432	376	510	480	204	76	11	17	52	16	
16,0	15	105	75	55	19	12	38	35	52	18	6,5	9	14	4
	20	125	90	68	26	18	48	45	58	20	6,5	9	18	4
	25	135	100	78	33	25	52	50	58	22	6,5	9	18	4
	32	150	110	85	39	31	64	65	67	22	6,5	9	23	4
	40	165	125	96	46	37	76	75	75	25	6,5	9	23	4
	50	195	145	115	58	45	86	85	78	27	8	12	27	4
	65	220	170	140	77	62	110	110	88	31	8	12	27	8
	80	230	180	150	90	75	124	130	93	33	8	12	27	8
	100	265	210	175	110	92	146	160	103	37	8	12	30	8
	125	310	250	210	135	112	180	190	118	41	8	12	33	8
	150	350	290	250	161	136	214	205	133	47	10	14	33	12
	200	430	360	315	222	190	276	275	148	57	11	17	40	12
250	500	430	380	278	236	340	330	168	65	11	17	40	12	
300	585	500	445	330	284	400	380	189	74	14	23	46	16	

Деталь	Рабочие условия		Технические требования
	Р, МПа	t, °C	
Фланец плоский приварной	≤2,5	От -70 до +300	ГОСТ 8479-70, группа IV, КП 25
		От -20 до +300	ГОСТ 7350-77, группа А
		От -40 до +300	ГОСТ 14637-79
Фланец свободный	≤2,5	От -20 до +300	ГОСТ 5520-79
		От 0 до +300	ГОСТ 14637-79
Кольцо приварное	≤2,5	От -20 до +300	ГОСТ 5520-79, группа А
		От -40 до +300	ГОСТ 7350-77, группа А
		От 0 до +300	ГОСТ 14637-79
Фланец приварной встык	≤16,0	От 0 до +560	ГОСТ 8479-70, группа IV, КП 28С
		От -40 до +600	ГОСТ 7350-77, группа А
		От -40 до +300	ГОСТ 704-72, группы IV и IVк
		От -253 до +600	ГОСТ 8479-70, группа IV, КП 22
		От -70 до +475	ГОСТ 8479-70, группа IV, КП 25

Деталь	Рабочие условия		Марка стали	Технические требования
	Р, МПа	t, °C		
Болты, шпильки	≤2,5	От -40 до +300	35	ГОСТ 1759-70
		От -40 до +540	25Х2М1Ф	ГОСТ 20072-74
		От -70 до -40	20ХН3А	
		От -70 до +400	35Х; 38ХА	ГОСТ 4543-71
		От -70 до +450	30ХМА	
Гайки	≤16,0	От -70 до +600	45Х14Н14В2М	ГОСТ 20072-74
		От -253 до +600	12Х13Н10Т; 10Х17Н13М2Т	ГОСТ 1759-70
		От -40 до +300	25	ГОСТ 1759-70, КП 5 или КП 6
		От -40 до +540	25Х1МФ	ГОСТ 20072-74
		От -70 до -40	20ХН3А; 10Г2	
Гайки	≤16,0	От -40 до +450	40Х	ГОСТ 4543-71
		От -40 до +510	30ХМА	
		От -40 до +450	37Х12Н8Г8МФБ	ГОСТ 20072-74
		От -253 до +600	12Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т	ГОСТ 5949-75

Примечание. Здесь КП — класс прочности.

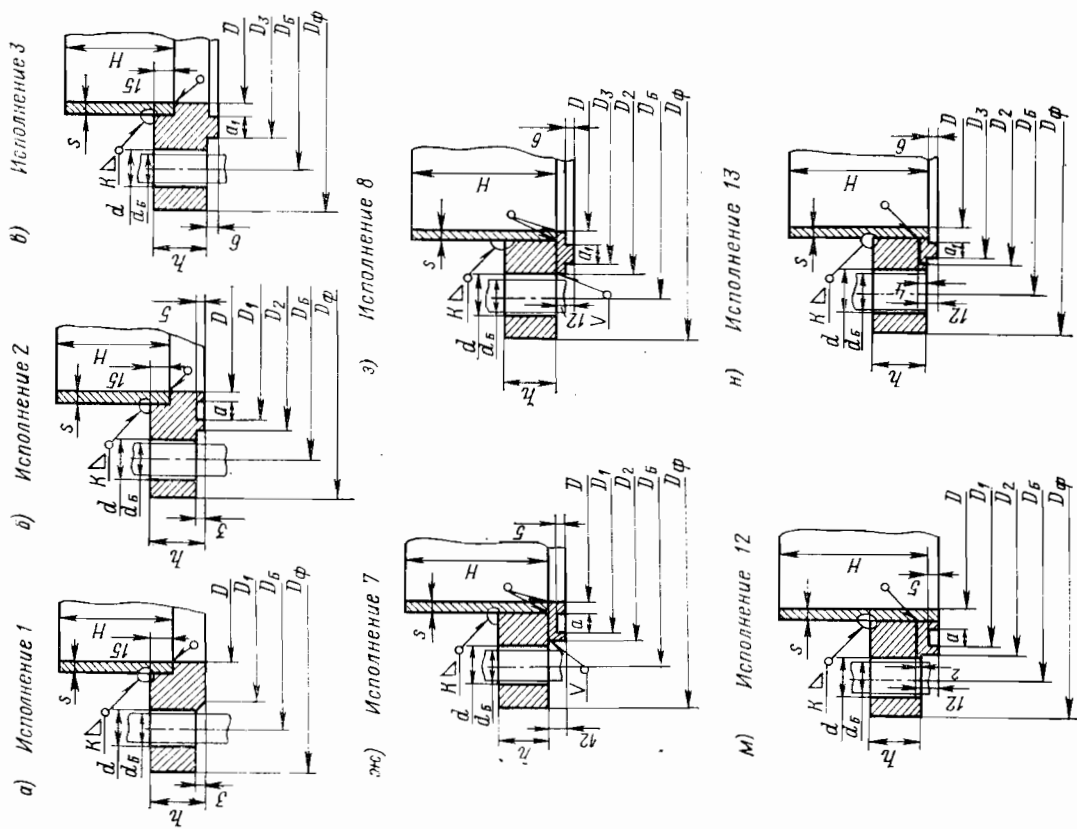
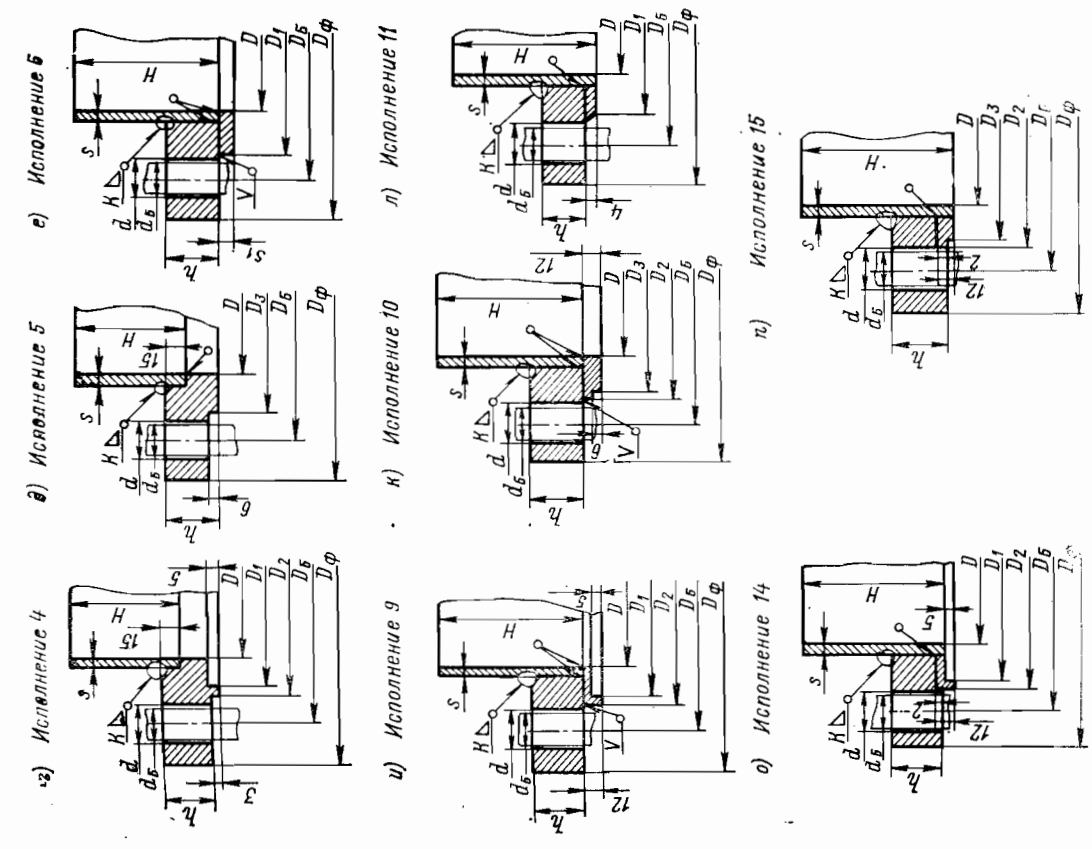


Рис. 13.3. Конструкции стандартных стальных плоских приварных фланцев для (соединительным выступом); б — с пазом; в — с шипом; г — с впадиной; д — из коррозионностойкой стали; е — с пазом, облицованные листом из коррозионностойкой стали; ж — с впадиной, облицованные листом из коррозионностойкой стали; з — с выступом, облицованные листом из коррозионностойкой стали; и — с гладкой уплотнительной поверхностью, наплавленные коррозионностойкой наплавленные коррозионностойкой стали; о — с впадиной, наплавленные коррозионностойкой стали.



аппарат по ОСТ 26-426—79: а — с гладкой уплотнительной поверхностью с выступом; б — с гладкой уплотнительной поверхностью, облицованные листом из коррозионностойкой стали; в — с шипом, облицованные листом из коррозионностойкой стали; г — с выступом, облицованные листом из коррозионностойкой стали; д — с шипом, наплавленные коррозионностойкой стали; е — с выступом, наплавленные коррозионностойкой стали.

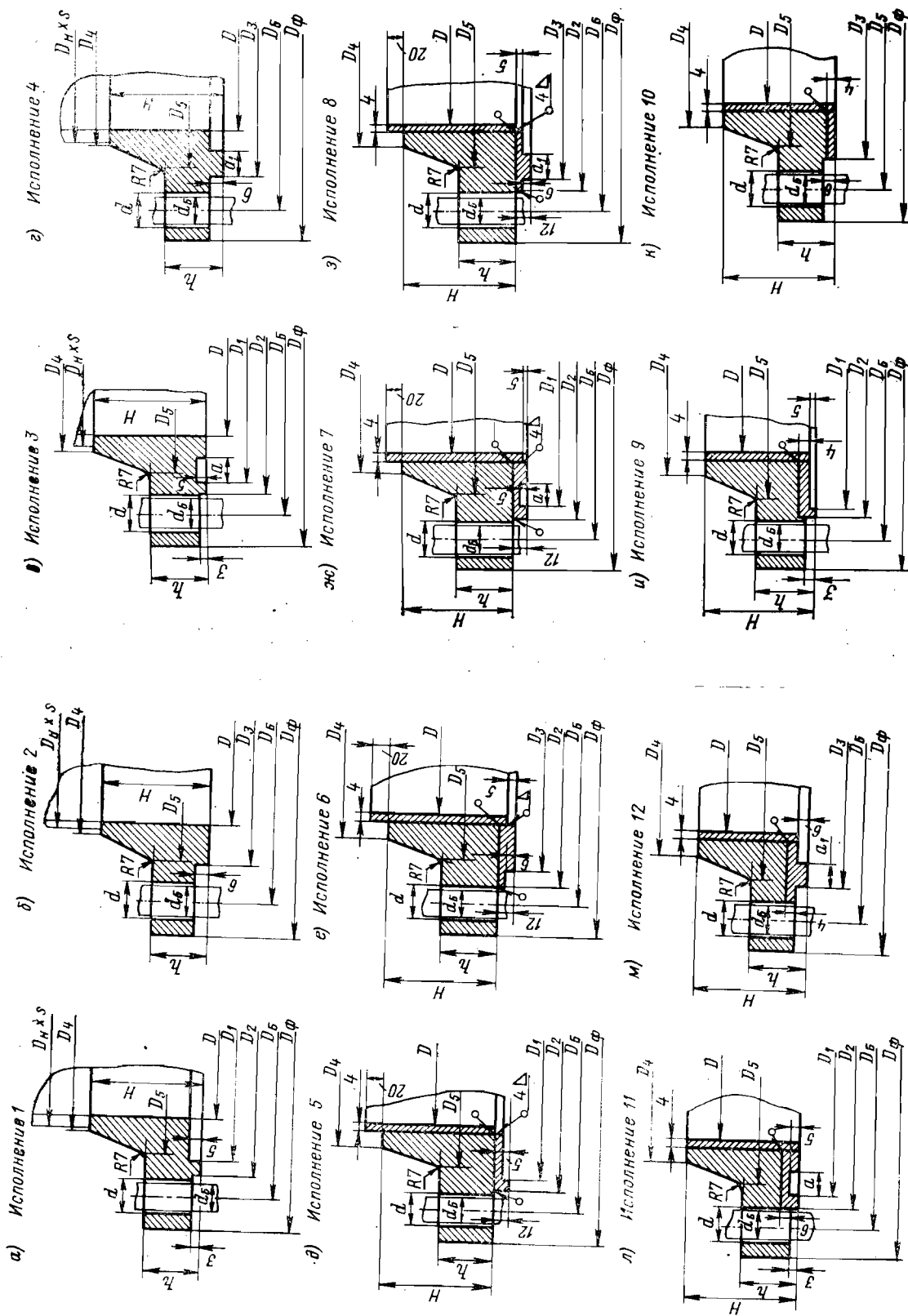


Рис. 13.4. Конструкции стандартных стальных приварных встык фланг с пазом; *г* — с шипом; *д* — с впадиной, облицованные листом из коррозионностойкой стали; *ж* — с пазом, облицованные листом из коррозионностойкой стали; *и* — с впадиной, наплавленные коррозионностойкой сталью; *л* — с пазом, наплавленные коррозионностойкой сталью;

цев для аппаратов по ОСТ 26-427—79: *а* — с впадиной; *б* — с выступом; *в* — коррозионностойкой стали; *е* — с выступом, облицованные листом из коррозионностойкой стали; *з* — с выступом, облицованные листом из коррозионностойкой стали; *к* — с выступом, наплавленные коррозионностойкой сталью; *м* — с шипом, наплавленные коррозионностойкой сталью

Примечания: 1. Плоские фланцы разрешается применять до температуры 300 °С. 2. Первая ступень рабочего давления (при температуре до 100 °С) распределяется и на минусовые температуры, но не ниже пределов, которые допускаются для стали по ОСТ 26-291-79 (см. гл. 3). 3. Допускается применение других марок сталей, предусмотренных ОСТ 26-291-79, с механическими свойствами, обеспечивающими работу фланцевых соединений аппаратов в пределах давлений и температур, указанных в табл. 13.5. 4. Расчет фланцевых соединений проводится по ОСТ 26-373-78 при температуре 100 °С с учетом прибавки на коррозийную толщину. 5. Расчет фланцевых соединений аппарата для всех категорий аппаратов, предусмотренных ОСТ 26-291-79. Расчет плоских фланцев проводится при наличии паронитовой прокладки, для приварных встык фланцев под плоскую прокладку принимается абсолютная прокладка.

P _р , МПа	Марка стали фланца	≤100	200	250	300	350	400	425	450	500	520	540
		20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т; 10Х17Н13М3Т	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ
0,3		0,30	0,28	0,24	0,23	—	—	—	—	—	—	—
0,6		0,60	0,56	0,54	0,50	0,44	0,38	0,35	0,26	0,20	0,37	0,30
1,0		1,00	0,98	0,90	0,83	0,73	0,63	0,58	0,43	0,33	0,45	0,33
1,6		1,60	1,50	1,44	1,33	1,17	1,01	0,94	0,69	0,53	0,62	0,53
2,5		2,50	2,33	2,25	2,08	1,83	1,58	1,46	1,08	0,83	1,00	0,83
4,0		4,00	3,74	3,60	3,34	2,94	2,54	2,34	1,73	1,33	1,40	1,32
6,4		6,40	6,00	5,76	5,33	4,69	4,06	3,74	2,78	2,13	2,40	2,11
8,0		8,00	7,00	6,80	6,00	5,50	5,00	4,20	3,20	2,50	2,88	2,50
10,0		10,00	9,00	8,60	7,70	7,00	6,30	5,20	4,10	3,20	3,90	3,20
16,0		16,00	14,00	13,50	12,00	11,00	10,00	8,30	6,60	5,10	5,10	5,10

P _р , МПа	Марка стали фланца	≤100	200	250	300	350	400	425	450	500	520	540
		20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т; 10Х17Н13М3Т	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ	20; 20К; 16Т; 12Х18Н10Т; 15Х5М; 15ХМ
0,3		0,30	0,28	0,24	0,23	—	—	—	—	—	—	—
0,6		0,60	0,56	0,54	0,50	0,44	0,38	0,35	0,26	0,20	0,37	0,30
1,0		1,00	0,98	0,90	0,83	0,73	0,63	0,58	0,43	0,33	0,45	0,33
1,6		1,60	1,50	1,44	1,33	1,17	1,01	0,94	0,69	0,53	0,62	0,53
2,5		2,50	2,33	2,25	2,08	1,83	1,58	1,46	1,08	0,83	1,00	0,83
4,0		4,00	3,74	3,60	3,34	2,94	2,54	2,34	1,73	1,33	1,40	1,32
6,4		6,40	6,00	5,76	5,33	4,69	4,06	3,74	2,78	2,13	2,40	2,11
8,0		8,00	7,00	6,80	6,00	5,50	5,00	4,20	3,20	2,50	2,88	2,50
10,0		10,00	9,00	8,60	7,70	7,00	6,30	5,20	4,10	3,20	3,90	3,20
16,0		16,00	14,00	13,50	12,00	11,00	10,00	8,30	6,60	5,10	5,10	5,10

Таблица 13.6
 Пределы применения фланцев для аппаратов в зависимости от расчетной температуры и материалов, ОСТ 26-425-79

D, мм	P _y , МПа	Размеры, мм										Число отверстий z
		D _Ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	h	a	a ₁	
400	0,6	520	480	444	452	443	443	25	13,5	12	6	16
	1,0 1,6	535	495	458	466	457	457	30 35				
(450)	0,6	570	530	491	502	493	493	25	13,5	12	8	20
	1,0 1,6	590	550	514	522	513	513	30 40				
500	0,6	620	580	544	552	543	543	25	13,5	12	8	20
	1,0 1,6	640	600	564	572	563	563	35 40				
(550)	0,6	670	630	594	602	593	593	25	13,5	12	8	20
	1,0 1,6	690	650	614	622	613	613	35 40				
600	0,3 0,6	720	680	644	652	643	643	25 30	13,5	12	8	20 24
	1,0 1,6	740	700	664	672	663	663	35 40				
(650)	0,3 0,6	770	730	694	702	693	693	25 30	13,5	12	8	24 28
	1,0 1,6	790	750	714	722	713	713	35 45				
700	0,3 0,6	820	780	744	752	743	743	25 35	13,5	14	8	24 28
	1,0 1,6	840	800	764	772	763	763	35 50				
800	0,3 0,6	920	880	842	852	841	841	25 35	13,5	14	8	28 32
	1,0 1,6	945	905	866	876	865	865	40 55				
900	0,3 0,6	1030	990	952	962	951	951	30 35	13,5	14	8	32 36
	1,0 1,6	1045	1005	966	976	965	965	50 60				

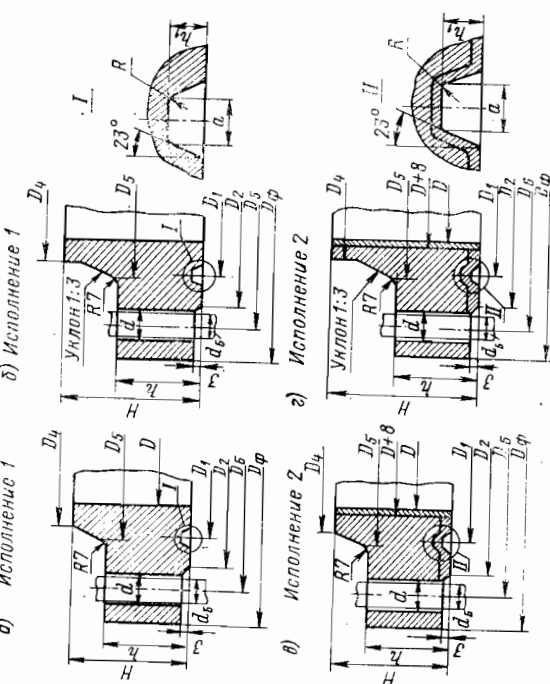


Рис. 13.5. Конструкции стандартных стальных приварных встык фланцев для аппаратов под прокладку восьмиугольного сечения по ОСТ 26-428—79: а, б — монометаллические соответственно на P_y = 6,4 МПа и P_y = 8 ÷ 16 МПа; в, г — наплавленные коррозионностойкой сталью соответственно на P_y = 6,4 МПа и P_y = 8 ÷ 16 МПа

Для уплотнения во фланцевых соединениях применяют прокладки:

- 1) неметаллические, асбесталлические и комбинированные на соединительном выступе фланцев;
- 2) неметаллические и асбесталлические в уплотнении выступ-впадина;
- 3) неметаллические и асбесталлические в уплотнении шип-паз для сред с высокой проникающей способностью (водород, гелий, легкие нефтепродукты, сжиженные газы);
- 4) металлические плоские в уплотнении шип-паз;
- 5) металлические овального и восьмиугольного сечений.

Указанные прокладки стандартизованы (рис. 13.6 и табл. 13.12—13.16).

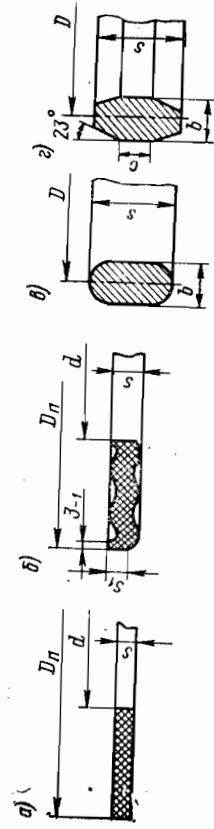


Рис. 13.6. Конструкции прокладок фланцевых соединений: а — плоская из неметаллических материалов (s ≤ 2 мм); б — асбесталлическая гофрированная с оболочкой из стали (s = 4,3 мм; s₁ = 3,4 мм) и с оболочкой из латуни или алюминия (s = 4,5 мм; s₁ = 3,6 мм); в — металлическая овального сечения; г — металлическая восьмиугольного сечения

D, мм	P _y , МПа	Размеры, мм										Число отверстий z
		D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₃	h	a	a ₁	s	d	
1000	0,3	1130	1090	1052	1062	1050	30	13	8	10	8	36
	0,6	1145	1105	1066	1076	1064	40					
1100	1,0	1230	1190	1150	1162	1148	30	15,5	8	10	8	44
	1,6	1250	1210	1168	1180	1166	40					
1200	0,3	1330	1290	1248	1260	1246	35	13	8	10	12	56
	0,6	1350	1310	1268	1280	1266	45					
(1300)	1,0	1430	1390	1348	1360	1346	60	15,5	12	14	14	44
	1,6	1450	1410	1368	1380	1366	75					
1400	0,3	1530	1490	1448	1460	1446	35	16,5	8	10	8	48
	0,6	1550	1510	1470	1484	1468	45					
(1500)	1,0	1630	1590	1548	1560	1545	60	16,5	12	14	14	60
	1,6	1650	1610	1570	1584	1568	75					
1600	0,3	1730	1690	1648	1660	1645	35	17,5	8	10	16	68
	0,6	1750	1710	1668	1680	1664	45					
(1700)	1,0	1830	1790	1748	1760	1745	70	17,5	12	14	16	76
	1,6	1850	1810	1768	1780	1764	85					
1800	0,3	1880	1830	1782	1795	1779	40	17,5	10	23	16	80
	0,6	1930	1890	1848	1860	1845	60					

D, мм	P _y , МПа	Размеры, мм										Число отверстий z
		D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₃	h	a	a ₁	s	d	
1800	1,0	1980	1930	1882	1896	1879	80	17,5	14	16	27	84
	1,6	2030	1990	1946	1960	1943	95					
(1900)	0,3	2030	1990	1946	1960	1943	45	17,5	14	10	23	64
	0,6	2085	2035	1986	2000	1983	65					
2000	1,0	2130	2090	2046	2060	2043	50	17,5	14	10	23	68
	1,6	2185	2135	2086	2100	2083	70					
2200	0,3	2330	2290	2246	2260	2243	55	17,5	14	10	23	72
	0,6	2385	2335	2286	2300	2283	70					
2400	1,0	2530	2490	2446	2460	2443	60	17,5	14	10	23	80
	1,6	2595	2540	2490	2505	2487	80					
2600	0,3	2750	2705	2656	2670	2653	65	17,5	14	10	27	88
	0,6	2800	2755	2706	2720	2703	95					
2800	1,0	2800	2745	2695	2710	2692	115	17,5	14	10	30	96
	1,6	2950	2905	2856	2870	2853	105					
3000	0,3	3150	3105	3056	3070	3053	70	17,5	14	10	30	108
	0,6	3220	3160	3106	3120	3103	135					
3200	1,0	3350	3305	3256	3270	3253	80	17,5	14	10	33	96
	1,6	3420	3360	3306	3320	3303	130					
3400	0,3	3580	3520	3466	3480	3463	95	17,5	14	10	33	104
	0,6	3780	3720	3666	3680	3663	105					
3600	1,0	3980	3920	3866	3880	3863	115	17,5	14	10	33	96
	1,6	4180	4120	4066	4080	4063	125					

Примечания: 1. Для всех фланцев $H \geq 150$ мм; $s_1 \geq s$; $K = s$.
 2. Фланцы с диаметром, заключенным в скобки, должны применяться только для рубашек аппаратов. 3. Фланцы диаметром 1300 и 1500 мм применяются для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с плавающей головкой. 4. Фланец диаметром 450 мм применяется для люков. 5. При использовании прокладок из фторопласта-4 принимают $D_1 = D_2$ и $a = a_1$. 6. Допускается вместо втулки приваривать фланец непосредственно к обечайке, днищу и другим элементам при условии, что толщина их стенки будет не менее s . 7. Диаметр расточки фланца под втулку должен быть больше фланцевого наружного диаметра привариваемой втулки на величину до 3 мм при $D \leq 1000$ мм и до 5 мм при $D > 1000$ мм. 8. Диаметр резьбы болтов (шпильки) d_B для всех фланцев при соответствующих d :
 d , мм 23 27 30 33
 d_B , мм М20 М24 М27 М30

Пример условного обозначения фланца исполнения 3 (рис. 13.3, в) диаметром 1200 мм на $P_y = 0,6$ МПа при высоте втулки $H = 150$ мм: фланец 3-1200-6-150 ОСТ 26-426-79.

При заказе фланца без втулки высота втулки в обозначении не указывается. Материал фланца оговаривается при заказе.

Фланцы для аппаратов стальные приварные встык (рис. 13.4), OCT 26-427-79

D, мм	P _р , МПа	Размеры, мм											Число отверстий z
		D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	h	H	a	a ₁	
400	1,0	495	535	458	466	457	412	432	35	70	13,5	12	20
	1,6	535	495				418	436	35	70	13,5	12	23
400	2,5	530	590	458	466	457	424	454	50	95	15,5	14	20
	4,0	590	530				428	460	70	130	15,5	14	33
450	1,0	514	590	522	507	513	464	482	35	70	13,5	12	24
	1,6	550	590				464	486	35	75	13,5	12	23
450	2,5	514	590	522	507	513	472	490	45	75	15,5	14	20
	4,0	558	595				524	560	60	115	15,5	14	33
500	1,0	564	640	572	563	563	514	532	35	80	13,5	12	24
	1,6	600	640				514	536	35	70	13,5	12	23
500	2,5	635	695	572	563	563	522	544	45	80	15,5	14	28
	4,0	695	635				532	568	75	130	15,5	14	33
600	1,0	664	700	672	663	663	614	634	35	65	14	12	28
	1,6	700	740				616	640	35	70	14	12	23
600	2,5	672	735	685	672	669	624	648	50	85	16	14	28
	4,0	735	795				630	664	65	115	16	14	33

700	1,0	840	850	800	764	772	763	728	754	50	90	14	40
	1,6	850	850					728	754	50	90	14	23
700	2,5	850	835	866	876	876	875	773	782	75	125	14	32
	4,0	895	875					774	782	75	125	14	33
800	1,0	945	955	905	966	976	865	818	838	40	70	14	40
	1,6	955	955					818	838	40	70	14	23
800	2,5	955	1005	1005	990	976	883	848	860	55	100	18	36
	4,0	1005	1055					848	860	55	100	18	33
800	1,0	1045	1070	1005	966	976	965	918	940	45	80	14	40
	1,6	1070	1070					918	940	45	80	14	23
900	2,5	1070	1110	1110	990	988	988	940	962	55	105	18	33
	4,0	1110	1110					940	962	55	105	18	33
900	1,0	1145	1175	1105	1066	1076	1064	1020	1044	50	95	13	44
	1,6	1175	1175					1020	1044	50	95	13	23
1000	2,5	1175	1240	1125	1080	1092	1078	1036	1066	60	105	13	52
	4,0	1240	1300					1036	1066	60	105	13	40
1000	1,0	1250	1300	1210	1168	1180	1166	1120	1144	50	85	13	52
	1,6	1300	1300					1120	1144	50	85	13	23
1100	2,5	1285	1345	1235	1190	1205	1188	1136	1172	65	120	13	56
	4,0	1345	1410					1136	1172	65	120	13	44

D, мм	P _{гв.} МПа	Параметры, мм												
		D _ф	D _Б	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	h	H	a	a ₁	d	
1500	1,0	1610	1650	1570	1584	1568	1524	1524	1558	55	105	16,5	14	23
	2,5	1820	1880	1708	1720	1705	1642	1664	1690	80	155	28,5	14	68
1400	1,0	1610	1655	1506	1520	1504	1438	1476	1484	75	145	15,5	13	64
	2,5	1820	1880	1708	1720	1705	1642	1664	1690	80	155	28,5	14	68
1300	1,0	1450	1505	1400	1414	1398	1338	1415	1380	70	135	15,5	13	60
	2,5	1820	1880	1708	1720	1705	1642	1664	1690	80	155	28,5	14	68
1200	1,0	1350	1405	1296	1310	1294	1228	1268	1276	60	110	15,5	13	56
	2,5	1820	1880	1708	1720	1705	1642	1664	1690	80	155	28,5	14	68

1800	1,0	1980	2025	1910	1928	1907	1842	1896	1896	90	170	2,5	80
	2,5	2235	2385	2116	2130	2113	2044	2104	2074	65	130	1,6	84
2000	1,0	2385	2595	2286	2300	2283	2228	2270	2270	70	135	1,6	88
	2,5	2735	2995	2490	2505	2493	2440	2470	2470	80	135	1,6	92
2200	1,0	2595	2815	2490	2510	2493	2440	2470	2470	80	135	1,6	92
	2,5	2995	3200	2745	2770	2755	2692	2692	2692	85	150	1,6	96
2400	1,0	2815	3000	2745	2770	2755	2692	2692	2692	85	150	1,6	96
	2,5	3200	3420	2960	2990	2975	2905	2848	2876	90	150	1,6	104
2600	1,0	3000	3220	2960	2990	2975	2905	2848	2876	90	150	1,6	104
	2,5	3420	3660	3160	3180	3165	3086	3030	3058	100	160	1,6	116
2800	1,0	3220	3460	3160	3180	3165	3086	3030	3058	100	160	1,6	116
	2,5	3660	3920	3460	3490	3475	3386	3330	3358	110	170	1,6	128
3000	1,0	3460	3720	3460	3490	3475	3386	3330	3358	110	170	1,6	128
	2,5	3920	4200	3720	3750	3735	3636	3580	3608	120	180	1,6	144

Продолжение табл. 13.8

Фланцы для аппаратов стальные приварные встык под прокладку восьмиугольного сечения (рис. 13.5),
ОСТ 26-428-79

D, мм	P _y , МПа	D _ф	D _B	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	h	H	h ₁	a	R	d	Число отверстий z	
															2	4
400	6,4	590	530	430	490	428	460	70	120	120	8	7	1,6	33	20	24
	8,0	620	555	475	516	436	472	70	135	135	8	7	1,6	33	24	24
450	6,4	640	580	510	540	478	510	75	120	120	8	7	1,6	33	20	24
	8,0	675	610	525	571	488	528	72	145	145	8	9	1,6	33	24	24
500	6,4	695	635	560	590	532	568	75	130	130	8	7	1,6	33	24	24
	8,0	735	670	575	631	542	586	76	155	155	10	9	1,6	33	28	28
600	6,4	820	750	685	710	640	680	85	145	145	8	9	1,6	33	28	28
	8,0	885	810	741	780	718	768	85	175	175	12	9	1,6	33	32	32
700	6,4	945	875	785	825	744	792	95	165	165	8	9	1,6	40	28	28
	8,0	980	905	825	859	754	812	95	200	200	12	10	1,6	40	32	32
800	6,4	1055	985	890	935	848	904	95	180	180	12	9	1,6	40	36	36
	8,0	1095	1020	925	974	860	924	106	225	225	13	12	2,4	40	36	36
900	6,4	1180	1110	1025	1060	952	1020	105	205	205	12	9	1,6	40	40	40
	8,0	1230	1145	990	1122	982	1038	122	250	250	15	15	2,4	46	36	36

Примечания: 1. Фланец диаметром 450 мм применяется для люков. 2. Фланцы диаметром 1300 и 1500 мм применяются для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с плавящей головкой. 3. Диаметр резьбы шпунка d_B для всех фланцев при соответствующей d.

d, мм: M30, M36, M42, M48, M52, M56, M60, M64, M68, M74, M76, M80, M86

Пример условного обозначения фланца для аппарата исполнения 1 диаметром 1200 мм на P_y = 6,4 МПа: Фланец 1-1200-64 ОСТ 26-428-79.

1000	6,4	1300	1220	1070	1165	1056	1126	115	115	115	13	12	46	40	40	36
	8,0	1340	1255	1090	1203	1074	1152	130	270	270	16	16	52	46	40	36
1100	6,4	1410	1330	1170	1275	1164	1236	125	230	230	13	12	46	44	40	32
	8,0	1475	1380	1190	1322	1180	1264	142	296	296	16	19	52	44	40	32
1200	6,4	1520	1440	1280	1385	1268	1346	130	245	245	15	13	46	48	44	32
	8,0	1590	1495	1290	1437	1286	1376	148	310	310	17	20	52	48	44	32
1300	6,4	1655	1565	1365	1485	1372	1456	135	260	260	15	13	52	48	44	32
	8,0	1700	1605	1400	1547	1392	1488	158	335	335	19	23	52	48	44	32
1400	6,4	1770	1675	1460	1610	1476	1562	155	285	285	16	16	58	48	44	32
	8,0	1825	1720	1500	1658	1498	1598	172	355	355	20	24	58	48	44	32
1500	6,4	1880	1785	1600	1720	1580	1672	155	290	290	16	19	58	52	48	32
	8,0	1950	1840	1610	1774	1604	1710	186	380	380	22	26	60	52	48	32
1600	6,4	1990	1900	1705	1835	1686	1784	160	305	305	16	19	58	56	52	32
	8,0	2060	1950	1710	1884	1710	1820	196	410	410	22	26	60	56	52	32

Прокладки металлические овального и восьмиугольного сечений для стандартных фланцевых соединений труб и грубой арматуры (рис. 13.6, в, з)

D _у , мм	R _у , МПа	Прокладки овального сечения				Прокладки восьмиугольного сечения			
		Размеры, мм							
		D	b	s	D	b	s	c	
15	6,4; 10,0; 16,0	35	8	14	—	—	—	—	—
20		45							
25		50							
32		65							
40	75								
50	6,4; 10,0; 16,0	85	—	—	—	—	—	—	—
65		95							
80	6,4; 10,0; 16,0	110	11	18	—	—	—	—	—
100		115							
125		130							
150	6,4; 10,0	145	—	—	—	—	—	—	—
		160							
200	6,4; 10,0	175	13	20	—	—	—	—	—
		190							
250	6,4; 10,0	205	11	18	—	—	—	—	—
		265							
300	6,4; 10,0	275	16	22	16	22	16	22	10
		320							
350	6,4; 10,0	330	11	18	—	—	—	—	—
		350							
400	6,4	375	11	18	—	—	—	—	—
		420							
450	6,4	420	22	30	380	22	30	30	12
		480							

Прокладки плоские эластичные из паронита для стандартных фланцевых соединений труб и грубой арматуры (рис. 13.6, а), ГОСТ 15180—70

D _у , мм	D _п , мм, для прокладок типа А на R _у , МПа						D _п , мм, для прокладок типа В на R _у , МПа					
	A на R _у , МПа						B на R _у , МПа					
	0,25	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,0
10	38	45	50	55	60	65	29	34	39	44	49	19
15	43	50	55	60	65	70	33	39	44	49	54	23
20	53	60	65	70	75	80	43	50	55	60	65	33
25	63	69	75	81	87	93	51	57	63	69	75	41
32	75	81	87	93	99	105	59	65	71	77	83	49
40	85	91	97	103	109	115	69	75	81	87	93	55
50	95	106	116	126	136	146	80	87	94	101	108	66
65	115	126	137	148	159	170	100	109	119	129	139	86
80	132	141	151	161	171	181	115	120	129	139	149	101
100	151	161	171	181	191	201	137	149	159	169	179	117
125	181	191	201	211	221	231	166	175	185	195	205	146
150	206	216	226	236	246	256	191	203	215	227	239	161
200	261	271	281	291	301	311	242	259	277	295	313	216
250	318	327	338	348	358	368	282	312	342	372	402	264
300	372	376	382	398	415	432	327	363	398	432	466	318
350	421	436	442	455	475	495	406	421	442	466	490	372
400	473	487	495	515	543	575	456	473	495	528	561	421
500	576	592	615	620	620	620	561	575	575	575	575	528
600	677	693	728	728	728	728	661	677	677	677	677	620
800	888	915	908	942	970	970	867	877	877	877	877	820
1000	1088	1125	1122	1150	—	—	—	—	—	—	—	1020
1200	1288	1305	1338	1360	—	—	—	—	—	—	—	1220

Примечания: 1. Прокладки типа А — для фланцев с соединительным выступом (см. рис. 13.1, а, 13.2, а и табл. 13.2, 13.3), прокладки типа В — для фланцев с выступом и впадиной (см. рис. 13.1, б, в; 13.2, в, г и табл. 13.2, 13.3), прокладки типа В — для фланцев с шипом и пазом (см. рис. 13.2, д, е и табл. 13.2, 13.3). 2. Толщина всех прокладок s = 2 мм.

Примечание: условное обозначение прокладки типа В для фланца с D_у = 100 мм на R_у = 1,0 МПа.

Прокладка В-100-10 ГОСТ 15180—70.

Прокладки из неметаллических материалов для стандартных фланцевых соединений стальных аппаратов
(рис. 13.6, а), ОСТ 26-430—79

D, мм	D _п , мм, для прокладок исполнения 1 и 2 на p _y , МПа							d, мм, для прокладок исполнения										
								1 на p _y , МПа						2 на p _y , МПа				
	0,3	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4	0,3	0,6	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4	0,3	0,6	1,0	1,6
400	443	443	457	457	457	457	457	418	418	432	432	432	428	428	413	413	427	427
450	493	493	513	513	513	507	507	468	468	488	488	488	478	478	463	463	483	483
500	543	543	563	563	563	557	557	518	518	538	538	538	528	528	513	513	533	533
550	593	593	613	613	—	—	—	568	568	588	588	—	—	—	563	563	565	565
600	643	643	663	663	663	657	669	617	617	637	637	637	627	639	613	613	633	633
650	693	693	713	713	—	—	—	667	667	687	687	—	—	—	663	663	683	683
700	743	743	763	763	773	757	774	717	717	737	737	747	727	744	713	713	733	733
800	841	841	865	865	875	869	884	815	815	839	839	849	831	846	811	811	835	835
900	951	951	965	965	977	969	989	925	925	939	939	951	931	951	921	921	935	935
1000	1051	1051	1065	1065	1079	1074	1094	1022	1022	1036	1036	1050	1036	1056	1021	1021	1029	1029
1100	1149	1149	1167	1167	1189	1189	1205	1120	1120	1138	1138	1160	1135	1151	1119	1119	1130	1130
1200	1247	1247	1267	1267	1295	1289	1309	1218	1218	1238	1238	1266	1235	1255	1217	1217	1230	1230
1300	1347	1347	1367	1367	1398	1388	1416	1318	1318	1338	1338	1371	1336	1364	1317	1317	1334	1334
1400	1447	1447	1469	1469	1504	1493	1520	1418	1418	1440	1440	1477	1441	1468	1417	1417	1434	1434

1500	1547	1547	1568	1580	1606	1602	1625	1516	1516	1539	1551	1576	1549	1572	1507	1507	1539	1539
1600	1646	1646	1680	1680	1706	1706	1730	1615	1615	1649	1649	1675	1653	1677	1607	1607	1638	1638
1700	1746	1746	1780	1780	—	—	—	1715	1715	1749	1749	—	—	—	1707	1707	1737	1737
1800	1846	1846	1880	1880	1908	—	—	1815	1815	1849	1849	1877	—	—	1807	1807	1837	1837
1900	1944	1944	1984	1984	—	—	—	1913	1913	1953	1953	—	—	—	1905	1905	1940	1940
2000	2044	2044	2084	2084	2114	—	—	2013	2013	2045	2045	2075	—	—	2005	2005	2040	2040
2200	2244	2244	2284	2284	—	—	—	2213	2213	2245	2245	—	—	—	2205	2205	2240	2240
2400	2444	2444	2488	2494	—	—	—	2413	2413	2449	2455	—	—	—	2405	2405	2450	2450
2600	2654	2654	2693	2698	—	—	—	2614	2614	2653	2658	—	—	—	2610	2610	2655	2655
2800	2854	2854	2893	2902	—	—	—	2814	2814	2853	2862	—	—	—	2810	2810	2851	2851
3000	3054	3054	3104	3104	—	—	—	3014	3014	3064	3064	—	—	—	3010	3010	3070	3070
3200	3254	3254	3304	3304	—	—	—	3214	3214	3254	3254	—	—	—	3210	3210	3260	3260
3400	3464	3484	3504	—	—	—	—	3424	3434	3454	—	—	—	—	3415	—	—	—
3600	3664	3684	3704	—	—	—	—	3624	3634	3654	—	—	—	—	3615	—	—	—
3800	3864	3894	3914	—	—	—	—	3824	3844	3864	—	—	—	—	3815	—	—	—
4000	4064	4104	4114	—	—	—	—	4024	4053	4063	—	—	—	—	4015	—	—	—

Примечания: 1. Материал прокладок: паронит по ГОСТ 481—71, резина по ГОСТ 7338—77, картон асбестовый по ГОСТ 2850—75, фторопласт-4 по ГОСТ 10007—72. 2. Прокладки исполнения 1 — для фланцев с уплотнительной поверхностью «выступ—впадина» и «шип—паз», исполнения 2 — для фланцев с гладкой уплотнительной поверхностью (соединительным выступом). 3. Толщина прокладок из паронита s = 2 мм, из резины — s = 3 мм.

