



ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ МОРСКИХ СУДОВ

Часть 10 КОТЛЫ, ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ И СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Kazakhstan Marine Lloyd Limited

Астана, Республика Казахстан

2026 г.

10. КОТЛЫ, ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ И СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

1 Общие положения

1.1 Область распространения.

1.1.1 Настоящая часть Правил распространяется на котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением, за исключением:

- .1 водогрейных котлов (см. 1.3.2.1 и 1.3.2.3);
- .2 декомпрессионных камер;
- .4 узлов и деталей механизмов, не являющихся самостоятельными сосудами под давлением;
- .5 устройств, состоящих из системы труб под давлением, находящихся вне котлов, теплообменных аппаратов и сосудов;
- .6 охладителей воздуха с рабочим давлением в воздушной полости менее 0,1 МПа;
- .7 теплообменных аппаратов и сосудов, находящихся исключительно под давлением жидкости.

1.1.2 Настоящая часть Правил распространяется также на топочные устройства, работающие на жидком топливе.

1.2 определения и пояснения

Определения и пояснения, относящиеся к общей терминологии Правил, указаны в «Общих положениях».

В настоящей части Правил приняты следующие определения.

1.2.1 Автоматическое топочное устройство котлов – устройство для сжигания жидкого топлива, работа которого осуществляется автоматически без непосредственного участия обслуживающего персонала.

1.2.2 Вспомогательные паровые котлы ответственного назначения – котлы, которые снабжают паром вспомогательные механизмы и оборудование, обеспечивающие ход судна; при этом на судне нет других источников энергии для приведения в действие этих механизмов и оборудования в случае прекращения работы котлов.

1.2.3 Рабочее давление – максимально допускаемое давление при нормальном протекании рабочего процесса в продолжительном режиме, за исключением допускаемого кратковременного повышения давления во время действия предохранительного клапана или других предохранительных устройств.

1.2.4 Расчетная паропроизводительность котла – наибольшее количество пара расчетных параметров, производимое в час котлом при продолжительном режиме работы.

1.2.5 Расчетная температура стенки – средняя по толщине стенки температура, принимаемая в зависимости от температуры среды и условий обогрева для определения величины допускаемых напряжений.

1.2.6 Расчетное давление – давление, по которому производится расчет на прочность.

1.2.7 Стенки котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением – стенки паровых и водяных (газовых и жидкостных) пространств, расположенные между запорными устройствами, включая стенки соединительных патрубков и корпусов запорных устройств.

1.3 Объем Освидетельствования

1.3.1 Общие указания.

Общие положения, относящиеся к порядку классификации, Освидетельствованию за постройкой и освидетельствованием, изложены в «Общих положениях о надзорной деятельности» и в части 1 «Классификация».

1.3.2 Объем Освидетельствования.

1.3.2.1 Освидетельствованию Общества при изготовлении подлежат:

.1 котлы, в том числе утилизационные, пароперегреватели и экономайзеры с рабочим давлением 70 кПа и более;

.2 теплообменные аппараты и сосуды, которые в рабочем состоянии полностью или частично заполнены газом или паром с рабочим давлением 70 кПа и более, емкостью 25 л и более и с производением давления в кПа на емкость (в л), составляющим 30 кПа·м³ и более;

.3 испарители главных и вспомогательных котлов ответственного назначения;

.4 конденсаторы главных и вспомогательных механизмов (см. 1.2.1 части 7 «Механические установки»);

.5 топочные устройства котлов на жидком топливе;

.6 водогрейные котлы с температурой подогрева воды выше 115° С;

.7 охладители и фильтры топлива, масла и воды главных и вспомогательных механизмов.

1.3.2.2 Освидетельствованию Общества при изготовлении не подлежат теплообменные аппараты и сосуды под давлением, указанные в 1.1.1.2 и 1.1.1.6.

1.3.2.3 Водогрейные котлы с температурой подогрева воды выше 115° С в отношении материалов и прочных размеров элементов должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к паровым котлам согласно настоящей части Правил.

Фильтры и охладители главных и вспомогательных механизмов в отношении материалов и прочных размеров элементов должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к теплообменным аппаратам и сосудам под давлением согласно настоящей части Правил.