Пример условного обозначения прокладки исполнения 1 для фланца диаметром 1000 мм, на p_y = 1,6 МПа:

Прокладка 1-1000-16 ОСТ 26-430—79.

Прокладки асбометаллические для стандартных фланцевых соединений стальных аппаратов (рис. 13.6, б), ОСТ 26-431—79

$D_{\text{ф}}$, мм	$D_{\text{п}}$, мм, на $p_{\text{у}}$, МПа					d , мм, на $p_{\text{у}}$, МПа				
	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4
400	457	457	457	457	457	433	433	433	429	429
450	513	513	513	507	507	489	489	489	479	479
500	563	563	563	557	557	539	539	539	529	529
600	663	663	663	657	669	639	639	639	629	641
700	763	763	773	757	774	739	739	749	729	746
800	865	865	875	869	884	841	841	851	833	848
900	965	965	977	969	989	941	941	953	933	953
1000	1065	1065	1079	1074	1094	1037	1037	1051	1038	1058
1100	1167	1167	1189	1189	1205	1139	1139	1161	1139	1155
1200	1267	1267	1295	1289	1309	1237	1237	1267	1239	1259
1300	1366	1366	1398	1388	1416	1338	1338	1370	1338	1366
1400	1468	1468	1504	1493	1520	1442	1442	1476	1443	1470
1500	1568	1580	1606	1602	1625	1540	1540	1574	1552	1575
1600	1680	1680	1706	1706	1730	1648	1648	1674	1656	1680
1700	1780	1780	—	—	—	1748	1748	—	—	—
1800	1881	1881	1908	—	—	1849	1849	1876	—	—
1900	1985	1985	—	—	—	1953	1953	—	—	—
2000	2084	2084	2114	—	—	2044	2044	2074	—	—
2200	2284	2284	—	—	—	2244	2244	—	—	—
2400	2488	2488	—	—	—	2448	2448	—	—	—
2600	2693	2698	—	—	—	2657	2662	—	—	—
2800	2893	2902	—	—	—	2857	2866	—	—	—
3000	3104	3104	—	—	—	3064	3064	—	—	—
3200	3304	3304	—	—	—	3264	3264	—	—	—
3400	3504	—	—	—	—	3464	—	—	—	—
3600	3704	—	—	—	—	3664	—	—	—	—
3800	3914	—	—	—	—	3874	—	—	—	—
4000	4114	—	—	—	—	4074	—	—	—	—

Примечания: 1. Прокладки применяются к фланцам по табл. 13.8.
2. Материал оболочек прокладок выбирают в зависимости от условий эксплуатации по следующей таблице:

Исполнение прокладки	Материал	Толщина обложки, мм
1	Алюминий АД, ГОСТ 13726—78	0,3
2	Латунь Л63, ГОСТ 2208—75	0,3
3	Сталь 10Х13М, ГОСТ 4986—79	0,2
4	Сталь 08Х18Н9М, ГОСТ 4986—79	0,2
5	Сталь 08Х18Н12БМ, ГОСТ 4986—79	0,2

Материал наполнителя прокладок: картон асбестовый по ГОСТ 2850—75 или бумага асбестовая по ГОСТ 23779—79.

Пример условного обозначения прокладки для фланцев диаметром 1400 мм на $p_{\text{у}} = 2,5$ МПа:

Прокладка 1400-25 ОСТ 26-431—79.

Прокладки металлические восьмиугольного сечения для стандартных фланцевых соединений стальных аппаратов (рис. 13.6, з), ОСТ 26-432—79

$D_{\text{ф}}$, мм	$p_{\text{у}}$, МПа	Размеры, мм				$D_{\text{ф}}$, мм	$p_{\text{у}}$, МПа	Размеры, мм			
		D	s	b	c			D	s	b	c
400	6,4 8,0; 10,0 16,0	430	16	12	7	1000	6,4 8,0; 10,0 16,0	1070	26	22	10
		475	16	12	7			1090	34	28	14
		475	25	20	9			1120	50	42	18
450	6,4 8,0; 10,0 16,0	510	18	12	7	1100	6,4 8,0; 10,0 16,0	1170	26	22	10
		525	18	14	8			1190	36	30	15
		525	26	22	10			1235	54	46	18
500	6,0 8,0; 10,0 16,0	560	16	12	7	1200	6,4 8,0; 10,0 16,0	1280	30	24	12
		575	20	16	8			1290	38	32	16
		575	30	24	12			1350	58	50	20
600	6,4 8,0; 10,0 16,0	685	18	14	8	1300	6,4 8,0; 10,0	1365	30	24	12
		675	23	18	8			1400	42	36	16
		675	32	26	13						
700	6,4 8,0; 10,0 16,0	785	18	14	8	1400	6,4 8,0; 10,0	1460	34	27	14
		775	25	20	9			1500	44	38	16
		790	38	32	16						
800	6,4 8,0; 10,0 16,0	890	23	18	8	1500	6,4 8,0; 10,0	1600	36	30	15
		875	26	22	10			1610	50	42	18
		910	42	36	16						
900	6,4 8,0; 10,0 16,0	1025	23	18	8	1600	6,4 8,0; 10,0	1705	36	30	15
		990	32	26	13			1710	50	42	18
		1015	48	40	24						

Примечания: 1. Материал прокладок:

Шифр	Материал
1	Сталь 08кп, ГОСТ 9045—70, и Э12, ГОСТ 11036—75
2	Сталь 08Х13, ГОСТ 5632—72
3	Сталь 08Х18Н10Т, ГОСТ 5632—72

2. Прокладки из высоколегированных и коррозионностойких сталей должны подвергаться термообработке.

Пример условного обозначения прокладки для фланца диаметром 1200 мм на $p_{\text{у}} = 8,0$ МПа из стали марки 08Х13:

Прокладка 1200-80-2 ОСТ 26-432—79.

D_y	d	p_y , МПа									
		1,0; 1,6		2,5		4,0		6,4			
		D	H	D	H	D	H	D	H		
50	49					400—1600	36	400—1300	50		
						1700—2200	45			1400—1900	65
						2400—3200	65			2000—2600	85
						3400—4000	85				
65	66	400—4000	36			400—1500	36	400—1300	50		
						1600—2000	45			1400—1800	65
						2200—3200	65			1900—2600	85
						3400—4000	85				
80	78					400—1400	36	400—1300	50		
						1500—2000	45			1400—1800	65
						2200—3200	65			1900—2600	85
						3400—4000	85				
100	96					400—2200	50	400	55		
						2400—3200	65			450—1800	65
						3400—4000	85			1900—2400	85
125	121	500—4000	36	450—4000	55	450—2000	55	400; 450	85		
						2200—2800	65	500; 550	70		
						3000—4000	85	600—1200	60		
								1300—1800	70		
150	146	550—4000	45	550—4000	55	400; 450	85	500—600	85		
						500; 550	65			650—1400	70
						600—1500	55			1500—2200	85
						1600—2800	65				
200	202	800—4000*	45	600—700	70	600—700	85	800—1500	85		
						650;					
						700**					
						800—					
200	202	800—2200**	45	800—2000	55	800—1600	65	800—1500	85		
						2200—4000	70				
						2400—					
						3800**					

Примечания: 1. Значения D_{ϕ} , D_B , D_1 , D_2 , a_1 , h_0 , h_4 , d_B и z (число болтов или шпилек) см. в табл. 13.2 и 13.3 для соответствующих p_y , значения D_1 , a_2 и h_2 см. в табл. 13.4. 2. В случае применения бобышек при рабочей температуре выше 200 °С они должны быть проверены расчетом при рабочих условиях (рабочей температуре и рабочем давлении) по формулам, приведенным в ОСТ 26-01-748—73.

Пример условного обозначения бобышки типа А, исполнения 3 на $D_y = 100$ мм, $p_y = 4,0$ МПа толщиной $H = 65$ мм:

Бобышка А-3-100-40-65 ОСТ 26-01-748—73.

* Только для $p_y = 1,0$ МПа.

** Только для $p_y = 1,6$ МПа.

Стандартные стальные приварные фланцевые бобышки накладные (тип Б) с втулками и кольцами для трубной арматуры и труб (рис. 13.7, б, исполнения 1—4), ОСТ 26-01-748—73

мм

D_y	$D_H \times s$	R_{\min}	p_y , МПа	H	H_1	H_2	h_1	l
50	57×6	200	1,0	53	20	37	10	45
			1,6	63	20	37	10	55
			2,5	78	20	37	10	70
			4,0	113	20	37	10	105
			6,4	153	24	45	12	145
65	76×6	225	1,0	53	20	39	10	45
			1,6	63	20	39	10	55
			2,5	78	20	39	10	70
			4,0	113	20	39	10	105
			6,4	153	24	48	12	145
80	89×6	225	1,0	53	20	42	10	45
			1,6	63	20	42	10	55
			2,5	78	20	42	10	70
			4,0	113	20	42	10	105
			6,4	153	24	50	12	145
100	108×7	275	1,0	53	20	42	10	45
			1,6	63	20	42	10	55
			2,5	83	24	50	10	75
			4,0	113	24	50	10	105
			6,4	158	30	60	12	150
125	133×7	325	1,0	53	20	44	12	45
			1,6	63	20	44	12	55
			2,5	93	30	60	12	85
			4,0	123	30	60	12	115
			6,4	163	32	68	14	155
150	159×7	400	1,0	58	24	50	12	50
			1,6	68	24	50	12	60
			2,5	93	30	60	12	85
			4,0	123	30	60	12	115
			6,4	168	36	74	14	160
200	219×10	550	1,0	58	24	50	12	50
			1,6	68	24	50	12	60
			2,5	93	30	60	12	85
			4,0	123	32	65	12	115
			6,4	168	36	74	14	160

Примечания: 1. Значения D_{ϕ} , D_B , D_1 , D_2 , a_1 , h_4 , d_B и z (число болтов или шпилек) см. в табл. 13.2 и 13.3 для соответствующих p_y , значения D_1 , a_2 и h_2 см. в табл. 13.4. 2. Накладные бобышки предназначены для аппаратов из двухслойных сталей. 3. Материал собственно бобышки такой же, как материал основного слоя двухслойной стали, а кольца и втулки — как материал плакированного слоя. 4. В случае применения бобышек при рабочей температуре выше 200 °С они должны быть проверены расчетом при рабочих условиях (рабочей температуре и рабочем давлении) по формулам, приведенным в ОСТ 26-01-748—73.

Пример условного обозначения бобышки типа Б исполнения 3 на $D_y = 150$ мм, $p_y = 1,6$ МПа:

Бобышка Б-3-150-16 ОСТ 26-01-748—73.

Элементы стандартных фланцевых соединений на зажимах для стальных сварных аппаратов,
ОСТ 26-01-396—71 и ОСТ 26-01-385—72

мм

D	p _y , МПа	Фланец (рис. 13.8, исполнения 1—6)												Зажим (рис. 13.9)						
		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	H	h	h ₁	h ₂	a	a ₁	R	s	H ₁	B	L	d _Б	z		
400	0,6 1,0 1,6	465	458	457	475	40	28	30											32 44 44	
500	0,6 1,0 1,6	575	564	563	590	45	30	35	6	13	12			6	6	52	25	75	M16	40 44 52
600	0,6 1,0 1,6	675	664	663	690															44 52 60
700	0,6 1,0 1,6	775	764	763	795	50	35	40	8					8	8	66	38	99	M24	24 28 32
800	0,6 1,0 1,6	875	866	865	895															28 32 36
900	0,6 1,0 1,6	975	966	965	995	56	40	45						8	8	66	38	99	M24	28 32 36
1000	0,6 1,0 1,6	1075	1066	1064	1095															32 36 40
										15	13									

Продолжение табл. 13.20

D	p _y , МПа	Фланец (рис. 13.8, исполнения 1—6)												Зажим (рис. 13.9)							
		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	H	h	h ₁	h ₂	a	a ₁	R	s	H ₁	B	L	d _Б	z			
1100	0,6 1,0 1,6	1180	1168	1166	1195	56	45	50	8	15	13	8	8	66	38	99	M24		36 40 48		
1200	0,6 1,0 1,6	1280	1268	1266	1295														40 48 52		
1400	0,6 1,0 1,6	1485	1472	1470	1510	56 56 65	45 45 56	50 50 60	8	15	13								M24	52 56 64	
1600	0,6 1,0 1,6	1695	1684	1681	1710	60 60 65	50 50 56	56 56 60												17	14
1800	0,6 1,0 1,6	1895	1882	1879	1910	65 65 70	56 56 60	60 60 65	8	21	18									M24	76 86 100
2000	0,6 1,0 1,6	2100	2086	2083	2110	65 70 70	56 60 65	60 65 65													90 96 108

Примечания: 1. Материал фланцев и болтов — согласно табл. 13.5 и 13.11, деталей зажимов — по ОСТ 26-01-385—72. Зажимы могут быть выполнены из углеродистых и аустенитных сталей. 2. Пределы применения фланцев в зависимости от материала и температуры должны соответствовать табл. 13.6.

Примеры условного обозначения: фланец для аппарата, не содержащего взрыво- или пожароопасной среды, исполнения 1, диаметром D = 1200 мм на p_y = 0,6 МПа:

Фланец 1-1-1200-6 ОСТ 26-01-396—71;

то же для аппарата, содержащего взрыво- или пожароопасную среду:

Фланец 2-1-1200-6 ОСТ 26-01-396—71.

13.2. Расчет фланцевых соединений

Расчетная температура элементов фланцевого соединения принимается по табл. 13.21, допускаемые напряжения болтов (шпилек) — по табл. 13.22. Для стали марок, не указанных в таблице, допускаемые напряжения определяются по формулам:

а) для углеродистых сталей при расчетной температуре $t_R \leq 380^\circ\text{C}$, для низколегированных сталей при $t_R \leq 420^\circ\text{C}$ и для высоколегированных аустенитных сталей при $t_R \leq 525^\circ\text{C}$

$$[\sigma_B] = \sigma_T / n_T, \quad (13.1)$$

Таблица 13.21
Расчетная температура элементов фланцевого соединения, в зависимости от температуры среды t , ОСТ 26-373—78

Тип фланцевого соединения	Изолированные элементы			Не изолированные элементы		
	$t_{\text{ф}}$	$t_{\text{к}}$	$t_{\text{б}}$	$t_{\text{ф}}$	$t_{\text{к}}$	$t_{\text{б}}$
С приварными плоскими и приварными встык фланцами	t	—	$0,97t$	$0,96t$	—	$0,95t$
Со свободными фланцами	t	$0,97t$	$0,90t$	$0,96t$	$0,90t$	$0,81t$

Таблица 13.22
Допускаемые напряжения для болтов (шпилек) из стали разных марок в зависимости от температуры, ОСТ 26-373—78

Расчетная температура, $^\circ\text{C}$	[σ], МПа, для стали марок									
	33; БСт5	12Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т	45Х14Н13В2Н	37Х12Н8ТМФБ; 38Х14А	28Х2МФА; 28Х1МФ	25Х2М1Ф	18Х12МВФР	20ХНФР		
20	130	110	160	230	230	230	230	230	230	230
100	126	105	150	225	230	230	230	230	230	230
200	120	98	138	220	225	225	225	225	225	225
300	97	90	126	220	215	215	215	215	215	215
350	86	86	120	185	215	215	215	215	215	215
375	80	85	117	175	210	210	210	210	210	210
400	75	83	114	160	210	210	210	210	210	210
425	68	82	110	—	182	195	190	195	180	180
450	—	80	107	—	156	180	165	180	165	165
475	—	79	104	—	127	165	143	165	143	143
500	—	78	100	—	96	150	120	150	120	120
510	—	—	95	—	84	137	110	140	110	110
520	—	—	90	—	74	120	98	130	98	98
530	—	—	85	—	65	100	88	118	88	88
540	—	—	80	—	55	75	75	105	75	75
550	—	—	75	—	—	64	—	90	—	90

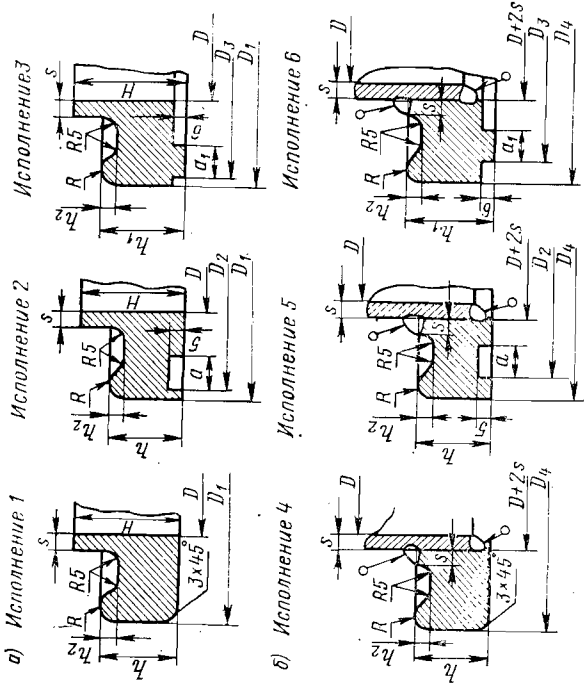


Рис. 13.8. Конструкция стандартных стальных приварных фланцев под зажимы для аппаратов по ОСТ 26-01-396—71: а — при варные встык; б — приварные внахлестку [исполнения: 1 и 4 — с гладкой уплотнительной поверхностью (без ограничительного выступа); 2 и 5 — с пазом; 3 и 6 — с выступом]

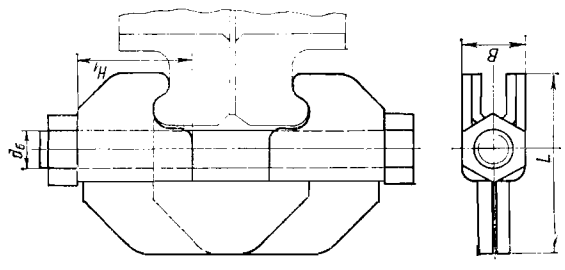


Рис. 13.9. Конструкция стандартного зажима по ОСТ 26-01-385—72

Наряду с указанными выше основными стандартными фланцевыми соединениями аппаратов на рабочие параметры $p \leq 1,6$ МПа и $t \leq 300^\circ\text{C}$ при диаметрах аппарата $D = 400-2000$ мм могут применяться также менее металлоемкие стандартные фланцевые соединения на зажимах (рис. 13.8, 13.9 и табл. 13.20). При конструировании аппаратов, как правило, применяют стандартные фланцевые соединения для аппаратов, труб и трубопроводной арматуры. Специальные фланцевые соединения подлежат разработке только в обоснованных случаях, когда отсутствуют стандартные фланцевые соединения (по рабочим условиям или каким-либо другим соображениям).

Запасы прочности для болтов, ОСТ 26-373—78

Материал болта	n_T		n_D	n_{II}
	Затяг не контролируется	Затяг контролируется		
Углеродистые стали: $\sigma_T/\sigma_B \geq 0,7$	2,8	2,4	1,8	1,1
	2,3	2,1	1,8	1,1
	1,9	1,8	1,8	1,1
Аустенитные стали				

б) при больших расчетных температурах

$$[\sigma_B] = \min \{ \sigma_T/n_T; \sigma_{д \cdot 10^5}/n_D; \sigma_{1\% \cdot 10^5}/n_{II} \}, \quad (13.2)$$

где $\sigma_{д \cdot 10^5}$ — среднее значение предела длительной прочности за 10^5 ч при расчетной температуре, МПа; $\sigma_{1\% \cdot 10^5}$ — средний 1%-ный предел ползучести за 10^5 ч при расчетной температуре, МПа.

Запасы прочности для болтов принимаются по табл. 13.23. Допускаемые напряжения для условия предварительного затяга могут быть увеличены не более чем на 10%.

Допускаемые напряжения для приварных фланцев (МПа):

а) для сечения s_1 (в месте соединения втулки с плоскостью фланца)

$$[\sigma_{\phi 1}] = \sigma_{т.ф.}$$

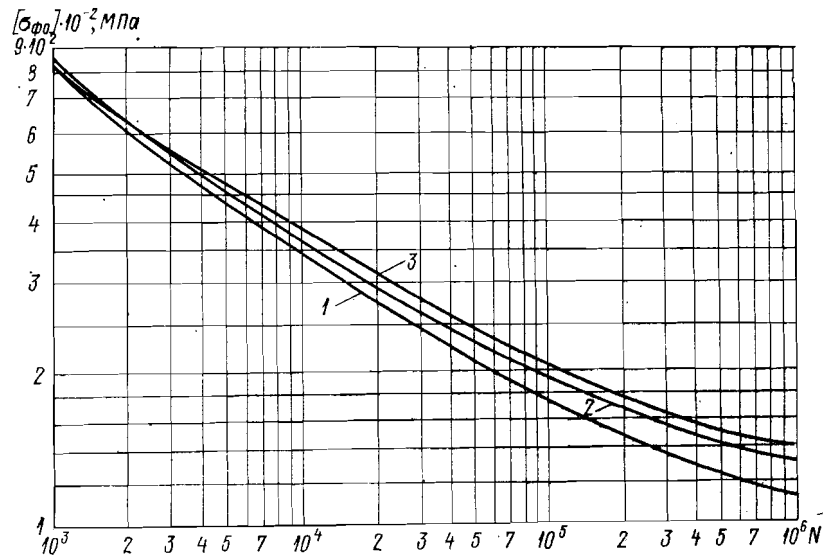


Рис. 13.10. Графики для определения $[\sigma_{\phi 0}]$ при температуре 20°C :
1 — для углеродистых сталей; 2 — для низколегированных сталей; 3 — для аустенитных сталей

б) для сечения s_0 (в месте соединения втулки с обечайкой) при $p < 4,0$ МПа и числе циклов нагружения $N < 2000$

$$[\sigma_{\phi 0}] = 0,003E; \quad (13.3)$$

в) то же при числе циклов нагружения $N > 2000$

$$[\sigma_{\phi 0}] = \min \left\{ \frac{E}{8\sqrt{N}} \ln \frac{100}{100 - \psi} + \frac{\sigma_{-1}}{2}; \right. \\ \left. \frac{E}{12\sqrt{N}} \ln \frac{100}{100 - \psi} + \sigma_{-1} \right\}, \quad (13.4)$$

где ψ — относительное поперечное сужение материала обечайки при расчетной температуре, %; σ_{-1} — предел усталости материала обечайки при расчетной температуре, МПа (значение $[\sigma_{\phi 0}]$ можно также определить по рис. 13.10);

г) для свободного фланца (кольца)

$$[\sigma_{ф.к}] = \sigma_{т.к.}$$

При $p \geq 4,0$ МПа допускаемые напряжения $[\sigma_{\phi 0}]$ уменьшаются в 1,5 раза. Допускаемые напряжения для всех элементов фланцевого соединения при расчетной температуре менее 20°C принимаются такими же, как и при $+20^\circ \text{C}$ (при условии применимости материала при заданной расчетной температуре).

Общий порядок расчета. Конструирование и расчет фланцевого соединения рекомендуется выполнять в следующей последовательности (ОСТ 26-373—78).

Принимаемые конструктивные и определяемые расчетом размеры фланцевого соединения приведены на рис. 13.11.

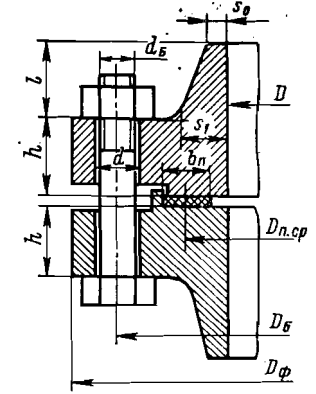


Рис. 13.11. Фланцевое соединение

Таблица 13.24

Рекомендации по выбору прокладок, ОСТ 26-373—78

Конструкция прокладки	Материал	p , МПа	t , $^\circ \text{C}$
Плоская немаetalлическая	Резина	$\leq 0,6$	От -30 до 100 До 550 От -200 до 400 От -200 до 250
	Асбестовый картон	$\leq 1,6$	
	Паронит Фторопласт	$\leq 2,5$ Независимо	
Плоская metalлическая *	Алюминий, латунь, сталь	$\geq 2,5$	От -200 до 300
Плоская составная	Асбест в metalлической оболочке из алюминия, меди, латуни, стали	$\leq 6,4$	От -200 до 550
		$\geq 6,4$	
Овального или восьмиугольного сечения	Сталь	$\geq 6,4$	

* Только для уплотнения шип-паз.

Ширина уплотнительной прокладки $b_{\text{п}}$ в зависимости от ее конструкции, материала и диаметра аппарата D , ОСТ 26-373—78

Конструкция и материал прокладки	D , мм	$b_{\text{п}}$, мм
Плоская неметаллическая	≤ 1000	12—15
	$1000 < D \leq 2000$	15—25
	> 2000	25
Плоская металлическая	≤ 1000	10—12
	> 1000	12—15
Плоская в металлической оболочке и зубчатая металлическая	≤ 1600	12—18
	> 1600	13—25
Овального или восьмиугольного сечения металлическая	≤ 600	12—18
	$600 < D \leq 800$	16—22
	$800 < D \leq 1000$	18—28
	$1000 < D \leq 1600$	22—42

Задаются: конструкционный материал фланцев и болтов (шпилек), давление p , внутренний диаметр фланцевого соединения D и толщина стенки аппарата s . Выбирают конструкцию и материал прокладки по табл. 13.24. Определяют ширину прокладки $b_{\text{п}}$ по табл. 13.25 (меньшее значение). Выбирают тип фланцевого соединения в зависимости от p и t (см. выше для стандартных фланцевых соединений).

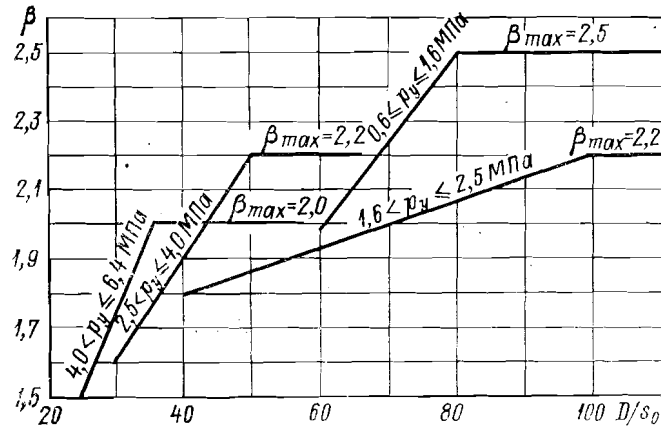


Рис. 13.12. Графики для определения β . Для $p_{\text{г}} \leq 0,6$ МПа $\beta \leq 2,2$; для $p_{\text{г}} \geq 10$ МПа $\beta = 2$. Во всех случаях $\beta_{\text{мин}} > 1,5$

Рекомендуемые диаметры болтов $d_{\text{Б}}$ в зависимости от $p_{\text{г}}$ и D , ОСТ 26-373—78

D , мм	$p_{\text{г}}$, МПа							
	$\leq 0,6$	1,0	1,6	2,5	4,0	6,1	8,0	10,0
800	M20	M20	M20	M20	M30	M36	M30—M36	M30—M42
1000						M42	M48	
1200			M42	M48	M52—M56			
1400			M24—M30	M36	M48	M52—M56	M56—M64	
1600					M24—M30	M30	M42	M52
1800			M30	M30	M42	M52	—	—
2000							—	—
2200			M24—M30	M30	M42	M52	—	—
2400							—	—

Находят расчетные величины:

а) меньшая толщина конической втулки фланца

$$s_0 \leq 1,35 s, \text{ но } s_0 - s \leq 0,005 m; \quad (13.5)$$

б) отношение большей толщины втулки фланца к меньшей $\beta = s_1/s_0$ для приварных встык фланцев и буртов выбирают по рис. 13.12, для плоских приварных фланцев $\beta = 1$;

в) большая толщина втулки фланца $s_1 = \beta s_0$; для плоских приварных фланцев принимают $s_1 = s_0$;

г) длина втулки приварного встык фланца

$$l \geq 3(s_1 - s_0). \quad (13.6)$$

Выбирают диаметр болтов (шпилек) $d_{\text{Б}}$ по табл. 13.26 (при двух значениях принимают меньшее).

Диаметр болтовой окружности (м):

а) для приварных встык фланцев

$$D_{\text{Б}} \geq D + 2(s_1 + d_{\text{Б}} + 0,006); \quad (13.7)$$

б) для плоских приварных фланцев

$$D_{\text{Б}} \geq D + 2(2s_0 + d_{\text{Б}} + 0,006); \quad (13.8)$$

в) для свободных фланцев

$$D_{\text{Б}} \geq D_{\text{ок}} + 2(d_{\text{Б}} + 0,008), \quad (13.9)$$

где $D_{\text{ок}}$ — внутренний диаметр кольца (свободного фланца); размер $D_{\text{Б}}$ — принимают с окончанием на 0 или кратным 5 мм.

Таблица 13.27

Диаметр болтов (шпилек), расчетная площадь их поперечного сечения f_B , диаметр отверстий под болт d , значения величин a и e , ОСТ 26-373—78

d_B , мм	$f_B \cdot 10^4$, мм ²	d , мм	a , мм		e_{\min} , мм	
			Шестигранная гайка	Шестигранная гайка с уменьшенным размером «под клкч»	Плоская прокладка	Прокладка овального сечения
M20	2,35	23	40	36	30	53
(M22)	2,95	25	42	40	32	55
M24	3,4	27	47	42	34	57
(M27)	4,45	30	52	47	37	60
M30	5,4	33	58	52	41	64
M36	7,9	40	60	63	48	71
M42	10,9	46	80	69	55	78
M48	14,4	52	92	80	61	84
M52	18,2	58	97	86	65	88
M56	19,6	60	110	—	—	195
M60	23,0	66	115	—	—	240
M64	26,0	70	120	—	—	240

Примечание. Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

Наружный диаметр фланца

$$D_{\phi} \geq D_B + a, \quad (13.10)$$

где a — по табл. 13.27; размер D_{ϕ} принимают с окончанием на 0 или кратным 5 мм.

Наружный диаметр прокладки

$$D_{\Pi} = D_B - e, \quad (13.11)$$

где e — по табл. 13.27.

Средний диаметр прокладки

$$D_{\Pi, \text{ср}} = D_{\Pi} - b_{\Pi}. \quad (13.12)$$

Эффективная ширина прокладки (м):

а) для плоских прокладок:

$$b_E = 0,5b_{\Pi} \text{ при } b_{\Pi} \leq 15 \text{ мм}; \quad (13.13)$$

$$b_E = 0,6\sqrt{b_{\Pi}} \text{ при } b_{\Pi} > 15 \text{ мм}; \quad (13.14)$$

б) для прокладок восьмиугольного и овального сечений

$$b_E = 0,125b_{\Pi}. \quad (13.15)$$

По табл. 13.28 в зависимости от конструкции и материала прокладки выбирают ее расчетные параметры m и q .

Ориентировочное число болтов (шпилек)

$$z_B = \pi D_B / t_B, \quad (13.16)$$

где t_B — шаг болтов, выбираемый по табл. 13.29 (меньшее значение).

Принимается ближайшее большее кратное четырем значение z_B .

Расчетные параметры прокладок, ОСТ 26-373—78

Конструкция прокладки	Материал прокладки	m	q		E_{Π}
			q	$ q $	
МПа					
Плоская неметаллическая	Резина по ГОСТ 7338—77 с твердостью по прибору ТШР, МПа: 0,76—1,2	0,5	2,0	18	$3 \left(1 + \frac{b_{\Pi}}{2h_{\Pi}}\right)$
	>1,2	1,0	4,0	20	$4 \left(1 + \frac{b_{\Pi}}{2h_{\Pi}}\right)$
	Картон асбестовый по ГОСТ 2850—75 толщиной 3 мм	2,5	20	130	2000
	Паронит* по ГОСТ 481—71 толщиной ≥ 1 мм	2,5	20	130	2000
	Фторопласт-4 по ГОСТ 10007—72 толщиной 1—3 мм	2,5	10	40	2000
Плоская металлическая	Алюминий АД по ГОСТ 21631—76	4,0	60		
	Латунь Л63 по ГОСТ 2208—75	4,75	90		
	Сталь 05кп по ГОСТ 1050—74	5,5	125		
	Сталь по ГОСТ 5632—72: 08X13, 08X18H10T	5,5 6,5	125 180		
Плоская составная	Асбест по ГОСТ 2850—75. Оболочка толщиной 0,2—0,3 мм:				
	алюминиевая	3,25	38		
	медная	3,5	46		
	латунная	3,5	46		
	из стали 05кп из стали 12X18H10T	3,75 3,75	53 63		
Овального или восьмиугольного сечения металлическая	Сталь 05кп; 08X13	5,5	125		
	Сталь 08X18H10T	6,5	180		

* Для сред с высокой проникающей способностью (водород, гелий, легкие нефтепродукты, сжиженные газы и т. п.).

Рекомендуемый шаг болтов t_B в зависимости от d_y ,
ОСТ 26-373-78

p_y , МПа	t_B	p_y , МПа	t_B
$\leq 0,3$	$(4,2 \div 5) d_B$	2,5	$(2,7 \div 3,5) d_B$
0,6	$(3,8 \div 4,8) d_B$	4,0	$(2,3 \div 3,0) d_B$
1,0	$(3,5 \div 4,2) d_B$	6,4-10,0	$(2,1 \div 2,8) d_B$
1,6	$(3,0 \div 3,8) d_B$		

Определяются вспомогательные величины:

а) коэффициент κ — по рис. 13.13:

$$\kappa = 1 + (\beta - 1) \frac{x}{x + (1 + \beta)/4},$$

где $x = l/\sqrt{Ds_0}$;

б) эквивалентная толщина втулки фланца

$$s_E = \kappa s_0; \quad (13.17)$$

для плоского приварного фланца $s_E = s_0$;

в) ориентировочная толщина фланца

$$h = \lambda \sqrt{Ds_E}, \quad (13.18)$$

где $\lambda = h/\sqrt{Ds_E}$ — коэффициент, определяемый по рис. 13.14;

г) безразмерный параметр

$$\omega = [1 + 0,9\lambda(1 + \psi_1 j^2)]^{-1}, \quad (13.19)$$

где $j = h/s_E$; $\psi_1 = 1,28 \lg K$; $K = D_\Phi/D$ — для плоских приварных фланцев (см. рис. 13.1, а-в; 13.3) и приварных встык фланцев (см. рис. 13.2; 13.4; 13.5); $K = D_1/D_4$ — для буртов свободных фланцев (см. рис. 13.1, г, д); $K = D_\Phi/D_5$ — для колец свободных фланцев (см. рис. 13.1, г, д); значение параметра ψ_1 можно также определить по рис. 13.15;

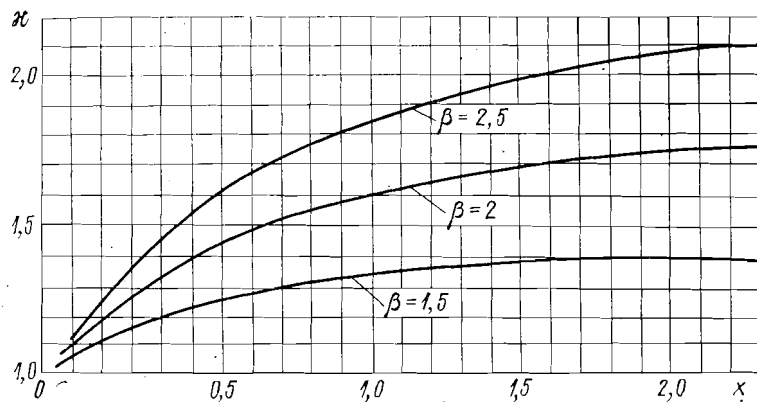


Рис. 13.13. График для определения коэффициента κ

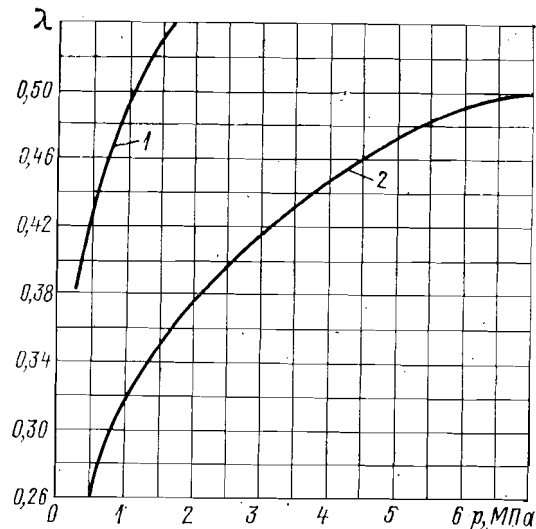


Рис. 13.14. График для определения коэффициента λ :
1 — для плоских приварных фланцев; 2 — для приварных встык фланцев

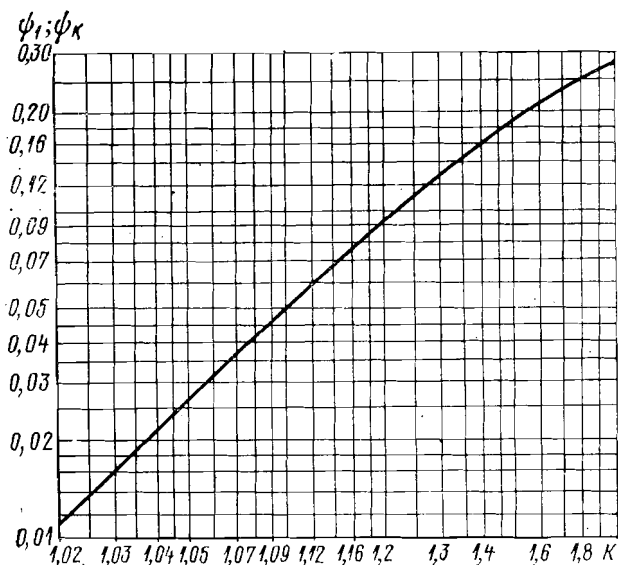


Рис. 13.15. График для определения ψ_1 и ψ_k

д) безразмерные параметры T — по рис. 13.16, ψ_2 — по рис. 13.17, ψ_3 — по рис. 13.18:

$$T = \frac{K^2 (1 + 8,55 \lg K) - 1}{(1,05 + 1,945 K^2)(K - 1)}; \quad \psi_2 = \frac{K + 1}{K - 1}.$$

Угловая податливость фланца $[1/(\text{МН} \cdot \text{м})]$

$$y_\phi = \frac{[1 - \omega(1 + 0,9\lambda)] \psi_2}{h^3 E_\phi}, \quad (13.20)$$

где E_ϕ — модуль продольной упругости материала фланца, МПа.
Угловая податливость плоской фланцевой крышки $[1/(\text{МН} \cdot \text{м})]$

$$(13.21)$$

$$y_{кр} = x_{кр} / (h_{кр}^3 E_{кр}).$$

Здесь

$$x_{кр} = \frac{0,67 [K_{кр}^2 (1 + 8,55 \lg K_{кр}) - 1]}{(K_{кр} - 1) \left[K_{кр}^2 - 1 + (1,857 K_{кр}^2 + 1) \left(\frac{\delta_{кр}}{h_{кр}} \right)^3 \right]}, \quad (13.22)$$

где $\delta_{кр}$ — толщина плоской крышки; $h_{кр}$ — толщина фланцевой части крышки;
 $K_{кр} = D_\phi / D_{п.ср}$; $E_{кр}$ — модуль продольной упругости материала фланцевой крышки.

Линейная податливость прокладки (м/МН)

$$(13.23)$$

$$y_{п} = s_{п} / (\pi D_{п.ср} b_{п} E_{п}),$$

где $E_{п}$ — модуль продольной упругости материала прокладки.

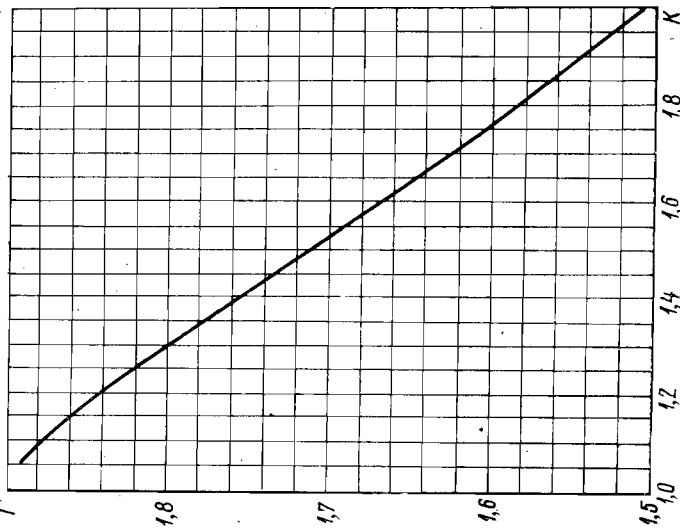


Рис. 13.16. График для определения T

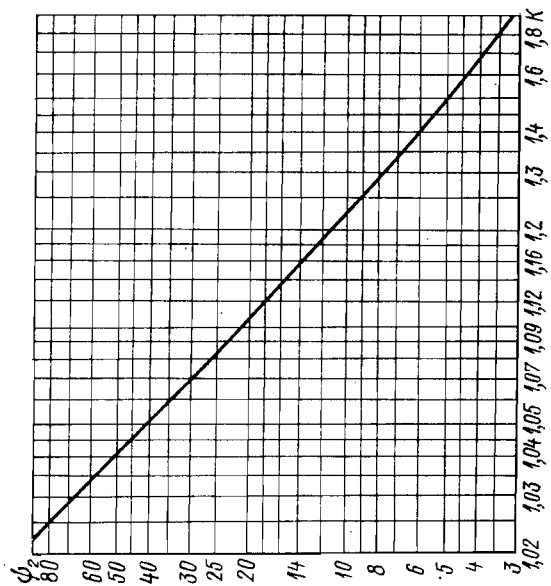


Рис. 13.17. График для определения ψ_2

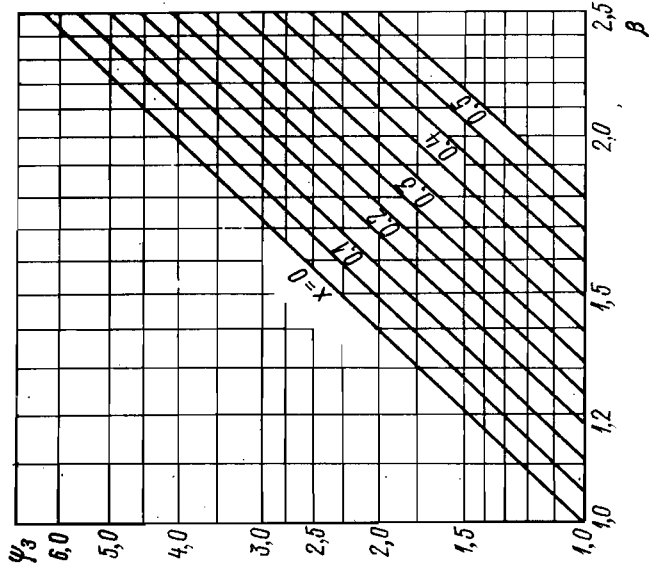


Рис. 13.18. График для определения ψ_3

Для металлической прокладки $y_{II} = 0$.
Расчетная длина болта

$$l_B = l_{B0} + 0,28d, \quad (13.24)$$

где l_{B0} — длина болта между опорными поверхностями головки болта и гайки.
Расчетная длина шпильки с двумя гайками

$$l_B = l_{B0} + 0,56d, \quad (13.25)$$

где l_{B0} — длина шпильки между опорными поверхностями гаек.
Линейная податливость болтов (шпилек), м/Н

$$y_B = l_B / (E_B f_B z_B), \quad (13.26)$$

где f_B — расчетная площадь поперечного сечения болта (шпильки) по внутреннему диаметру резьбы (см. табл. 13.27); E_B — модуль продольной упругости материала болта (шпильки), МПа.