1.3.2.4 Баллоны, предназначенные для хранения сжатых газов и применяемые при эксплуатации судна в различных системах и устройствах, могут изготавливаться по действующим на них стандартам под надзором компетентного органа технического Освидетельствования, признанного Обществом. При этом должны соблюдаться дополнительные требования согласно 6.4.5.

1.3.2.5 Объем Освидетельствования по теплообменным аппаратам и сосудам под давлением, входящим в состав холодильных установок, указан в 1.1.3, 1.3.2 и 1.3.3 части 12 «Холодильные установки».

1.3.3 Детали, подлежащие Освидетельствованию.

Ответственные детали, указанные в табл. 1.3.3, в процессе изготовления подлежат Освидетельствованию Общества в отношении соответствия требованиям части 13 «Материалы» и части 14 «Сварка», а также одобренной Обществом технической документации, указанной в 1.3.4.

Таблица 1.3.3*

Поряд- ковый номер	Элементы котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением	Материал	Категория материала согласно части 13 «Материалы» ¹	Группа испытаний согласно части 13 «Материалы» ¹
1	2	3	4	5
1	Котлы, пароперегреватели и экономайзеры:			
1.1	Обечайки, днища, решетки, коллекторы, барабаны и камеры	Сталь листовая Стальные поковки ⁴ Стальное литье	1—4 (табл. 3.3.2) 1 и 2 (табл. 3.7.3.1-1) 1 и 2 (табл. 3.8.3)	111 и 1V (табл. 3.3.6) 111 и 1V (табл. 3.3.6) 1 (табл. 3.8.6)
1.2	Трубы обогреваемые	Стальные бесшовные трубы	1—3 (табл. 3.4.2)	111 (табл. 3.4.6)
1.3	Трубы необогреваемые	Стальные бесшовные трубы	1—3 (табл. 3.4.2)	11 и 111 (табл. 3.4.6)
1.4	Жаровые трубы и элементы огневых камер	Сталь листовая	2—4 (табл. 3.3.2)	111 и 1V (табл. 3.3.6)
1.5	Длинные и короткие связи, а также балки	Сталь листовая Стальные поковки ^{2, 4}	1—4 (табл. 3.3.2) 1 и 2 (табл. 3.7.3.1)	111 и 1V (табл. 3.3.6) 111 и 1V (табл. 3.3.6)
1.6	Корпуса арматуры на давление 0,7 МПа и более	Стальное литье Медные сплавы Чугун	1—2 (табл. 3.8.3) 5—10 (табл. 4.2.2) 1—3 (табл. 3.9.3)	1 и 11 (табл. 3.8.6) 1V (табл. 4.2.4) 1—111 (табл. 3.9.6)
2	Сосуды под давлением и теплообменные аппараты с расчетными температурами до 120°C³:			
2.1	Корпуса, распределители, днища, коллекторы и крышки	Сталь листовая Стальное литье Стальные поковки ^{2, 4} Медь Медные сплавы Чугун	1—4 (табл. 3.3.2) 1—2 (табл. 3.8.3) 1 и 2 (табл. 3.7.3.1-1) 1 (табл. 4.1.2) 1—10 (табл. 4.2.2) 1—3 (табл. 3.9.3) 1—5 (табл. 3.10.3)	1—1V (табл. 3.3.6) 1—111 (табл. 3.8.6) 1—1V (табл. 3.3.6) 11 (табл. 4.1.5-1) 1—1V (табл. 4.2.4) 1—111 (табл. 3.9.6) 1—11 (табл. 3.10.6)
2.2	Трубные решетки	Сталь листовая Стальные поковки ⁴ Медные сплавы	1—4 (табл. 3.3.2) 1 и 2 (табл. 3.7.3.1-1) 6, 7 и 9 (табл. 4.1.2)	1—1V (табл. 3.3.6) 1—1V (табл. 3.3.6) 11 (табл. 4.1.5-1)
2.3	Трубы	Стальные бесшовные трубы Бесшовные трубы из цветных сплавов	1—3 (табл. 3.4.2) 2—5, 10 и 13 (табл. 4.1.2)	11 и 111 (табл. 3.4.6) 1 (табл. 4.1.5-1)
2.4	Анкерные связи	Стальные поковки ^{2, 4}	1 и 2 (табл. 3.7.3.1)	1—1V (табл. 3.3.6)