Коэффициент жесткости фланцевого соединения

$$\alpha = A [y_B + 0,25 (B_1 + B_2) (D_B - D_{п.ср})]. \quad (13.27)$$

Здесь

$$A = [y_{II} + y_B + 0,25 (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) (D_B - D_{п.ср})^2]^{-1};$$

$$B_1 = y_{\phi 1} (D_B - D_1 - s_{E1}); \quad B_2 = y_{\phi 2} (D_B - D_2 - s_{E2}),$$

где D_1 и D_2 — внутренние диаметры D фланцев 1 и 2.
При стыковке одинаковых фланцев:

$$y_{\phi 1} = y_{\phi 2}; \quad B_1 = B_2.$$

При стыковке фланца с плоской крышкой:

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega (1 + 0,9\lambda)] \psi_2}{h^3 E}; \quad y_{\phi 2} = y_{кр};$$

$$B_1 = y_{\phi 1} (D_B - D_1 - s_{E1}); \quad B_2 = 0,25 y_{кр} (D_B - D_{п.ср}).$$

Для фланцев с овальными и восьмиугольными прокладками и фланцев со свободными кольцами $\alpha = 1$.

Безразмерный коэффициент γ :

а) для соединений с приварными фланцами

$$\gamma = A y_B; \quad (13.28)$$

б) для фланцев со свободными кольцами

$$\gamma = A_1 y_B. \quad (13.29)$$

Здесь

$$A_1 = [y_{II} + y_B + 0,5 y_{\phi} (D_s - D_{п.ср})^2 + 0,5 y_{кр} (D_B - D_s)^2]^{-1},$$

где $y_{кр} = 6 / (E_{кр} h^3 \psi_{кр})$; $\psi_{кр}$ — параметр, определяемый по рис. 13.15 в зависимости от отношения $K = D_{\phi} / D_s$; D_s — наружный диаметр контактной поверхности бурта (на рис. 13.1, $z D_s = D_3$); h — толщина свободного кольца (на рис. 13.1, $z h = h_1$).

Расчет фланцевого соединения, работающего под действием внутреннего давления. Нагрузка, действующая на фланцевое соединение от внутреннего избыточного давления,

$$Q_g = 0,785 D_{п.ср}^2 p R. \quad (13.30)$$

Реакция прокладки в рабочих условиях

$$R_{II} = 2\pi D_{п.ср} b E m p R. \quad (13.31)$$

где m — коэффициент, принимаемый по табл. 13.28.

270

Усиле, возникающее от температурных деформаций:

а) для приварных фланцев из одного материала

$$Q_t = \gamma z_B f_B E_B (\alpha_{\phi} t_{\phi} - \alpha_B t_B); \quad (13.32)$$

б) то же из разных материалов

$$Q_t = \gamma z_B f_B E_B [0,5 (\alpha_{\phi 1} + \alpha_{\phi 2}) t_{\phi} - \alpha_B t_B]; \quad (13.33)$$

в) для фланцев со свободными кольцами

$$Q_t = \gamma z_B f_B E_B [0,5 (\alpha_{\phi} t_{\phi} + \alpha_{кр} t_{кр}) - \alpha_B t_B]. \quad (13.34)$$

Здесь $\alpha_{\phi 1}$ и $\alpha_{\phi 2}$ — коэффициенты температурного линейного расширения разных фланцев; f_B — по табл. 13.27; t_{ϕ} , $t_{кр}$, t_B — по табл. 13.21.

Болтовая нагрузка в условиях монтажа (до подачи внутреннего давления):
а) при $p \leq 0,6$ МПа

$$P_{B1} = \max \{ \alpha Q_g + R_{II}; \pi D_{п.ср} b E q; 0,4 [\sigma_B]^{20} z_B f_B \}, \quad (13.35)$$

где q — параметр, определяемый по табл. 13.28; α — коэффициент, определяемый по формуле (13.27);

б) при $p > 0,6$ МПа — максимальное значение по формуле (13.35) (без учета третьего члена).

Болтовая нагрузка в рабочих условиях

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha) Q_g + Q_t, \quad (13.36)$$

причем величина Q_t учитывается только при $Q_t > 0$.

Приведенные изгибающие моменты в диаметральной плоскости фланца:

$$M_{01} = 0,5 P_{B1} (D_B - D_{п.ср}); \quad (13.37)$$

$$M_{02} = 0,5 [P_{B2} (D_B - D_{п.ср}) + Q_g (D_{п.ср} - D - s_E)] \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma]}. \quad (13.38)$$

При расчете бурта фланца со свободным кольцом вместо D_B следует подставлять D_s (на рис. 13.1, $z D_s = D_3$).

За расчетное значение M_0 принимают большее из значений M_{01} и M_{02} .

Условия прочности болтов (шпилек):

$$\frac{P_{B1}}{z_B f_B} \leq [\sigma_B]^{20}; \quad \frac{P_{B2}}{z_B f_B} \leq [\sigma_B]'. \quad (13.39)$$

В случае несоблюдения любого из условий (13.39) следует увеличить число болтов, но так, чтобы оно оставалось кратным четырем.

Крутящий момент на ключе при затяжке болтов (шпилек) $M_{кр}$ определяется по рис. 13.19.

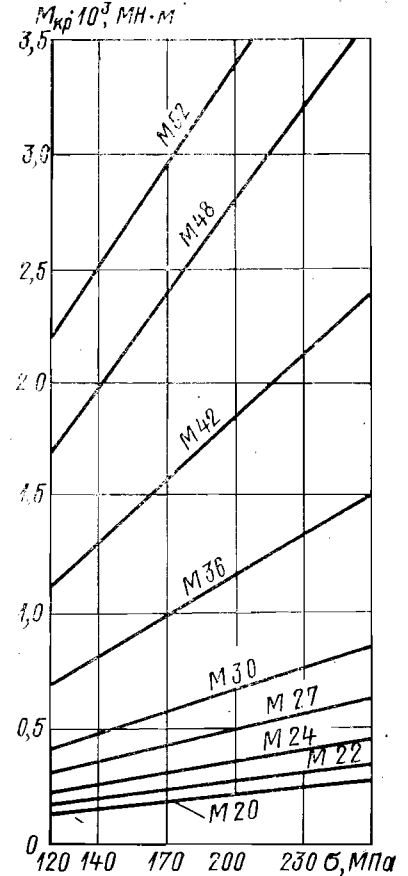


Рис. 13.19. График для определения $M_{кр}$

в

271

$$P_{Б1}/(\pi D_{п.ср} b_{п}) \leq [q], \quad (13.40)$$

где $[q]$ — по табл. 13.28.

В случае несоблюдения условия (13.40) следует увеличить ширину прокладки в пределах значений, приведенных в табл. 13.25.

Расчет плоских приварных фланцев и приварных встык фланцев и буртов. Максимальное напряжение в сечении s_1 фланца (бурта) наблюдается в месте соединения втулки с плоскостью фланца (бурта):

$$\sigma_1 = \frac{T M_0 \omega}{D^* (s_1 - c_1)^2}, \quad (13.41)$$

где T — безразмерный параметр, определяемый по рис. 13.16; M_0 — расчетное значение приведенного изгибающего момента; $D^* = D$ при $D \geq 20s_1$; $D^* = D + s_0$ при $D < 20s_1$ и $\psi_3 > 1$; $D^* = D + s_1$ при $D < 20s_1$ и $\psi_3 = 1$ (параметр ψ_3 определяется по рис. 13.18).

Максимальное напряжение в сечении s_0 фланца наблюдается в месте соединения втулки с обечайкой или днищем:

$$\sigma_0 = \psi_3 \sigma_1. \quad (13.42)$$

Напряжение в кольце фланца от действия M_0 (МПа)

$$\sigma_k = \frac{M_0 [1 - \omega (1 + 0,9\lambda)] \psi_2}{D h^2}, \quad (13.43)$$

где ψ_2 — параметр, определяемый по рис. 13.17.

Для плоского фланца, сваренного из нескольких частей, в знаменатель выражения (13.43) вводится множитель φ_R — коэффициент прочности сварного шва.

Напряжения во втулке фланца от внутреннего давления:

$$\sigma_x = \frac{pD}{2(s_0 - c)}; \quad (13.44)$$

$$\sigma_y = \frac{pD}{4(s_0 - c)}. \quad (13.45)$$

Условия прочности фланца (бурта):

а) в сечении s_1

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_k^2 + \sigma_1 \sigma_k} \leq [\sigma_1]; \quad (13.46)$$

б) в сечении s_0

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_y)^2 + \sigma_x^2 - (\sigma_0 + \sigma_y) \sigma_x} \leq \varphi [\sigma_0]. \quad (13.47)$$

В случае несоблюдения любого из условий следует увеличить толщину фланца h или бурта h_1 .

Угол поворота фланца (бурта)

$$\theta = \sigma_k D / (E_{ф} h) \leq [\theta], \quad (13.48)$$

где θ — рад.

Из условий герметичности фланцевого соединения для плоских приварных фланцев (буртов) и приварных встык фланцев при $D > 2000$ мм $[\theta] = 0,013$; для приварных встык фланцев (буртов) при $D \leq 2000$ мм $[\theta] = 0,009$.

При $Q_t < 0$ должно выполняться условие

$$[\sigma_B] z_{Б/Б} - |Q_t| > P_{Б2}. \quad (13.49)$$

Расчет свободного кольца. Приведенные изгибающие моменты в диаметральной плоскости сечения свободного кольца:

$$M_{01} = 0,5 P_{Б1} (D_{Б} - D_s); \quad (13.50)$$

$$M_{02} = 0,5 P_{Б2} (D_{Б} - D_s) \frac{[\sigma_k]^{20}}{[\sigma_k] t}. \quad (13.51)$$

За расчетное значение M_0 принимается большее из значений M_{01} и M_{02} . Условие прочности свободного кольца

$$\sigma_k = \frac{M_0 \psi_2}{D_k h_k^2} \leq [\sigma_k]. \quad (13.52)$$

Условие герметичности соединения

$$\theta = \frac{\sigma_k}{E_k} \frac{D_k}{h_k} \leq [\theta_k] = 0,026, \quad (13.53)$$

где D_k — внутренний диаметр кольца (на рис. 13.1, $z D_k = D_s$); h_k — толщина кольца (на рис. 13.1, $z h_k = h_2$).

Расчет фланцевого соединения, работающего под совместным действием внутреннего избыточного давления, внешней осевой силы P и изгибающего момента M . Болтовая нагрузка в условиях монтажа (до подачи внутреннего избыточного давления)

$$P_{Б1} = \max \left\{ \alpha (Q_g \pm P) + R_{п} + \frac{4M}{D_{п.ср}}; \pi D_{п.ср} b_{п} q; 0,4 [\sigma_B]^{20} z_{Б/Б} \right\}. \quad (13.54)$$

Последний член учитывается только при $p \leq 0,6$ МПа; $P < 0$ в случае сжимающей силы и $P \geq 0$ в случае растягивающей силы.

Болтовая нагрузка в рабочих условиях

$$P_{Б2} = P_{Б1} + (1 - \alpha) (Q_g \pm P) + Q_t + \frac{4M}{D_{п.ср}}. \quad (13.55)$$

Условие прочности болтов (шпилек) — по формуле (13.39), неметаллических прокладок — по формуле (13.40).

Расчет фланцевого соединения, работающего под действием внешнего давления. Болтовая нагрузка в условиях монтажа (до подачи наружного давления)

$$P_{Б1} = \max \{ \pi D_{п.ср} b_{п} q; 0,4 [\sigma_B]^{20} z_{Б/Б} \}. \quad (13.56)$$

Болтовая нагрузка в рабочих условиях

$$P_{Б2} = P_{Б1} - Q_g + Q_t. \quad (13.57)$$

Условие прочности болтов (шпилек) — по формуле (13.39), неметаллических прокладок — по формуле (13.40).

Приведенные изгибающие моменты в диаметральной плоскости сечения фланца:

$$M_{01} = 0,5 P_{Б1} (D_{Б} - D_{п.ср}); \quad (13.58)$$

$$M_{02} = 0,5 [P_{Б2} (D_{Б} - D_{п.ср}) - Q_g (D_{п.ср} - D - s_E)] \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma] t}; \quad (13.59)$$

расчетным является большее значение.

В случае внесенных в процессе расчета изменений величин $z_{Б/Б}$, h , $b_{п}$ следует указанные изменения учесть при определении окончательных значений других величин и параметров, откорректировать расчет в целом.

Опоры (стойки) для вертикальных аппаратов (рис. 14.1, б, тип 3),

ОСТ 26-665—79

мм

Q, кН	a	a ₁	b	b ₁	c	c ₁	h _{max}	h ₁	s ₁	K	K ₁	d	d _Б
4,0	75	110	85	120	22	30	220	10	6	6	60	19	M12
10,0	90	125	115	160	22	60	295	14	8	10	80	19	M16
25,0	125	165	140	200	22	80	365	16	10	10	105	24	M20
40,0	150	205	180	240	40	100	440	20	12	12	125	35	M24
63,0	185	245	210	280	40	120	515	24	14	15	150	35	M30
100,0	250	325	250	360	40	160	660	30	18	20	180	42	M36
160,0	300	390	340	480	60	200	875	36	24	25	250	42	—
250,0	360	480	490	680	60	240	1240	40	34	35	350	42	—

Примечание. Размеры b_1 и K_1 в опорах для конических днищ справочные.
Пример условного обозначения опоры типа 3 с допускаемой нагрузкой $Q = 63$ кН:

Опора 3-6300 ОСТ 26-665—79.

Таблица 14.2

Накладные листы под опоры (лапы) типов 1 и 2 для вертикальных аппаратов (рис. 14.1, з), ОСТ 26-665—79

мм

Q, кН	Тип опоры	B	H	c	s _н	Q, кН	Тип опоры	B	H	c	s _н
1,6	1 2	75	120 155	8	4; 6; 8; 10	100,0	1 2	400	650 820	32	10; 12; 16; 20
4,0	1 2	125	200 255	10	6; 8; 10; 12	160,0	1 2	500	810 1020	40	12; 16; 20; 24
10,0	1 2	150	250 310	12		250,0	1 2	600	970 1230	48	16; 20; 24; 28
25,0	1 2	200	330 410	16	8; 10; 12; 16	400,0	1 2	700	1140 1440	50	20; 24; 28
40,0	1 2	250	405 510	20		630,0	1 2	900	1480 1860	55	
63,0	1 2	300	490 620	24	10; 12; 16; 20						

Примечания: 1. Размер s_n определяется расчетом и округляется до ближайшего большего значения по табл. 14.2, но должен быть не менее толщины обечайки. 2. Сторона накладного листа с размером B изгибается по наружному диаметру аппарата.

Пример условного обозначения накладного листа для опоры типа 1 с допускаемой нагрузкой $Q = 25$ кН и толщиной 12 мм:

Накладной лист 1-2500-8 ОСТ 26-665—79.

Таблица 14.4

Расположение фундаментных болтов в плане для вертикальных аппаратов с опорами-стойками (рис. 14.1, в), ОСТ 26-665—79

мм

D	D ₁	D	D ₁	D	D ₁	D	D ₁	D	D ₁
219*	160	550	480	1100	1000	1800	1610	3000	2810
273*	215	600	520	1200	1100	1900	1710	3200	2960
325*	265	650	570	1300	1200	2000	1810	3400	3160
377*	320	700	620	1400	1260	2200	2010	3600	3360
400	340	800	720	1500	1360	2400	2210	3800	3560
450	390	900	820	1600	1410	2600	2410	4000	3760
500	430	1000	920	1700	1510	2800	2610	4500	4260
								5000	4760

Примечания: 1. На рис. 14.1, в показаны три опоры как возможный вариант исполнения. 2. Диаметры отверстия под фундаментные болты d — по табл. 14.3.

* Наружный диаметр аппарата D_n (см. рис. 14.1, в), остальные диаметры внутренние.

Диаметром $D_n = 159 \div 630$ мм (исполнение 1 — с одним отверстием под фундаментный болс; исполнение 2 — с двумя овальными отверстиями под фундаментные болты), тип 2 — для аппаратов с $D = 800 \div 2000$ мм (исполнение 1 — с допускаемой нагрузкой на опору $Q = 80 \div 250$ кН; исполнение 2 — с $Q = 160 \div 400$ кН); тип 3 — для аппаратов с $D = 2200 \div 4000$ мм (исполнение 1 — с $Q = 250 \div 630$ кН; исполнение 2 — с $Q = 500 \div 1400$ кН).

Скользящие опоры от температурных удлинений аппарата, устанавливаемого на бетонном фундаменте, должно происходить по опорному листу ОСТ 26-1267—75), а для аппарата, устанавливаемого на металлоконструкции, —

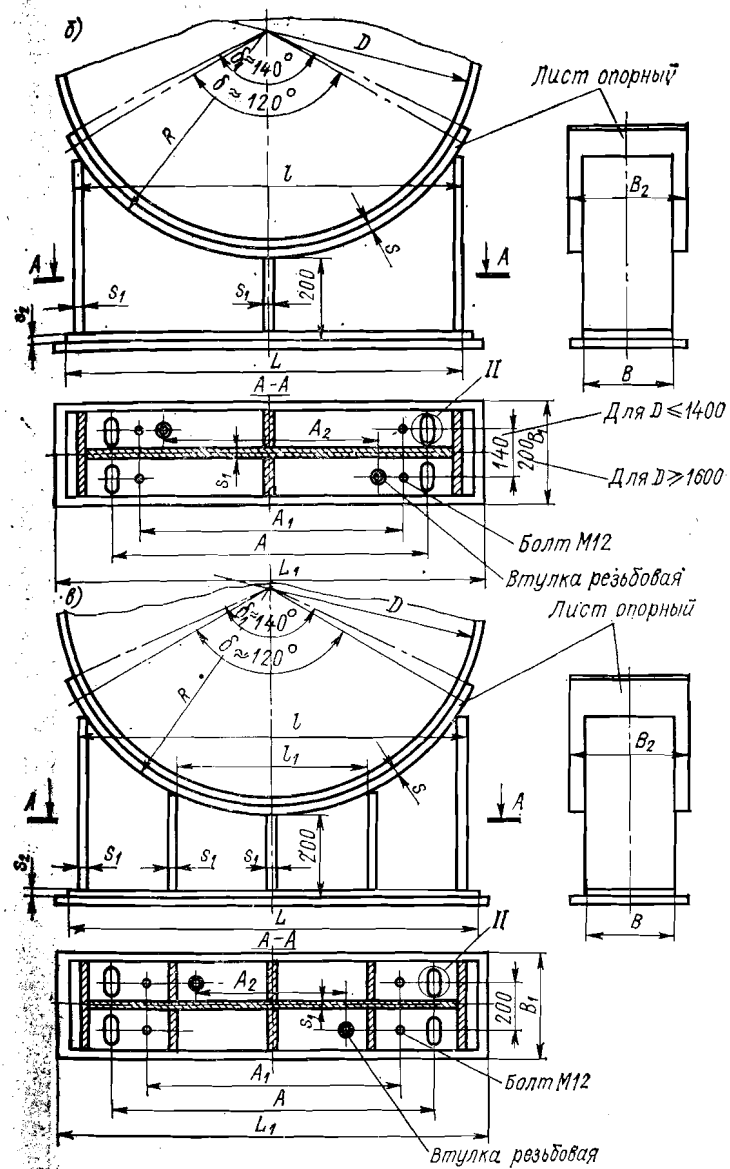
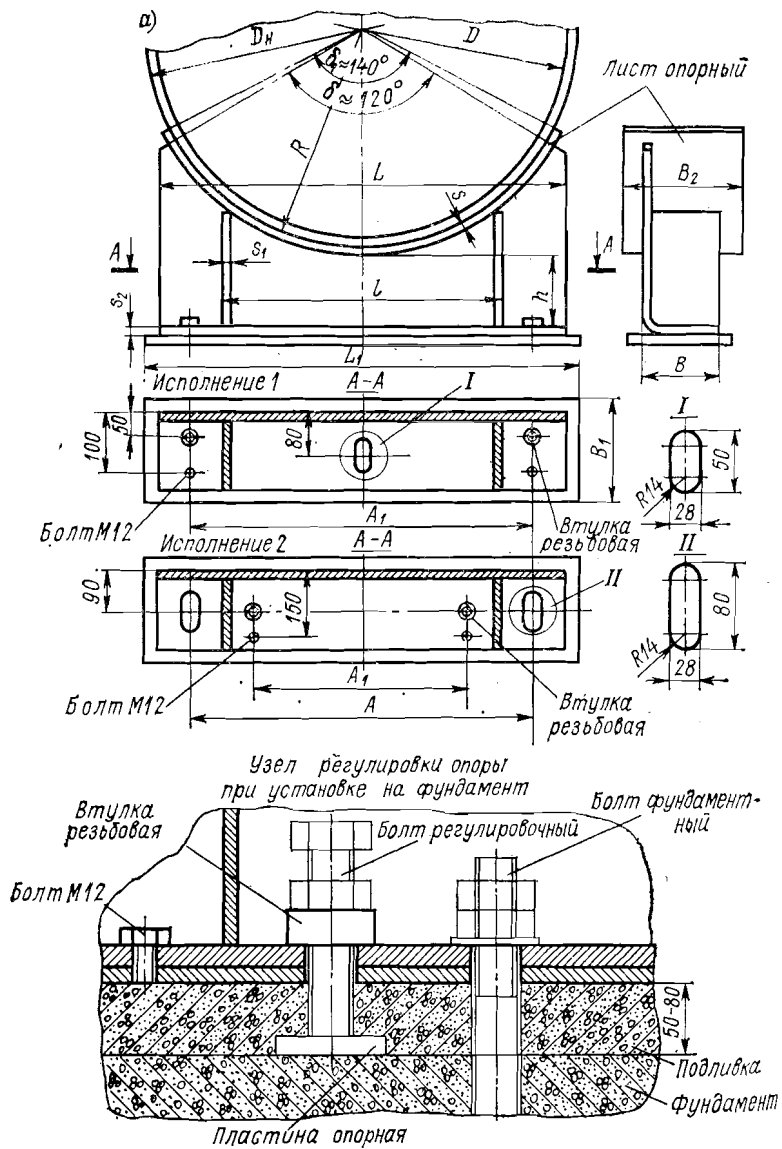


Рис. 14.2. Конструкции стандартных седловых опор под стальные сварные го

ризонтические цилиндрические аппараты: а — тип 1; б — тип 2; в — тип 3

Опоры седловые типа 1 (рис. 14.2, а), ОСТ 26-1265—75
мм

D _H	Q, кН	s ₁		s ₂		R	L	l	h	A	A ₁						
		1	2	1	2												
159	16	6	10	84	180	90	75	—	140	—	140						
219	20											114	240	140	75	—	200
273	20																
325	20	167	400	240	125	—	130										
377	50							8	14	193	400	240	135	330	130		
400 *																214; 222; 230	135
426		217	450	250	135	—	200										
480	244							450	250	145	—	200					
500 *													60	10	16	264; 272; 282	500
530		314; 322; 332	600	340	325	450	200										
600 *	80							314; 322; 332	600	340	450	200					
630													325	600	340	450	200

Примечания: 1. Для аппаратов с $D_H \leq 273$ мм $B = 120$ мм; для аппаратов с $D_H \geq 325$ мм $B = 180$ мм. 2. Размеры опорной плиты: $L_1 = L + 20$ мм; $B_1 = B + 80$ мм. 3. Втулки резьбовые: для $D_H \leq 325$ мм $d = M16$; для $D_H = 377 \div 480$ мм $d = M24$; для $D_H = 500 \div 630$ мм $d = M36$. 4. Размер B_2 см. в табл. 14.7.

Примеры условного обозначения: опора типа 1 исполнения 1 с $Q = 20$ кН, радиусом $R = 167$ мм, исполнения по материалу 1 (см. табл. 14.8), без опорного листа:

Опора 20-167-1 ОСТ 26-1265—75;

то же с опорным листом:

Опора 20-167-1-11 ОСТ 26-1265—75.

* Внутренний диаметр D.

Таблица 14.6

Опоры седловые типа 2 и 3 (рис. 14.2, б, в), ОСТ 26-1265—75
мм

D	Q, кН		s ₁		s ₂		R	L	l ₁	A	A ₁	A ₂					
	Исполнение																
	1	2	1	2	1	2											
800	80	160	8	14	14	18	414; 422;	740	—	500	400	250					
1000	125	200					514; 522;						1000	—	650	550	400
1200	125	200	614; 622;	1100	—	800	700	550									
			630; 638														

280

Продолжение табл. 14.6

D	Q, кН		s ₁		s ₂		R	L	l ₁	A	A ₁	A ₂				
	Исполнение															
	1	2	1	2	1	2										
1400	160	250	8	12	14	20	714; 722;	1250	—	950	850	700				
1600	160	300					814; 822;						1420	1100	1000	850
1800	160	300	914; 922;	1600	1100	1000	850									
2000	250	400	930; 936;					1770	1500	1400	1250					
			1014; 1022;													
			1032; 1042													
2200	250	500	8	14	14	20	1116; 1124;	1940	940	1500	1300	750				
2400	400	630	10	18	18	22	1132; 1146									
2600	400	750	10	18	18	22	1216; 1224;	2290	1100	1800	1600	750				
2800	400	750	10	18	18	22	1232; 1246									
3000	630	900	14	18	20	22	1316; 1324;	2460	1200	2200	2000	1000				
3200	630	900	14	18	20	22	1332; 1346									
3400	630	1400	12	24	20	26	1416; 1424;	2810	1360	2200	2000	1200				
3600	630	1400	12	24	18	26	1432; 1446									
3800	630	1400	12	22	18	24	1520; 1528;	3160	1570	2800	2600	1400				
4000	630	1400	12	20	18	24	1540									
							1620; 1628;	2990	1470	2390	2190	1200				
							1634; 1640									
							1720; 1726;	3160	1570	2800	2600	1400				
							1732; 1740									
							1820; 1828;	3330	1650	2800	2600	1400				
							1834									
							1920; 1928;	3510	1740	2800	2600	1400				
							1934									
							2020; 2028									
							2034									

Примечания: 1. Для всех опор $l = L - 20$ мм. 2. Ширина опоры: для $D \leq 1400$ мм $B = 250$ мм; для $D \geq 1600$ мм $B = 300$ мм. 3. Размеры опорной плиты: $L_1 = L + 20$ мм; $B_1 = B + 100$ мм. 4. Втулки резьбовые для всех опор имеют диаметр $d = M48$. 5. Размер B_2 см. в табл. 14.7.

Примеры условного обозначения: опора типа 2 исполнения 2 с $Q = 200$ кН, радиусом $R = 630$ мм, исполнения по материалу 2 (см. табл. 14.8), без опорного листа:

Опора 200-630-2-1 ОСТ 26-1265—75;

то же с опорным листом:

Опора 200-630-2-11 ОСТ 26-1265—75.

Таблица 14.7

Опорные листы к седловым опорам (рис. 14.2), ОСТ 26-1267—75
мм

D	R	s	B ₂	D	R	s	B ₂
159 *	84	4	140	325 *	167	4	220
219 *	114			377 *	193		
273 *	141						

281

D	R	s	B ₂	D	R	s	B ₂						
400	214 222	10; 8; 6; 4	220	1600	814 822 832	10; 8; 6 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 8; 6	400						
	230	10; 8; 6											
426 * 480 *	217 244	4		1800	914 922	10; 8; 6 12; 10; 8; 6							
					930 936	12; 10; 8							
500	264 272	10; 8; 6; 4		2000	2000	1014 1022 1032 1042	10; 8; 6 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 6	450					
	282	12; 10; 8; 6											
530 *	271	6				2200	2200		1116 1124 1132 1146	10; 8; 6 12; 10; 8 14; 12; 10; 8 20; 18; 16; 14; 10			
600	314 322 332	10; 8; 6 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 8; 6							2400	2400	1216 1224 1232 1246	10; 8; 6 12; 10; 8 14; 12; 10; 8 20; 18; 16; 14; 10	
	630 *	325		10	2600						2600	1316 1324 1332 1346	10; 8; 6 12; 10; 8 14; 12; 10; 8 20; 18; 16; 14; 10
		800		414 422 432 442		10; 8; 6 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 6	2800					2800	1416 1424 1432 1446
1000			514 522 532 546	10; 8; 6 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 8; 6 18; 16; 14; 10; 6		3000			3000	1520 1528 1540			12; 10; 8 14; 12; 10; 8 18; 16; 14; 12; 10
	1200		614	10; 8; 6	3200					3200	1620		12; 10; 8
			622 630	12; 10; 8; 6							400		1628 1634 1640
638		12; 10; 8											
1400	714 722 732 744	10; 8; 6 12; 10; 8; 6 14; 12; 10; 8; 6 16; 14; 12; 8	400	3200	3200	1628 1634 1640	14; 12; 10						

D	R	s	B ₂	D	R	s	B ₂
3400	1720 1726 1732	12; 10; 8	500	3800	1920	12; 10; 8	540
	1740						
	3600	1820			12; 10; 8	540	
1828 1834		14; 12; 10	2028 2034	14; 12; 10			

Пример условного обозначения опорного листа толщиной $s = 12$ мм, радиусом $R = 722$ мм:
Лист опорный 12-722-ОСТ 26-1267-75.

* Наружные диаметры аппарата, остальные диаметры — внутренние.

Таблица 14.8

Материал седловых опор в зависимости от вместимости аппарата, температуры рабочей среды и температуры самой холодной пятидневки, ОСТ 26-1265-75

Исполнение по материалу	Вместимость аппарата, м ³	Температура, °С		Марка стали
		рабочей среды	самой холодной пятидневки	
1	≤ 100	От -30 до 350	-30	ВСтЗкп2, ГОСТ 380-71
		От -40 до 350	-40	ВСтЗпс3, ГОСТ 380-71
2	> 100	От -30 до 350	-30	
		От -40 до 350	-40	ВСтЗпс4, ГОСТ 380-71
3	Не ограничено	От -40 до 450	-40	16ГС, ГОСТ 5520-79
4		Ниже -40 до -70	Ниже -40 до -65	09Г2С, ГОСТ 5520-79

по листу, предусматриваемому в последней. Опорный лист (табл. 14.7) приваривается к аппарату прерывистым угловым швом с катетом, равным меньшему из значений толщины корпуса или опорного листа. Если корпус аппарата подлежит термообработке, приварка опорного листа осуществляется до термообработки, а опора к корпусу приваривается после нее.

Материал седловых опор выбирается в зависимости от температуры рабочей среды, емкости аппарата и температуры самой холодной пятидневки в месте его установки (табл. 14.8).

Число седловых опор, располагаемых вдоль аппарата, определяет расчетом в зависимости от длины и массы аппарата и может быть равно двум и более. При этом одна опора должна быть неподвижной, остальные подвижными. Расстояние между неподвижной и подвижной опорами выбирается так, чтобы температурные удлинения аппарата между смежными опорами не превышали 35 мм.

Регулировочные болты, предусмотренные в стандартных седловых опорах, допускают нагрузку на одну опору (при незаполненном аппарате) не более 160 кН. После выверки аппарата на фундаменте и затвердении бетонной подливки регулировочные болты и болты, предназначенные для крепления подкладного листа к опоре на время установки аппарата на фундамент, удаляются.

Сварка деталей седловых опор между собой выполняется сплошными односторонними угловыми или тавровыми швами, а опоры и опорного листа — прерывистым двусторонним угловым швом. Приварка опоры сплошным односторонним угловым швом без опорного листа непосредственно к корпусу аппарата допускается только для опоры типа 1, при этом $R = 0,5D_{II}$.

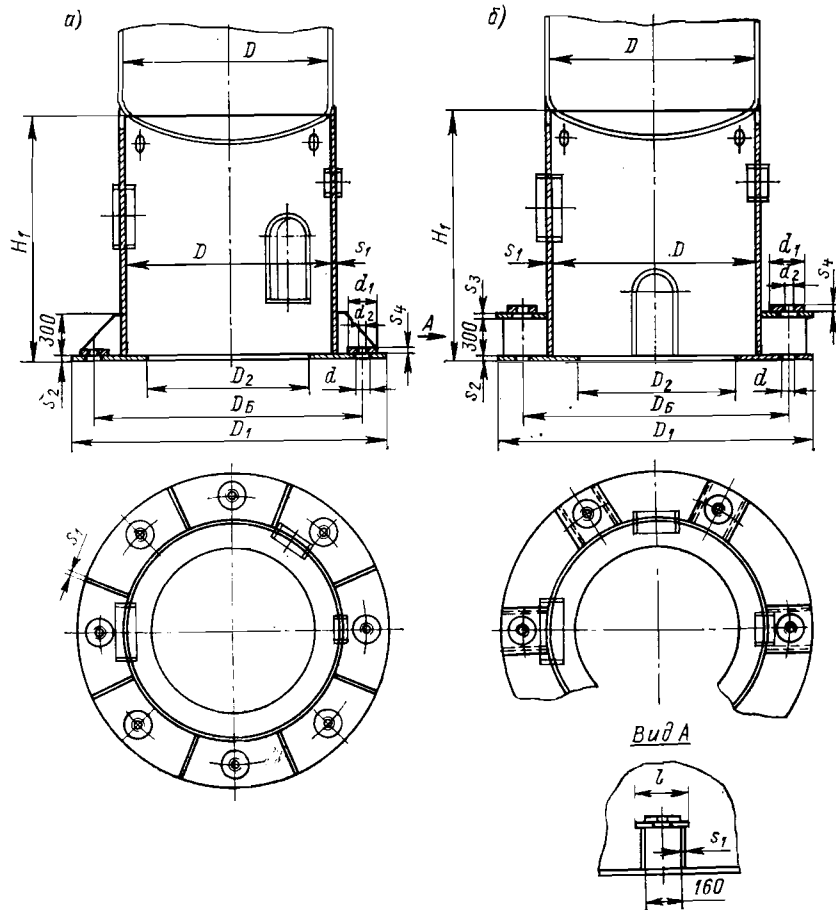


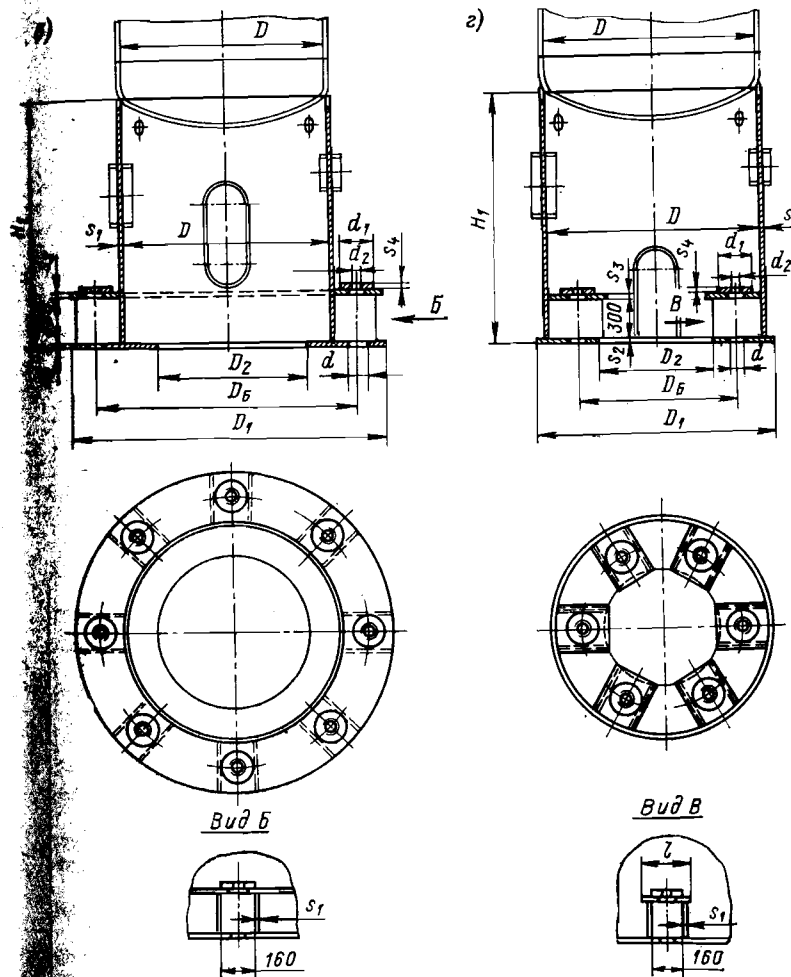
Рис. 14.3. Конструкции стандартных цилиндрических опор для стальных сварных аппаратов: а — тип 1 (с местными косынками); б — тип 2 (с наружными стойками под болты); в — тип 3 (с кольцевым опором)

Фундаментные болты у подвижной опоры должны быть снабжены контргайками и не затягиваться (устанавливаться с зазором 1—2 мм). Расположение фундаментных болтов в опорах должно обеспечивать свободное перемещение их вследствие температурного удлинения.

Конструкции стандартных опор для колонных аппаратов приведены на рис. 14.3 и 14.4, пределы применения стандартных опор в зависимости от диаметра колонны и минимальной приведенной нагрузки — в табл. 14.9, а основные размеры — в табл. 14.10—14.13.

Высота цилиндрических опор H_1 должна быть не менее 600 мм и выбирается по условиям эксплуатации аппарата.

Материал деталей опор должен выбираться исходя из условий эксплуатации в соответствии с техническими требованиями ОСТ 26-291—79 (см. гл. 3).



колонных аппаратов: а — тип 1 (с местными косынками); б — тип 2 (с наружными стойками под болты); в — тип 3 (с кольцевым опором); г — тип 5 (с внутренними стойками под болты)

Диаметры опор колонных аппаратов, ОСТ 26-467—78
мм

D	Цилиндрические опоры типов 1, 2, 3 (рис. 14.3, а—б)				Конические опоры, тип 4 (рис. 14.4)			
	D ₁	D ₂	D _Б	D ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D _Б
400	600	350	520	1000	1280	950	1000	1160
500	700	450	620	1100	1380	1050	1100	1280
600	800	550	720	1200	1480	1150	1200	1360
800	1080	750	960	1400	1680	1300	1400	1560
1000	1280	950	1160	1600	1880	1500	1600	1760
1200	1480	1150	1360	1800	2100	1700	1800	1980
1400	1680	1300	1560	2000	2300	1900	2000	2180
1600	1880	1500	1760	2200	2500	2100	2200	2380
1800	2100	1700	1980	2400	2720	2250	2400	2580
2000	2300	1900	2180	2600	2920	2450	2600	2780
2200	2500	2100	2380	2800	3120	2650	2800	3000
2400	2720	2250	2580	3000	3360	2850	3000	3220
2500	2820	2350	2680	3200	3460	2950	3100	3320
2600	2920	2450	2780	3300	3560	3050	3200	3420
2800	3120	2650	3000	3400	3760	3200	3400	3620
3000	3360	2850	3220	3500	3960	3400	3600	3820
3200	3560	3050	3420	3600	4160	3600	3800	4020
3400	3760	3200	3620	3700	4360	3800	4000	4220
3600	3960	3320	3820	3800	4560	4000	4200	4420
3800	4160	3600	4020	—	—	—	—	—
4000	4360	3800	4220	—	—	—	—	—
4500	4860	4300	4720	—	—	—	—	—
5000	5360	4800	5220	—	—	—	—	—
5500	5860	5300	5720	—	—	—	—	—
5600	5960	5400	5820	—	—	—	—	—
6000	6360	5800	6220	—	—	—	—	—
6300	6650	6100	6520	—	—	—	—	—

Предел текучести материала должен быть не менее 210 МПа при температуре 20 °С.

Необходимое количество отверстий, лазов (люков), их размеры, расположение и форма выбираются из условий эксплуатации и монтажа и должны отвечать требованиям ОСТ 26-291—79.

Для вентиляции внутренней полости опоры в верхней части должно быть предусмотрено не менее двух отверстий диаметром не более 100 мм.

При приварке опор к днищам, сваренным из отдельных частей, в обечайках опор должны быть предусмотрены вырезы, позволяющие иметь доступ к сварным радиальным швам на днищах. В этом случае отверстия для вентиляции не предусматриваются.

Опорная обечайка должна быть проверена на прочность в зоне вырезов по формулам, приведенным в п. 14.2.

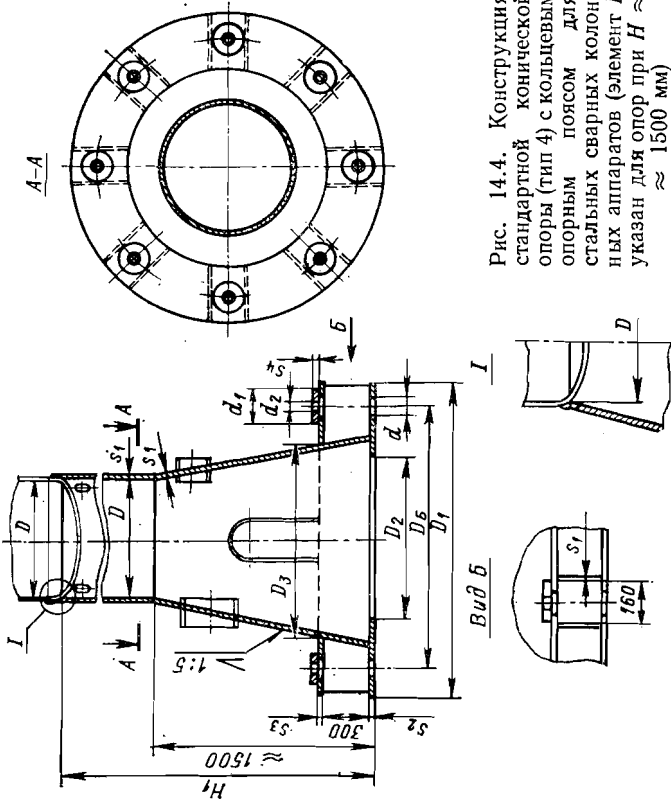


Рис. 14.4. Конструкция стандартной конической опоры (тип 4) с кольцевым опорным поясом для стальных сварных колонных аппаратов (элемент I указан для опор при H ≈ 1500 мм)

Таблица 14.9

Пределы применения опор типов 1, 2 и 3 в зависимости от минимальной приведенной нагрузки Q_{мин}, ОСТ 26-467—78

Q _{мин} , МН	Область диаметров D, мм, для опор типов		
	1	2	3
0,125	—	600—1200	400—1200
0,20	—	1200	400—1200
0,32	2000—3000	1200—3000	500—1800
0,50	2600—3000	1600—3000	800—2500
0,80	3000—4000	2000—4000	1400—2800
1,32	3600—5000	2200—5000	1800—3400
2,0	—	2600—6300	2000—6300
3,2	—	3000—6300	2400—6300
5,0	—	3800—6300	2600—6300
8,0	—	4500—6300	3200—6300
12,0	—	5000—6300	3800—6300

Примечание. Опоры типов 4 и 5 принимаются по табл. 14.12 и 14.13.