Порядковый номер	Элементы котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением	Материал	Категория материала согласно части 13 «Материалы» ¹	Группа испытаний согласно части 13 «Материалы» ¹
1	2	3	4	5
2.5	Корпуса арматуры на давление 0,7 МПа и более, диаметром 50 мм и более	Стальное литье Медные сплавы Чугун	1 и 2 (табл. 3.8.3) 1—10 (табл. 4.2.2) 1—3 (табл. 3.9.3) 1—5 (табл. 3.10.3)	1 и 11 (табл. 3.8.6) 1—1V (табл. 4.2.4) 1 и 111 (табл. 3.9.6) 1 и 11 (табл. 3.10.6)
¹ В скобках указаны номера таблиц части 13 «Материалы». ² Вместо кованой стали может применяться прокат. ³ Категории материала и группы испытаний для отдельных деталей сосудов и теплообменных аппаратов с расчетной температурой 120°C и более должны применяться как для аналогичных деталей котлов. ⁴ Должна применяться высококачественная сталь согласно табл. 3.7.2 части 13 «Материалы».				

1.3.4 Техническая документация.

1.3.4.1 До начала изготовления котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением Обществу должна быть представлена следующая документация:

.1 конструктивные чертежи с разрезами и описаниями, в которых должны быть приведены все данные, необходимые для проверки расчетов и конструкций (прочные размеры, материалы, электроды, расположение и размеры сварных швов, крепежные детали, а также предполагаемая термическая обработка и т. п.);

.2 конструктивные чертежи деталей, указанных в табл. 1.3.3, если все необходимые данные не приведены в чертежах, упомянутых в 1.3.4.1.1;

.3 чертежи расположения арматуры с ее характеристиками;

.4 выполненные в соответствии с настоящей частью Правил расчеты на прочность деталей, подверженных давлению, за исключением арматуры, фланцев и крепежных изделий, если последние соответствуют стандартам, одобренным Обществом;

.5 расчет проходных сечений предохранительных клапанов;

.6 технологический процесс сварки;

.7 чертежи топочных устройств;

.8 программа стендовых испытаний.

1.3.4.2 Документация по системам автоматического регулирования, защиты и сигнализации, а также по автоматическим топочным устройствам должна представляться в соответствии с требованиями 4.1.9 части 1 «Классификация» и 1.4 части 15 «Автоматизация».

1.4 Материалы

1.4.1 Углеродистая котельная сталь может применяться для деталей котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением при расчетных температурах до 450° С.

1.4.2 Углеродистые стали, применяемые для деталей с расчетной температурой 250° С и более, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к котельным сталям спокойной плавки категорий 1-4 табл. 3.3.2 части 13 «Материалы».

Для теплообменных аппаратов и сосудов под давлением с расчетной температурой менее 250° С могут применяться по согласованию с Обществом судостроительные стали и стали, применяемые в судовом машиностроении.

По специальному согласованию с Обществом для отдельных деталей теплообменных аппаратов и сосудов с рабочим давлением менее 0,7 МПа и расчетной температурой менее 120° С допускаются стали неспокойной плавки, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к котельным сталям категории 1 табл. 3.3.2 части 13 «Материалы».

1.4.3 Для жаровых труб и огневых частей огнетрубных котлов с рабочим давлением более 1,0 МПа следует применять котельную сталь категории не ниже 2 табл. 3.3.2 части 13 «Материалы».

1.4.4 Применение легированных сталей для котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением является предметом специального рассмотрения Обществом.

1.4.5 Котельная арматура, за исключением предохранительных, питательных клапанов и клапанов продувания, может изготавливаться из высокопрочного чугуна, отвечающего требованиям категорий 1-3 табл. 3.9.3 части 13 «Материалы», диаметром до 200 мм, для рабочих давлений до 1,0 МПа и температур до 200° С.

Применение серого чугуна для котельной арматуры в каждом случае является предметом специального рассмотрения Обществом.