Основные размеры цилиндрических опор типов 1, 2, 3
для колонных аппаратов (рис. 14.3, а—в), ОСТ 26-467-78

мм

Приведенная нагрузка, МН		D	s ₁	s ₂	s ₃	d ₂	d _Б	Число болтов z _Б			
Q _{max}	Q _{min}										
0,25	До 0,125 » 0,20	400—1200	6	20	12 16	28	M24	6			
0,63	До 0,32	500—1600 1800—3000	8						20 16	35	M30
	До 0,50	800—3000		8							
1,6	До 0,80	1400—1800 2000—4000	10 8	25	20			16			
	До 1,32	1800 2000—3600 3800; 4000	10 8 8						25 25 20	M36 M36 M30	16 16 24
			25 25 20						42 42 35	M36 M36 M30	16 16 24
2,5	До 1,32	1800; 2000 2200—2500 2600—3800 4000—5000	12	30	25	42	M36	16			
			10	30	25	42	M36	16			
			10	25	25	42	M36	16			
			10	25	20	35	M30	24			
4,0	До 2,0	2000 2200—2500 2600—5000	12	30	30	48	M42	16			
			10	30	30	48	M42	16			
			10	25	25	42	M36	24			
4,0	До 2,0	2000—2500 2600 2800—3200 3400; 3600 3800—6300	16	30	30	48	M42	16			
			16	30	25	42	M36	24			
			12	30	25	42	M36	24			
			10	30	25	42	M36	24			
			10	25	25	42	M36	24			
			6,3	До 3,2	2600 2800—3600 3800 4000—6300	20	36	30	48	M42	24
16	30	30				48	M42	24			
16	30	30				48	M42	24			
12	30	25				42	M36	32			
До 5,0	2600 2800; 3000 3200—3800 4000—6300	20				36	36	56	M48	24	
		16	30	36	56	M48	24				
		16	30	30	48	M42	32				
		12	30	30	48	M42	32				

Приведенная нагрузка, МН		D	s ₁	s ₂	s ₃	d ₂	d _Б	Число болтов z _Б
Q _{max}	Q _{min}							
10,0	До 5,0	2800 3000—6300	20	36	36 30	56 48	M48 M42	24 32
	До 8,0	3200—6300						36
16,0	До 8,0	3400 3600—6300	25 20	40	36	62	M56	32
	До 10,0	3800—6300	20					

Примечания: 1. Размеры d и d₁ в зависимости от D для опор типов 1, 2 и 3:
D, мм 400—600 800—1600 1800—6300
d, мм 45 60 70
d₁, мм 70 90 100

2. При всех значениях D принимают s₄ ≥ 0,5s₂; для опор типа 2 при всех значениях D принимают l = 160 + 4s₁.
Пример условного обозначения опоры типа 2 при диаметре колонны 1000 мм, Q_{max} = 0,25 МН, Q_{min} = 0,2 МН, H₁ = 1200 мм:
Опора 2-1000-25-20-1200 ОСТ 26-467-78.

Таблица 14.12

Основные размеры конических опор (типа 4)
для колонных аппаратов (рис. 14.4), ОСТ 26-467-78

мм

Приведенная нагрузка, МН		D	s ₁	s ₂	s ₃	d ₂	d _Б	Число болтов z _Б
Q _{max}	Q _{min}							
4,0	До 2,0	2000—2500	16	30	30	48	M42	16
		2600	16	30	25	42	M36	24
		2800—3200	12	30	25	42	M36	24
		3400; 3600	10	30	25	42	M36	24
		3800—6300	10	25	25	42	M36	24
4,0	До 3,2	2400—2600	16	30	30	48	M42	24
		2800—3200	12	30	30	48	M42	24
		3400; 3600	10	30	30	48	M42	24
		3800—6300	10	25	25	42	M36	32
		6,3	До 3,2	2600	20	36	30	48
2800—3600	16			30	30	48	M42	24
3800	16			30	25	42	M36	32
4000—6300	12			30	25	42	M36	32
До 5,0	2600 2800; 3000 3200—3800 4000—6300			20	36	36	56	M48
		16	30	36	56	M48	24	
		16	30	30	48	M42	32	
		12	30	30	48	M42	32	

Приведенная нагрузка, МН		D	s ₁	s ₂	s ₃	d ₂	d _Б	Число болтов z _Б
Q _{max}	Q _{min}							
10,0	До 5,0	2800 3000—6300	20	36	36	56 48	M48 M42	24 32
	До 8,0	3200—6300				36	62	M56
16,0	До 8,0	3400 3600—6300	25 20	40	30	48	M42	32
	До 10,0	3800—6300	20			40	62	M56

Примечание. При всех значениях D d = 70 мм; d₁ = 100 мм; s₄ ≥ 0,5s₂.
 Пример условного обозначения опоры типа 4 при диаметре колонны 3200 мм, Q_{max} = 6,3 МН, Q_{min} = 3,2 МН, H₁ = 3000 мм:
 Опора 4-3200-630-320-3000 ОСТ 26-467-78.

Таблица 14.13

Основные размеры цилиндрических опор типа 5 для колонных аппаратов (рис. 14.3, г), ОСТ 26-467-78
мм

D	Диаметры опор					d ₁
	D ₁	D ₂	D _Б	d	d	
3000	3120	2650	2840	70	100	
3200	3360	2850	3020			
3400	3560	3050	3220			
3600	3760	3200	3420			
3800	3960	3400	3620			
4000	4160	3600	3820			

Приведенная нагрузка, МН		D	s ₁	s ₂	s ₃	d ₂	d _Б	Число болтов z _Б	
Q _{max}	Q _{min}								
0,63	До 0,125	3000—3400	8	20	12	35	M30	8	
1,6	До 0,32	3000—4000							25
2,5	До 0,50	3000—4000							20
4,0	До 0,80	3000; 3200	10	30	20	35	M30	16	
		3400; 3600							25
		3800; 4000							25
6,3	До 1,32	3000—4000	16	30	25	42	M36	16	
10,0	До 2,0	3000—4000	20	36					24

Примечание. При всех значениях D принимают s₄ ≥ 0,5s₂ и l = 160 + 4s₁.
 Пример условного обозначения опоры типа 5 при диаметре колонны 3600 мм, Q_{max} = 1,6 МН, Q_{min} = 0,32 МН, H₁ = 1500 мм:
 Опора 5-3600-160-32-1500 ОСТ 26-467-78.

14.2. Расчет опор для вертикальных аппаратов, РД РТМ 26-319-79

Собственно опоры расчетом не проверяются, а выбираются стандартные на требуемую нагрузку. Расчету подлежит обечайка цилиндрического аппарата, на которую действуют местные нагрузки, вызываемые опорными лапами.

Расчетные нагрузки. При определении нагрузки на опору-лапу действующие на аппарат нагрузки приводятся к осевой силе P и моменту M относительно опорной поверхности лапы. Расчетные нагрузки показаны на рис. 14.5.

Нагрузка на одну опору определяется по формуле

$$Q = \lambda_1 P/z + \lambda_2 M/(D + 2e), \quad (14.1)$$

где e = 0,5 (b + f_{max} + s₀ + s_H); f_{max}, b — по табл. 14.1; s₀ = s - c - c₁ — толщина стенки аппарата в конце срока службы; s — исполнительная толщина стенки аппарата; c — прибавка для компенсации коррозии; c₁ — дополнительная прибавка; λ₁, λ₂ — коэффициенты, зависящие от числа опор z:

z	2	3	4
λ ₁	1	1	2
λ ₂	1*	1,3	1

* Момент передается только в плоскости опор.

** Допускается принимать λ₁ = 1 в технически обоснованных случаях, обеспечивающих равномерное распределение нагрузки между опорами.

Проверка прочности стенки вертикального цилиндрического аппарата под опорой-лапой без накладного листа. Осевое напряжение от внутреннего давления p и изгибающего момента определяется по формуле

$$\sigma_{m0x} = pD/(4s_0) + 4M/(\pi D^2 s_0). \quad (14.2)$$

Окружное напряжение от внутреннего давления

$$\sigma_{m0y} = pD/(2s_0). \quad (14.3)$$

Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок определяется по соотношения

$$\sigma_{m0} = \max \{ \sigma_{m0x}; \sigma_{m0y} \}. \quad (14.4)$$

Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опоры определяется по формуле

$$\sigma_m = \sigma_{m0} \pm K_1 Qe/(D s_0^2), \quad (14.5)$$

где коэффициент K₁ принимается по рис. 14.6 в зависимости от параметров $\eta = D/(2s_0)$ и h/D (h — высота опоры — см. рис. 14.1).

Максимальное напряжение изгиба от реакции опоры определяется по формуле

$$\sigma_{\Pi} = K_2 Qe/(h s_0^2), \quad (14.6)$$

где коэффициент K₂ принимается по рис. 14.7 в зависимости от тех же параметров γ и h/D.

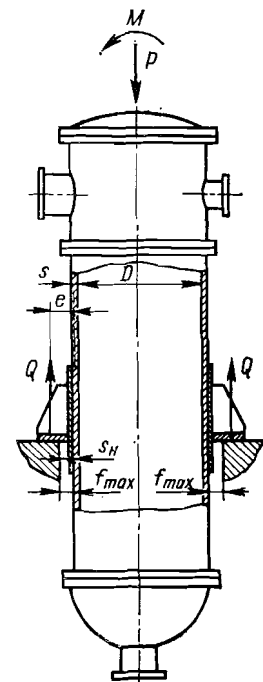


Рис. 14.5. Нагрузки, действующие на аппарат

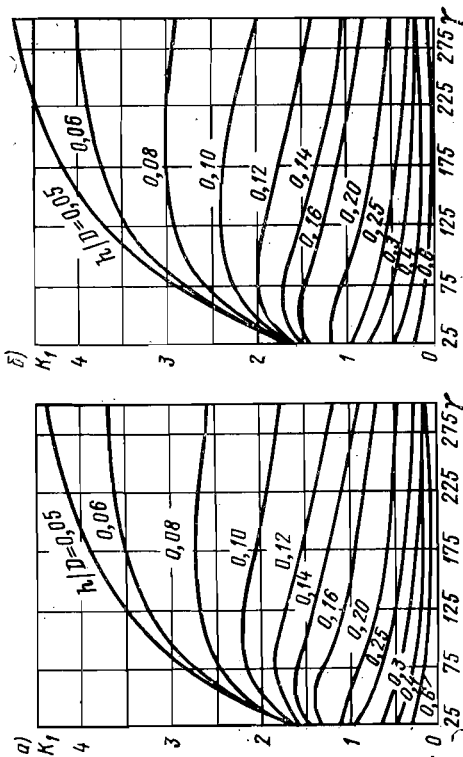


Рис. 14.6. Коэффициент K_1 : а — для опор-лап типа 1; б — для опор-лап типа 2

Условие прочности имеет вид

$$(\sigma_m/\sigma_T)^2 + \frac{0,8}{A} \frac{\sigma_{II}}{\sigma_T} \leq 1, \quad (14.7)$$

где

$$\left. \begin{aligned} A &= 1,0 \text{ — для эксплуатационных условий;} \\ A &= 1,2 \text{ — для условий транспортирования, монтажа} \\ &\text{и гидравлических испытаний.} \end{aligned} \right\} \quad (14.8)$$

Если условие (14.7) не выполняется, требуется применить накладной лист.

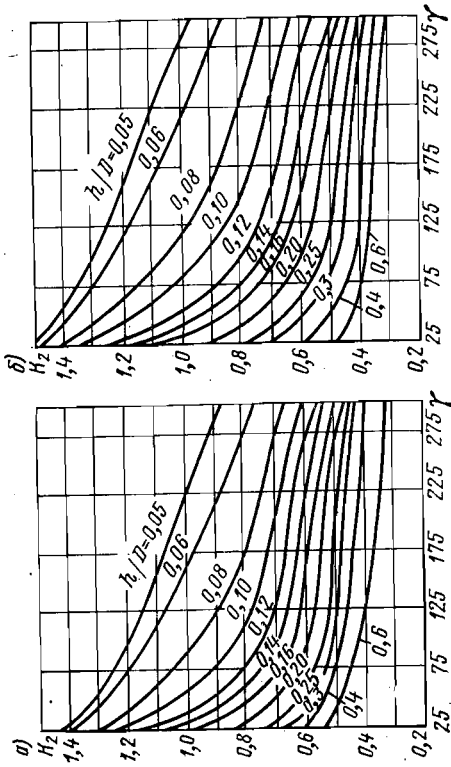


Рис. 14.7. Коэффициент K_2 : а — для опор-лап типа 1; б — для опор-лап типа 2

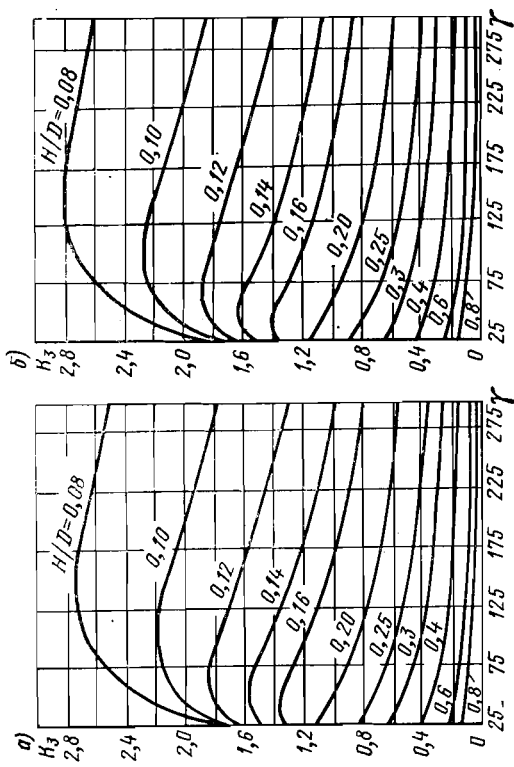


Рис. 14.8. Коэффициент K_3 : а — для опор-лап типа 1; б — для опор-лап типа 2

Проверка прочности стенки вертикального цилиндрического аппарата под опорой-лапой с накладным листом. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции опоры определяется по формуле

$$\sigma_m = \sigma_{m0} \pm K_3 Q_{e1} / (D s_0^2), \quad (14.9)$$

где коэффициент K_3 принимается по рис. 14.8 в зависимости от параметров γ и H/D (H — высота накладного листа — см. рис. 14.1, 2).

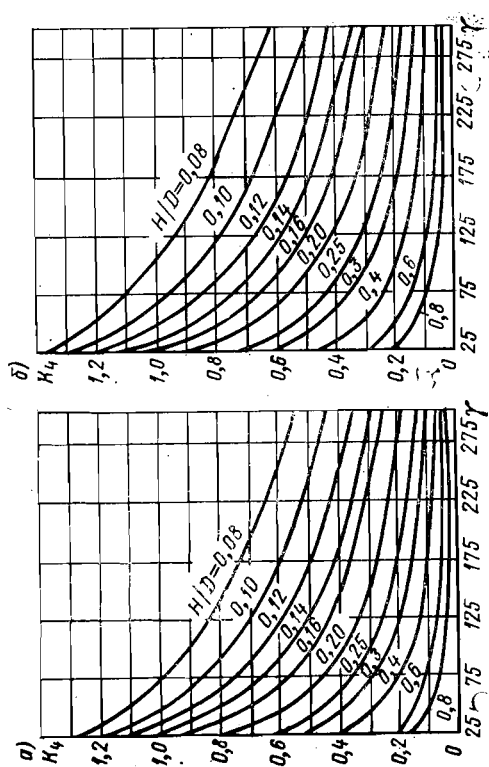


Рис. 14.9. Коэффициент K_4 : а — для опор-лап типа 1; б — для опор-лап типа 2

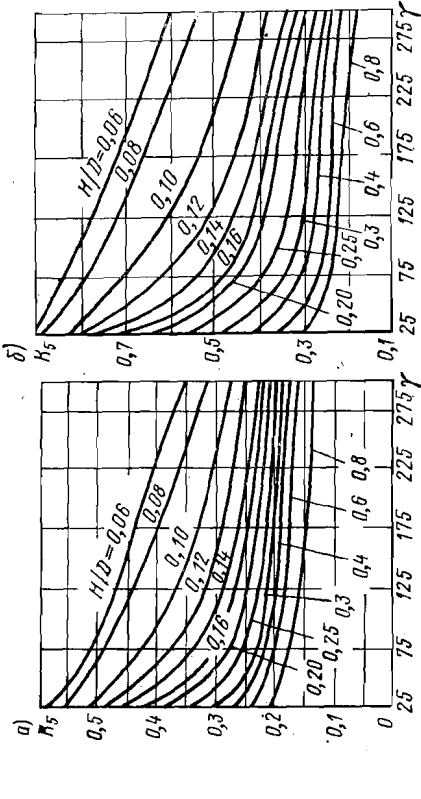


Рис. 14.10. Коэффициент K_4 ; а — для опор-лап типа 1; б — для опор-лап типа 2

Максимальное напряжение изгиба от реакции опоры определяется по формуле

$$\sigma_{из} = K_4 Q_e / (H s_0^2) \quad (14.10)$$

где коэффициент K_4 принимается по рис. 14.9 в зависимости от параметров γ и H/D .

Условие прочности определяется выражением (14.7).
Толщину накладного листа определяют по формуле

$$s_H = \sqrt{K_6 Q / (A \sigma_T)} \quad (14.11)$$

где коэффициент K_6 принимается по рис. 14.10, а коэффициент A — по условиям (14.8).

14.3. Расчет горизонтальных аппаратов, установленных на седловых опорах, РТМ 26-110—77

Формулы применимы для расчета на прочность и устойчивость гладких и подкрепленных кольцами жесткости цилиндрических аппаратов, установленных на седловых опорах, работающих под внутренним избыточным давлением, вакуумом или под налив.
Расчетные нагрузки. Расчетные нагрузки в горизонтальном аппарате, установленном на двух седловых опорах, показаны на рис. 14.11.

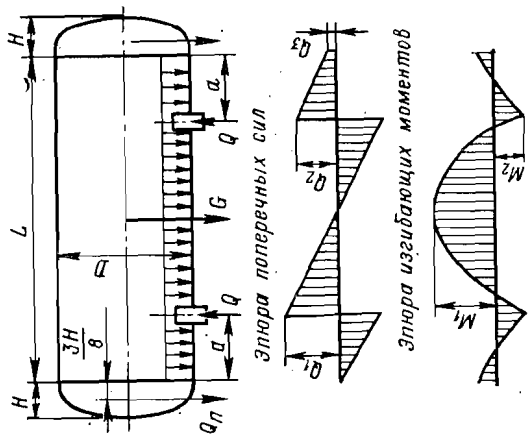


Рис. 14.11. Расчетные нагрузки в горизонтальном аппарате, установленном на двух седловых опорах

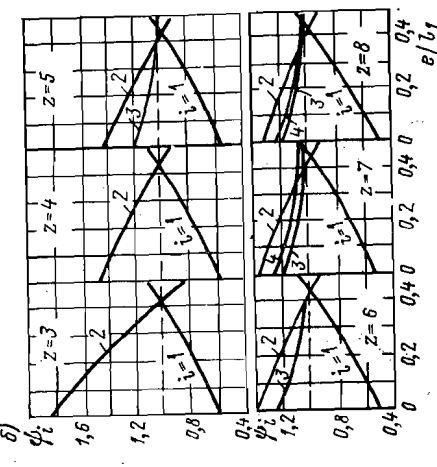


Рис. 14.12. Графики для определения коэффициента ψ_i (i — порядковый номер опоры); а — схема распределения нагрузок; б — расчетные графики

Реакция опоры для аппарата, установленного на двух опорах,

$$Q = 0,5G, \quad (14.12)$$

где G — сила тяжести аппарата в рабочем состоянии, МН.

Реакция опоры для аппарата, установленного на нескольких опорах,

$$Q_i = \psi_i G / z, \quad (14.13)$$

где z — число опор; ψ_i — коэффициент, определяемый по рис. 14.12.

Изгибающий момент в середине аппарата

$$M_1 = Q (f_1 L - a). \quad (14.14)$$

Изгибающий момент в сечении над опорой

$$M_2 = \frac{Qa}{f_2} (1 - a/L + 0,5f_3 D/a - f_2) \quad \text{при } z = 2; \quad (14.15)$$

$$M_2 = 0,125Gf_3^2 / \left(L + \frac{4}{3} H \right) \quad \text{при } z \geq 3, \quad (14.16)$$

где f_1, f_2, f_3 — коэффициенты, принимаемые по рис. 14.13—14.15 в зависимости от параметров L/D и H/D ; $a \approx 0,2D$ для аппаратов без колец жесткости и $a \approx 0,2L$ для аппаратов, подкрепленных кольцами жесткости.

Изгибающий момент в сечении над приварной седловой опорой в случае скольжения по опорной плите определяется по формуле

$$M_2 = M_2 + 0,08Q (h_1 + h_2), \quad (14.17)$$

где h_1, h_2 — высота ребер опоры (см. рис. 14.24).

Перезывающая сила для аппарата, установленного на двух опорах,

$$Q_{п} = f_4 Q, \quad (14.18)$$

где f_4 — коэффициент, определяемый по рис. 14.16 в зависимости от параметров a/L и H/L .

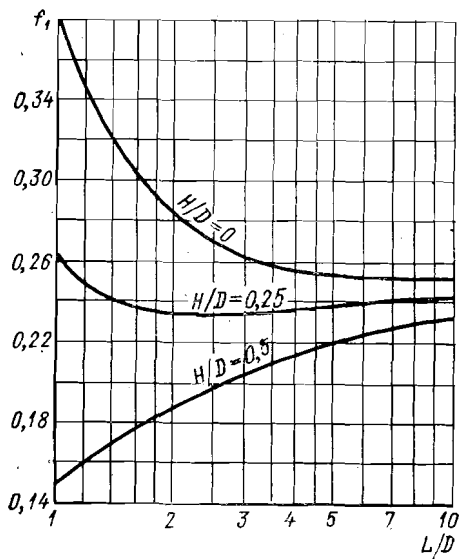


Рис. 14.13. График для определения коэффициента f_1

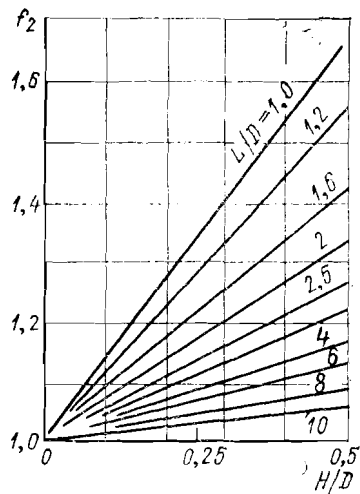


Рис. 14.14. График для определения коэффициента f_2

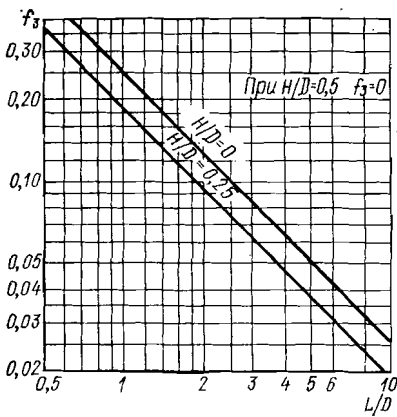


Рис. 14.15. График для определения коэффициента f_3

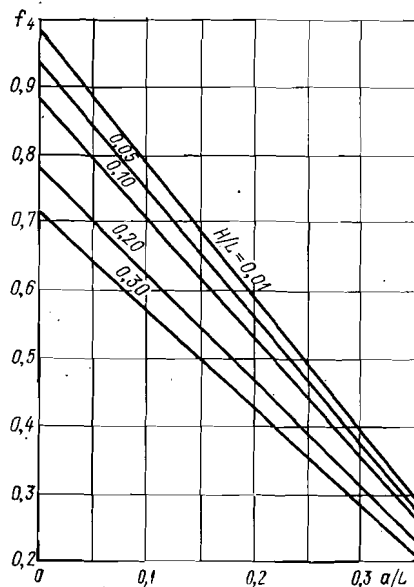


Рис. 14.16. График для определения коэффициента f_4

Расчет корпуса из прочности. Корпус аппарата, толщина стенки которого определялась по данным гл. 6, необходимо проверить на прочность: от совместного действия внутреннего давления p в аппарате и изгиба от реакции опор, от действия перерезывающей силы и кольцевых напряжений в опорном сечении корпуса.

Прочность стенки от совместного действия внутреннего давления и изгиба от реакции опор проверяется в двух сечениях: посредине пролета (σ_1) и над опорой (σ_2):

$$\sigma_1 = \frac{pD}{4(s-c)} + 1,275 \frac{|M_1|}{D^2(s-c)} \leq \varphi[\sigma]; \quad (14.19)$$

$$\sigma_2 = \frac{pD}{4(s-c)} + 1,275 \frac{|M_2|}{K_6 D^2(s-c)} \leq \varphi[\sigma], \quad (14.20)$$

где $K_6 = f(\delta)$ — коэффициент для обечаяк, не укрепленных кольцами жесткости в опорном сечении, определяемый по рис. 14.21 в зависимости от δ (угла обхвата аппарата седловой опорой), при установке в обечайке колец жесткости в опорном сечении аппарата $K_6 = 1$.

Для аппаратов, работающих под наружным давлением, корпус следует проверить на устойчивость от совместного действия давления и изгиба (см. гл. 6). При этом $M = M_1$ — в сечении посередине аппарата; $M = M_2/K_6$ или $M = M_2'/K_6$ — в сечении над опорой.

Напряжение среза τ в опорном сечении обечайки при установке аппарата на двух опорах определяют следующим образом.

Для аппаратов, имеющих кольца жесткости в местах расположения опор, при $a/D > 0,25$

$$\tau = 0,64 \frac{Q_{II}}{D(s-c)} \leq 0,8[\sigma]. \quad (14.21)$$

Для аппаратов, не имеющих колец жесткости в местах расположения опор:

$$\tau = 2K_7 \frac{Q_{II}}{D(s-c)} \leq 0,8[\sigma] \quad \text{при } a/D > 0,25; \quad (14.22)$$

$$\tau = 2K_8 \frac{Q_{II}}{D(s-c)} \leq 0,8[\sigma] \quad \text{при } a/D \leq 0,25, \quad (14.23)$$

где K_7, K_8 — коэффициенты, определяемые по рис. 14.17.

Напряжение растяжения в выпуклом днище

$$\sigma_3 = 2K_9 \frac{Q}{D(s-c)} + \sigma_4 \leq 1,25[\sigma], \quad (14.24)$$

где σ_4 — напряжение в днище от внутреннего давления; K_9 — коэффициент, определяемый по рис. 14.17.

Корпус аппарата при необходимости может быть подкреплён как внутренними, так и наружными кольцами жесткости, расположенными непосредственно

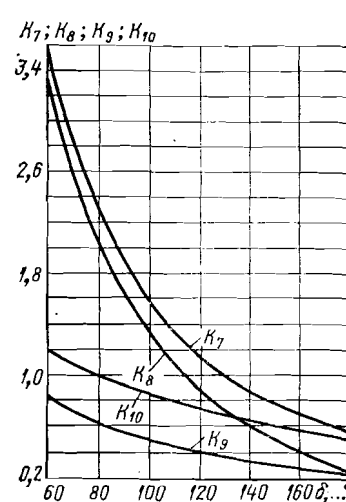


Рис. 14.17. График для определения коэффициентов K_7-K_{10}

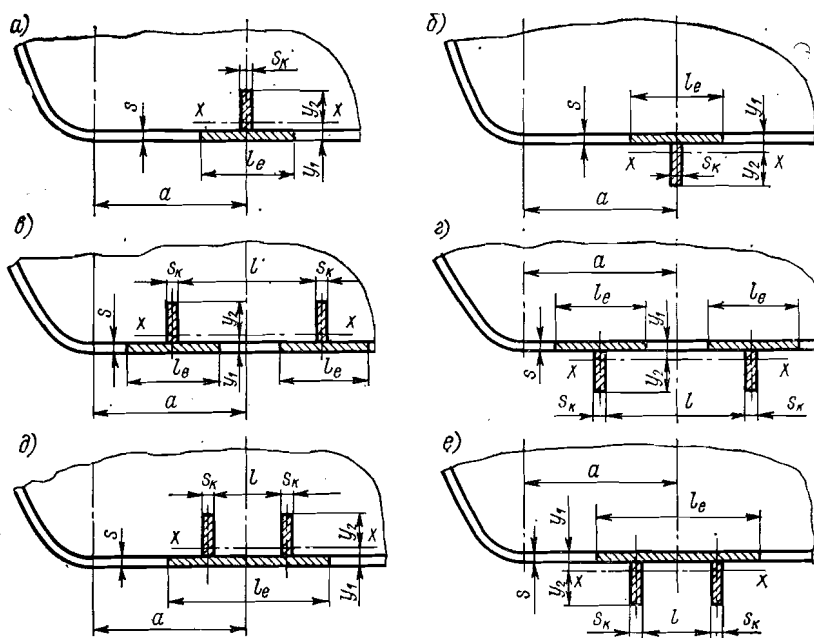


Рис. 14.18. Примеры расположения колец жесткости в корпусах аппаратов относительно седловых опор: а — внутреннее кольцо в месте опоры; б — наружное кольцо в месте опоры; в — внутренние кольца вблизи опоры; г — наружные кольца вблизи опоры; д — внутренние кольца вблизи опоры при $l < l_e$; е — наружные кольца вблизи опоры при $l < l_e$

над опорой или вблизи нее. Примеры рекомендуемого расположения колец жесткости в корпусах аппаратов показаны на рис. 14.18, а эпюра распределения кольцевых изгибающих моментов в гладких обечайках и обечайках, укрепленных кольцами жесткости, — на рис. 14.19.

Кольцевые напряжения в опорном сечении обечайки определяют следующим образом.

Для обечаек, не укрепленных кольцами жесткости в опорном сечении, кольцевое напряжение в нижней точке опорного сечения (точка 1 на рис. 14.19, $\beta = \pi$) находят по формуле

$$\sigma_{5(1)} = K_{10} \frac{Q}{(s-c) l_e} \leq \varphi [\sigma]. \quad (14.25)$$

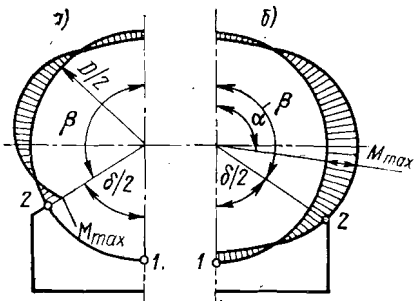


Рис. 14.19. Эпюра распределения кольцевых изгибающих моментов в опорном сечении обечайки: а — для не укрепленных кольцами жесткости обечаек и для обечаек по рис. 14.18, а, б, д, е; б — для обечаек, укрепленных кольцами жесткости, расположенными вблизи опоры, если расстояние между кольцами жесткости $l_e < l < 0,5D$

Кольцевое напряжение на гребне седловой опоры (точка 2 на рис. 14.19, $\beta = \pi - \delta/2$) для двух- и многоопорных аппаратов при $L/D < 4$

$$\sigma_{5(2)} = \frac{Q}{(s-c)^2} \left[\frac{(s-c)}{4l_e} + 1,5K_{11} \right] \leq \varphi [\sigma]. \quad (14.26)$$

Кольцевое напряжение в точке 2 для двухопорных аппаратов при $L/D < 4$

$$\sigma_{5(2)} = \frac{Q}{(s-c)^2} \left[\frac{(s-c)}{4l_e} + 6K_{11} \frac{D}{L} \right] \leq \varphi [\sigma]. \quad (14.27)$$

В формулах (14.25)—(14.27) φ — коэффициент прочности сварного шва на обечайке; K_{10} — коэффициент, определяемый по рис. 14.17; K_{11} — коэффициент, определяемый по рис. 14.20 в зависимости от угла обхвата δ и параметра a/D ; l_e — эффективная длина обечайки в сечении над опорой, определяемая по формуле

$$l_e = B + 1,1\sqrt{D(s-c)}, \quad (14.28)$$

но не более $B + 30(s-c)$, где B — ширина седловой опоры (см. рис. 14.2).

Примечание. В формулах (14.25)—(14.27) при наличии между седловой опорой и стенкой обечайки опорного листа вместо s следует подставлять суммарную толщину стенки обечайки и опорного листа, но не более $2s$.

В случае установки опорного листа необходимо также проверить прочность обечайки аппарата по формулам (14.25)—(14.27) за пределами опорного листа. При этом вместо ширины опоры B в формулы следует подставлять ширину опорного листа B_2 , а коэффициенты K_{10} и K_{11} определять в зависимости от угла обхвата опорным листом δ_1 .

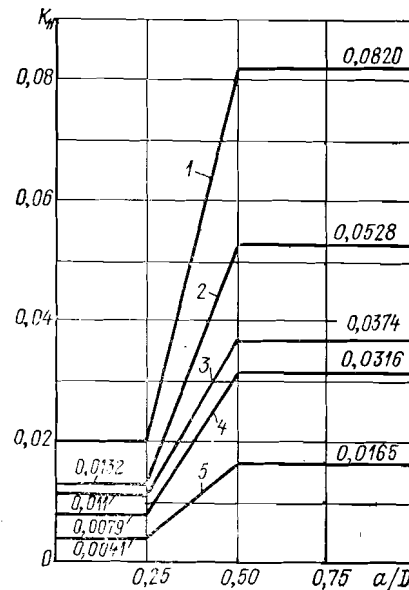


Рис. 14.20. График для определения коэффициента K_{11} :
1 — $\delta = 90^\circ$; 2 — $\delta = 120^\circ$; 3 — $\delta = 140^\circ$;
4 — $\delta = 150^\circ$; 5 — $\delta = 180^\circ$

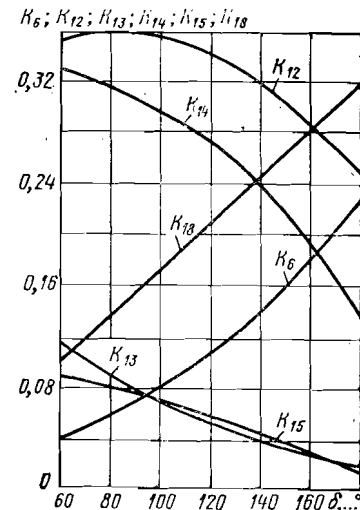
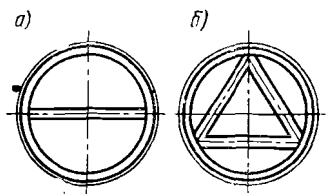


Рис. 14.21. График для определения коэффициентов $K_6, K_{12} - K_{15}, K_{18}$



Расчет обечайки аппарата, укрепленной кольцами жесткости, и расчет колец жесткости при отсутствии дополнительных элементов подкрепления самих колец. Кольцевое напряжение в обечайке над опорой за пределами влияния кольца жесткости определяют по формуле (14.25). Это напряжение может быть снижено за счет установки опорного листа [см. примечание к формулам (14.25)—(14.27)].

Кольцевые напряжения в обечайке в зоне влияния кольца жесткости σ_θ и кольцевые напряжения в кольце жесткости σ_k находят по следующим формулам:

а) при наличии одного внутреннего кольца (см. рис. 14.18, а) или двух внутренних колец при $l \leq l_e$ (см. рис. 14.18, в)

$$\sigma_\theta = -K_{12}Q/F - 0,5K_{13}QDy_1/J \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.29)$$

$$\sigma_k = -K_{12}Q/F + 0,5K_{13}QDy_2/J \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.30)$$

б) при наличии одного наружного кольца (см. рис. 14.18, б)

$$\sigma_\theta = -K_{12}Q/F + 0,5K_{13}QDy_1/J \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.31)$$

$$\sigma_k = -K_{12}Q/F - 0,5K_{13}QDy_2/J \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.32)$$

в) при наличии двух наружных колец (см. рис. 14.18, в)

$$\sigma_\theta = -K_{14}Q/F - 0,5K_{15}QDy_1/J \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.33)$$

$$\sigma_k = -K_{14}Q/F + 0,5K_{15}QDy_2/J \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.34)$$

г) при наличии двух внутренних колец, расположенных на расстоянии l , удовлетворяющем соотношению $l_e < l < 0,5D$ (см. рис. 14.18, г),

$$\sigma_\theta = -K_{14}Q/F + 0,5K_{15}QDy_1/J \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.35)$$

$$\sigma_k = -K_{14}Q/F - 0,5K_{15}QDy_2/J \leq \varphi [\sigma]. \quad (14.36)$$

В формулах (14.29)—(14.36) F — расчетная площадь поперечного сечения обечайки; J — эффективный момент инерции площади F относительно оси $x-x$; y_1, y_2 — расстояния от центра тяжести расчетного сечения до обечайки и кольца жесткости соответственно (см. рис. 14.18); $K_{12}, K_{13}, K_{14}, K_{15}$ — коэффициенты, определяемые по рис. 14.21.

Расчет обечайки аппарата, укрепленной кольцами жесткости, и расчет кольца жесткости при наличии дополнительных элементов подкрепления самого кольца. Рекомендуемые варианты усиленных опорных колец жесткости показаны на рис. 14.22.

Коэффициенты K_{16} и K_{17} в формулах (14.37) и (14.38)

Конструкция усиленного кольца жесткости	δ, \dots°	β, \dots°	Коэффициенты		
			K_{16}	K_{17}	
С центральным горизонтальным стержнем (см. рис. 14.22, а)	60	90	-0,254	+0,0440	
		120	-0,579	-0,0510	
		180	-0,560	+0,0570	
С треугольной рамой (см. рис. 14.22, б)	90	90	-0,254	+0,0369	
		120	-0,477	-0,0337	
		180	-0,572	+0,0350	
	120	90	-0,254	+0,0254	
		120	-0,445	-0,0178	
		180	-0,572	+0,0127	
С треугольной рамой (см. рис. 14.22, б)	60	0	+0,144	+0,0166	
		90	+0,165	-0,0079	
		120	-0,616	+0,0289	
		90	150	-0,776	-0,0148
			180	-0,787	+0,0176
			0	+0,156	-0,0196
		120	90	-0,153	-0,0100
			120	-0,558	+0,0191
			150	-0,695	-0,0020
	180	180	-0,734	+0,0024	
		0	+0,161	-0,0220	
		90	-0,146	-0,0110	
	120	120	-0,499	+0,0148	
		150	-0,630	-0,0004	
		180	-0,674	-0,0013	

Примечание. Здесь δ — угол обхвата аппарата опорой; β — угол расположения расчетных точек на обечайке.

Условие прочности обечайки с усиленными кольцами жесткости:

$$\sigma_\theta = K_{16}Q/F - 0,5K_{17}QDy_1/J \leq \varphi [\sigma]. \quad (14.37)$$

Условие прочности усиленного кольца жесткости:

$$\sigma_k = K_{16}Q/F + 0,5K_{17}QDy_2/J \leq \varphi [\sigma]. \quad (14.38)$$

Здесь K_{16}, K_{17} — коэффициенты, приведенные с соответствующими знаками в табл. 14.14.

Проверку прочности следует произвести во всех точках, указанных в табл. 14.14.

Расчет стержней усиленных колец жесткости. Усилие в центральном горизонтальном стержне (см. рис. 14.22, а)

$$N = f_5 Q; \quad (14.39)$$

Коэффициенты f_6 , f_8 и f_7 в формулах (14.39)–(14.41)

δ, \dots°	f_6	f_8	f_7
60	+0,598	+0,561	-0,0982
90	+0,347	+0,440	-0,1120
120	+0,280	+0,320	-0,0752

усилие в горизонтальном стержне треугольной рамы (см. рис. 14.22, б)

$$N = f_6 Q; \quad (14.40)$$

усилие в наклонных стержнях треугольной рамы (см. рис. 14.22, б)

$$N = f_7 Q; \quad (14.41)$$

где f_6 , f_8 , f_7 — коэффициенты, приведенные в табл. 14.15.

Условие прочности стержней при $N > 0$:

$$N/F_{ст} \leq [\sigma], \quad (14.42)$$

где $F_{ст}$ — площадь поперечного сечения стержня. Гибкость сжатых стержней определяется по формуле

$$\lambda = 0,866 \frac{D}{r_0} \sqrt{\sigma_T/E}, \quad (14.43)$$

где r_0 — минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня; во всех случаях принимают $\lambda \leq 4$.

Условие устойчивости стержня при $N < 0$:

$$N/(\varphi_t F_{ст}) \leq [\sigma], \quad (14.44)$$

где $\varphi_t = \min\{\varphi_1; \varphi_2\}$; φ_1, φ_2 — коэффициенты, определяемые по рис. 6.5, а, б.

Расчет седловой опоры. На опору действуют вертикальная сила Q (реакция опоры), горизонтальная сила P_1 (перпендикулярная к оси аппарата) и горизонтальная сила трения P_2 (параллельная оси аппарата).

Реакция опоры определяется по формулам (14.12) и (14.13), в которых учитывается максимальная сила тяжести аппарата (в том числе и при гидравлическом испытании):

а) для аппарата, установленного на двух опорах,

$$Q_{\max} = 0,5 G_{\max}; \quad (14.45)$$

б) для аппарата, установленного на нескольких опорах,

$$Q_{\max} = \psi_t G_{\max}/z. \quad (14.46)$$

Горизонтальная сила (перпендикулярная к оси аппарата)

$$P_1 = K_{1a} Q_{\max}. \quad (14.47)$$

где K_{1a} — коэффициент, определяемый по рис. 14.21.

Горизонтальная сила трения (параллельная оси аппарата)

$$P_2 = 0,15 Q_{\max}. \quad (14.48)$$

где 0,15 — коэффициент трения между аппаратом и опорой (или между опорой и опорной плитой).