1.4.6 Детали и арматура теплообменных аппаратов и сосудов под давлением могут изготавливаться из высокопрочного чугуна, отвечающего требованиям категорий 1-3 табл. 3.9.3 части 13 «Материалы», и из серого чугуна, отвечающего требованиям категорий 1, 2, 3 табл. 3.10.3 части 13 «Материалы», для рабочих давлений до 1,0 МПа и диаметров до 1000 мм.

Применение чугуна для других условий в каждом случае является предметом специального рассмотрения Обществом.

1.4.7 Использование медных сплавов для деталей котлов, теплообменных аппаратов, сосудов под давлением и их арматуры допускается для расчетной температуры до 250° С и рабочего давления до 1,6 МПа.

Применение медных сплавов для других условий является в каждом случае предметом специального рассмотрения Обществом.

1.5 Сварка

1.5.1 Сварка и методы контроля сварных соединений должны выполняться в соответствии с требованиями части 14 «Сварка».

1.5.2 Сварные соединения должны быть, как правило, стыковыми. Конструкции, в которых применяются угловые сварные соединения или соединения, подвергающиеся изгибающим усилиям, являются в каждом случае предметом специального рассмотрения Обществом.

Типовые примеры допускаемых сварных соединений приведены в приложении к настоящей части Правил.

1.5.3 Расположение продольных швов конструкций, состоящих из нескольких секций, на одной прямой является в каждом случае предметом специального рассмотрения Обществом.

1.6 Термическая обработка

1.6.1 Детали, структура материала которых может нарушаться вследствие сварки или пластической обработки, должны быть подвергнуты надлежащей термической обработке.

При термической обработке сварной конструкции должны выполняться требования 5.3.2 части 14 «Сварка».

1.6.2 Термическая обработка должна производиться в следующих случаях:

.1 когда элементы котлов, сосудов и теплообменных аппаратов, изготовленных из листовой стали, подвергаются холодной штамповке, изгибу и отфланцовке с пластической деформацией наружных волокон более 5%;

.2 когда трубные решетки сварены из нескольких частей; причем термическая обработка может производиться до сверления отверстий под трубы;

.3 когда сварные днища изготовлены холодной штамповкой;

.4 когда элементы подвергнуты горячей обработке давлением, температура окончания которой ниже температурыковки металла;

.5 когда используются сварные конструкции с содержанием углерода в применяемых сталях более 0,25%.

1.7 Гидравлические испытания

1.7.1 Все элементы котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением после их изготовления или сборки должны подвергаться гидравлическим испытаниям в соответствии с требованиями табл. 1.7.1.

Таблица 1.7.1

Порядковый номер	Элементы котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением	Пробное давление $p_{пр}$, МПа	
		после изготовления или соединения элементов прочного корпуса без арматуры	в собранном виде с установленной арматурой
1	2	3	4
1	Котлы, пароперегреватели, экономайзеры и их элементы, работающие при температуре ниже 350° С	$1,5p_p$, но не менее $p_p + 0,1$ МПа	$1,25p_p$, но не менее $p_p + 0,1$ МПа
2	Пароперегреватели и их элементы, работающие при температуре 350° С и выше	$1,5p_p \frac{\sigma_s^{350}}{\sigma_s^t}$	$1,25p_p$
3	Теплообменные аппараты, сосуды под давлением и их элементы, работающие при температуре ниже 350° С ¹	$1,5p_p$, но не менее $p_p + 0,1$ МПа	—
4	Теплообменные аппараты и их элементы, работающие при температуре 350° С и выше	$1,5p_p \frac{\sigma_s^{350}}{\sigma_s^t}$	—
5	Элементы топочных устройств,	—	$1,5p_p$, но не менее

Порядковый номер	Элементы котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением	Пробное давление $p_{пр}$, МПа	
		после изготовления или соединения элементов прочного корпуса без арматуры	в собранном виде с установленной арматурой
1	2	3	4
	подверженных давлению топлива		1,0 МПа
6	Газовые полости утилизационных котлов	—	Испытание воздухом давлением 10 кПа
7	Арматура котлов	Согласно 1.3 части 1X «Механизмы», но не менее $2p_p$	Испытание на герметичность закрытия давлением $1,25p_p$
8	Питательные клапаны котлов	$2,5p_p$	То же
9	Арматура теплообменных аппаратов и сосудов под давлением	Согласно 1.3 части 1X «Механизмы»	»
$p_{пр}$ — пробное давление при испытании, [Па]; p_p — рабочее давление, [Па], но не менее [0,1 МПа]; σ_s^{350} — предел текучести материала при 350° С, [Па]; σ_s^t — предел текучести при рабочей температуре, [Па].			
¹ Испытание охладителей ДВС — см. табл. 1.3.3 части 1X «Механизмы».			

1.7.2 Гидравлические испытания должны проводиться после окончания всех сварочных работ до установки изоляции и нанесения защитных покрытий.

1.7.3 Если после сборки всесторонний осмотр испытываемых поверхностей отдельных узлов и деталей затруднен или невозможен, то эти детали и узлы подлежат испытанию до сборки.

1.7.4 Размеры элементов, испытываемых пробным давлением [$P_p + 0,1$ МПа], а также элементов, испытываемых пробным давлением более высоким, чем указано в табл. 1.7.1, должны подвергаться проверочному расчету на это давление. При этом напряжения не должны превышать 0,9 предела текучести материала.

1.7.5 Паровые котлы после установки их на судно должны быть подвергнуты паровой пробе при рабочем давлении.

1.7.6 Воздухохранители после установки на судно должны подвергаться воздушному испытанию рабочим давлением в сборе с арматурой.

1.7.7 Теплообменные аппараты и сосуды холодильных установок подлежат испытанию согласно 6.1.1 части 12 «Холодильные установки».

1.8 котельные помещения и запасные части

1.8.1 Устройство котельных помещений должно удовлетворять требованиям, изложенным в 1.12, 1.13 и 1.14 части 7 «Механические установки».

1.8.2 Требования по запасным частям изложены в 5.1–5.2.7 части 7 «Механические установки».

2 расчеты на прочность

2.1 общие указания

2.1.1 Область применения.

2.1.1.1 Получаемые в результате расчета толщины стенок являются минимально допустимыми для нормальных условий эксплуатации. Нормы и методы расчета на прочность не учитывают технологических допусков по толщинам при изготовлении, которые должны учитываться в виде соответствующих добавок к расчетным толщинам.

Дополнительные напряжения от внешних нагрузок (осевых усилий, изгибающих и крутящих моментов), действующих на рассчитываемый элемент (в частности, нагрузок от собственного веса, веса присоединенных деталей и т. п.), должны по требованию Общества учитываться особо.

2.1.1.2 Размеры конструктивных элементов котлов, теплообменных аппаратов и сосудов, для которых методы расчета на прочность в настоящих Правилах не приведены, определяются на основании опытных данных и апробированных теоретических расчетов и в каждом случае являются предметом специального рассмотрения Обществом.

2.1.2 Расчетное давление.

2.1.2.1 Величину расчетного давления, по которой производятся расчеты на прочность соответствующих элементов котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением, следует принимать равной, как правило, рабочему давлению среды.

Гидростатическое давление должно учитываться при определении расчетного давления в случаях, когда его величина более [50 кПа].

2.1.2.2 Для прямоточных котлов и котлов с принудительной циркуляцией расчетное давление должно приниматься с учетом гидродинамических сопротивлений в элементах котла при расчетной паропроизводительности.

2.1.2.3 Для стенок, подверженных давлению с обеих сторон, за расчетное давление следует принимать разность между этими давлениями при условии, что оба давления всегда действуют одновременно. Если с одной стороны стенки давление ниже атмосферного, то за расчетное давление следует принимать давление с другой стороны стенки, увеличенное на [0,1 МПа].

2.1.2.4 Для экономайзеров за расчетное давление должна приниматься сумма рабочего давления в паровом коллекторе котла и гидродинамических сопротивлений в экономайзере, трубопроводах и арматуре при расчетной паропроизводительности котла.

2.1.2.5 Для теплообменных аппаратов и сосудов под давлением холодильных установок расчетные давления должны приниматься согласно 1.4.1 части 12 «Холодильные установки».