Площадь опорной плиты принимается конструктивно и должна удовлетворять условию

$$F_{\Pi R} = Q_{\max}/[\sigma_{бет}], \quad (14.49)$$

где $[\sigma_{бет}]$ — допускаемое напряжение сжатия бетона фундамента, принимаемое в зависимости от марки бетона (СНиП В-1—62):

Марка бетона	500	300	200
$[\sigma_{бет}]$, МПа	10	8	6

В случае, если принятая площадь опорной плиты $F_{\Pi} > F_{\Pi R}$, напряжение сжатия бетона определяют по формуле

$$\sigma_{бет} = [\sigma_{бет}] F_{\Pi R}/F_{\Pi}. \quad (14.50)$$

Расчетная толщина опорной плиты

$$s_{\Pi R} = 2,45b \sqrt{K_{19} \sigma_{бет}/(1,1 [\sigma_{\Pi}]}, \quad (14.51)$$

где K_{19} — коэффициент, определяемый по рис. 14.23 в зависимости от отношения b/a ; b — ширина поперечных ребер; a — расстояние между поперечными ребрами (рис. 14.24); $[\sigma_{\Pi}]$ — допускаемое напряжение для материала опорной плиты.

Исполнительная толщина опорной плиты

$$s_{\Pi} = s_{\Pi R} + c; \quad (14.52)$$

во всех случаях $s_{\Pi} \geq 10$ мм.

Расчетная толщина ребра I (рис. 14.24) из условия прочности на изгиб и растяжение определяется по формуле

$$s_{PR} \geq 42P_1/(1,1 [\sigma] D). \quad (14.53)$$

Толщины ребер I и 2 (рис. 14.24) проверяют на устойчивость от действия сжимающей нагрузки q . Нагрузка на единицу длины ребра

$$q = 1,2 Q_{\max}/l_{\text{общ}}. \quad (14.54)$$

Здесь $l_{\text{общ}}$ — общая длина всех ребер на опоре:

а) для опоры с расположением ребер по схеме I (рис. 14.24)

$$l_{\text{общ}} = a(m-1) + bm; \quad (14.55)$$

б) для опор с расположением ребер по схеме II

$$l_{\text{общ}} = a(m-1) + 2bm, \quad (14.56)$$

где m — число ребер на опоре.

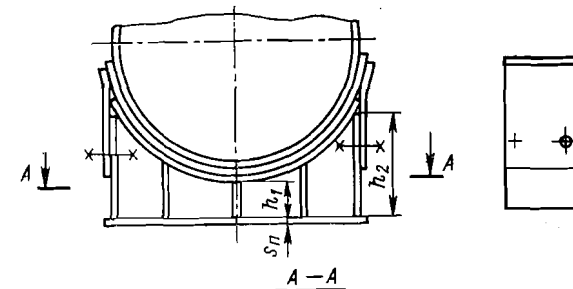


Рис. 14.24. Конструктивные элементы седловой опоры:

I — с поперечными ребрами 2 , расположенными по одну сторону продольного ребра 1 ; II — с поперечными ребрами 2 , расположенными симметрично по обе стороны продольного ребра 1

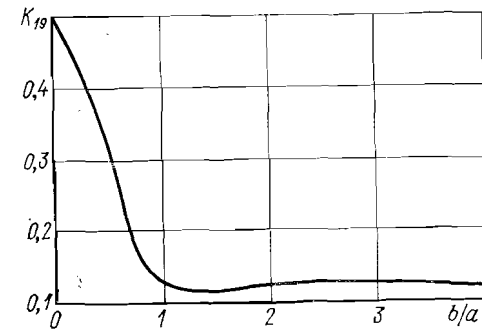


Рис. 14.23. График для определения коэффициента K_{19}

Расчетная толщина ребер из условия устойчивости

$$s_{pR} \geq q/[\sigma_{кР}], \quad (14.57)$$

где $[\sigma_{кР}]$ — допускаемое напряжение на устойчивость, принимаемое из условия

$$[\sigma_{кР}] = \min \{ \sigma_T/3; \sigma_{кР}/5 \}. \quad (14.58)$$

Критическое напряжение находят по формуле

$$\sigma_{кР} = 3,6E (s_p/h_2)^2, \quad (14.59)$$

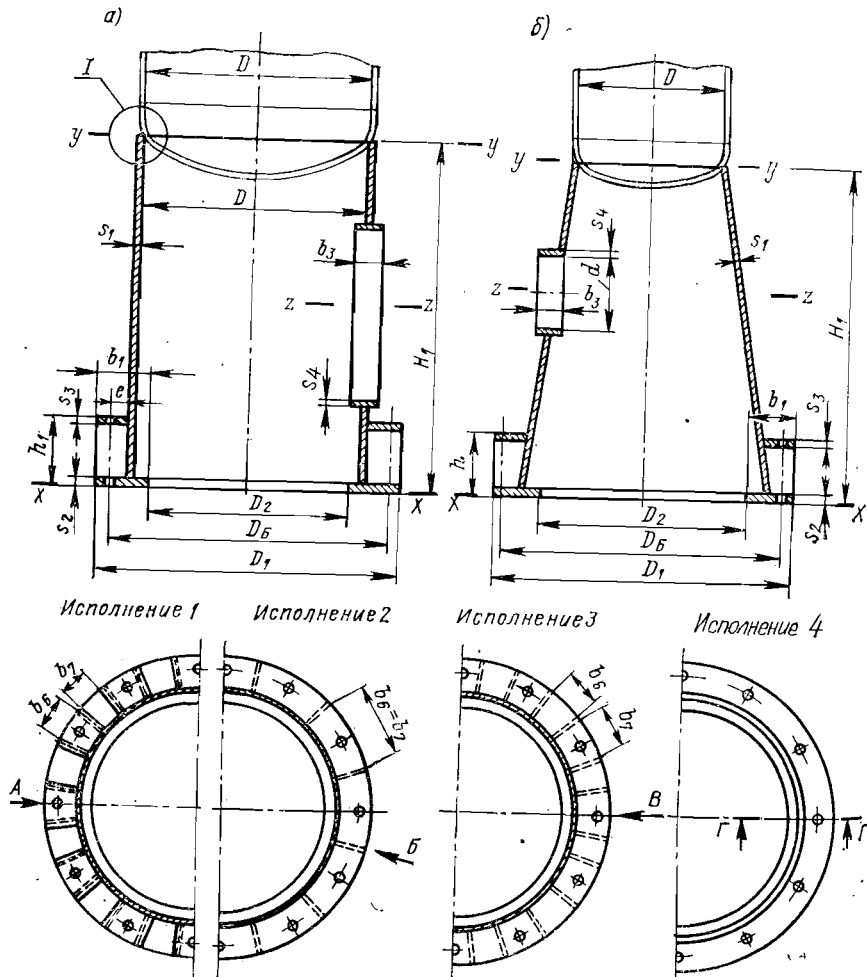
где s_p — большее из значений s_{pR} , найденных по формулам (14.53) и (14.57); h_2 — высота крайнего наружного ребра (рис. 14.24).

Условие прочности опоры при действии изгибающей силы P_2

$$\sigma = P_2 h_1 / W \leq \varphi [\sigma]; \quad (14.60)$$

в случае приварной опоры

$$\sigma = 0,5P_2 (h_1 + h_2) / W \leq \varphi [\sigma], \quad (14.61)$$



где W — момент сопротивления горизонтального сечения по ребрам у основания опоры (на рис. 14.24 — заштрихованное сечение ребер); h_1 — высота среднего ребра опоры.

14.4. Расчет опор для колонных аппаратов, СТ СЭВ 1645—79, ОСТ 26-467—78

Определение максимальной и минимальной приведенных нагрузок для выбора стандартных опор колонных аппаратов. За максимальную и минимальную нагрузку Q_{max} принимают большее из значений:

$$Q = 4M_1/D + P_1; \quad (14.62)$$

$$Q = 4M_2/D + P_2, \quad (14.63)$$

где M_1, M_2 — расчетные изгибающие моменты в нижнем сечении опорной обечайки соответственно в режимах эксплуатации и гидравлического испытания;

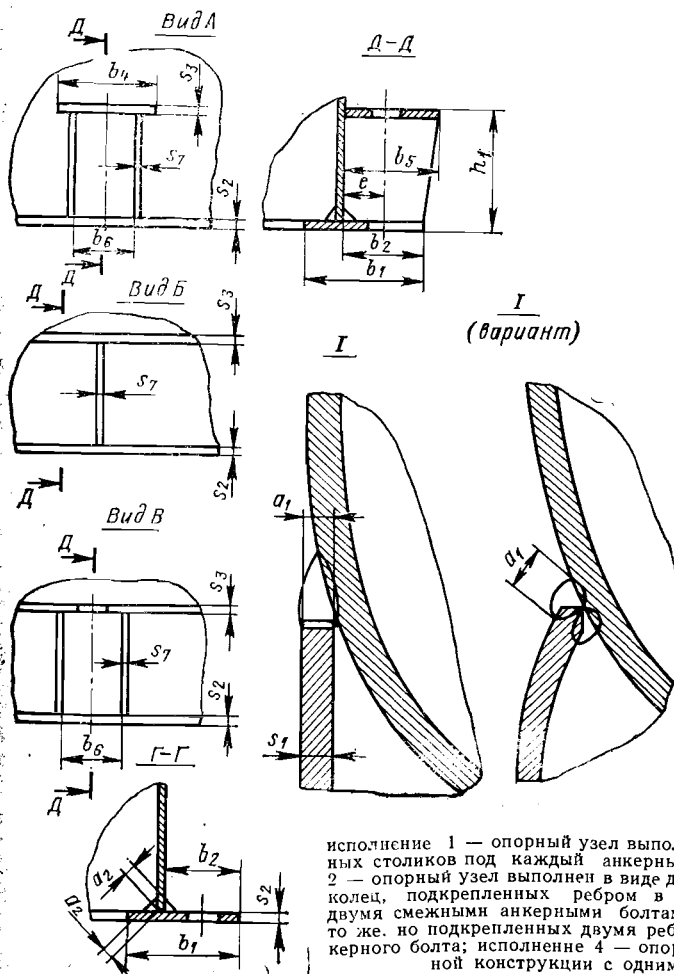


Рис. 14.25. Конструктивные элементы опор для колонных аппаратов: а — цилиндрическая опора; б — коническая опора;

исполнение 1 — опорный узел выполнен в форме отдельных столиков под каждый анкерный болт; исполнение 2 — опорный узел выполнен в виде двух горизонтальных колец, подкреплённых ребром в промежутке между двумя смежными анкерными болтами; исполнение 3 — то же, но подкреплённых двумя ребрами у каждого анкерного болта; исполнение 4 — опорный узел облегченной конструкции с одним кольцом

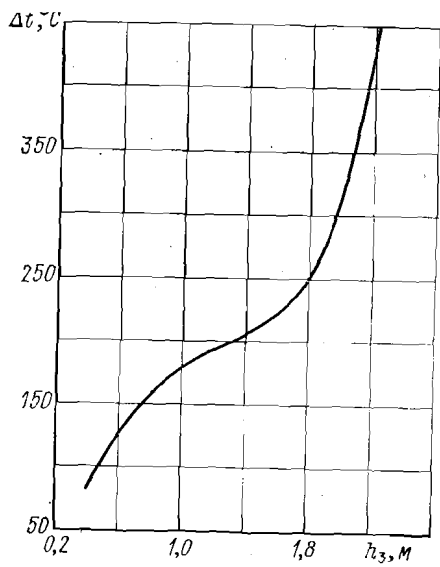


Рис. 14.26. График для определения Δt

в трех сечениях опоры: $x-x$ — в основании опоры; $y-y$ — в месте сварного соединения опоры с корпусом аппарата; $z-z$ — по центрам отверстий в опоре.

На опору действуют: $P = G$ — осевая сжимающая нагрузка от силы тяжести аппарата и среды, вспомогательных устройств, установленных на колонне, изоляции; M — суммарный изгибающий момент от ветровой и сейсмической нагрузок и от эксцентрично приложенных к оси аппарата сил тяжести отдельных внутренних и внешних устройств. Определение P и M см. в СТ СЭВ 1644—79. Расчетная температура в опорной обечайке определяется из условия

$$t_R = \max \{t_K - \Delta t; 20^\circ\text{C}\}, \quad (14.65)$$

где Δt — перепад температуры вдоль опорной обечайки, определяемый по рис. 14.26; t_K — расчетная температура нижнего дна аппарата.

Обечайка опоры. Прочность сварного соединения опоры с корпусом определяется условием

$$\sigma = \frac{1}{\pi D a_1} \left(\frac{4M_y}{D} + P_u \right) \leq \varphi_s \min \{[\sigma_0]; [\sigma_K]\}, \quad (14.66)$$

где M_y — максимальный изгибающий момент в сечении $y-y$; P_u — осевая сжимающая сила в условиях гидравлического испытания аппарата; a_1 — расчетная толщина сварного шва; $[\sigma_0]$ — допускаемое напряжение для материала опоры; $[\sigma_K]$ — допускаемое напряжение для материала корпуса аппарата; φ_s — коэффициент прочности сварного шва. Для сварного шва, показанного на выноском узле 1 (см. рис. 14.25), $\varphi_s = 0,7$.

Показанная на выносном узле 1 конструкция соединения опорной обечайки с корпусом недостаточно надежна, так как сварной шов не может быть выполнен двусторонним и качество исполнения не может быть проверено рентгеноскопией из-за малого острого угла между обечайкой и днищем. Для колонных аппаратов с соотношением $H/D > 20$ рекомендуется конструкция соединения опоры с корпусом с использованием торообразного перехода (вариант узла 1 на рис. 14.25), при котором угол между днищем и обечайкой должен составлять $60-90^\circ$. Это

P_1, P_2 — осевые сжимающие силы, действующие в нижнем сечении опорной обечайки соответственно в режимах эксплуатации и гидравлического испытания.

Минимальная приведенная нагрузка

$$Q_{\min} = 4M_3/D - P_3, \quad (14.64)$$

где M_3 — расчетный изгибающий момент в нижнем сечении опорной обечайки при пустом (без тепловой изоляции и устанавливаемых на месте монтажа внутренних устройств) аппарате; P_3 — осевая сжимающая сила, действующая в нижнем сечении опорной обечайки при пустом аппарате.

Определение M_1, M_2, M_3, P_1, P_2 и P_3 см. в СТ СЭВ 1644—79.

Расчет элементов опоры колонных аппаратов. Конструктивные элементы опор колонных аппаратов показаны на рис. 14.25.

Расчет проводится для рабочих условий и для условий гидравлического испытания колонны. Используются расчетные нагрузки

решение обеспечивает возможность качественного выполнения двустороннего сварного шва и его рентгеноскопический контроль. Для такой конструкции $\varphi_s = 1$.

Прочность и устойчивость обечайки опоры в сечении $z-z$, проходящем по центру наибольшего отверстия в опоре, определяется условием

$$\frac{P_{zu}}{\psi_1 [P]} + \frac{M_z + P_{zu}\psi_3 D}{\psi_2 [M]} \leq 1, \quad (14.67)$$

где M_z — максимальный изгибающий момент в сечении $z-z$; P_{zu} — осевая сжимающая сила в том же сечении в условиях гидравлического испытания; ψ_1, ψ_2, ψ_3 — коэффициенты, определяемые по рис. 14.27; $[P], [M]$ — допускаемые осевая сила и изгибающий момент — см. гл. 6.

Если в сечении $z-z$ имеется несколько отверстий, то расчет ведут для наибольшего из них при условии, что для остальных отверстий $\psi_1 > 0,95$ и $\psi_2 > 0,95$. Если для остальных отверстий $\psi_1 < 0,95$ и $\psi_2 < 0,95$, то в формуле (14.67) принимают:

$$\psi_1 = \frac{F_z}{\pi D (s_1 - c)}; \quad \psi_2 = \frac{4W}{\pi D^2 (s_1 - c)}; \quad \psi_3 = J_s/D, \quad (14.68)$$

где F_z — площадь наиболее ослабленного поперечного сечения обечайки опоры; W — наименьший момент сопротивления того же сечения; J_s — эксцентриситет центра тяжести того же сечения.

Если в зоне отверстий обечайки опоры имеется кольцевой сварной шов, то проверяется его прочность по условию

$$\sigma = \frac{1}{\pi D (s_1 - c)} \left[\frac{4(M_z + P_z\psi_3 D)}{\psi_2 D} - \frac{P_z}{\psi_1} \right] \leq \varphi_T [\sigma_0], \quad (14.69)$$

где φ_T — коэффициент прочности кольцевого сварного шва; ψ_1, ψ_2, ψ_3 — коэффициенты, определяемые по рис. 14.27. Если кольцевой шов находится вне зоны отверстий, то $\psi_1 = \psi_2 = 1$ и $\psi_3 = 0$.

Нижнее опорное кольцо. Ширина кольца $b_1 = 0,5 (D_1 - D_2)$ (см. рис. 14.25) устанавливается конструктивно и должна удовлетворять условию

$$b_1 \geq b_{1R} = \frac{1}{\pi D_B [\sigma_{\text{бет}}]} (4M_z/D_B + P_z). \quad (14.70)$$

Выступающая наружу от обечайки опоры ширина кольца b_2 принимается из соотношения

$$2d_B + 30\text{мм} \leq b_2 \leq 2/3 b_1, \quad (14.71)$$

где d_B — внутренний диаметр резьбы анкерной шпильки.

Напряжение сжатия в бетоне определяется по формуле

$$\sigma_{\text{бет}} = [\sigma_{\text{бет}}] b_{1R}/b_1. \quad (14.72)$$

Прочность сварного соединения опорного кольца с обечайкой опоры в исполнении 4 опорного узла (см. рис. 14.25) проверяется по условию

$$\sigma = \frac{1}{2\pi D a_2} (4M_x/D - P_x) \leq 0,6 [\sigma_0], \quad (14.73)$$

где a_2 — расчетный катет сварного шва.

Для опорных узлов исполнения 1, 2 и 3 (рис. 14.25) проверка прочности данного сварного соединения не производится.

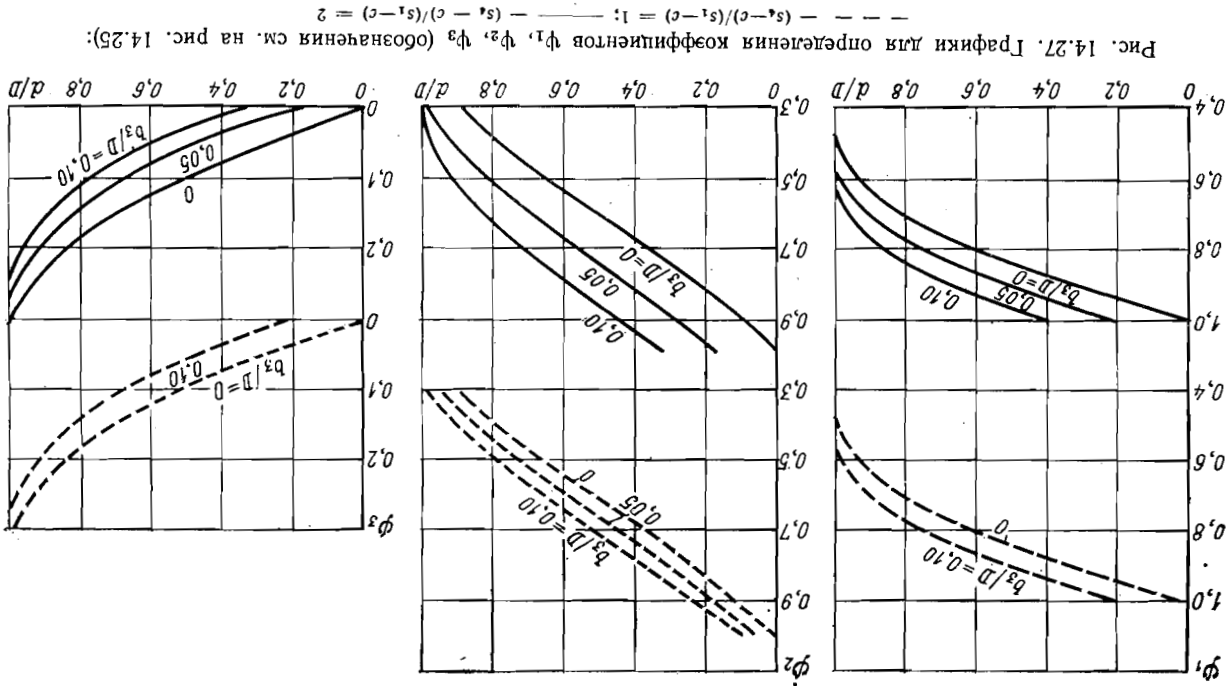


Рис. 14.27. Графики для определения коэффициентов ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 (обозначения см. на рис. 14.25):
 — — — — — $(s_4 - c)/(s_1 - c) = 1$; — — — — — $(s_4 - c)/(s_1 - c) = 2$

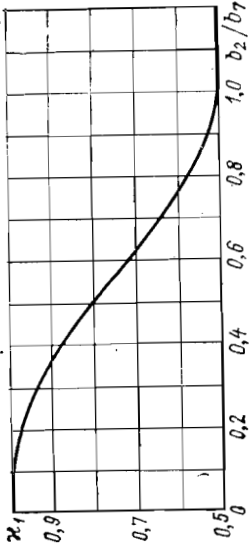


Рис. 14.28. График для определения коэффициента χ_1

Толщина нижнего опорного кольца

$$s_2 \geq \max \{ \chi_1 b_2 \sqrt{3\sigma_{\text{ст}}/[\sigma]} + c; 1,5s_1 \}, \quad (14.74)$$

где χ_1 — коэффициент: для опорного узла исполнения 4 (рис. 14.25) $\chi_1 = 1$; для опорных узлов исполнения 1, 2 и 3 (рис. 14.25) χ_1 по рис. 14.28 в зависимости от параметра b_2/b_1 .

Для кольца опорного узла исполнения 4 толщина s_2 дополнительно должна быть проверена на условие

$$s_2 \geq \sqrt{(4M_x/D - P_x) \frac{4e}{\pi [\sigma] D} + c}. \quad (14.75)$$

Если по формулам (14.74) и (14.75) получится $s_2 > 2s_1$, то опорный узел исполнения 4 не применим.

Толщина верхнего кольца в опорных узлах исполнения 1, 2 и 3 определяется по формуле

$$s_3 \geq \max \{ \chi_2 \sqrt{F_B [\sigma_B]/[\sigma]} + c; 1,5s_1 \}, \quad (14.76)$$

где χ_2 — коэффициент, определяемый по рис. 14.29 в зависимости от параметра e_1/b_1 ; e_1 — диаметр окружности, вписанной в шестигранник гайки анкерной шпильки.

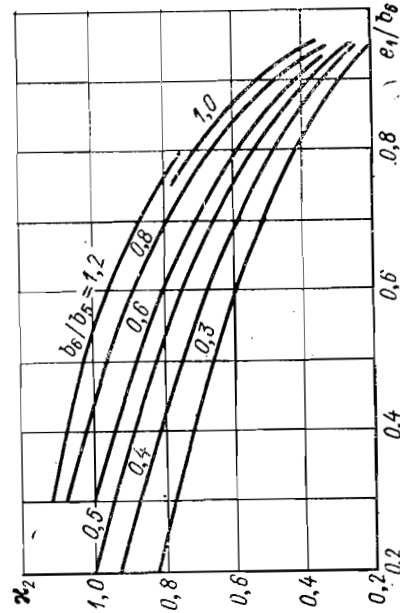


Рис. 14.29. График для определения коэффициента χ_2

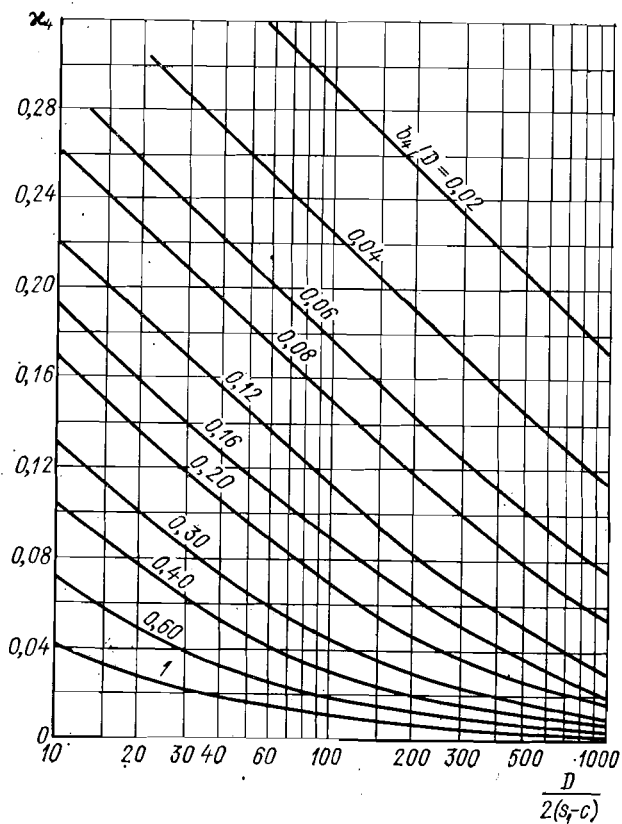


Рис. 14.30. График для определения коэффициента κ_4 (для опорных узлов исполнения 2 — см. рис. 14.25 — вместо b_4 принимают b_8 , а исполнения 3 — сумму $b_8 + b_7$)

Толщина ребра

$$s_7 = \max \left\{ \frac{F_B [\sigma_B]}{\kappa_3 b_2 [\sigma]} + c; 0,4s_2 \right\}, \quad (14.77)$$

где $\kappa_3 = 2$ для опорных узлов исполнений 1 и 3; $\kappa_3 = 1$ для опорного узла исполнения 2.

Для конструкции ребер с соотношением $b_2/s_7 > 20$ их необходимо дополнительно проверять на устойчивость.

Напряжение изгиба в обечайке опоры от действия верхнего кольца должно удовлетворять условию

$$\sigma = \frac{6\kappa_4 F_B [\sigma_B] e}{(s_1 - c)^2 h_1} \leq [\sigma_{0.п}], \quad (14.78)$$

где κ_4 — коэффициент, определяемый по рис. 14.30; $[\sigma_{0.п}]$ — предельное напряжение изгиба в обечайке опоры, определяемое по формуле

$$[\sigma_{0.п}] = K_{20} [\sigma] n_T / K_{21}. \quad (14.79)$$

Здесь $K_{21} = 1,2$ для рабочих условий и $K_{21} = 1,0$ для условий монтажа и гидравлического испытания аппарата; n_T — коэффициент запаса прочности по отношению к пределу текучести материала обечайки опоры; K_{20} — коэффициент, определяемый по рис. 14.31 в зависимости от параметра φ :

$$\varphi = \frac{K_{21}}{n_T} \frac{1}{[\sigma] \varphi} \frac{1}{\pi D (s_1 - c)} \times (4M_x/D - P_x), \quad (14.80)$$

где φ — коэффициент прочности сварного шва обечайки, расположенного в области опорного узла.

Если по формуле (14.74) или (14.75) будет получено $s_2 > 2s_1$, рекомендуется применять конструкции нижнего опорного узла исполнений 2 или 3.

Высота нижнего опорного узла исполнений 2 и 3 при $b_2 = b_5$

$$h_1 \geq \frac{D_B b_1}{2(s_3 - c) b_5} \frac{\sigma_{6eT}}{[\sigma]} \left[\frac{1}{\kappa_5} + \frac{6,58}{z_B^2 \kappa_6} \frac{D_B}{b_5} \right], \quad (14.81)$$

где

$$\kappa_5 = 1 + \kappa_7; \quad \kappa_6 = 1 + 2\kappa_7 \left(1 + \frac{s_1 - c}{b_5} - \frac{\kappa_7}{2} \right);$$

$$\kappa_7 = \frac{1,56 \sqrt{D} (s_1 - c)}{b_5} \frac{s_1 - c}{s_3 - c};$$

при этом рекомендуется принимать $s_2 = s_3 \approx 2s_1$.

Анкерные шпильки. Число анкерных шпилек устанавливается конструктивно и может составлять 4, 6, 8, 10, 12 и далее кратно четырем.

Внутренний диаметр резьбы шпильки

$$d_B \geq 2,3 \sqrt{\frac{M_x - 0,44P_x D_B}{z_B [\sigma_B] D_B}} + c. \quad (14.82)$$

Если $0,44P_x D_B / M_x > 1$, то в зависимости от диаметра аппарата D принимают:

D , мм	<1400	1400—2200	Св. 2200
d_B , мм	M24	M30	M36
z_B , шт.	4	6	≥ 12 (шаг ≤ 1200 мм)

Приведенные значения d_B и z_B являются наименьшими для указанных диаметров колонных аппаратов, если даже диаметр шпилек d_B по формуле (14.82) окажется меньше.

Расчетный изгибающий момент при расчете анкерных шпилек M_x :

а) в районах с сейсмичностью не более 7 баллов

$$M_x = \max \{ (M_{G3} + M_{V3}); (M_{G3} + 0,8M_{V4}) \}; \quad (14.83)$$

б) в районах с сейсмичностью более 7 баллов

$$M_x = \max \{ (M_{G3} + M_{V3}); (M_{G3} + 0,8M_{V4}); (M_{G3} + M_{S3}) \}; \quad (14.84)$$

где M_{G3} , M_{S3} , M_{V4} и M_{V3} — расчетные нагрузки (см. СТ СЭВ 1644—79).

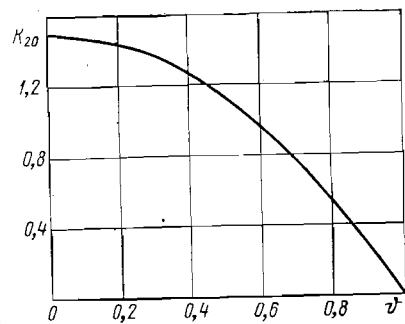
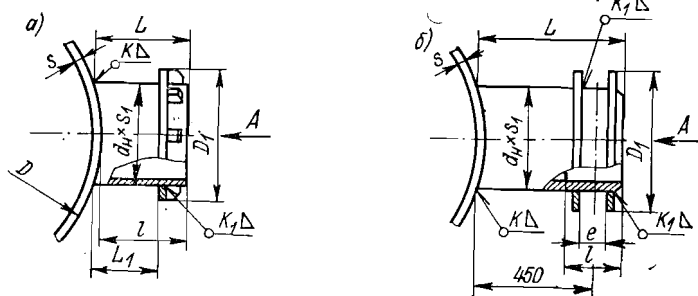


Рис. 14.31. График для определения коэффициента K_{20}

Строповые устройства для стальных сварных аппаратов
на грузоподъемность 0,5—32 т (рис. 15.1), ГОСТ 13716—73

Тип	Обозначение размера	Числовое значение размера, мм, при нагрузке на одно строповое устройство Q, МН							
		0,005	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16	0,25	0,32
1	L	90	110	135	175	235	320		
	B	40	60	110	150	200	200		
	H	46	70	92	104	128	132		
	h	22	32	42	47	57	57		
	l	70	70	90	120	150	190		
	l ₁	40	40	55	80	100	135		
	l ₂	10	9	23,5	48,5	42,5	43	—	—
	l ₃	15	24	36	46	60	68		
	s	5	12	16	20	30	40		
	s ₁	5	8	12	14	22	28		
	K	5	8	12	14	20	28		
	K ₁	2	3	3	4	6	9		
	c	—	—	3	3	3	5		
2	l		70	85	120	150	90		295
	B		60	96	130	150	170		190
	H		60	80	90	110	110		110
	h		30	40	45	65	65		65
	L	—	40	55	80	100	135	—	235
	l ₃		20	27,5	40	50	67,5		117,5
	s		12	16	20	32	36		40
	s ₁		6	8	10	16	18		20
	K ₁		3	3	4	6	9		14
	3	L		125	150	260	320	380	
L ₁			80	150	230	280	345		440
B			60	80	100	120	150		200
A			41	58	68	94	131		167
d			40	55	80	105	155	—	210
s		—	8	8	10	14	22		32
s ₁			6	8	8	14	16		22
K			8	8	10	14	22		32
K ₁			2	3	3	5	8		15
c			—	3	3	3	5		6
4	d _н × s ₁		60 × 6	89 × 6	108 × 12	133 × 12	159 × 16	194 × 16	219 × 16
	D		100	160	200	230	260	300	320
	D ₁		140	160	180	255	320	360	380
	L		71	76	81	93	98	103	110
	s ₂	—	6	6	10	10	10	12	12
	s ₃		6	6	6	8	8	8	10
	K		4	4	6	6	8	8	8
	K ₁		6	6	10	10	12	12	12
	b		14	14	20	20	22	22	22
	h		3	3	3	3	4	4	4



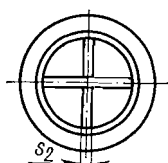
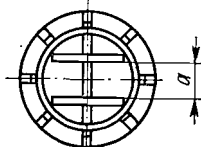
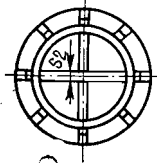
Вид А

Вид А

Исполнение 1

Исполнение 2

Исполнение 1



Исполнение 3

Исполнение 4

Исполнение 2

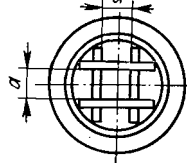
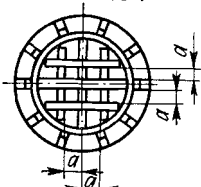
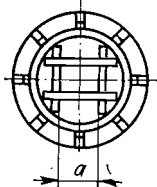
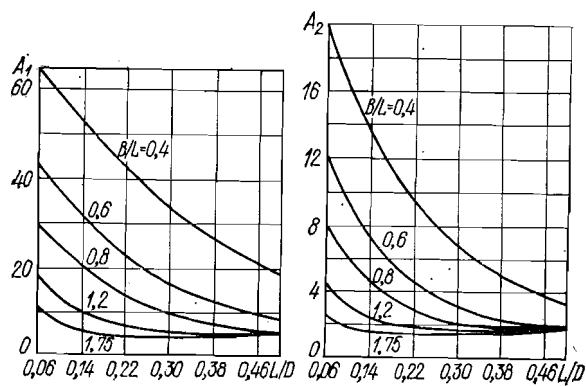


Рис. 15.2. Конструкции стандартных монтажных штуцеров: а — нормальные; б — удлиненные

Рис. 15.3. Графики для определения коэффициентов A₁ и A₂

Примечания: 1. Радиус кривизны R зависит от радиуса кривизны поверхности ρ части аппарата, к которой присоединяется строповое устройство:

ρ , мм	R , мм	ρ , мм	R , мм	ρ , мм	R , мм
До 200	150	Св. 325 до 450	400	Св. 850 до 1100	1000
Св. 200 до 250	225	» 450 » 600	550	» 1100 » 1400	1300
» 250 » 325	300	» 600 » 850	750	» 1400 » 2000	1700

2. Строповые устройства всех типов должны быть изготовлены из стали марки ВСтЗсп5 по ГОСТ 380—71 с гарантией свариваемости. Они должны надежно работать при температуре не ниже минус 20 °С. 3. Значения e для строповых устройств составляют: для типов 1 и 2 $e \approx h - 5$ мм; для типа 3 $e \approx A + 0,5d \cos \alpha$ (где $\alpha \leq 45^\circ$ — угол между направлением уснлия, действующего на строповое устройство, и вертикалью); для типа 4 $e \approx 0,5L$. 4. Для всех углов α принимают $e_1 = 0,5d \sin 45^\circ = 0,354d$. 5. Строповые устройства должны привариваться к корпусу аппарата сплошным швом. 6. Допускается приварка строповых устройств типов 1 и 3 к корпусу аппарата без пластины, если толщина стенки корпуса не менее 0,7 толщины скобы или серьги.

Пример условного обозначения стропового устройства типа 3, исполнения 1, грузоподъемностью 8 т и радиусом кривизны $R = 700$ мм из стали ВСтЗсп5:

Ушко 3-1-8-700 ВСтЗсп5 ГОСТ 13716—73.

Строповые устройства типов 1 и 2. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства определяется по формуле

$$\sigma_m = \sigma_{m0} - 10^{-4} \left[(A_1\varphi_1 + A_2\varphi_2) \sin \alpha \pm N_2 \frac{e}{L} (B_1\varphi_1 + B_2\varphi_2) \cos \alpha \right] \frac{Q}{s_0^2} \gamma \frac{B}{L}, \quad (15.1)$$

где σ_{m0} — максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок (напряжение, возникающее в корпусе аппарата от собственного веса и веса других элементов, одновременно действующих на аппарат, определяемое в каждом конкретном случае в зависимости от схемы стропки аппарата и характера приложения к нему нагрузок); A_1, A_2 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.3 в зависимости от параметров L/D и B/L ; B_1, B_2 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.4 в зависимости от тех же параметров; φ_1, φ_2 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.5 в зависимости от параметра $\gamma = 0,5D/s_0$; N_2 — коэффициент, принимаемый по рис. 15.6 в зависимости от угла α и параметра l_2/e .

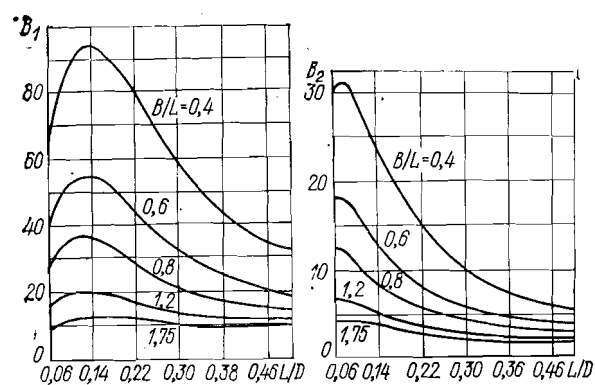


Рис. 15.4. Графики для определения коэффициентов B_1 и B_2

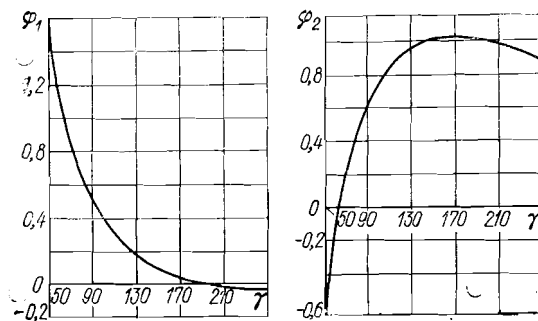


Рис. 15.5. Графики для определения коэффициентов φ_1 и φ_2

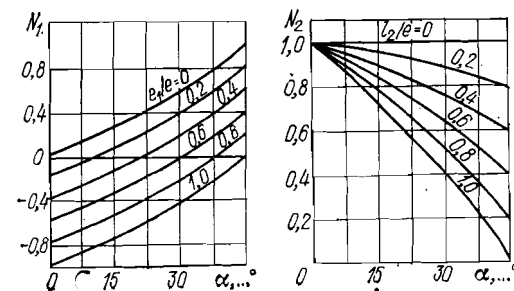


Рис. 15.6. Графики для определения коэффициентов N_1 и N_2

мм

Обозначение штыцера	Усилие на штыцера Q, кН	Исполнение	Диаметр D аппарата	s*	$d_H \times s_1$	D_1	L	L_1	l	a	s_a	K	K_1
01	320	1	800-1000	20	273×9	425	260	140	235	—	—	12	12
				10									8
02	320	1	1200-2200	24	273×9	425	260	140	235	—	—	12	14
				12									10
03	400	1	1400-2800	26	273×9	425	260	140	235	—	—	12	14
				12									10
04	500	2	1400-2000	28	325×10	475	280	170	260	92	—	10	16
				14									12
05	500	2	2200-3200	30	325×10	475	280	170	260	92	—	10	16
				14									12
06	630	2	1800-2600	30	377×10	525	300	180	280	111	—	10	20
				14									12
07	630	2	2800-3600	34	377×10	525	300	180	280	111	—	10	22
				16									14
08		2	1600-1800	30	377×10	525	300	180	280	111	—	10	22
				18									14

Расчетная толщина стенок аппарата S_R, при которой требуется подкладной лист

Диаметр подкладного листа

- $d_H + 150$
- $d_H + 200$
- $d_H + 250$
- $d_H + 300$
- $d_H + 350$
- $d_H + 400$
- $d_H + 450$
- $d_H + 500$
- $d_H + 550$
- $d_H + 600$

Обозначение штыцера	Усилие на штыцера Q, кН	Исполнение	Диаметр D аппарата	s*	$d_H \times s_1$	D_1	L	L_1	l	a	s_a	K	K_1	
														2800-2200
09	800		480×12	32	390	630	260	—	—	—	—	144	350	
				34									2600-3400	3800-6400
				38									2600-3400	3800-6400
10	800		480×12	32	390	630	260	—	—	—	—	144	350	
				34									2600-3400	3800-6400
				38									2600-3400	3800-6400
11	1000		530×14	34	680	—	—	—	—	—	—	153	355	
				36									2600-3200	3400-4000
				38									2600-3200	3400-4000
12	1250		630×10	32	780	440	320	395	188	14	—	—	320	
				36									2800-3200	3400-4400
				38									2800-3200	3400-4400
13	1250		630×10	32	780	440	320	395	188	14	—	—	320	
				36									2800-3200	3400-4400
				38									2800-3200	3400-4400
14	1250		630×10	32	780	440	320	395	188	14	—	—	320	
				36									2800-3200	3400-4400
				38									2800-3200	3400-4400
15	1250		630×10	32	780	440	320	395	188	14	—	—	320	
				36									2800-3200	3400-4400
				38									2800-3200	3400-4400
16	1400		720×11	32	870	490	350	435	253	16	—	—	320	
				34									2400-2600	4600-6400
				34									2800-3200	4600-6400
17	1400		720×11	32	870	490	350	435	253	16	—	—	320	
				34									2400-2600	4600-6400
				34									2800-3200	4600-6400
18	1400		720×11	32	870	490	350	435	253	16	—	—	320	
				34									2400-2600	4600-6400
				34									2800-3200	4600-6400
19	1400		720×11	32	870	490	350	435	253	16	—	—	320	
				34									2400-2600	4600-6400
				34									2800-3200	4600-6400
20	1400		720×11	32	870	490	350	435	253	16	—	—	320	
				34									2400-2600	4600-6400
				34									2800-3200	4600-6400
21	1400		720×11	32	870	490	350	435	253	16	—	—	320	
				34									2400-2600	4600-6400
				34									2800-3200	4600-6400

Обозначение штуцера	Усилие на штуцер Q, кН	Исполнение	Диаметр аппарата D	s*	d _H × s ₁	D ₁	L	L ₁	l	a	s ₂	K	K ₁	Расчетная толщина стенки аппарата s _R , при которой требуется подкладной лист									
														Диаметр подкладного листа									
														d _H +150	d _H +200	d _H +250	d _H +300	d _H +350	d _H +400	d _H +450	d _H +500	d _H +550	d _H +600
22			3400—4000	38											26	22	20	18	16	—	—	—	
23	1400	3	4200—5000	40	720×11	870	490	350	435	253	16	11	12	—	28	24	22	20	18	16	—	—	
24			5400—6400	42											30	28	26	24	22	20	18	16	
25			2600—2800	36											22	20	18	—	—	—	—	—	
26			3000—3400	36			500	320							24	22	20	18	—	—	—	—	
27	1600	3	3600—4000	38	820×12	970			435	253			11		26	24	22	20	18	—	—	—	
28			4200—5000	40											28	26	24	22	20	18	—	—	
29			5400—6400	42			475	300							30	28	26	24	22	20	18	—	
30			7000—8000	45											32	30	28	26	24	22	20	18	

31			2600—2800	34											20	18	—	—	—	—	—	—	
32			3000—3200	34			540	430							22	20	18	—	—	—	—	—	
33			3400—3800	36											24	22	20	18	—	—	—	—	
34	1800		4000—4600	38					455						26	24	22	20	18	—	—	—	
35			5000—5400	40							16		12		28	26	24	22	20	18	—	—	
36			5800—6400	42			510	400							30	28	26	24	22	20	18	—	
37			7000—8000	45											32	30	28	26	24	22	20	18	
38		4	2600—2800	36	920×12	1070				203			14		20	—	—	—	—	—	—	—	
39			3000—3200	36				550	440						22	20	—	—	—	—	—	—	
40			3400—3800	38											24	22	20	—	—	—	—	—	
41	2000		4000—4600	40					465						26	24	22	20	—	—	—	—	
42			5000—5400	42											28	26	24	22	20	—	—	—	
43			5800—6400	45			520	410							32	30	28	26	24	22	20	—	
44			7000—8000	48											36	34	32	30	28	26	24	22	20

Обозначение штуцера	Усилие на один штуцер Q, кН	Исполнение	Диаметр аппарата D	s*	d _H × s ₁	D ₁	L	l	a	e	s ₂	K	K ₁	Расчетная толщина стенки аппарата s _R , при которой требуется подкладной лист									
														Диаметр подкладного листа									
														151+ _H _p	202+ _H _p	252+ _H _p	300+ _H _p	350+ _H _p	400+ _H _p	450+ _H _p	500+ _H _p	550+ _H _p	600+ _H _p
22	1000	2	2600—2800	36	820 × 12	970	600	290	238	195	18	14	12	26	24	22	20	18	16	—	—	—	
23			3000—3400	40										30	26								
24			3600—4000	42										32	28	26	22	20	18	16			
25			4200—5000	45										34	32	30	26	22	22	20	18	16	
26			5400—6400	48										38	36	32	30	28	26	24	22	20	18

Примечания: 1. При толщине стенки аппарата меньше s* следует применять подкладные листы под штуцера. 2. Марки материала штуцера и подкладного листа должны соответствовать марке материала корпуса аппарата. 3. Сварку деталей из углеродистых и низколегированных сталей следует выполнять покрытыми металлическими электродами по ГОСТ 9467—75, из легированных и высоколегированных сталей — электродами по ГОСТ 10052—75. 4. Толщина подкладного листа определяется как разность s*—s_R, но должна быть не менее K. 5. Монтажные штуцера на вертикальных аппаратах должны размещаться не менее чем на 1000 мм выше центра тяжести; в плане их следует ориентировать с таким расчетом, чтобы после подъема аппарата в вертикальное положение не требовался разворот его вокруг оси.