2.1.3 Расчетная температура.

2.1.3.1 Для определения допускаемых напряжений в зависимости от температуры среды и условий обогрева расчетная температура стенки должна приниматься не менее указанной в табл. 2.1.3.1.

Таблица 2.1.3.1*

Поряд- ковый номер	Наименование элементов котлов, теплообменных аппаратов, сосудов под давлением и условия их работы	Расчетная температура стенки
1	2	3
	Стенки котлов и экономайзеров	
1.1	Необогреваемые обечайки, трубные решетки, днища, коллекторы, камеры и трубы	t_{cp}
1.2	Защищенные от непосредственного воздействия лучистого тепла, обогреваемые горячими газами обечайки, днища, коллекторы, камеры, трубные решетки и трубы	$t_{cp} + 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
1.3	Трубы, подверженные воздействию лучистого тепла	$t_{cp} + 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
1.4	Волнистые жаровые трубы	$t_{cp} + 75\text{ }^{\circ}\text{C}$
1.5	Подверженные воздействию лучистого тепла коллекторы, камеры, гладкие жаровые трубы и огневые камеры	$t_{cp} + 90\text{ }^{\circ}\text{C}$
	2 * Стенки пароперегревателей	
2.1	Необогреваемые коллекторы и трубы при температуре пара до 450°C	$t_{п. п} + 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
2.2	Необогреваемые коллекторы и трубы при температуре пара свыше 450°C	$t_{п. п} + x\Delta t_{ш} + 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
2.3*	Подверженные действию горячих газов коллекторы и трубы при температуре пара до 450°C	$t_{п. п} + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$
2.4*	Подверженные действию горячих газов коллекторы при температуре пара свыше 450°C , защищенные трубами от воздействия лучистого тепла	$t_{п. п} + 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
2.5	Трубы, подверженные действию горячих газов при температуре пара свыше 450°C	$t_n + 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
	3 Стенки теплообменных аппаратов и сосудов под давлением	
3.1	Необогреваемые и охлаждаемые стенки	t_{cp}
3.2	Стенки, обогреваемые паром, горячей водой или другими жидкостями	$T_{гр}$
3.3	Стенки, обогреваемые выхлопными газами	$t_{cp} + 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
t_{cp} — наибольшая температура нагреваемой среды, $^{\circ}\text{C}$; $t_{п. п}$ — наибольшая температура перегретого пара, $^{\circ}\text{C}$; $t_{гр}$ — наибольшая температура греющей среды, $^{\circ}\text{C}$; t_n — номинальная расчетная температура стенки трубы, определяемая в соответствии с 2.1.3.2. $^{\circ}\text{C}$; $\Delta t_{ш}$ — превышение температуры пара в наиболее теплонапряженной трубе над средней температурой, определяемой согласно 2.1.3.2. $^{\circ}\text{C}$; x — коэффициент, характеризующий перемешивание пара в коллекторе пароперегревателя; $x = 0$ — при сосредоточенном боковом или торцевом подводе пара к коллектору; $x = 0,5$ — при равномерном рассредоточенном подводе пара к коллектору.		

2.1.3.2* Определение расчетной температуры стенки t элементов пароперегревателей с $t_{п.п} > 450^{\circ}\text{C}$ должно производиться по нескольким сечениям пароперегревателя с учетом возможных

эксплуатационных повышений температуры в отдельных элементах и участках в диапазоне всех возможных эксплуатационных нагрузок котлоагрегата.

В качестве расчетной температуры должна приниматься максимальная полученная расчетом температура в одном из наиболее напряженных сечений пароперегревателя.

Номинальная расчетная температура стенок труб пароперегревателей при $t_{п.п} > 450^\circ \text{C}$ (см. п. 2.5 табл. 2.1.3.1) определяется по формуле:

$$t_n = t_p + \Delta t_q + \Delta t_{ш}, \quad (2.1.3.2-1)$$

где:

t_p – температура пара в рассматриваемом сечении трубы, $^\circ\text{C}$.

Величина t_p определяется в результате анализа тепловых условий работы пароперегревателя и его компоновочных схем, а также по результатам теплового расчета котла; Δt_q – средняя разность между расчетной температурой стенки трубы и температурой пара в рассматриваемом сечении трубы, $^\circ\text{C}$. Для ее определения необходимо вычислить или принять из теплового расчета котла следующие данные:

$\alpha_{к^{ср}}$ – средний по окружности трубы коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к стенке трубы, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$;

α_l – коэффициент теплоотдачи излучением, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$;

α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к пару, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$;

θ_k – температура дымовых газов перед рассматриваемым рядом труб, $^\circ\text{C}$.

Величина Δt_q определяется по номограмме на рис. 2.1.3.2-1. Для определения Δt_q находится вспомогательная величина A_0 по формуле:

$$A_0 = \chi \frac{1,6\alpha_{к^{ср}} + \alpha_l}{2}, \quad (2.1.3.2-2)$$

где χ – коэффициент, определяемый по графику на рис. 2.1.3.2-2.

Для обогреваемых труб перегревателей величина $\Delta t_{ш}$ зависит от коэффициента неравномерности тепловосприятия по ширине газохода перегревателя $K_{ш}$ и приращения температуры пара на участке от входа пара в трубу до рассматриваемого сечения и определяется по графику на рис. 2.1.3.2-3.

Коэффициент $K_{ш}$ принимается равным: 1,3 – для вертикальных водотрубных котлов обычного типа с петлевыми или змеевиковыми перегревателями; 1,2 – для U-образных судовых котлов шахтного типа со змеевиковыми перегревателями.

Примечание. При расчете необогреваемых коллекторов и труб перегревателей с $t_{п.п} > 450^\circ \text{C}$ величина Δt_p представляет собой полное приращение температуры пара в рассматриваемой ступени или секции пароперегревателя.