Пример условного обозначения удлиненного штуцера для аппарата диаметром 1800 мм с усилием на один штуцер 200 кН:

Штуцер 04 ГОСТ 14115—78.

* Минимальная толщина стенки корпуса аппарата, при которой не требуется усиления подкладным листом в месте приварки монтажного штуцера.

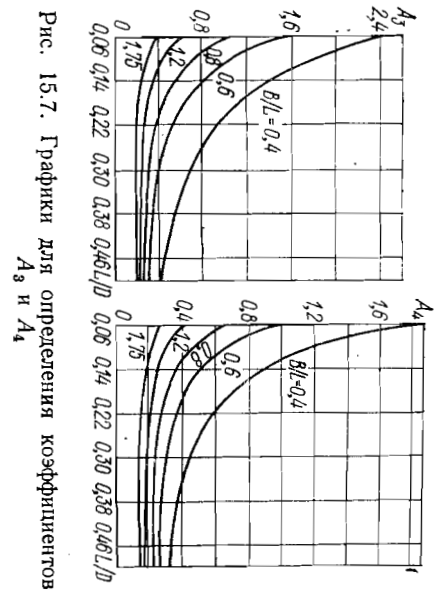


Рис. 15.7. Графики для определения коэффициентов A₃ и A₄

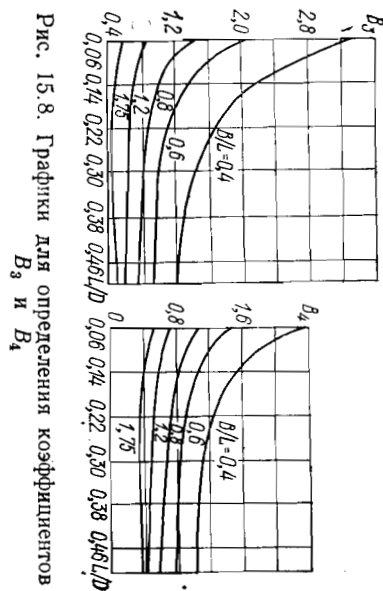


Рис. 15.8. Графики для определения коэффициентов B₃ и B₄

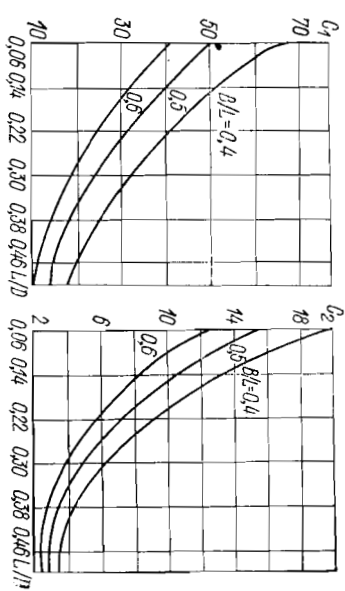


Рис. 15.9. Графики для определения коэффициентов C₁ и C₂

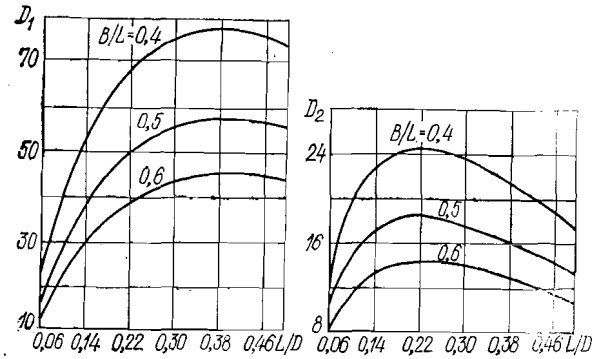


Рис. 15.10. Графики для определения коэффициентов D_1 и D_2

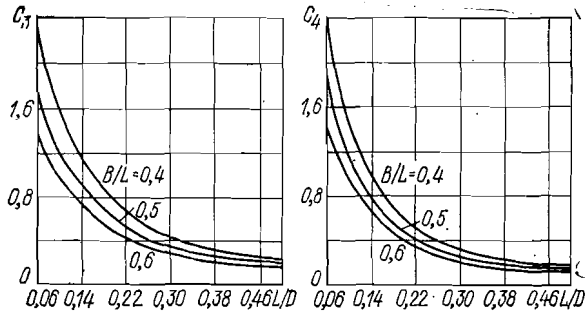


Рис. 15.11. Графики для определения коэффициентов C_3 и C_4

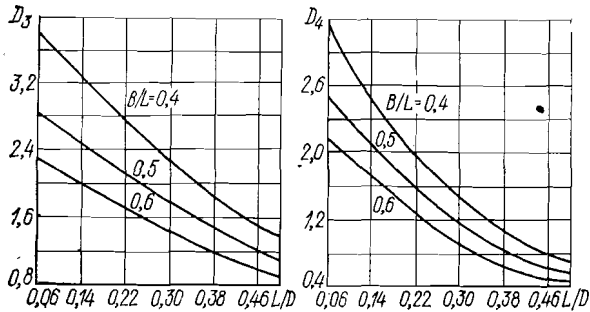


Рис. 15.12. Графики для определения коэффициентов D_3 и D_4

Максимальное напряжение изгиба от реакции стропового устройства определяется по формуле

$$\sigma_{\text{и}} = \left[(A_3\varphi_1 + A_4\varphi_2) \sin \alpha \pm N_2 \frac{e}{L} (B_3\varphi_1 + B_4\varphi_2) \cos \alpha \right] \frac{Q}{s_0^2} \frac{B}{L}, \quad (15.2)$$

где A_3, A_4 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.7 в зависимости от параметров L/D и B/L ; B_3, B_4 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.8 в зависимости от тех же параметров.

Условие прочности определяется формулой (14.7).

Стровое устройство типа 3, исполнение 1. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства определяется по формуле

$$\sigma_m = \sigma_{m0} + 10^{-4} \left[(C_1\varphi_1 + C_2\varphi_2) \pm (D_1\varphi_1 + D_2\varphi_2) N_1 \frac{e}{L} \right] \frac{Q}{s_0^2} \gamma \frac{B}{L} \cos \alpha, \quad (15.3)$$

где C_1, C_2 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.9 в зависимости от параметров L/D и B/L ; D_1, D_2 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.10 в зависимости от тех же параметров; N_1 — коэффициент, принимаемый по рис. 15.6 в зависимости от угла α и параметра e_1/e .

Максимальное напряжение изгиба от реакции стропового устройства определяется по формуле

$$\sigma_{\text{и}} = \left[(C_3\varphi_1 + C_4\varphi_2) \pm (D_3\varphi_1 + D_4\varphi_2) N_1 \frac{e}{L} \right] \frac{Q}{s_0^2} \frac{B}{L} \cos \alpha, \quad (15.4)$$

где C_3, C_4 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.11 в зависимости от параметров L/D и B/L ; D_3, D_4 — коэффициенты, принимаемые по рис. 15.12 в зависимости от тех же параметров.

Условие прочности определяется формулой (14.7).

Стровое устройство типа 3, исполнение 2. Максимальное мембранное напряжение от основных нагрузок и реакции стропового устройства определяется по формуле

$$\sigma_m = \sigma_{m0} + 10^{-4} \left[(A_1\varphi_1 + A_2\varphi_2) \pm (B_1\varphi_1 + B_2\varphi_2) N_1 \frac{e}{L} \right] \frac{Q}{s_0^2} \gamma \frac{B}{L} \cos \alpha, \quad (15.5)$$

где N_1 — коэффициент, принимаемый по рис. 15.6 в зависимости от угла α и параметра e_1/e .

Максимальное напряжение изгиба от реакции стропового устройства определяется по формуле

$$\sigma_{\text{и}} = \left[(A_3\varphi_1 + A_4\varphi_2) \pm (B_3\varphi_1 + B_4\varphi_2) N_1 \frac{e}{L} \right] \frac{Q}{s_0^2} \frac{B}{L} \cos \alpha. \quad (15.6)$$

Условие прочности определяется формулой (14.7).

В случае, когда условие (14.7) не выполняется, следует применить строповое устройство на большую грузоподъемность, проверив для него указанное условие прочности обечайки на прежнюю нагрузку.

ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ АППАРАТОВ

Глава 16 ЕМКОСТНЫЕ АППАРАТЫ

16.1. Общие сведения

Емкостные аппараты, представляющие собой цилиндрические горизонтальные и вертикальные (при соотношении высоты к диаметру $H/D \leq 5$) сосуды с внутренними устройствами или без них, предназначены для осуществления в них разных химико-технологических процессов, а также для хранения различных химических веществ, чаще всего в жидком или газообразном состоянии.

Основным общим критерием для всех емкостных аппаратов является их вместимость, номинальное значение которой независимо от положения, размеров и рабочих параметров аппарата выбирается из унифицированного ряда по ГОСТ 9931—79.

Емкостные аппараты на различные рабочие параметры могут быть цельносварными или с отъемными крышками, с рубашками для нагрева или охлаждения, с различными специальными внутренними устройствами, соответствующими их назначению (сепарирующими, фильтрующими, перемешивающими и т. д.).

Типы и основные размеры корпусов емкостных аппаратов стандартизованы (ГОСТ 9931—79). Конструктивные схемы сварных емкостных аппаратов показаны на рис. 16.1, типы и исполнения корпусов приведены в табл. 16.1, а основные их размеры в табл. 16.2—16.8. Основные размеры корпусов аппаратов с наружными базовыми диаметрами для типов ГЭЭ, ВЭЭ, ГПП, ВПП и ВКП приведены в ГОСТ 9931—79.

В технически обоснованных случаях допускается применять аппараты с другим сочетанием диаметра и высоты (длины) обечайки l с сохранением номинальной вместимости аппарата. При этом диаметр аппарата выбирают из нормального ряда, а длину l обечайки — из следующего унифицированного ряда, мм: 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2500, 2800, 3200, 3600, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10 000, 11 000, 12 000, 13 000, 14 000, 15 000, 16 000, 17 000, 18 000, 19 000, 20 000, 21 000, 22 000, 23 000, 24 000, 25 000, 26 000, 27 000, 28 000, 29 000, 30 000.

Для выбора длины обечайки корпуса аппарата необходимо из длины l цилиндрической части корпуса, указанной в табл. 16.2—16.8, вычесть длины элементов корпуса, составляющих цилиндрическую часть (бортов днищ, фланцев и др.); полученную величину округлить до ближайшего значения из приведенного выше ряда длин обечаек с учетом допускаемого отклонения действительной внутренней вместимости корпуса от номинальной $V_{\text{ном}}$, указанной в тех же таблицах.

Обозначение		Наименование	Вместимость, м ³	Конструктивная схема корпуса
Тип	Исполнение			
ГЭЭ	1	Горизонтальный с двумя эллиптическими днищами	От 0,01 до 200	Рис. 16.1, а
	2	Горизонтальный с эллиптическим днищем и крышкой		
ВЭЭ	1	Вертикальный с двумя эллиптическими днищами	От 0,01 до 32	Рис. 16.1, б
	2	Вертикальный с эллиптическим днищем и крышкой		
ВЭП	1	Вертикальный с эллиптическим и плоским днищами	От 0,01 до 32	Рис. 16.1, в
	2	Вертикальный с эллиптическим днищем и плоской крышкой		
ГПП	1	Горизонтальный с двумя плоскими днищами	От 0,01 до 100	Рис. 16.1, г
	2	Горизонтальный с плоскими днищем и крышкой		
ВПП	1	Вертикальный с двумя плоскими днищами	От 1 до 32	Рис. 16.1, е
	2	Вертикальный с плоскими днищем и крышкой		
ВПС	1	Вертикальный с плоским и сферическим днищами	От 4 до 100	Рис. 16.1, ж
	2	Вертикальный с плоским днищем и сферической крышкой		
ГКК	1	Горизонтальный с двумя коническими днищами (с углом при вершине 140°)	От 0,04 до 50	Рис. 16.1, з
ВКЭ	1	Вертикальный с коническим (угол при вершине 60 и 90°) и эллиптическим днищами	От 0,04 до 50	Рис. 16.1, з
	2	Вертикальный с коническим днищем (угол при вершине 60 и 90°) и эллиптической крышкой		

Обозначение		Наименование	Вместимость, м³	Конструктивная схема корпуса
Тип	Исполнение			
ВКП	1	Вертикальный с коническим (угол при вершине 60, 90 и 120°) и плоским днищами	От 0,025 до 100	Рис. 16.1, и
	2	Вертикальный с коническим днищем (угол при вершине 60, 90 и 120°) и плоской крышкой		

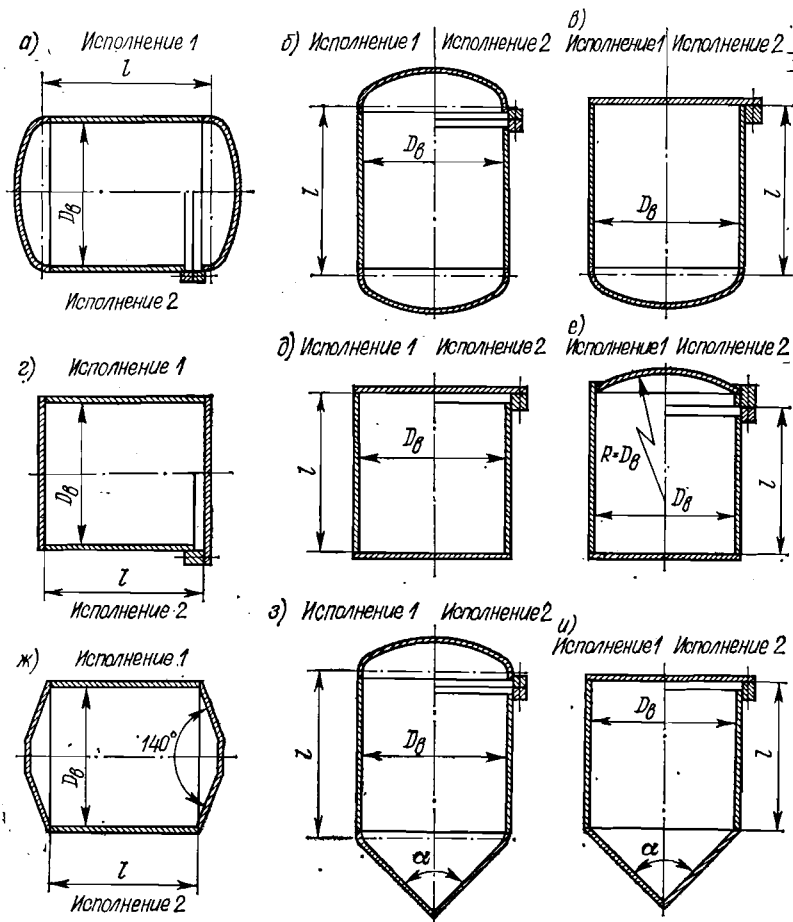


Рис. 16.1. Конструктивные схемы корпусов емкостных стальных сварных цилиндрических аппаратов по ГОСТ 9931—79: а — тип ГЭЭ; б — тип ВЭЭ; в — тип ВЭП; г — тип ГПП; д — тип ВПП; е — тип ВПС; ж — тип ГКК; з — тип ВКЭ; и — тип ВКП

При этом действительная внутренняя вместимость корпуса не должна отличаться от $V_{ном}$ более чем на +10% и -5%.
 Эллиптические днища корпусов типов ГЭЭ, ВЭЭ, ВЭП, ВКЭ должны соответствовать ГОСТ 6533—78, плоские днища корпусов типов ВЭП, ГПП, ВПП, ВПС, ВКП — ГОСТ 12623—78, конические днища корпусов типа ГКК — ГОСТ 12621—78, типа ВКЭ — ГОСТ 12619—78, типа ВКП — ГОСТ 12620—78 (см. гл. 7).

Таблица 16.2

Основные размеры корпусов типов ГЭЭ и ВЭЭ (рис. 16.1, а, б), ГОСТ 9931—79

$V_{ном}, м³$	$D_{в}, мм$	$l, мм$	$F_{в}, м²$	$V_{ном}, м³$	$D_{в}, мм$	$l, мм$	$F_{в}, м²$
0,040 0,063 0,100	400	185	0,57	0,500	600	1 570	3,74
		370	0,80			1 070	3,42
		665	1,17			730	3,23
0,125	400 500	860	1,42	0,630	900	690	3,71
		470	1,28			470	3,64
0,160	500 600	650	1,56	0,800	800	1 325	4,73
		315	1,48			960	4,69
						1000	685
0,200	500 600	855	1,88	1,00	800	1 725	5,73
		510	1,74			900	5,35
0,250	500 600 700 800	1 105	2,28	1,25	1000	1 260	6,12
		685	2,08			705	5,78
		420	1,99				
		230	1,98				
0,320	500 600 700 800	1 465	2,84	1,60	1000	1 705	7,52
		935	2,54			1 015	6,94
		600	2,39			575	6,77
		370	2,33				
0,400	500 600 700 800	1 870	3,48	2,00	1000	2 215	9,12
		1 215	3,08			1 370	8,27
		810	2,85			835	7,91
		530	2,73				

$V_{НОМ},$ м ³	$D_{В},$ мм	$l,$ мм	$F_{В},$ м ²	$V_{НОМ},$ м ³	$D_{В},$ мм	$l,$ мм	$F_{В},$ м ²	
2,50	1200	1 815	9,94	20,0	2000	5 705	44,5	
	1400	1 160	9,34		2200	4 535	42,1	
	1600	715	9,13		2400	3 625	39,8	
					2600	2 905	38,3	
				2800	2 320	37,4		
3,20	1200	2 430	12,3	25,0	2000	7 300	54,5	
	1400	1 615	11,3		2200	5 850	51,2	
	1600	1 060	10,9		2400	4 730	48,1	
					2600	3 850	46,3	
				2800	3 135	44,5		
4,00	1200	3 140	14,9	32,0	2400	6 280	59,8	
	1400	2 135	13,6		2600	5 165	56,8	
	1600	1 460	12,9		2800	4 270	54,6	
	1800	975	12,5		3000	3 535	52,8	
				3200	2 920	51,5		
5,00	1200	4 025	18,3	40,0	2400	8 050	73,1	
	1400	2 785	16,5		2600	6 675	69,1	
	1600	1 955	15,4		2800	5 670	65,9	
	1800	1 370	14,8		3000	4 665	63,5	
				3200	3 915	61,5		
6,30	1400	3 630	20,2	50,0	2400	10 260	89,8	
	1600	2 605	18,6		2600	8 560	84,5	
	1800	1 880	17,7		2800	7 195	80,3	
	2000	1 340	17,1		3000	6 080	76,8	
				3200	5 160	74,0		
8,00	1600	3 450	22,9	63,0	2800	9 305	98,8	
	1800	2 550	21,4		3000	7 920	94,1	
	2000	1 885	20,5		3200	6 775	90,3	
10,0	1600	4 445	27,9	80,0	2800	12 070	123,1	
	1800	3 335	25,9		3000	10 330	117,0	
	2000	2 520	24,5		3200	8 890	111,5	
	2200	1 902	23,6					
12,5	1600	5 690	34,1	100	3000	13 160	143,5	
	1800	4 315	31,4		3200	11 380	136,5	
	2000	3 315	29,5	125	3000	16 700	176,8	
	2200	2 560	28,5		3200	14 490	168,0	
	2400	1 970	27,3	160	3000	21 650	223,5	
					3200	18 840	211,5	
16,0	2000	4 430	36,5	200	3000	27 310	276,8	
	2200	3 480	34,8		3200	23 820	261,5	
	2400	2 740	33,1		3400	20 910	248,0	

Основные размеры корпусов типа ВЭП
(рис. 16.1, в), ГОСТ 9931—79

$V_{НОМ},$ м ³	$D_{В},$ мм	$l,$ мм	$F_{В},$ м ²	$V_{НОМ},$ м ³	$D_{В},$ мм	$l,$ мм	$F_{В},$ м ²	
0,010	(250)	160	0,25	1,00	1200	685	5,27	
0,016	(300)	175	0,33	1,25		905	6,10	
0,025	(350)	200	0,45	1,60		1215	7,27	
0,040	400	250	0,62	2,00	1400	1065	8,35	
0,063		435	0,85	2,50		1390	9,78	
0,063	500	240	0,84	3,20	1600	1325	11,4	
0,100		425	1,14	4,00		1725	13,4	
0,125		555	1,34	5,00	1800	1665	15,4	
0,160	600	465	1,55	6,30		2175	18,3	
0,200		610	1,82	8,00	2200	2215	21,3	
0,250	700	535	2,08	10,0		2265	24,7	
0,320		715	2,49	12,5	2400	2365	28,6	
0,400	800	665	2,86	16,0		3140	34,4	
0,500		860	3,37	20,0	2600	3335	39,9	
0,630	1000	635	3,87	25,0		2800	3595	46,3
0,800		855	4,54	32,0		3000	4030	54,8

Примечание. Корпуса с диаметрами, указанными в скобках, разрешается применять только для эмалированных аппаратов, аппаратов с переключающими устройствами и аппаратов из никельсодержащих сталей.

Таблица 16.4

Основные размеры корпусов типов ГПП и ВПП
(рис. 16.1, г, д), ГОСТ 9931—79

$V_{НОМ},$ м ³	$D_{В},$ мм	$l,$ мм	$F_{В},$ м ²	$V_{НОМ},$ м ³	$D_{В},$ мм	$l,$ мм	$F_{В},$ м ²
0,063	400	500	0,88	0,400	600	1 415	3,23
0,100		795	1,25			800	795
0,125	500	635	1,39	0,500	800	995	3,50
0,160		815	1,67			0,630	900
0,200	600	710	1,90	0,800	1000	805	4,09
0,250		885	2,23			1 020	4,77
0,320		1 130	2,70				

$V_{НОМ}$, М ³	$D_{В}$, ММ	l , ММ	$F_{В}$, М ²	$V_{НОМ}$, М ³	$D_{В}$, ММ	l , ММ	$F_{В}$, М ²		
1,00	1000	1 275	5,57	25,0	2600	4 710	49,1		
	1200	885	5,59			4 060	48,0		
1,25	1000	1 590	6,57			3000	3 540	47,5	
	1200	1 105	6,43			3200	3 110	47,3	
1,60	1000	2 040	7,97		32,0	2800	5 200	58,0	
	1200	1 415	7,59				4 530	56,8	
2,00	1200	1 770	8,93				3200	3 980	56,1
	1400	1 300	8,79				3400	3 525	55,8
2,50	1200	2 210	10,6		40,0	2800	6 500	69,5	
	1400	1 625	10,2				3000	5 660	67,5
3,20	1400	2 080	12,2				3200	4 975	66,1
	1600	1 590	12,0				3400	4 410	65,2
4,00	1400	2 600	14,5	3600			3 930	64,8	
		1600	14,0	50,0			2800	8 125	83,7
		1800	14,0		3000	7 075		80,8	
		5,00	1600		2 490	16,5		3200	6 220
1800	16,2				3400	5 510		77,0	
6,30	1600	3 135	19,8	3600	4 915	75,9			
		1800	19,1	4000	3 980	75,1			
		2000	18,9	63,0	2800	10 240	102,0		
8,00	2000	2 550	22,3			3000	8 915	98,1	
		2200	22,1			3200	7 835	94,8	
10,0	2200	2 630	25,8			3400	6 945	92,3	
		2400	25,7			3600	6 190	90,3	
12,5	2200	3 290	30,3			4000	5 015	88,1	
		2400	29,9	80,0	2800	13 000	127,0		
16,0	2200	4 210	36,7			3000	11 325	121,0	
		2400	35,7			3200	9 950	116,0	
		2600	35,2			3400	8 815	112,0	
		2800	35,2			3600	7 865	109,0	
20,0	2400	4 425	42,4			4000	6 370	105,0	
		2600	41,4	100,0	2800	16 250	155,0		
		2800	40,9			3000	14 155	147,0	
		3000	40,8			3200	12 440	141,0	
		3200	11 020			136,0			
9 830	131,0								
4000	7 960	125,0							

Основные размеры корпусов типа ВПС
(рис. 16.1, е), ГОСТ 9931—79

$V_{НОМ}$, М ³	$D_{В}$, ММ	l , ММ	$F_{В}$, М ²	$V_{НОМ}$, М ³	$D_{В}$, ММ	l , ММ	$F_{В}$, М ²
1,00	1000	1205	5,42	6,30	2000	1870	18,3
1,25		1525	6,42			8,00	2410
1,60	1200	1335	7,37	10,0	2200	2485	25,0
2,00		1685	8,75			12,5	3140
2,50	1400	1205	8,49			16,0	4060
		1530	9,92	16,0	2400	3375	34,8
		1985	11,9				
3,20	1600	2380	11,1	20,0	3000	2625	39,3
4,00		2505	14,2	25,0		3335	46,6
5,00	1600	3025	19,4	32,0	4325	55,4	
6,30							

Таблица 16.6

Основные размеры корпусов типа ГКК
(рис. 16.1, ж), ГОСТ 9931—79

$V_{НОМ}$, М ³	$D_{В}$, ММ	l , ММ	$F_{В}$, М ²	$V_{НОМ}$, М ³	$D_{В}$, ММ	l , ММ	$F_{В}$, М ²	
4,0	1600	1 795	13,2	32,0	2400	6 785	60,6	
5,0		2 295	15,7			2600	5 715	57,7
6,3		2 940	19,0			2800	4 860	55,6
8,0	2 305	21,0	3000			4 170	54,0	
10,0	2000	2 945	25,0	40,0	2400	8 555	73,9	
		2 370	24,3			2600	7 225	70,0
12,5	2200	3 740	30,0			2800	6 160	67,0
		3 025	28,5			3000	5 300	64,6
16,0	2000	4 855	37,0	50,0	2800	7 785	81,3	
		3 945	35,2			3000	6 715	78,0
20,0	2200	6 130	45,0	63,0	3000	8 555	95,3	
		5 000	42,5			7 450	91,7	
		2400	40,6	80,0	3000	10 960	118,0	
2000	7 720	9 565	113,0					
25,0	2200	6 315	55,0	100,0	3000	13 790	145,0	
		2400	51,6			12 050	138,0	
		2400	48,9					
		2600	47,0					

Основные размеры корпусов типа ВКЭ
(рис. 16.1, з), ГОСТ 9931—79

Таблица 16.7

V _{НОМ} , м³	D _В , мм	L, мм		F _В , м²		V _{НОМ} , м³	D _В , мм	L, мм		F _В , м²	
		60° α	90° α	60° α	90° α			60° α	90° α		
										60°	90°
0,040 0,063 0,100	400	125	155	0,61	0,60	3,20	1400	1400	1550	11,50	11,30
		305	340	0,84	0,83		1600	810	980	11,10	10,80
0,125	500	390	440	1,32	1,30	4,00	1400	1920	2070	13,80	13,60
		600	630	1,21	1,20		1600	1210	1375	13,10	12,80
0,160	500	570	620	1,60	1,58	5,00	1600	1705	1875	15,60	15,30
		600	275	335	1,51		1,48	1800	1095	1285	15,00
0,200	600	415	475	1,78	1,74	6,30	1600	2355	2520	18,80	18,60
		600	415	475	1,78		1,74	1800	1605	1795	17,90
0,250	600	595	650	2,11	2,08	8,00	2000	1585	1800	20,70	20,30
		700	310	385	2,02		1,96	2200	2220	2435	24,70
0,320	700	495	565	2,42	2,36	10,0	2000	2220	2435	24,70	24,30
		700	495	565	2,42		2,36	2200	1580	1810	23,90
0,400	700	700	775	2,88	2,82	12,5	2000	3235	3435	29,30	29,30
		800	390	465	2,82		2,80	2200	2475	2780	27,80
0,500	800	590	665	3,32	3,30	16,0	2000	4350	4650	26,70	26,70
		800	590	665	3,32		3,30	2200	3395	3720	34,20
0,630	800	850	920	3,97	3,94	20,0	2400	2655	2970	32,70	32,70
		900	540	625	3,82		3,76	2600	2065	2370	31,70
0,800	1000	525	625	4,34	4,80	25,0	2000	5620	6020	44,30	44,30
		1000	525	625	4,34		4,80	2200	4450	4850	41,50
1,00	1200	780	880	5,24	5,16	32,0	2400	3540	3940	39,40	39,40
		1200	780	880	5,24		5,16	2600	2820	3220	37,80
1,25	1200	520	640	5,91	5,77	40,0	2800	4185	4580	53,80	53,80
		825	950	7,07	6,94		3000	3450	3810	51,90	51,90
2,00	1400	1180	1305	8,41	8,27	50,0	3000	4580	5020	62,60	62,60
		1400	1180	1305	8,41		8,27	3200	3810	4210	60,70
2,50	1400	1635	1745	10,10	9,94			5050	5500	73,20	73,20
		1400	1635	1745	10,10	9,94			5050	5500	73,20

Основные размеры корпусов типа ВКП
(рис. 16.1, и), ГОСТ 9931—79

Таблица 16.8

V _{НОМ} , м³	D _В , мм	L, мм			F _В , м²		
		α = 60°	α = 90°	α = 120°	α = 60°	α = 90°	α = 120°
0,100	400	675	735	755	1,23	1,23	1,22
0,125 0,160	500	495	555	590	1,36	1,35	1,35
		675	735	770	1,64	1,63	1,63
0,200 0,250	600	535	610	650	1,85	1,83	1,83
		710	785	830	2,18	2,16	2,16
0,320	700	630	715	765	2,53	2,51	2,50
0,400	600	1240	1315	1360	3,18	3,16	3,16
		700	835	925	2,98	2,96	2,96
0,500	800	765	860	920	3,44	3,38	3,39
0,630	800	1025	1120	1175	4,09	4,03	4,04
		900	730	840	3,96	3,92	3,92
0,800 1,00	1000	730	850	925	4,64	4,58	4,59
		985	1105	1180	5,44	5,38	5,39
1,25 1,60	1200	760	905	990	6,24	6,15	6,16
		1070	1215	1300	7,41	7,32	7,33
2,00 2,50	1400	895	1065	1165	8,53	8,42	8,44
		1220	1390	1490	9,96	9,85	9,87
3,20	1400	1675	1845	1945	12,00	11,90	11,90
		1600	1310	1325	11,70	11,50	11,60
4,00	1600	1530	1725	1835	13,70	13,50	13,60
5,00 6,30	1800	1445	1665	1795	15,80	15,60	15,60
		1955	2175	2305	18,70	18,50	18,50
8,00	2000	1970	2215	2355	21,80	21,50	21,60
10,0	2000	2605	2850	2995	25,80	25,50	25,60
		2200	1995	2265	25,10	24,90	24,90

$V_{\text{НОМ}}$, м ³	$D_{\text{В}}$, мм	l , мм			$F_{\text{В}}$, м ²		
		$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$
12,5	2400		2365	2535		28,80	28,80
16,0	2600		2580	2765		33,90	34,00
20,0	2600		3335	3520		40,10	40,20
	2800		2780	2980		39,40	39,50
25,0	2800		3595	3795		46,50	46,60
	3000		3035	3250		45,80	45,80
32,0	3000			4240			55,20
	3200			3670			54,20
40,0	3000	—		5375	—		65,80
	3200			4670			64,20
	3600			3585			62,40
50,0	3200			5910			76,70
	3600			4570			73,50
	4000			3595			72,20
63,0	3600			5845			88,00
	4000			4630			85,20
80,0	3600			7515			107,00
	4000			5985			102,00
100,0	3600			9485			129,0
	4000			7575			122,0

16.2. Конструкция и расчет на прочность

Емкостные аппараты обычно komponуются из стандартных и специальных узлов и деталей. Конструкция и основные размеры корпуса аппарата в зависимости от его назначения и рабочих параметров должны соответствовать одному из типов по рис. 16.1. Конструкционный материал узлов и деталей см. в гл. 3. Корпус состоит из одной или нескольких цилиндрических обечаек, сваренных между собой встык (см. гл. 6), эллиптических, сферических, конических или плоских днищ (см. гл. 7), а также при необходимости фланца (см. гл. 13), крышки (см. гл. 8), рубашки (см. гл. 9) и специальных для каждого вида аппарата внутренних устройств, которые могут быть приварными, если не препятствуют внутреннему осмотру, или отъемными. Кроме того, емкостные аппараты комплектуются соответствующими штуцерами, устройствами для установки приборов измерения температуры, уровня жидкости и давления, опорами и строповыми устройствами (см. второй раздел).

Расчет емкостных аппаратов на прочность производится отдельно для каждого его элемента или узла, на который воздействуют давление среды, силы тяжести или внешние силы. Данные по расчету основных элементов и узлов аппаратов приведены в соответствующих главах второго раздела.

17.1. Общие сведения

Теплообменные аппараты применяются для нагревания, охлаждения, конденсации и испарения различных жидких, газообразных и газожидкостных сред.

Передача тепла в теплообменных аппаратах осуществляется от среды, имеющей более высокую температуру, к среде с более низкой температурой. Движущей силой при теплообмене является разность температур сред. Теплообмен осуществляется за счет конвекции, теплопроводности и теплоизлучения. В большинстве случаев среды в теплообменных аппаратах не смешиваются между собой и отделены друг от друга листом (в спиральных и пластинчатых аппаратах и аппаратах с рубашкой) или стенкой труб (в кожухотрубчатых аппаратах), их движение осуществляется параллельно или противотоком по двум или более (при нескольких теплоносителях) пространствам аппарата.

Типы, основные параметры и размеры ряда стальных теплообменных аппаратов стандартизованы. Наиболее характерными из них являются спиральные, пластинчатые, типа «труба в трубе» и особенно кожухотрубчатые аппараты.

Спиральные стальные теплообменники по ГОСТ 12067—80 изготавливаются следующих двух типов.

Тип 1 — с тупиковыми каналами, в двух исполнениях: исполнение 1 (с плоской крышкой) для теплообмена между жидкостями и газами; исполнение 2 (с конической крышкой) для конденсации паров и теплообмена парогазовой смеси.

Тип 2 — со сквозными каналами, в трех исполнениях: исполнение 1 (с плоской откидной крышкой) для подогрева сточных вод и других загрязненных рабочих сред; исполнение 2 (со сферической крышкой) для теплообмена между высоковязкими жидкостями и газами; исполнение 3 (с плоской крышкой) для охлаждения нитрозной серной кислоты.

Теплообменники типа 1 выпускаются с площадью поверхности теплообмена F от 10 до 100 м², на условное избыточное давление 0,6 и 1,0 МПа и на остаточное давление не ниже 80 кПа, на расчетную температуру от —20 до +200 °С. Аппараты с $F = 50; 63; 80; 100$ м² изготавливаются из стали марки ВСтЗсп5, с $F = 20; 25; 31,5; 40$ м² — из стали марок ВСтЗсп4 и 08Х22Н6Т, с $F = 16; 25; 31,5$ м² — из стали марок 08Х22Н6Т и 10Х17Н13М2Т, с $F = 10; 12,5; 20; 40; 50; 63; 80; 100$ м² — из стали марок 08Х22Н6Т и 12Х18Н10Т.

Теплообменники типа 2 выпускаются с площадью поверхности теплообмена $F = 20$ м² из стали марки 10Х17Н13М2Т на условное давление 0,8 МПа и расчетную температуру от —20 до +200 °С и с $F = 50$ м² из стали марки ВСтЗсп5 на условное давление 0,6 МПа и расчетную температуру до +80 °С.

Пластинчатые разборные теплообменники по ГОСТ 15518—78 изготавливаются с площадью поверхности теплообмена $F = 2 \div 600$ м² на условное давление до 1,6 МПа и расчетную температуру от —30 до +180 °С. Аппараты состоят из пакета прямоугольных гофрированных пластин (из стали марок 08кпВГ-1, 12Х13Г18Д, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 06ХМ2НМДТ) в количестве от 12 до 48 шт. Площадь пластин 0,3; 0,5; 0,6 м². Они установлены вертикально на раме и стянуты между собой и с двумя крайними плитами стяжными болтами. Образующиеся между пластинами благодаря гофрам щелевые каналы соединены параллельно в два раздельных пространства. Такие аппараты выполняются в трех исполнениях: 1 — на консольной раме, $F \leq 10$ м²; 2 — на двухопорной раме, $F = 2 \div 400$ м²; 3 — на трехопорной раме, $F = 200 \div 600$ м².

Теплообменники типа «труба в трубе» по ГОСТ 9930—78 изготавливаются с площадью поверхности теплообмена $F = 0,5 \div 93$ м² на условное давление до 16 МПа и расчетную температуру от —60 до +600 °С. Аппараты состоят из последовательно соединенных между собой прямых горизонтально расположенных секций «труба в трубе» длиной по 1,5; 3; 4,5; 6; 9 и 12 м, выполняемых

из стали различных марок цельносварными и разборными, жесткими или с температурным компенсатором на наружной трубе. Наружный диаметр d_1 внутренних труб 25; 38; 48; 57; 76; 89; 108; 133; 159 мм; наружных — 57; 76; 89; 108; 133; 159; 219 мм.

Кожухотрубчатые теплообменники, холодильники, конденсаторы и испарители стандартизованы, выпускаются на широкий диапазон рабочих параме-

тров и применяются для самых разнообразных условий теплообмена между технологическими продуктами. Конструктивно указанные аппараты выполняются следующих типов: Н — с неподвижными трубными решетками; К — с температурным компенсатором на кожухе; П — с плавающей головкой (одной подвижной трубной решеткой); У — с U-образными теплообменными трубами.

Аппараты изготавливаются в вертикальном (В) и горизонтальном (Г) исполнениях и в зависимости от характеристики рабочих сред относятся к группе А (для невзрыво- и непожароопасных сред и сред, не обладающих токсичностью) или к группе Б (для взрыво- и пожароопасных сред и сред, обладающих токсичностью).

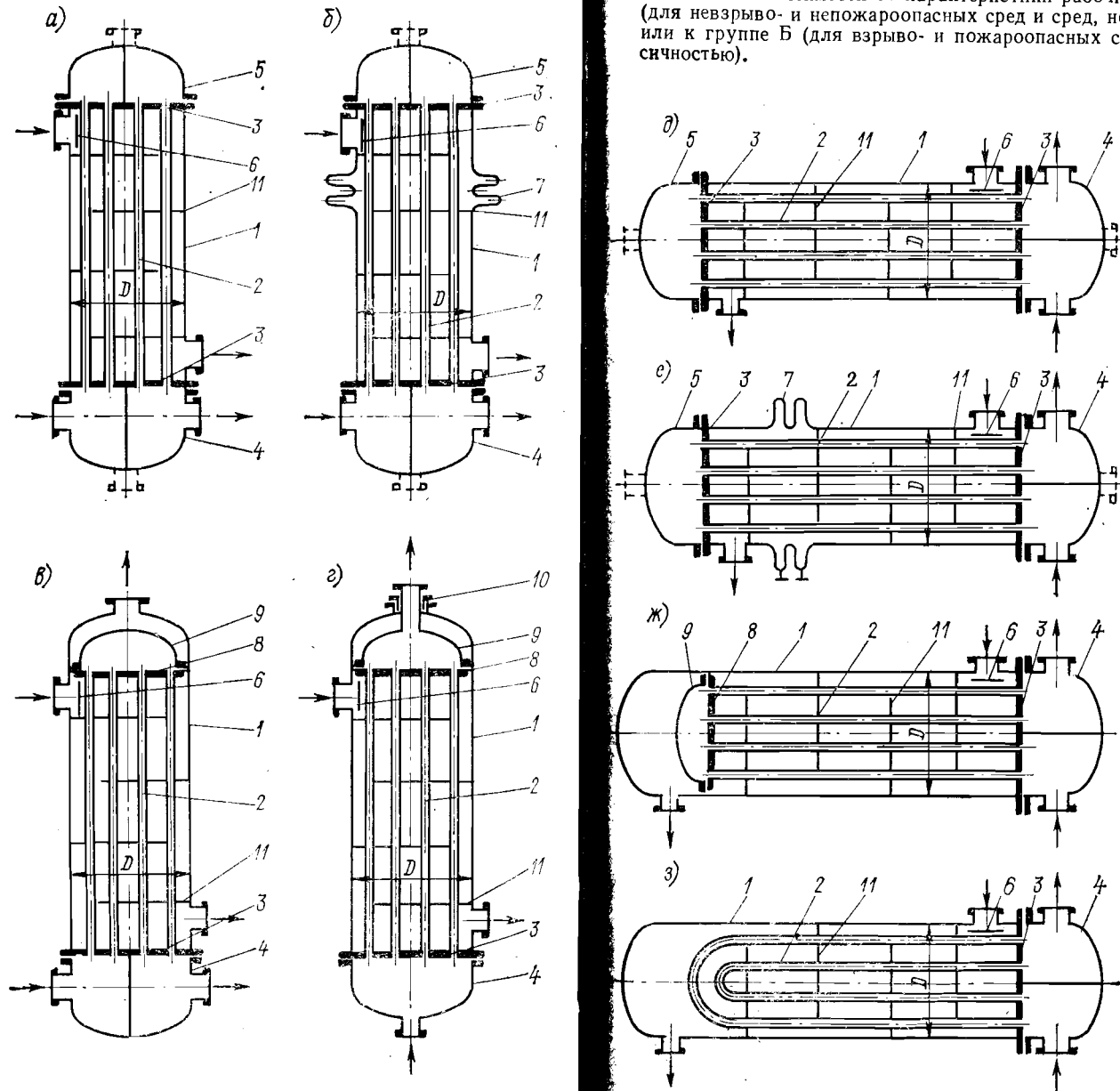


Рис. 17.1. Конструктивные схемы кожухотрубчатых теплообменников: а — б — вертикальные (а — типа ТН; б — типа ТК); в — типа ТП двух- и многоходовые по трубному пространству; г — типа ТП — одноходовые по трубному пространству; д — з — горизонтальные (д — типа ТН; е — типа ТК; ж — типа ТП двух- и многоходовые по трубному пространству; з — типа ТУ);

1 — кожух; 2 — трубы; 3 — трубные решетки; 4 и 5 — распределительные камеры; 6 — козырек-отражатель; 7 — линзовый компенсатор; 8 — подвижная трубная решетка; 9 — плавающая головка; 10 — сальник; 11 — перегородки

Основные параметры и размеры стандартных кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с неподвижными трубными решетками (тип Н) и с температурным компенсатором на кожухе (тип К), ГОСТ 15119—79—ГОСТ 15122—79 (рис. 17.1, а, б, д, е)

Наименование	Обозначение типа	Основные параметры и размеры					F, м ²	Пределы применения аппаратов по температурам рабочей среды	
		D, мм	p _y , МПа		Теплообменные трубы			t, °C	Исполнение по материалу
			в трубах	в кожухе	d _н × s, мм	Длина l, мм			
Теплообменники, ГОСТ 15122—79	Вертикальные ТНВ и ТКВ; горизонтальные ТНГ и ТКГ	159 *	1,6; 2,5 **; 4,0 **	20×2; 25×2	1000; 1500; 2000; 3000	1—3,5	От —20 до +350	M1; M8; M9	
		273 *				3—11,5			
		325 *				6,5—25			
		400				16—68			
		600				31—147			
		800				60—405			От —20 до +200
		1000				3000; 4000; 6000; 9000			
		1200				4000; 6000; 9000			
Холодильники,	Вертикальные ХНВ и ХКВ;	159 *	1,6; 2,5 **; 4,0 **	20×2; 25×2	1000; 1500; 2000; 3000	1—3,5	От —20 до +300	M1; M2	
		273 *				3—11,5			
		325 *				6,5—22,5			
		400				16—63			
ГОСТ 15120—79	горизонтальные ХНГ и ХКГ	600	0,6	20×2; 25×2	4000; 6000	31—139	От —20 до +200	M3; M10; M11; M19; M20; B2; B3	
		800				60—390			
		1000				151—643			
		1200				301—937			
Конденсаторы, ГОСТ 15121—79	Вертикальные КНВ и ККВ; горизонтальные КНГ и ККГ	600	0,6	20×2; 25×2	3000; 4000; 6000	46—139	От —20 до +350	M1; M12	
		800				90—260			
		1000				151—338			
		1200				301—625			
		1400				657—865			
Испарители, ГОСТ 15119—79	Вертикальные исполнений 1 *** (ИН-1; ИК-1) и 2 **** (ИН-2; ИК-2)	600	0,6; 1,0	25×2	2000; 3000; 4000	40—81	От —20 до +350	M1; M8; M9	
		800				73—146			
		1000				117—235			
		1200				256; 340			
		1400				372; 486			

Примечания: 1. Все теплообменные аппараты выпускаются по группам А и Б. 2. Теплообменные аппараты с кожухами диаметром 400 и 600 мм выпускаются также с кожухами из труб, имеющих наружные диаметры 426 и 630 мм соответственно.

- * Диаметр наружный, остальные диаметры внутренние.
- ** Только для аппаратов типа Н, остальные p_y — для аппаратов типов Н и К.
- *** С жидким, газообразным, парогазовым или парожидкостным теплоносителем.
- **** С паровым теплоносителем.

Основные параметры и размеры стандартных кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с плавающей головкой (тип П) и с U-образными трубами (тип У), ГОСТ 14244—79—ГОСТ 14247—79 (рис. 17.1, в, г, ж, з)

Наименование	Обозначение типа	Основные параметры и размеры						F, м ²	Исполнение по материалу				
		D, мм	Температура t, °C	p _y , МПа		Теплообменные трубы							
				в трубах	в кожухе	d _H × s, мм	Длина l, мм						
		325 *		1,6; 2,5			3000; 6000	10—26	M1; M2; M3; M4; M12				
				4,0					M1; M3; M4; M12				
		426 *; 400		1,6; 2,5			3000; 6000	19—46	M1; M2; M3; M4; M12				
				4,0					M1; M3; M4; M12				
				6,4					M1; M4; M12				
		530 *; 500		1,6; 2,5			3000; 6000	31—76	M1; M2; M3; M4; M12				
				4,0					M1; M3; M4; M12				
				6,4; 8,0					M1; M4; M12				
		Теплообменники с плавающей головкой, ГОСТ 14246—79		Вертикальные ТП-В; горизонтальные ТП	630 *; 600		От —30 до +450	1,6		20×2; 25×2; 25×2,5	6000; 9000	86—196	M1; M2; M3; M4; M12
								2,5; 4,0					M1; M3; M4; M12
								6,4; 8,0					M1; M4; M12
					800			1,6			6000; 9000	157—364	M1; M2; M3; M4; M12; Б1; Б2; Б3
2,5; 4,0			M1; M3; M4; M12; Б1; Б2; Б3										
6,4; 8,0			M1; M4; M12; Б1; Б2; Б3										
1000	1,6; 2,5		6000; 9000		267—603	M1; M3; M4; M12; Б1; Б2; Б3							
	4,0; 6,4					M1; M4; M12; Б1; Б2; Б3							
1200	1,6; 2,5; 4,0		6000; 9000		403—906	M1; M3; M4; M12; Б1; Б2; Б3							
	6,4					M1; M4; M12; Б1; Б2; Б3							
1400	1,6; 2,5; 4,0		6000; 9000		561—1246	M1; M3; M4; M12; Б1; Б2; Б3							

Наименование	Обозначение типа	Основные параметры и размеры						F, м²	Исполнение по материалу			
		D, мм	Температура t, °C	P _y , МПа		Теплообменные трубы						
				в трубах	в кожухе	d _H × s, мм	Длина L, мм					
Конденсаторы с плавающей головкой, ГОСТ 14247—79	Горизонтальные КП	630; 600	От 0 до +400	1,0; 1,6; 2,5			6000	87—131	M1; M3; M12			
		800						164—243				
		1000						290—402				
		1200						447—604				
		1400						626—831				
		В кожухе от 0 до +400;	325 *	До 1,0	4,0		3000; 6000	10—26	M1; M3; M12			
									M1; M12			
								426 *; 400	6,4	3000; 6000	19—46	M1; M3; M12
												M1; M12
								530 *; 500	4,0	3000; 6000	31—76	M1; M3; M12
												M1; M12
								630 *; 600	2,5; 4,0	6000; 9000	86—196	M1; M3; M12
												M1; M12
								6,4				

Холодильники с плавающей головкой, ГОСТ 14244—79	Вертикальные ХП-В; горизонтальные ХП	в трубах от -20 до +60	800	До 1,0	1,6; 2,5; 4,0		6000; 9000	157—364	M1; M3; M12; B2; B3		
									M1; M12; B2; B3		
			1000					6,4	6000; 9000	267—603	M1; M3; M12; B2; B3
											M1; M12; B2; B3
1200	6,4	6000; 9000	403—906	M1; M3; M12; B2; B3							
				M1; M12; B2; B3							
1400	1,6; 2,5; 4,0	6000; 9000	561—1246	M1; M3; M12; B2; B3							
Теплообменники с U-образными трубами, ГОСТ 14245—79	Горизонтальные ТУ	От -30 до +450	325 *	До 1,0	1,6; 2,5	20 × 2	3000; 6000	14—27	M1; M2; M4; M12		
									M1; M4; M12		
			426 *; 400					4,0; 6,4	3000; 6000	26—51	M1; M2; M4; M12
											M1; M4; M12
530 *; 500	4,0; 6,4	3000; 6000	43—85	M1; M2; M4; M12							
				M1; M4; M12							

Наименование	Обозначение типа	Основные параметры и размеры				Исполнение по материалу			
		D, мм	Температура t, °C	p _y , МПа			F, м²		
				в трубах	в кожухе			Теплообменные трубы	
Теплообменники с U-образными трубами, ГОСТ 14245-79	Горизонтальные ТУ	От -30 до +450	630 *; 600	1,6	2,5; 4,0; 6,4	6000; 9000	120—223	M1; M2; M4; M12	
									20×2
				1,6; 2,5; 4,0	6000; 9000	383—647	M1; M4; M12; Б2; Б3; Б7		
								1,6; 2,5	
				1,6; 2,5	6000; 9000	790—1369	M1; M4; M12; Б2; Б3; Б7		

Примечание. Все теплообменные аппараты выпускаются по группам А и Б.

* Диаметр наружный, остальные диаметры внутренние.

Основные параметры и размеры кожухотрубчатых горизонтальных испарителей с паровым пространством с плавающей головкой (тип П) и с U-образными трубами (тип У), ГОСТ 14248—79 (рис. 17.2)

Тип	D, мм	D ₁ , мм	p _y , МПа		z _п	z _т	F _т · 10 ⁻³ , м²	F, м²
			в корпусе	в трубах				
П	800	500	1,6 2,5	1,6 4,0	1	82	13	38
	1000 1200 1600	600 700 900	1,6	2,5				
	2400 2600	700	1,0 1,6	2,5 1,6	2 3	204	33	192 288
	2800	900	1,0 1,6	1,6	2	362	54	340
У	800	500	1,6 2,5	1,6 4,0	1	134	13	51
	1000	600	1,6 2,5	2,5				
	1200	700	1,6 2,5		310	31	120	
	1600	900	1,6 2,5	2 3	572	57	224	
	2400 2600	700	1,0 1,0; 2,5					310
	2800	900	1,0 1,6	2	572	57	448	

Примечания: 1. Испарители должны изготавливаться в двух исполнениях: 1 — с коническим днищем диаметром от 800 до 1600 мм; 2 — с эллиптическим днищем диаметром от 2400 до 2800 мм. 2. Обозначения: z_п — число трубных пучков в аппарате; z_т — число труб в одном пучке; F_т — площадь проходного сечения по одному ходу трубного пространства; F — площадь поверхности теплообмена. 3. Трубы — 25×2,5 длиной 6 м (для типа У — U-образные трубы, состоящие из двух прямых труб длиной по 6 м) и 180°-ным коленом. 4. Расположение труб в трубных решетках — по вершинам квадратов. 5. Исполнение по материалу для всех испарителей: M1; M4; Б1; Б2 и Б3. 6. Все испарители выпускаются по группам А и Б. 7. Расчетная температура аппаратов от -30 до +450 °C.

Материалы основных узлов и деталей теплообменных кожухотрубчатых аппаратов
с неподвижными трубными решетками и с температурным компенсатором на кожухе,
ГОСТ 15119—79—ГОСТ 15122—79

Исполнение по материалу	Материал		
	Кожух	Распределительная камера и крышки	Теплообменные трубы
M1	Стали ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС (ГОСТ 5520—79); трубы * — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Стали ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС ** (ГОСТ 5520—79); трубы ** — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Стали 10 и 20 (ГОСТ 8733—74) и трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке
M3			Латунь ЛАМш77-2-0,05 (ГОСТ 494—76)
M8	Сталь 12X18H10T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А); трубы — сталь 12X18H10T (ГОСТ 9940—72)	Сталь 12X18H10T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А); трубы — сталь 12X18H10T (ГОСТ 9940—72)	Стали 08X18H10T и 12X18H10T (ГОСТ 9941—72) и трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке
M9	Сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А); трубы — сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 9940—72)	Сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А); трубы — сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 9940—72)	Сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 8841—72)

Продолжение табл. 17.4

Исполнение по материалу	Материал		
	Кожух	Распределительная камера и крышки	Теплообменные трубы
M10	Сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А); трубы* — сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 9940—72)	Стали ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС *** (ГОСТ 5520—79); трубы** — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Стали 08X18H10T и 12X18H10T (ГОСТ 9941—72) и трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке
M11			Сталь 10X17H13M2T (ГОСТ 9941—72)
M12	Стали ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС (ГОСТ 5520—79); трубы**** — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Сталь ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79)	Сталь 08X22H6T (ГОСТ 9941—72 и ГОСТ 5632—72)
M19	Сталь 08X22H6T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)	Сталь ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79)	Сталь 08X22H6T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 9941—72)
M20	Сталь 08X21H6M2T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)		Сталь 08X21H6M2T (ГОСТ 5632—72 и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)
M21	Сталь 08X22H6T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)	Сталь 08X22H6T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)	Сталь 08X22H6T (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 9941—72)

Исполнение по материалу	Материал		
	Кожух	Распределительная камера и крышки	Теплообменные трубы
M22	Сталь 08Х21Н6М2Т (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)	Сталь 08Х21Н6М2Т (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)	Сталь 08Х21Н6М2Т (ГОСТ 5632—72 и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)
M23	Стали ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС (ГОСТ 5520—79)	Сталь 08Х22Н6Т (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)	Сталь 08Х22Н6Т (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 9941—72)
M24		Сталь 08Х21Н6М2Т (ГОСТ 5632—72 и ГОСТ 7350—77, гр. А)	Сталь 08Х21Н6М2Т (ГОСТ 5632—72 и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)
B2	Двухслойные стали ВСтЗсп5+ +12Х18Н10Т или 16ГС+12Х18Н10Т (ГОСТ 10885—75)	Стали ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС*** (ГОСТ 5520—79); трубы** — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Стали 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т (ГОСТ 9941—72) и трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке
B3	Двухслойные стали ВСтЗсп5+ +10Х17Н13М2Т или 16ГС+ +10Х17Н13М2Т (ГОСТ 10885—75)		Сталь 10Х17Н13М2Т (ГОСТ 9941—72)

Продолжение табл. 17.4

Исполнение по материалу	Материал		
	Кожух	Распределительная камера и крышки	Теплообменные трубы
B6	Стали ВСтЗсп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС (ГОСТ 5520—79); трубы** — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Двухслойные стали ВСтЗсп5+ +12Х18Н10Т или 16ГС+12Х18Н10Т (ГОСТ 10885—75)	Стали 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т (ГОСТ 9941—72) и трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке
B8		Двухслойные стали ВСтЗсп5+ +10Х17Н13М2Т или 16ГС+ +10Х17Н13М2Т (ГОСТ 10885—75)	Сталь 10Х17Н13М2Т (ГОСТ 9941—72)
B9	Двухслойные стали ВСтЗсп5+ +12Х18Н10Т или 16ГС+12Х18Н10Т (ГОСТ 10885—75)	Двухслойные стали ВСтЗсп5+ +12Х18Н10Т или 16ГС+12Х18Н10Т (ГОСТ 10885—75)	Стали 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т (ГОСТ 9941—72) или трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке
B10	двухслойные стали ВСтЗсп5+ +10Х17Н13М2Т или 16ГС+ +10Х17Н13М2Т (ГОСТ 10885—75)	Двухслойные стали ВСтЗсп5+ +10Х17Н13М2Т или 16ГС+ +10Х17Н13М2Т (ГОСТ 10885—75)	Сталь 10Х17Н13М2Т (ГОСТ 9941—72)

Примечания: 1. Применимость исполнения по материалу в зависимости от технологического назначения, типа, диаметра и рабочих параметров теплообменных аппаратов определена ГОСТами на теплообменные аппараты (см. ГОСТ 15119—79—ГОСТ 15122—79). 2. Допускается изготовлять узлы и детали из материалов других марок, по механическим свойствам и коррозионной стойкости не уступающим материалам, указанным в табл. 17.2.

- * Только для теплообменников по ГОСТ 15122—79 и холодильников по ГОСТ 15120—79.
- ** Только для теплообменников по ГОСТ 15122—79.
- *** Только для теплообменников по ГОСТ 15122—79 и испарителей по ГОСТ 15119—79.
- **** Только для холодильников по ГОСТ 15120—79.

Материалы основных узлов и деталей теплообменных кожухотрубчатых аппаратов с плавающей головкой и с U-образными трубами, ГОСТ 14244—79—ГОСТ 14247—79

Исполнение по материалу	Материал			
	Кожух	Распределительная камера	Теплообменные трубы	Трубная решетка
M1	Стали ВСт3сп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС (ГОСТ 5520—79); трубы — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Стали ВСт3сп4* (ГОСТ 14637—79), ВСт3сп5 (ГОСТ 14637—79), 16ГС (ГОСТ 5520—79); трубы — сталь 20 (ГОСТ 8731—74)	Стали 10 и 20 (ГОСТ 8733—74) и трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке**	Сталь 16 ГС (ГОСТ 5520—79)
M2			Сплав марки АМг2 (ГОСТ 18475—73)	Сплавы марок АМг5, АМг6 (ГОСТ 4784—74 и ГОСТ 17232—79)
M3			Латунь ЛАМш77-2-0,05 (ГОСТ 494—76)	Сталь 16ГС (ГОСТ 5520—79) с наплавкой латунью марки ЛО62-1 или Л63 (ГОСТ 15527—70)
M4		Двухслойные стали 16ГС+08Х13 или ВСт3сп5+08Х13 (ГОСТ 10885—75)	Стали 15Х5М, Х8 (ГОСТ 550—75)	Сталь марки 15Х5М (ГОСТ 5632—72, ГОСТ 7350—77, гр. А, ГОСТ 8479—70, гр. IV и техническая документация, утвержденная в установленном порядке***)
M5			Латунь ЛОМш70-1-0,06 (ГОСТ 494—76 и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)	Латунь ЛЖМц 59-1-1 (ГОСТ 15527—70 и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)
M6		Сталь ВСт3сп4 (ГОСТ 14637—79)	Латунь ЛАМш 77-2-0,05 (ГОСТ 494—76)	Сталь 16ГС (ГОСТ 5520—79) с наплавкой латунью ЛО62-1 (ГОСТ 15527—70)
M7				Латунь ЛЖМц59-1-1 (ГОСТ 15527—70 и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)
M12	Исполнение M1	Исполнение M1	Сталь 08Х22Н6Т, ГОСТ 9941—72	Сталь 16ГС, ГОСТ 5520—79
B1	Двухслойные стали 16ГС+08Х13 или ВСт3сп5+08Х13 (ГОСТ 10885—75)	Двухслойные стали 16ГС+08Х13 или ВСт3сп5+08Х13 (ГОСТ 10885—75)	Сталь 08Х13 (ГОСТ 9941—72)	Сталь 12Х13 (ГОСТ 5632—72, ГОСТ 7350—77, гр. А, ГОСТ 8479—70, гр. IV и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)
B2	Двухслойные стали 16ГС+12Х18Н10Т или ВСт3сп5+12Х18Н10Т (ГОСТ 10885—75)	Сталь ВСт3сп4**** (ГОСТ 14637—79); двухслойные стали 16ГС+12Х18Н10Т или ВСт3сп5+12Х18Н10Т (ГОСТ 10885—75)	Сталь 08Х18Н10Т (ГОСТ 9941—72); трубы электросварные по технической документации, утвержденной в установленном порядке	Сталь 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632—72, ГОСТ 7350—77, гр. А, ГОСТ 8479—70, гр. IV и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)
B3	Двухслойные стали 16ГС+10Х17Н13М2Т или ВСт3сп5+10Х17Н13М2Т (ГОСТ 10885—75)	Сталь ВСт3сп4**** (ГОСТ 14637—79); двухслойные стали 16ГС+10Х17Н13М2Т или ВСт3сп5+10Х17Н13М2Т (ГОСТ 10885—75)	Сталь 10Х17Н13М2Т (ГОСТ 9941—72)	Сталь 10Х17Н13М2Т (ГОСТ 5632—72, ГОСТ 7350—77, гр. А, ГОСТ 8479—70, гр. IV и техническая документация, утвержденная в установленном порядке)

Исполнение по материалу	Материал			
	Кожух	Распределительная камера	Теплообменные трубы	Трубная решетка
Б4	Биметалл: ВСтЗсп5+ +монель НЖМц28-2,5-1,5 по технической докумен- тации, утвержденной в установленном по- рядке	Сталь ВСтЗсп4 (ГОСТ 14637—79)	Латунь ЛОМш 70-1-0,06 (ГОСТ 494—76 и техни- ческая документация, ут- вержденная в установлен- ном порядке)	Латунь ЛЖМц59-1-1 (ГОСТ 15527—70 и техниче- ская документация, утвер- жденная в установленном по- рядке)
Б5		Сталь ВСтЗсп4 (ГОСТ 14637—79) с ос- винцеванием	Латунь ЛАМш 77-2-0,05 (ГОСТ 494—76)	
Б7	Двухслойные стали 16ГС+08Х13 или ВСтЗсп+08Х13 (ГОСТ 10885—75)	Двухслойные стали 16ГС+08Х13 или ВСтЗсп5+08Х13 (ГОСТ 10885—75)	Стали Х8, 15Х5М (ГОСТ 550—75)	Сталь 15Х5М (ГОСТ 5632—72, ГОСТ 7350—77, гр. А, ГОСТ 8479—70, гр. IV и техническая документация, утвержденная в установлен- ном порядке)

Примечания: 1. Применимость исполнения по материалу в зависимости от технологического назначения, типа, диа- метра и рабочих параметров теплообменных аппаратов определена ГОСТами на соответствующие теплообменные аппараты (см. ГОСТ 14244—79—ГОСТ 14247—79). 2. Допускается изготавливать узлы и детали из материалов других марок, по механическим свойствам и коррозионной стойкости не уступающим материалам, указанным в табл. 17.3.

* Только для холодильников по ГОСТ 14244—79 и конденсаторов по ГОСТ 14247—79.
 ** Для p_y до 4,0 МПа и t_p до 400 °С.
 *** $\sigma_s \geq 420$ МПа.
 **** Только для холодильников по ГОСТ 14244—79 и конденсаторов по ГОСТ 14247—79.

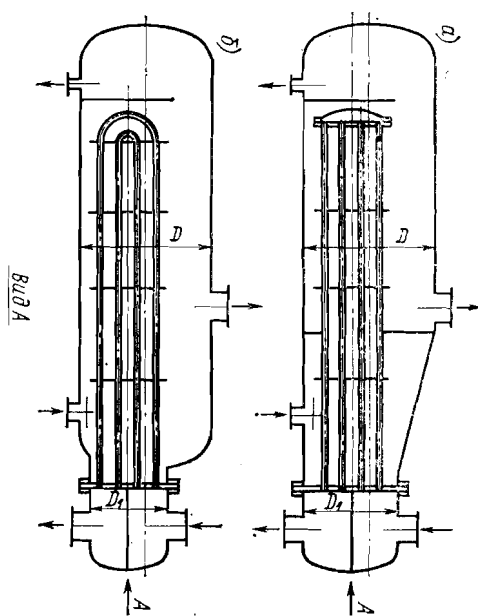


Рис. 17.2. Конструктивные схемы горизонтальных испарителей с паровым пространством: а — со съемными трубными пучками и главной головкой; б — со съемными трубными пучками и U-образными трубами

Конструктивные схемы стандартных теплообменных кожухотрубчатых аппаратов показаны на рис. 17.1 и 17.2, их основные характеристики, параметры и размеры приведены в табл. 17.1—17.3, а материалы для них — в табл. 17.4 и 17.5.

К кожухотрубчатым аппаратам относятся также цельносварные аппараты с витыми трубами и жестким сердечником. Такие аппараты широко применяются для чистых сред в установках разделения и сжижения газов и в др.

Применение того или иного вида и типа теплообменных аппаратов независимо от их рабочих параметров связано со свойствами теплообменивающейся сред, возможностью загрязнения или теплообменных поверхностей (что может существенно ухудшить теплопередачу), а следовательно, с необходимостью периодической их чистки, чаще всего механическим способом, для чего требуется соответствующее конструктивное оформление, обеспечивающее доступ к поверхностям, подлежащим чистке.

17.2. Типовые элементы конструкции кожухотрубчатых теплообменных аппаратов

Основными элементами кожухотрубчатых аппаратов являются кожух, трубы, трубные решетки, распределительные камеры и линейные компенсаторы. Кожухи обычно состоят из отдельных цилиндрических обечайек, сваренных между собой встык (см. гл. 6), образующих корпус и ограничивающих снаружи межтрубное пространство в аппарате.

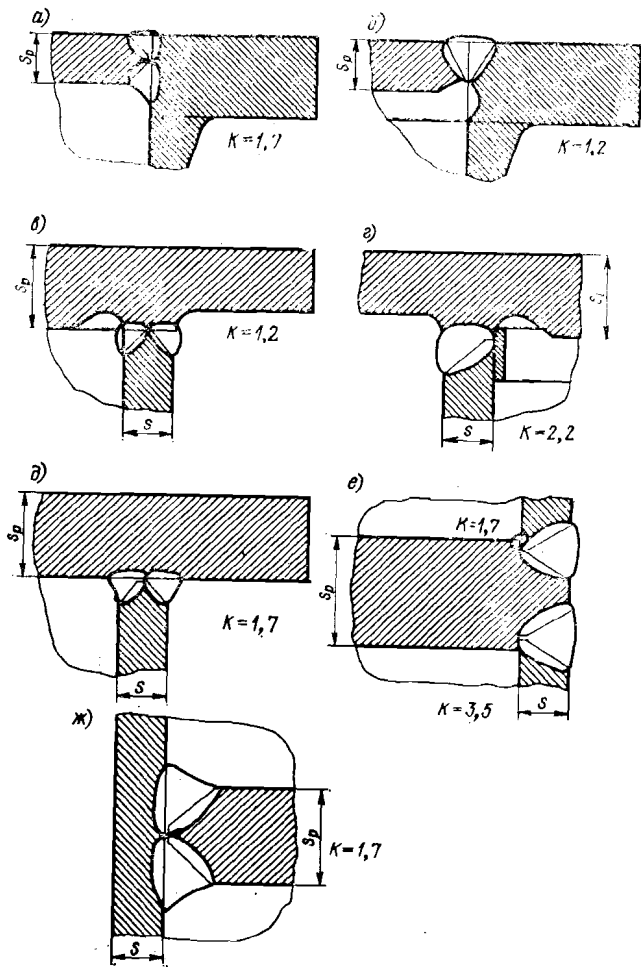


Рис. 17.3. Конструкции соединения трубных решеток с кожухом: а, б — бесфланцевых решеток с фланцевым кожухом; в—д — фланцевых решеток с бесфланцевым кожухом; е, ж — бесфланцевых решеток с бесфланцевым кожухом

С торцов кожух закрыт приваренными к нему двумя плоскими *трубными решетками* (в аппаратах типов Н и К) или одной решеткой и эллиптическим днищем (в аппаратах типов П и У). Конструкции соединения трубных решеток с кожухом показаны на рис. 17.3, а отдельные узлы кожухотрубчатых аппаратов — на рис. 17.4.

Концы *теплообменных труб* в трубных решетках закрепляются на развальцовке, сварке или на развальцовке в сочетании со сваркой. Конструкции соединений труб с диаметрами $d_{\text{т}} = 16 \div 25$ мм показаны на рис. 17.5. Рекомендуемыми являются соединения труб на сварке с подвальцовкой, трубы других размеров

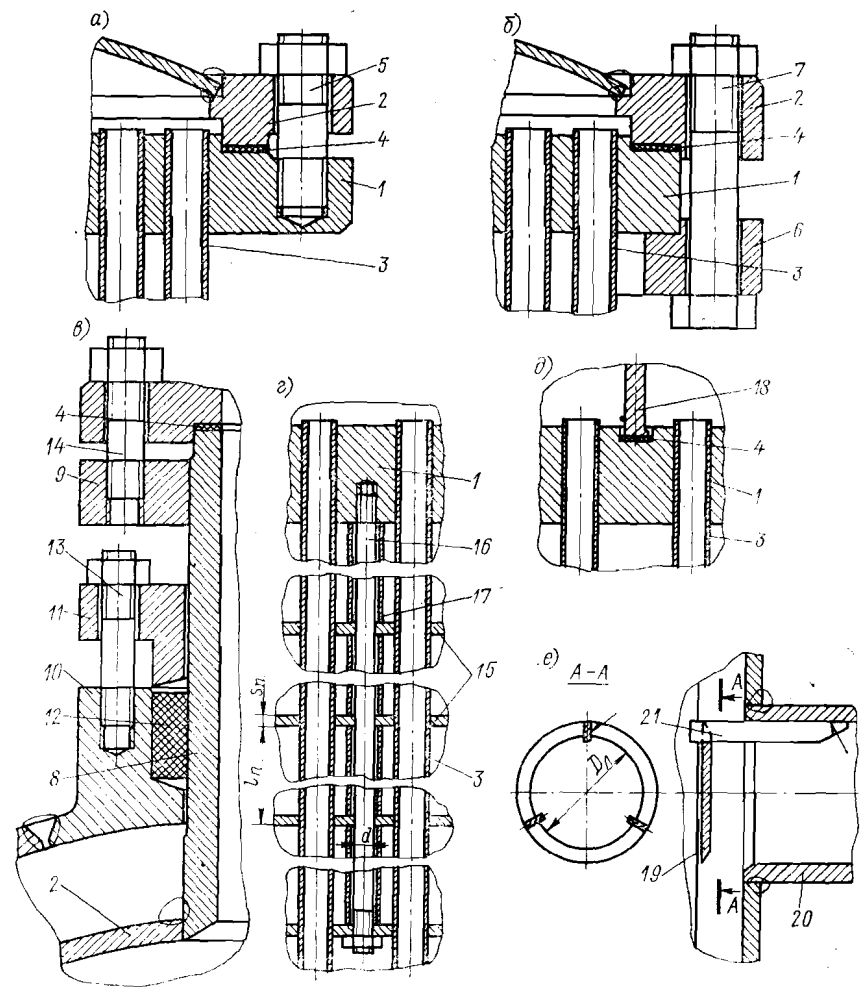


Рис. 17.4. Конструкции отдельных узлов кожухотрубчатых теплообменных аппаратов: а, б — узел плавающей головки; в — узел сальникового штуцера плавающей головки; г — узел крепления поперечных перегородок; д — узел уплотнения перегородки в распределительной камере; е — узел козырька-отражателя входного штуцера межтрубного пространства;

1 — трубная решетка плавающей головки; 2 — крышка плавающей головки; 3 — трубы; 4 — прокладка; 5 — шпилька с гайкой; 6 — свободный фланец; 7 — болт с гайкой; 8 — выходной патрубок; 9 — фланец на резьбе; 10 — корпус сальника; 11 — гнуд-бука сальника; 12 — сальниковая набивка; 13, 14 — шпильки с гайкой; 15 — поперечные перегородки; 16 — стяжная стержень с гайкой; 17 — распорная труба; 18 — перегородка; 19 — козырек-отражатель; 20 — входной штуцер; 21 — ребра для крепления козырька-отражателя

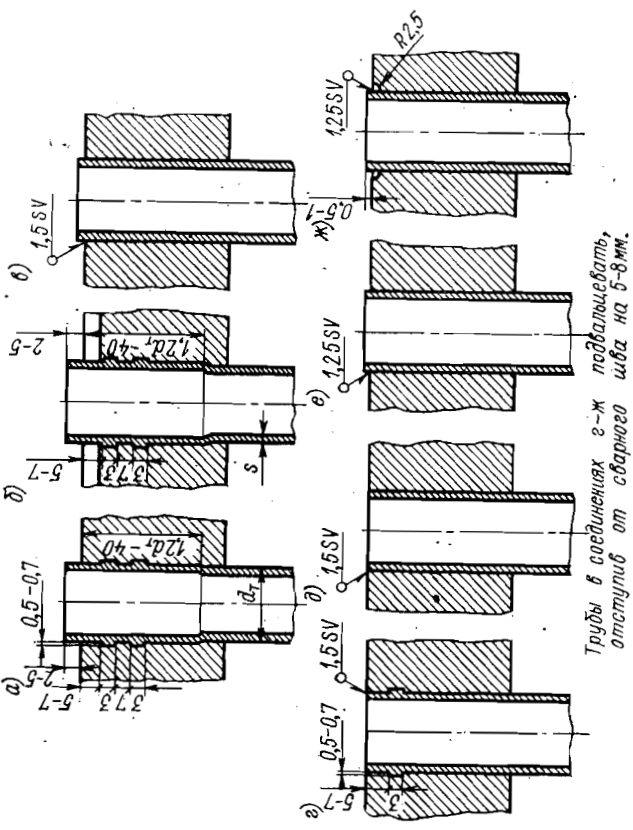


Рис. 17.5. Конструкция соединений труб $d_T = 16 + 25$ мм в трубных решетках: а — с развальцовкой в двух канавках; б — то же в решетках из двухслойной стали; е — с обваркой; е-ж — с обваркой и подвальцовкой

могут соединяться другими способами. Размещение концов труб в решетке производится согласно ГОСТ 15118—79.

Теплообменные трубы в кожухе аппарата типа У размещаются U-образными петлями в вертикальной плоскости с расторами петель, соответствующими закрепляемым концам труб в решетках; каждая петля может выполняться цельной из одной трубы или состоять из двух прямых участков, соединенных между собой сваркой встык 180°-ным коленом; прямые участки каждой петли рекомендуются делать с уклоном 2 : 100 (верхний участок — вниз, нижний — вверх) от трубной решетки.

Распределительные камеры представляют собой крышки, ограничивающие корпус аппарата по трубному пространству с обон торцов (в аппаратах типов Н и К) или с одного торца (в аппаратах типов У и П; второй распределительной камерой в последних является плавающая головка), в которых соответственно переродками среда, находящаяся в трубном пространстве, направляется только в определенные трубы одного из ходов. При необходимости чистки внутренней поверхности труб распределительные камеры выполняют отъемными на фланцах, в противном случае — сварными.

В горизонтальных кожухотрубчатых испарителях с паровым пространством (см. рис. 17.2) трубчатую часть выполняют в виде одного или нескольких отъемных (для возможности чистки) пучков с плавающей головкой или U-образными трубами. Для таких аппаратов при диаметре межтрубного пространства $D_m \geq 2400$ мм кожух выполняют из двух эллиптических днищам, а при $D_m \leq 1600$ мм одно днище выполняют односторонним коническим (со стороны трубной решетки), а другое — эллиптическим.

В горизонтальных аппаратах типов П и У для облегчения вставки и извлечения трубных пучков в кожухе предусматривают две продольные направ-

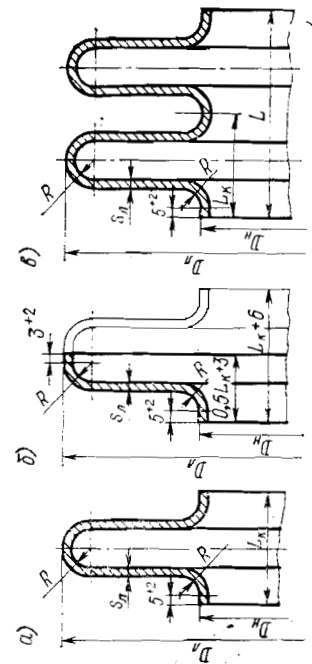


Рис. 17.6. Конструкция гибких элементов линзовых компенсаторов: а — линза; б — полулинза; в — многолинзовый элемент

ляющие, по которым трубный пучок скользит, опираясь на них своими перегородками.

В аппаратах типов Н, К, П и У для улучшения теплопередачи в межтрубном пространстве предусматривают поперечные круглые с диаметром, соответствующимся в них сегментными срезами перегородки, диаметр которых на 3—5 мм менее внутреннего диаметра кожуха и которые устанавливают на равном расстоянии друг от друга (150—600 мм в зависимости от диаметра перегородки). Эти перегородки, обеспечивая движение среды в межтрубном пространстве поперек труб, служат для последних одновременно и промежуточными опорами.

В межтрубных пространствах теплообменных аппаратов всех типов перед отверстиями подводящих сред у штуцеров предусматривают круглые козырьки-отражатели (см. рис. 17.4, е) из листа диаметром $D_{л} \geq D_u$ (где D_u — диаметр штуцера) на расстоянии около $0,2 D_u$ от отверстия для предотвращения повреждения прилегающих труб от механического воздействия на них поступающего потока жидкости или газа и эрозии. Проходное сечение в штуцерах распределительных камер не должно превышать проходное сечение труб одного хода.

Минимальная толщина перегородок s_p (см. рис. 17.4, в) в зависимости от D :

$D, \text{ мм}$	≤ 400	500—600	800—1000	≥ 1200
$s_p, \text{ мм}$	6	10	12	14

Диаметр стяжек для перегородок принимают (см. рис. 17.4, е): $d = 12$ мм при $D \leq 600$ мм; $d = 16$ мм при $D \geq 800$ мм; минимальное количество стяжек: $z_c = 6$ при $D \leq 1000$ мм; $z_c = 8$ при $D = 1200$ мм; $z_c = 10$ при $D \geq 1400$ мм. Минимальное расстояние между перегородками $l_{ц} = 0,2D$. Минимальный радиус загиба U-образных труб $R_{\text{мин}} = 4d_u$.

Глубина крышки плавающей головки двухходового по трубам аппарата должна быть такой, чтобы площадь ее центрального сечения была бы не менее 1,3 от проходного сечения труб одного хода, а одноходового аппарата — не менее 1/3 от внутреннего диаметра штуцера на крышке.

Применяемые в аппаратах типов К и «труба в трубе» **линзовые компенсаторы** стандартизованы для давлений $P_u \leq 2,5$ МПа и температуры от -70 до $+700$ °С (рис. 17.6, табл. 17.6). Линзу (тип 1) и многолинзовый элемент (тип 3) изготовляют из обечайек (сварных из листа) накаткой, формированием жидкостью и другими способами, а полулинзу (тип 2) — из листа штамповкой (из одного или нескольких частей в зависимости от размеров). Компенсатор может состоять из одной или нескольких линз (практически до пяти) типа 1 или 2, сваренных между собой встык, или из одного гибкого элемента типа 3.

Компенсаторы приваривают к кожуху теплообменного аппарата и трубопроводам с предварительным растяжением или сжатием (в зависимости от условий работы) для увеличения (в два раза) его компенсирующей способности.

Основные размеры стандартных линзовых компенсаторов
(рис. 17.6), ОСТ 26-01-1505-76

p_y , МПа	D_y	D_{II}	$D_{л}$	s _л	R	I_K	I, для компенсаторов с числом линз			
							1	2	3	4
							0,25	400—600 700—1400 1600—5000	$D_y \pm 12$ $D_y \pm 16$ $D_y \pm 20$	$D_{II} \pm 250$
0,6	400—600 700—1400 1600—3600	$D_y \pm 8$ $D_y \pm 16$ $D_y \pm 20$	106	106	209	312	415			
1,0	400—600 700—1400 1600—1800	$D_y \pm 12$ $D_y \pm 16$ $D_y \pm 20$	$D_{II} \pm 150$	3	14	72	72	141	210	279
	2000—3000	$D_y \pm 24$					4	74	74	145
1,6	400—600 700—1400 1600—1800 2000—2200	$D_y \pm 8$ $D_y \pm 16$ $D_y \pm 20$ $D_y \pm 24$	4	4	74	74	145	216	287	
	2,5	400—500 500—600 700—800				$D_y \pm 12$ $D_y \pm 16$ $D_y \pm 20$	$D_{II} \pm 100$	3	10	51

Примечание. Номинальные (условные) диаметры D_y компенсаторов см. в табл. 17.7.

Примеры условного обозначения: линза (тип 1) для сварки с обечайкой на $D_y = 800$ мм, $p_y = 1,6$ МПа из стали марки 09Г2С:

Линза 800-16-09Г2С ОСТ 26-01-1505-76;

то же для полулинзы (тип 2):

Полулинза 800-16-09Г2С ОСТ 26-01-1505-76;

то же для гибкого элемента с числом линз 3:

Гибкий элемент 800-16-09Г2С ОСТ 26-01-1505-76.

* Для компенсатора с пятью элементами.

Технические характеристики линзовых компенсаторов,
ОСТ 26-01-1512-76

D_y , мм	p_y , МПа									
	0,25		0,6		1,0		1,6		2,5	
	C_Q	C_p	C_Q	C_p	C_Q	C_p	C_Q	C_p	C_Q	C_p
кН										
400	24,80	24,26	41,15	58,21	40,80	53,90	68,60	86,24	61,38	85,75
450	25,80	26,46	43,00	63,03	43,00	59,29	72,72	94,86	65,54	95,55
500	30,23	28,81	51,86	68,80	45,69	61,97	77,35	103,6	70,17	104,6
600	33,32	33,81	57,62	80,67	51,26	76,44	86,78	122,3	80,24	123,0
700	36,75	38,71	63,50	92,43	57,33	88,20	96,90	141,1	90,35	142,1
800	39,69	43,61	68,99	104,1	63,40	99,47	107,7	159,2	100,9	161,1
900	42,88	48,51	74,87	115,8	69,46	110,7	119,2	177,2	—	—
1000	46,26	53,51	80,78	127,7	75,50	122,7	130,2	197,1	—	—
1200	52,68	62,97	92,51	150,2	87,65	145,0	152,6	232,1	—	—
1400	58,80	75,52	104,3	173,2	99,77	167,6	175,4	268,1	—	—
1600	64,93	82,08	115,6	196,1	99,47	190,1	169,5	304,2	—	—
1800	71,05	91,63	127,4	218,9	110,3	211,7	188,6	338,7	—	—
2000	77,52	101,3	138,8	242,1	277,5	232,4	208,2	371,5	—	—
2200	83,30	110,4	149,9	263,4	303,2	254,8	227,4	406,1	—	—
2400	89,43	119,8	161,1	286,4	328,9	276,4	—	—	—	—
2600	95,55	129,1	172,5	308,7	354,8	297,9	—	—	—	—
2800	100,9	138,4	183,8	331,0	380,2	319,5	—	—	—	—
3000	107,1	147,5	195,2	353,0	406,2	340,6	—	—	—	—
3200	112,7	156,7	206,2	374,9	—	—	—	—	—	—
3400	118,8	165,6	217,6	396,3	—	—	—	—	—	—
3600	125,0	174,9	229,3	418,7	—	—	—	—	—	—
3800	130,8	184,0	—	—	—	—	—	—	—	—
4000	137,2	193,1	—	—	—	—	—	—	—	—
4500	151,9	215,8	—	—	—	—	—	—	—	—
5000	167,0	239,0	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Жесткость компенсатора C_Q приведена для предельного или рабочего перемещения $\pm \Delta$. 2. Распорное усилие от внутреннего давления C_p приведено для номинального (условного) давления и только от действия на гибкую оболочку, без учета действия силы давления на сечение трубы.

При установке линзовых компенсаторов на горизонтальных аппаратах в нижней части каждой линзы должны быть приварены дренажные трубы ($14 \times 3 \times 50$) с заглушками в виде колпачковых гаек (М14) для слива воды после гидронспытания аппарата (трубопровода).

В табл. 17.7 приведены технические характеристики (жесткость C_Q и распорное усилие от внутреннего давления C_p), в табл. 17.8 — пределы применения, а в табл. 17.9 — компенсирующая способность одной линзы стандартных линзовых компенсаторов.

Полная компенсирующая способность компенсатора из нескольких линз

$$\Delta_K = 2 \Delta_{лзл}. \quad (17.1)$$

Если компенсатор применяется для компенсации перемещения $\Delta_l < \Delta_{лзл}$, то соответствующая ему жесткость

$$C_Q^l = C_Q \Delta_l / \Delta_{лзл}. \quad (17.2)$$

Пределы применения линзовых компенсаторов,
ОСТ 26-01-1512-76

Марки стали	Температура среды, °С	p, МПа, при p _y , МПа				
		0,25	0,6	1,0	1,6	2,5
ВСтЗсп4; 20; 20К; 16ГС; 09Г2С	100	0,25	0,6	1,00	1,60	2,5
	200	0,24	0,56	0,94	1,50	2,4
	250	0,22	0,54	0,90	1,40	2,2
	300	0,20	0,48	0,80	1,30	2,0
	350	0,18	0,44	0,72	1,15	1,8
	400	0,16	0,38	0,64	1,00	1,6
	425	0,12	0,32	0,54	0,85	1,2
	450	0,10	0,25	0,42	0,68	1,0
	475	0,08	0,20	0,32	0,52	0,8
	08Х22Н6Т; 08Х21Н6М2Т; 12Х18Н10Т; 10Х17Н13М3Т	100	0,25	0,60	1,00	1,60
200		0,23	0,55	0,92	1,50	2,3
250		0,22	0,54	0,90	1,40	2,2
300		0,21	0,51	0,86	1,35	2,1
350		0,20	0,50	0,82	1,30	2,0
400		0,20	0,48	0,80	1,25	2,0
425		0,20	0,47	0,78	1,25	2,0
450		0,19	0,46	0,76	1,20	1,9
475		0,19	0,45	0,75	1,20	1,9
500		0,18	0,44	0,74	1,20	1,8
540		0,18	0,44	0,72	1,15	1,8
570		0,16	0,38	0,64	1,00	1,6
600		0,12	0,29	0,48	0,78	1,2
610	0,11	0,27	0,44	0,70	1,1	
08Х18Н10Т; 08Х17Н15М3Т; 06ХН28МДТ	100	0,25	0,60	1,00	1,60	2,50
	200	0,22	0,53	0,88	1,40	2,20
	250	0,20	0,50	0,84	1,30	2,00
	300	0,19	0,46	0,76	1,20	1,90
	350	0,18	0,42	0,70	1,10	1,80
	400	0,16	0,40	0,66	1,05	1,65
	425	0,16	0,40	0,66	1,00	1,60
	450	0,16	0,40	0,64	1,00	1,60
	475	0,16	0,38	0,64	1,00	1,60
	500	0,16	0,38	0,62	1,00	1,55
	540	0,15	0,36	0,60	0,96	1,50
	570	0,13	0,32	0,54	0,85	1,30
	600	0,11	0,26	0,44	0,70	1,10
10Х17Н13М2Т	100	0,25	0,66	1,00	1,60	2,5
	200	0,23	0,55	0,92	1,50	2,3
	300	0,21	0,51	0,86	1,35	2,1
	350	0,20	0,50	0,82	1,30	2,0
	400	0,20	0,48	0,80	1,25	2,0
	450	0,19	0,46	0,76	1,20	1,9

Продолжение табл. 17.8

Марки стали	Температура среды, °С	p, МПа, при p _y , МПа				
		0,25	0,6	1,0	1,6	2,5
10Х17Н13М2Т	500	0,18	0,44	0,74	1,20	1,8
	540	0,18	0,44	0,72	1,15	1,8
	570	0,16	0,38	0,64	1,00	1,6
	600	0,12	0,29	0,48	0,78	1,2
	625	0,10	0,23	0,38	0,62	1,0
	650	0,08	0,19	0,32	0,50	0,8
	675	0,06	0,16	0,26	0,42	0,6
	700	0,05	0,12	0,22	0,30	0,5

Таблица 17.9

Компенсирующая способность одной линзы линзовых компенсаторов,
ОСТ 26-01-1512-76

p _y , МПа	D _y , мм	±Δ _л , мм, при общем числе циклов работы компенсаторов за период эксплуатации, ч					
		300	600	1000	2000	5000	10 000
0,25	400—450	±9	±8	±7	±6,0	±5	±4
	500—5000	±10	±9	±8	±7	±6	±4,5
0,6	400—450	±7	±6,5	±6	±5	±4	±3,2
	500—3600	±8	±7,5	±7	±6	±4,5	±3,8
1,0	400—1400	±4,5	±4	±3,7	±3	±2,4	±2
	1600—3000	±4	±3,5	±3,3	±2,8	±2,3	±1,8
1,6	400—1400	±3,5	±3,3	±2,9	±2,4	±1,9	±1,5
	1600—2200	±3	±2,8	±2,6	±2,2	±1,7	±1,4
2,5	400—800	±2,5	±2,2	±1,9	±1,6	±1,2	±1,0

Примечания: 1. Для компенсаторов, не подвергаемых при монтаже предварительному растяжению или сжатию, компенсирующая способность принимается 75% от общей компенсирующей способности 2Δ_л. 2. Компенсирующая способность компенсаторов с дренажными трубками и без них принимается одинаковой.

Если компенсатор применяется для рабочего давления p, отличного от номинального (условного) p_y, то распорное усилие от действия давления на гибкий элемент

$$C_p^l = C_p p / p_y \quad (17.3)$$

Число линз в компенсаторе в зависимости от требуемого перемещения Δ_к (при предварительном сжатии или растяжении)

$$z_{лR} \geq \Delta_k / (2\Delta_l) \quad (17.4)$$

17.3. Расчет кожухотрубчатых теплообменных аппаратов на прочность, ОСТ 26-1185—75

Теплообменники с неподвижными трубными решетками

Расчет таких аппаратов производится с учетом взаимного влияния на прочность кожуха, труб и трубных решеток.

Расчетные параметры. Коэффициент перфорации трубной решетки по внутреннему диаметру трубы

$$\alpha = 1 - 0,25z_T \left(\frac{d_T - 2s_T}{a_1} \right)^2, \quad (17.5)$$

где d_T, s_T — наружный диаметр и толщина стенки трубы; z_T — число труб; a_1 — расстояние от оси аппарата до оси наиболее удаленной трубы.

Расчетный коэффициент перфорации трубной решетки

$$\alpha_p = \alpha (0,8 + 0,2s_{np}/s_p), \quad (17.6)$$

где $s_{np} = l_B$ — глубина развальцовки труб, если теплообменные трубы крепятся к решетке развальцовкой или развальцовкой в сочетании со сваркой; s_p — расчетная толщина трубной решетки.

Коэффициент, учитывающий жесткость трубной решетки,

$$\psi_p = \psi_0 (1 + 0,1d_0/s_p), \quad (17.7)$$

где ψ_0 — коэффициент жесткости перфорированной плиты, принимаемый по рис. 17.7 в зависимости от α_p ; d_0 — диаметр одиночного отверстия перфорированной решетки.

Цилиндрическая жесткость трубных решеток, МН·м

$$D_\psi = 0,092\psi_p E_p s_p^3, \quad (17.8)$$

где E_p — модуль упругости материала трубной решетки.

Основные характеристики жесткости и упругости элементов теплообменных аппаратов типа Н. Модуль упругости основания (системы труб), МН/м³

$$K_y = 2E_T z_T (d_T - s_T) s_T / (la^2), \quad (17.9)$$

где E_T — модуль упругости материала труб; l — расстояние между трубными решетками.

Девационный коэффициент основания (системы труб), МН·м

$$K_H = E_T z_T J_T / (\pi a^2 l_{np}), \quad (17.10)$$

где l_{np} — приведенная длина труб, определяемая из следующих соотношений: $l_{np} = 0,5l$ — для аппарата без перегородок в межтрубном пространстве и $l_{np} = 0,29l_{п2}$ — для аппарата с двумя и более перегородками ($l_{п2}$ — расстояние от трубной решетки до второй перегородки); J_T — момент инерции поперечного сечения трубы, м⁴;

$$J_T = \frac{\pi}{64} [d_T^4 - (d_T - 2s_T)^4].$$

Коэффициенты β, β_1 и β_2 систем решетка—труба, кожух—решетка и обечайка—фланец камеры соответственно рассчитываются по следующим формулам:

$$\beta = \sqrt{K_y/D_\psi}; \quad (17.11)$$

$$\beta_1 = 1,81/\sqrt{D s_1}; \quad (17.12)$$

$$\beta_2 = 1,81/\sqrt{D s_2}, \quad (17.13)$$

где s_1, s_2 — толщина стенки кожуха и камеры в месте соединения с решеткой или фланцем, причем для приварных встык фланцев значения s_1 и s_2 принимаются

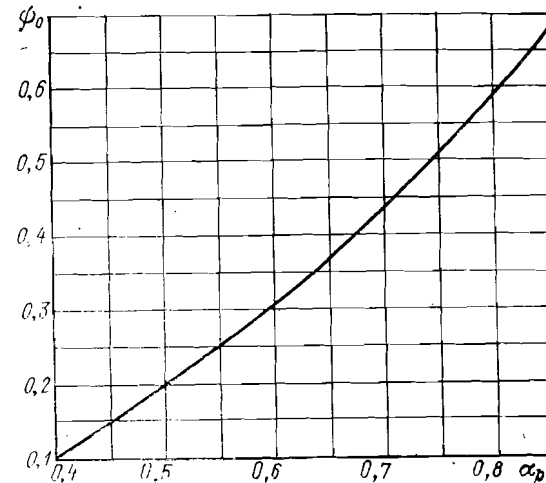


Рис. 17.7. График для определения коэффициента ψ_0

равными эквивалентной толщине втулки s_3 фланца (см. гл. 13); D — внутренний диаметр кожуха в межтрубном пространстве.

Жесткость стенки кожуха и стенки камеры при изгибе соответственно, МН·м/м:

$$K_1 = 0,092\beta_1 D E_K s_1^3 / R_1; \quad (17.14)$$

$$K_2 = 0,092\beta_2 D E_D s_2^3 / R_2, \quad (17.15)$$

где E_K, E_D — модули упругости материалов кожуха и камеры (днища) соответственно; R_1, R_2 — расстояния от центра тяжести сечения соответственно фланцев кожуха и камеры до оси аппарата.

Жесткость фланцевого соединения при изгибе, МН·м/м

$$K_\phi = \frac{E_1 h_1^3 b_1}{12R_1^2} + K_1 \left(1 + \frac{\beta_1 h_1}{2} \right) + \frac{E_2 h_2^3 b_2}{12R_2^2} + K_2 \left(\frac{1 + \beta_2 h_2}{2} \right), \quad (17.16)$$

где h_1, h_2 — толщина фланцев кожуха и камеры; b_1, b_2 — ширина фланцев кожуха и камеры; E_1, E_2 — модули упругости материалов фланцев кожуха и камеры.

Приведенное отношение жесткости труб к жесткости кожуха

$$\rho = 0,5K_y a_1 l / (E_K s_K), \quad (17.17)$$

где s_K — толщина стенки кожуха.

Приведенное отношение жесткости труб к жесткости фланцевого соединения

$$\rho_1 = 0,5K_y D a_1 / (\beta^2 K_\phi R_1). \quad (17.18)$$

Коэффициенты, учитывающие влияние давления среды в аппарате на изгиб фланцев кожуха и камеры соответственно:

$$m_1 = 0,5 (1 + \beta_1 h_1) / \beta_1^2; \quad (17.19)$$

$$m_2 = 0,5 (1 + \beta_2 h_2) / \beta_2^2. \quad (17.20)$$

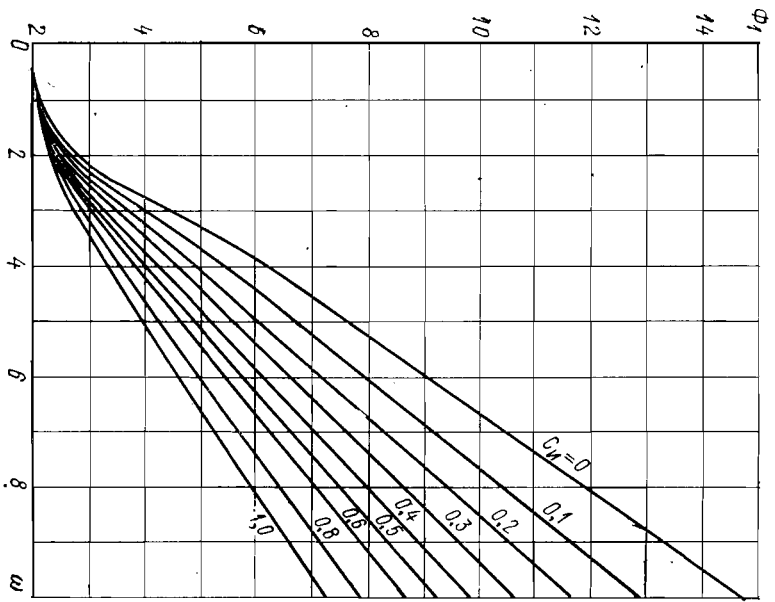


Рис. 17.8. Графики для определения коэффициента Φ_1

Коэффициенты, учитывающие влияние беспрутного края решетки на под-
держивающую способность труб:

$$T_1 = \Phi_1 [m_n + 0,5 (1 + m_n t) (t - 1)]; \quad (17.21)$$

$$T_2 = \Phi_2 t; \quad (17.22)$$

$$T_3 = \Phi_3 m_n; \quad (17.23)$$

где $t = 1 + 1,41\omega (m_n - 1)$; $m_n = 0,5D/a_1$; $\omega = va_1$; Φ_1, Φ_2, Φ_3 — коэффици-
циенты, определяемые по рис. 17.8—17.10 в зависимости от параметров ω и
 $C_H = 0,5K_n'/(B^2D\psi)$.

Расчет усилий и моментов, действующих в аппарате с пря-
мыми трубами и неподвижными трубными решетками, производится для различ-
ных сочетаний давлений и температур P_m, P_r, k_n и t_n , которые могут иметь место
при пуске, остановке и эксплуатации, с целью выяснения возможных максимадь-
ных нагрузок на элементы аппарата.

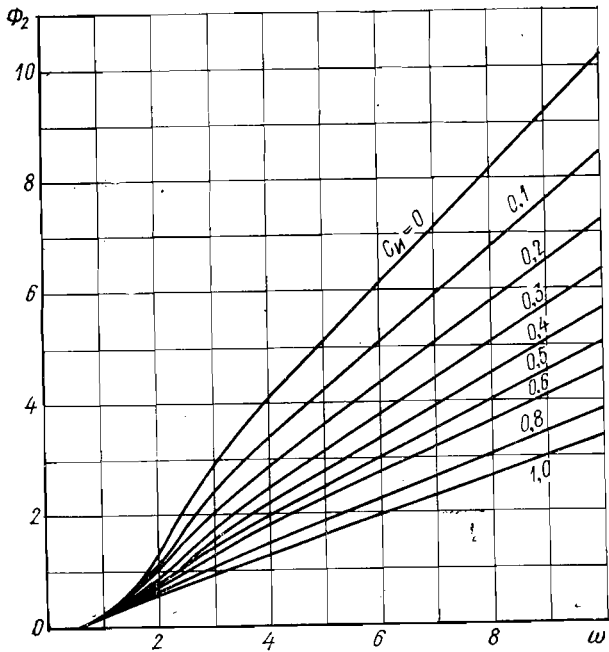


Рис. 17.9. Графики для определения коэффициента Φ_2

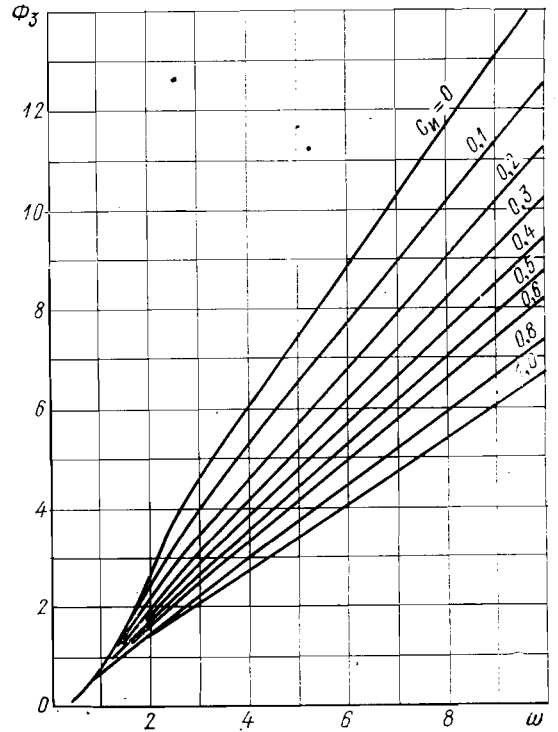


Рис. 17.10. Графики для определения коэффициента Φ_3

$$p_{\text{пр}} = 0,5 [\alpha_k (t_k - t_0) - \alpha_T (t_T - t_0)] K_{\text{yl}} + (m_T + m_{\text{ср}} + 0,5m_{\text{пр}}) p_T - (m_M + m_{\text{ср}} + 0,3m_{\text{пр}}) p_M, \quad (17.24)$$

где α_k, α_T — коэффициенты линейного расширения материалов кожуха и труб; t_k, t_T, t_0 — средняя температура соответственно стенки кожуха и стенок труб и температура сборки аппарата (20 °С); $m_M, m_T, m_{\text{ср}}$ — величины, определяемые по формулам:

$$m_M = \frac{D^2 - z_1 d_T^2}{4a_1^2}; \quad m_T = \frac{D^2 - z_T (d_T - 2s_T)^2}{4a_1^2}; \quad m_{\text{ср}} = \frac{0,15z_T (d_T - s_T)^2}{a_1^2}.$$

Вспомогательная величина p_1 , МПа

$$p_1 = \frac{K_{\text{y}}}{\beta K_{\text{ф}}} (m_1 p_M - m_2 p_T). \quad (17.25)$$

Изгибающий момент (МН·м/м) и перерезывающая сила (МН/м) в месте соединения трубной решетки с кожухом или фланцем:

$$M = \left(\frac{a_1}{\beta} \right) \frac{p_1 (T_1 + \rho) - p_{\text{пр}} T_2}{(T_1 + \rho) (T_3 + \rho_1) - T_2^2}; \quad (17.26)$$

$$Q = a_1 \frac{p_{\text{пр}} (T_3 + \rho_1) - p_1 T_2}{(T_1 + \rho) (T_3 + \rho_1) - T_2^2}. \quad (17.27)$$

Изгибающий момент (МН·м/м) и перерезывающая сила (МН/м), распределенные по контуру перфорированной части трубной решетки:

$$M_a = M + (0,5D - a_1) Q; \quad (17.28)$$

$$Q_a = m_{\text{п}} Q. \quad (17.29)$$

Изгибающий момент (МН·м/м) и осевая сила (МН/м) в месте соединения кожуха с трубной решеткой:

$$M_k = \frac{K_1}{\rho_1 K_{\text{ф}} \beta} (T_2 Q + T_3 \beta M) - \frac{p_M}{2\beta_1^2}; \quad (17.30)$$

$$P_k = 0,25D p_T - Q. \quad (17.31)$$

Изгибающий момент (МН·м) и осевая сила (МН) в месте соединения трубы с трубной решеткой:

$$M_T = \frac{\pi \omega K_{\text{н}}}{K_{\text{y}} z_T} (\Phi_2 Q_a + \Phi_2 \beta M_a); \quad (17.32)$$

$$P_T = \frac{\pi a_1}{z_T} [(m_M p_M - m_T p_T) a_1 + \Phi_1 Q_a + \Phi_2 \beta M_a]. \quad (17.33)$$

Определение толщины трубной решетки. Толщина трубной решетки принимается конструктивно с проверкой следующих условий:

$$\delta M_{\text{max}} / (\varphi_p E_p s_p^2) \leq [\varepsilon]; \quad (17.34)$$

$$K | M | / (E_p s_p^2) \leq [\varepsilon]. \quad (17.35)$$

Коэффициенты A_1 и A_2 для расчета трубных решеток

m	ω					
	0,5		1,0		2,0	
	A_1	A_2	A_1	A_2	A_1	A_2
-0,6	0,45	0	0,47	-0,02	0,52	-0,01
-0,4	0,31	0	0,33	-0,01	0,38	0,02
-0,2	0,17	0	0,19	0	0,35	0,15
0	0,13	0,01	0,27	0,09	0,45	0,28
0,2	0,27	0,03	0,41	0,15	0,56	0,37
0,4	0,41	0,04	0,55	0,20	0,57	0,38
0,6	0,55	0,06	0,68	0,25	0,78	0,32
0,8	0,69	0,09	0,82	0,25	0,88	0,26
1,0	0,83	0,10	0,96	0,24	0,99	0,21

m	ω					
	3,0		5,0		10,0	
	A_1	A_2	A_1	A_2	A_1	A_2
-0,6	0,55	0,01	0,55	0,01	0,55	0,01
-0,4	0,40	0,03	0,39	0,02	0,38	0,01
-0,2	0,31	0,11	0,29	0,10	0,31	0,12
0	0,38	0,27	0,39	0,29	0,41	0,30
0,2	0,47	0,31	0,51	0,34	0,54	0,36
0,4	0,58	0,27	0,64	0,31	0,67	0,32
0,6	0,71	0,26	0,78	0,27	0,81	0,28
0,8	0,83	0,18	0,92	0,24	0,96	0,26
1,0	0,96	0,14	1,07	0,22	1,12	0,24

Здесь $[\varepsilon]$ — допускаемый размах деформации; $\varphi_p = (t_p - d_0)/t_p$ — коэффициент прочности трубной решетки (d_0 и t_p — диаметр отверстий и шаг их расположения в решетке); $s_{\text{р1}}$ — расчетная толщина трубной решетки в месте приварки к кожуху или фланцу; K — коэффициент, зависящий от конструкции соединения трубной решетки с кожухом или фланцем, приведенный на рис. 17.3 при условии 100%-ного контроля сварных швов, причем трубные решетки по рис. 17.3, в, г должны изготавливаться только из поковок; M_{max} — момент (МН·м/м), определяемый по формулам:

$$M_{\text{max}} = (A_1 - A_2 C_{\text{н}}) \frac{1 Q_a}{\beta} \quad \text{при} \quad 0,7 \leq m = \frac{\beta M_a}{Q_a} \leq 1;$$

$$M_{\text{max}} = (B_1 - B_2 C_{\text{н}}) |M_a| \quad \text{при} \quad 1 \geq n = \frac{Q_a}{\beta M_a} \geq 0,$$

где A_1, A_2, B_1, B_2 — коэффициенты, принимаемые по табл. 17.10 и 17.11.

Допускаемый размах деформации $[\varepsilon]$ принимают по рис. 17.11 в зависимости от числа циклов нагружения или числа теплосмен (N) за время всего срока службы аппарата, если расчетная температура трубной решетки не превышает значений, при которых должна быть учтена ползучесть материала.

Если число циклов не оговаривается в техническом задании, то рекомендуется принимать $[\varepsilon] \leq 0,004$. Если в расчете должна быть учтена ползучесть

Таблица 17.11
Коэффициенты B_1 и B_2 для расчета трубных решеток

n	ω					
	0,5		1,0		2,0	
	B_1	B_2	B_1	B_2	B_1	B_2
0,8	0,80	0,10	0,91	0,18	0,91	0,18
0,6	0,78	0,08	0,86	0,13	0,84	0,04
0,4	0,75	0,04	0,80	0,06	0,78	-0,02
0,2	0,73	0,02	0,74	-0,01	0,74	-0,07
0	0,70	-0,02	0,70	-0,06	0,72	-0,08

n	ω					
	3,0		5,0		10,0	
	B_1	B_2	B_1	B_2	B_1	B_2
0,8	0,91	0,12	1,01	0,15	1,05	0,17
0,6	0,86	0,03	0,95	0,09	0,99	0,10
0,4	0,82	-0,02	0,90	0,04	0,94	0,05
0,2	0,79	-0,05	0,86	-0,01	0,90	0,01
0	0,78	-0,07	0,84	-0,03	0,87	-0,02

материала или при эксплуатации недопустимы малые пластические деформации материала, то следует принимать

$$[\varepsilon] = 1,3 [\sigma_p] / E_p \quad (17.36)$$

При отсутствии данных о ползучести материала формулы расчета применимы при условии, что расчетная температура стенки обечайки из углеродистой стали не превышает 380 °С, из низколегированной — 420 °С, из аустенитной — 525 °С.

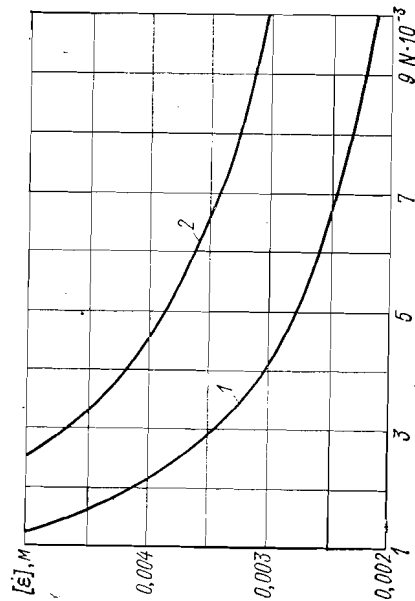


Рис. 17.11. Графики для определения $[\varepsilon]$:

1 — для углеродистых и низколегированных сталей; 2 — для коррозионностойких аустенитных сталей

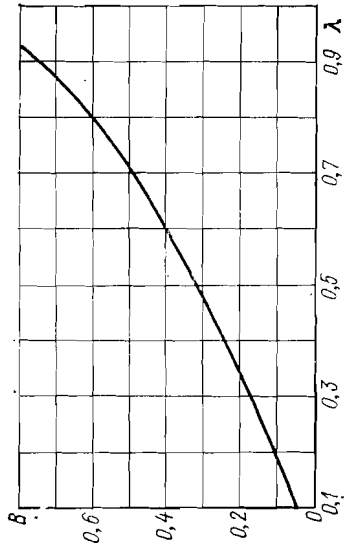


Рис. 17.12. График для определения коэффициента B

Толщина трубной решетки, исходя из условия закрепления труб развальцовкой с обваркой, определяется из условия

$$s_p = \frac{(0,435d_T + 0,0015) 10^{-2}}{t_p - d_T} \geq 0,01 \text{ м}, \quad (17.37)$$

где d_T — наружный диаметр труб, м; t_p — шаг отверстий в решетке, м.

Для многоходовых по трубному пространству теплообменных аппаратов необходима проверка условия жесткости трубной решетки по следующей формуле:

$$\omega = \frac{1,2}{K_y a_1} (T_1 Q + T_2 \beta M) \leq [\omega], \quad (17.38)$$

где $[\omega]$ принимается в зависимости от диаметра аппарата D :

$$D, \text{ м} \quad \begin{matrix} \leq 0,6 \\ 0,6-1,0 \\ > 2,0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} [\omega], \text{ м} \\ 0,0007 \\ 0,0009 \\ 0,0011 \end{matrix} \quad \begin{matrix} > 2,0 \\ 0,0012 \end{matrix}$$

Проверка прочности и жесткости труб. Прочность труб должна удовлетворять следующим условиям:

$$\frac{|P_T|}{\pi (d_T - s_T) s_T} \leq [\sigma]; \quad (17.39)$$

$$\frac{1}{E_T} \left[\frac{|P_T|}{\pi (d_T - s_T) s_T} + \frac{d_T |M_T|}{2J_T} \right] \leq [\varepsilon]. \quad (17.40)$$

При $P_T < 0$ необходимо проверить устойчивость труб по условию их жесткости по формуле

$$y = B \frac{|M_T|}{|P_T|} \leq [y], \quad (17.41)$$

где y — прогиб труб, м; $[y]$ — допускаемый прогиб труб, м, принимаемый меньше зазора между трубами $t_p - d_T$ с учетом начального их прогиба; B — безразмерный коэффициент, определяемый по рис. 17.12 в зависимости от параметра

$$\lambda = |P_T| t_{np} / (E_T J_T). \quad (17.42)$$

Условие прочности соединения труб с трубной решеткой при развальцовке имеет вид

$$q = |P_T| / (d_T l_B) \leq [q], \quad (17.43)$$

Здесь $[q]$ — допускаемая нагрузка, приходящаяся на единицу площади условной поверхности (МПа), определяемая для гладкозавальцованных труб по формуле

$$[q] = \min \{ (0,252\sigma_{T,p} - 0,234\sigma_{T,T}); 0,107\sigma_{T,T} \},$$

но не менее 14,7 МПа, где $\sigma_{T,p}$, $\sigma_{T,T}$ — пределы текучести материалов соответственно трубной решетки и труб при расчетной температуре.

Для труб, завальцованных в лапы, $[q] = 29,4$ МПа; для труб, завальцованных с отбортовкой, $[q] = 39,2$ МПа.

Для материалов, у которых предел текучести при расчетной температуре меньше $\sigma_T^t = 226$ МПа, величина $[q]$ должна быть уменьшена в отношении $\sigma_T^t / \sigma_{T,T}$. Увеличение предела текучести в расчет не принимается.

Условие прочности соединения труб с трубной решеткой при приварке имеет вид

$$\tau = (|P_T| d_T + 4 |M_T|) / (\pi d^2 \delta) \leq [\tau]. \quad (17.44)$$

Здесь δ — расчетная высота сварного шва в месте приварки трубы к решетке; $[\tau]$ — допускаемое напряжение при срезе сварного шва, определяемое по формуле

$$[\tau] = \min \{ \varphi_c [\sigma]; 0,5 [\sigma] \},$$

где $[\sigma]$ — меньшее из значений $[\sigma]$ для трубной решетки и труб; $\varphi_c = 0,95 - 0,21g N$; N — число циклов нагружения (число теплосмен за весь срок службы аппарата).

Условие прочности соединения труб с трубной решеткой при развальцовке с обваркой имеет вид

$$[\tau] / \tau + 0,6 [q] / q \geq 1. \quad (17.45)$$

Проверка прочности кожуха в месте соединения с решеткой. Условие прочности в месте соединения кожуха с трубной решеткой (только для конструкций по рис. 17.3, а—ж) проверяется по формуле

$$K (|Q_k| s_1 + 6 |M_k|) / E_k s_1^2 \leq [\epsilon]. \quad (17.46)$$

Если условие (17.46) не выполняется, то в указанном месте устанавливают переходную обечайку увеличенной толщины длиной не менее $2\sqrt{D s_1}$.

Условие устойчивости кожуха проверяется по формуле

$$\frac{1}{T} \alpha_k E_k \Delta t \leq \varphi_c [\sigma], \quad (17.47)$$

где

$$\Delta t = (t_k - t_0) - \frac{\alpha_T}{\alpha_k} (t_T - t_0),$$

$$T = 1 + \frac{1}{\rho} [T_1 - T_2 / (T_3 + \rho_1)].$$

Допускаемая разность температур в кожухе и трубах в аппаратах с прямыми трубами и неподвижными трубными решетками

$$[\Delta t] \leq T \varphi_c [\sigma] / (\alpha_k E_k). \quad (17.48)$$

Если условие (17.48) не выполняется, то необходимо выбрать конструкцию теплообменного аппарата с компенсатором на кожухе, с плавающей головкой или U-образными трубами.

Теплообменники с плавающей головкой и U-образными трубами

Толщину стенки кожуха определяют по данным гл. 6. Прочность крепления труб в трубной решетке определяют так же, как и в теплообменниках с прямыми трубами и неподвижными трубными решетками.

Расчетная толщина трубной решетки

$$s_{pR} = 0,238 D_{п.ср} \sqrt{p / (\varphi_p [\sigma_p])}, \quad (17.49)$$

где $p = \max \{ p_M; p_T \}$; φ_p — см. расшфровку к формуле (17.35); $D_{п.ср}$ — средний диаметр прокладки фланцевого соединения.

Теплообменники с линзовым компенсатором на кожухе

Толщину стенки кожуха и прочность крепления труб в трубной решетке определяют так же, как в теплообменниках с прямыми трубами и неподвижными трубными решетками.

Расчет линзового компенсатора. Параметр однолинзового компенсатора вычисляется по формуле

$$P_k = 0,06 \alpha_L (1 - \beta_k) D^2 / (\pi s_L^3), \quad (17.50)$$

где $\beta_k = D / D_L$; D_L , s_L — наружный диаметр и толщина стенки линзового компенсатора (см. табл. 17.6); D — внутренний диаметр кожуха; α_L — коэффициент, определяемый по рис. 17.13 в зависимости от параметра β_k .

Разность в линейном температурном расширении труб и кожуха вычисляется по формуле

$$\Delta k = [\alpha_k (t_k - t_0) - \alpha_T (t_T - t_0)] l \Delta t. \quad (17.51)$$

Здесь l — расстояние между трубными решетками; Δt — средняя разность температур труб и кожуха, определяемая по формуле

$$\Delta t = 0,5 [|t_1^1 + t_2^2| - |t_m^1 + t_m^2|],$$

где t_1^1 и t_2^2 — температуры теплоносителей соответственно в трубном и межтрубном пространстве, верхние индексы 1 и 2 относятся соответственно к условиям на входе в аппарат и на выходе из него.

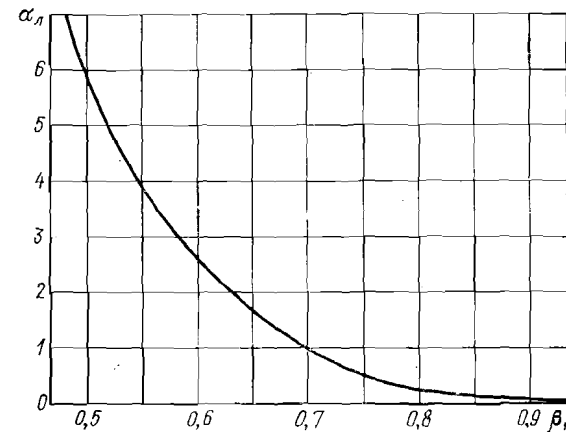


Рис. 17.13. График для определения коэффициента α_L

(17.52)

$$z_{лР} = \Delta_k / \Delta_{лР}$$

где $\Delta_{лР}$ — компенсирующая способность одной линзы, принимаемая по табл. 17.9 в зависимости от общего числа циклов нагружения (теплосмен).

Исполнительное число линз $z_{л}$ принимается с округлением величины $z_{лР}$ до ближайшего целого числа.

Параметр многолинзового компенсатора определяется по формуле

(17.53)

$$M_k = z_{лР} P_k$$

Усилие в компенсаторе

(17.54)

$$P_k = [\alpha_T (t_T - t_0) - \alpha_k (t_k - t_0)] E_k / M_k$$

где E_k — модуль упругости материала компенсатора.

Правильность выбора линзового компенсатора проверяется по условию

(17.55)

$$C_Q^I + C_P^I \leq P_k$$

где C_Q^I и C_P^I вычисляются по формулам (17.2) и (17.3).

Расчет трубной решетки. Толщина трубной решетки определяется по формуле

(17.56)

$$s_{PR} = 0,212D \sqrt{K_k P_{TR} / (\Psi_R [\sigma_R])}$$

где

(17.57)

$$K_u = 1 + \frac{P_M}{P_T} \frac{1 - \beta_k^2}{\beta_k^2} + \frac{P_k}{0,785D^2 P_{TR}}$$

где P_{TR} — расчетное избыточное давление в трубном пространстве; при рабочем избыточном давлении в трубном или межтрубном пространстве менее 0,1 МПа принимают $P_{TR} = 0,1$ МПа, а при наличии в кожухе вакуума значение P_{TR} увеличивают на 0,1 МПа.

1. Бабичкий И. Ф., Вихман Г. Л., Вольфсон С. И. Расчет и конструирование аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1965. 900 с.

2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1973. 750 с.

3. Криворот А. С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. М.: Машиностроение, 1976. 373 с.

4. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник/Под ред. Н. Н. Логинова. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1970. 752 с.

5. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1975. 102 с.

Глава 5. Испытание аппаратов	96
5.1. Контроль качества конструкционного материала и сварных соединений	98
5.2. Испытания аппаратов на прочность и плотность	98
РАЗДЕЛ ВТОРОЙ	
ОБЩИЕ ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	
Глава 6. Обечайки цилиндрические	100
6.1. Конструкции	102
6.2. Расчет цилиндрических обечайек	111
Глава 7. Днища и крышки приварные	132
7.1. Конструкции	146
7.2. Расчет днищ и крышек	160
Глава 8. Крышки отъемные, люки	161
8.1. Конструкции	171
8.2. Расчет крышек	172
Глава 9. Рубашки	181
9.1. Конструкции	182
9.2. Расчет корпусов аппаратов с неразъемными рубашками	196
Глава 10. Штуцера	210
Глава 11. Укрепление отверстий в стенках аппарата	259
11.1. Конструкции	274
11.2. Расчет укрепления отверстий	291
Глава 12. Сварные соединения	294
Глава 13. Фланцевые соединения	305
13.1. Конструкции	312
13.2. Расчет фланцевых соединений	—
Глава 14. Опоры аппаратов	—
14.1. Конструкции	—
14.2. Расчет опор для вертикальных аппаратов, РД РТМ 26-319—79	—
14.3. Расчет горизонтальных аппаратов, установленных на седловых опорах, РТМ 26-110—77	—
14.4. Расчет опор для колонных аппаратов, СТ СЭВ 1645—79, ОСТ 26-467—78	—
Глава 15. Устройства для стропки аппаратов	—
15.1. Конструкции	—
15.2. Расчет корпуса аппарата на нагрузки, действующие на строповое устройство, РД РТМ 26-319—79	—

Предисловие	3
Основные условные обозначения	4
РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ	
ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	
Глава 1. Основные сведения	6
1.1. Назначение и характеристика химических аппаратов	8
1.2. Основные расчетные параметры и другие данные	10
1.3. Расчет на механическую прочность	16
Глава 2. Требования, предъявляемые к сварным химическим аппаратам	—
2.1. Общие требования	17
2.2. Требования к конструированию	18
2.3. Требования к конструкционным материалам	19
2.4. Требования к изготовлению	20
2.5. Требования к испытаниям	—
2.6. Требования к эксплуатации	—
2.7. Общие указания и рекомендации	—
2.8. Техническое задание	—
2.9. Паспорт аппарата	—
Глава 3. Конструкционные материалы	23
3.1. Общие сведения и технические требования	41
3.2. Листовая сталь	47
3.3. Сортовая сталь	61
3.4. Трубы стальные	69
3.5. Поковки стальные	77
3.6. Отливки стальные	91
3.7. Крепежные детали	92
3.8. Сварочные материалы	93
Глава 4. Технология изготовления стальных сварных химических аппаратов	94
4.1. Хранение и подготовка конструкционных материалов	95
4.2. Вальцовка, штамповка, отбортовка и гнутье деталей	—
4.3. Сварка	—
4.4. Сборка	—
4.5. Термообработка	—
4.6. Консервация, окраска и упаковка	—
4.7. Транспортировка	—

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ	
ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ АППАРАТОВ	
Глава 16. Емкостные аппараты	330
16.1. Общие сведения	—
16.2. Конструкция и расчет на прочность	340
Глава 17. Теплообменные аппараты	341
17.1. Общие сведения	—
17.2. Типовые элементы конструкции кожухотрубчатых теплообменных аппаратов	359
17.3. Расчет кожухотрубчатых теплообменных аппаратов на прочность, ОСТ 26-1185—75	368
Список литературы	379

ИБ № 2939

Александр Александрович ЛАЩИНСКИЙ

КОНСТРУИРОВАНИЕ СВАРНЫХ ХИМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

СПРАВОЧНИК

Редакторы *Е. Г. Лукин* и *В. М. Рошаль*
Художественный редактор *С. С. Венедиктов*
Технический редактор *Т. П. Малашкова*
Корректоры: *А. И. Лаврыченко*, *Э. С. Романова* и *Н. Б. Семенова*
Переплет художника *В. Э. Нефедовича*

Сдано в набор 21.05.81. Подписано в печать 16.12.81. М-29200.
Формат 60 X 90^{1/8}. Бумага типографская № 1.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 24,0. Уч.-изд. л. 25,48. Тираж 11 000 экз.
Заказ 598. Цена 1 р. 50 к.

Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени
издательства «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
191065, Ленинград, Д-65, ул. Дзержинского, 10.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколовой
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Монсеенко, 10.

**Ленинградское отделение
издательства „Машиностроение“
в 1982 г.**

**выпускает следующие книги
для специалистов**

в области химического машиностроения:

1. Солнцев Ю. П., Степанов Г. А. Материалы в криогенной технике: Справочник. IV кв. I р. 70 к.
2. Головки Г. А. Криогенное производство инертных газов. — 2-е изд., перераб. и доп. IV кв. I р. 70 к.
3. Николаев В. П., Попов В. Д., Сборовский А. К. Прочность и надежность намоточных стеклопластиков. IV кв. 70 к.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка, формула	Напечатано	Должно быть
102	4-я снизу	$s - c/D \leq 0,1$	$(s - c)/D \leq 0,1$
135	формула (7.27)	$s - c/D \leq 0,3$ В знаменателе дроби $1 + \frac{0,028R_6}{D} \sqrt{\dots}$	$(s - c)/D \leq 0,3$ В знаменателе дроби $\frac{0,028R_6}{D} \sqrt{\dots}$
139	формула (7.35)	$\frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_2} + \sqrt{\cos \alpha_1}}$ В знаменателе дроби $B_2 + [1 + \sqrt{\dots}]$	$\frac{1}{\sqrt{\cos \alpha_2} + \sqrt{\cos \alpha_1}}$ В знаменателе дроби $B_2 + [1 + \sqrt{\dots}]$

А. А. Лащинский. Конструирование сварных химических аппаратов