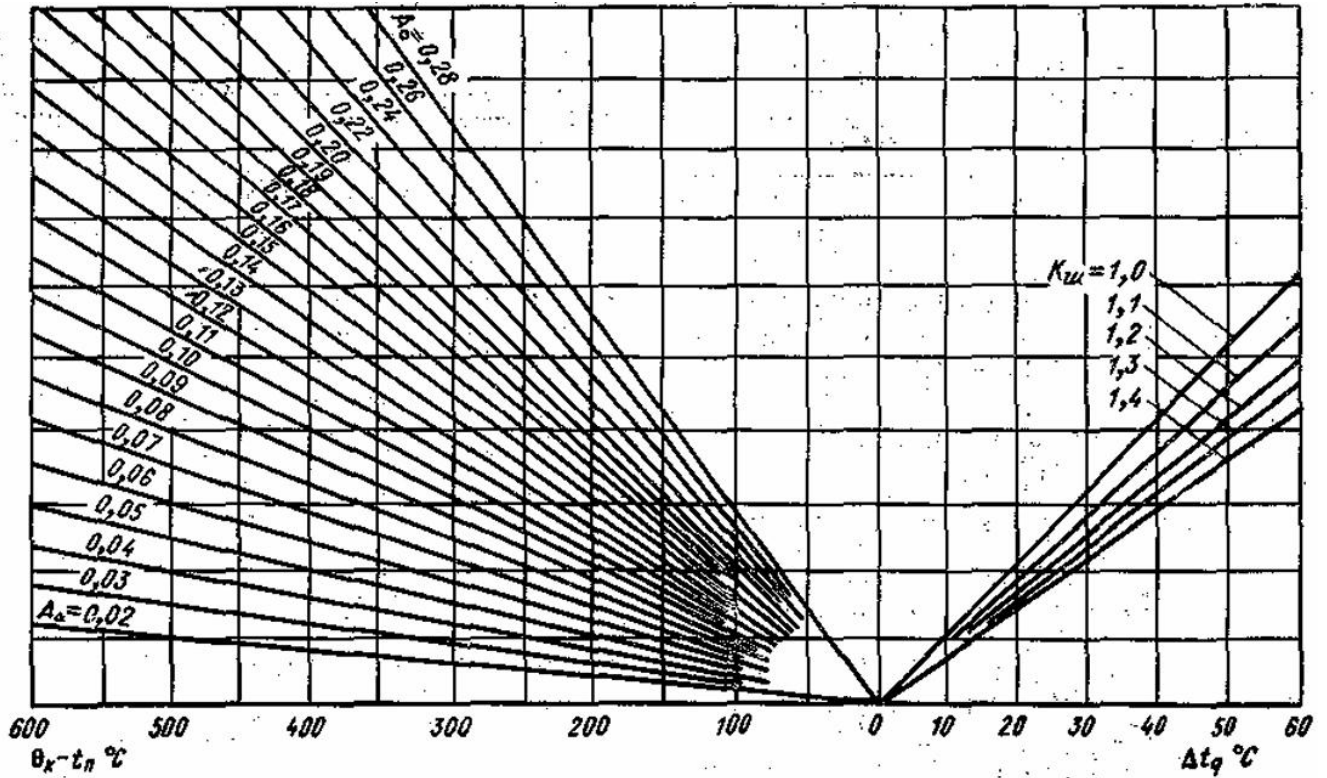


Рис. 2.1.3.2-1

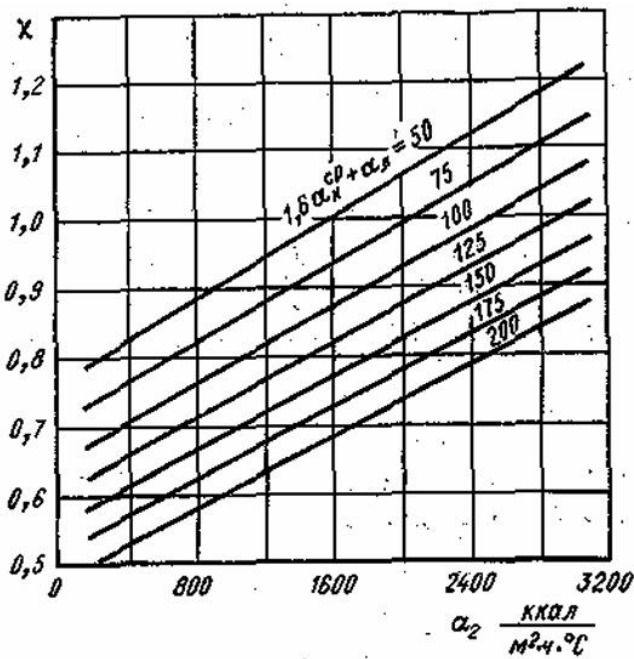


Рис. 2.1.3.2-2

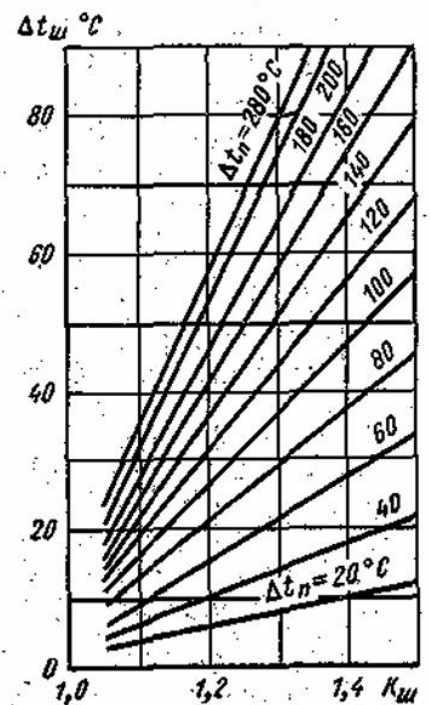


Рис. 2.1.3.2-3

2.1.3.3 Необогреваемыми считаются стенки, для которых выполнено одно из следующих условий:

стенки отделены от топочного пространства или дымохода огнеупорной изоляцией, а расстояние между стенками и этой изоляцией составляет 300 мм и более;

стенки защищены огнеупорной изоляцией, не подверженной воздействию лучистого тепла.

2.1.3.4 Защищенными от воздействия лучистого тепла считаются стенки, для которых выполнено одно из следующих условий:

стенки защищены огнеупорной изоляцией;

стенки защищены плотным рядом труб (с максимальным зазором между трубами в этом ряду до 3 мм);

стенки защищены двумя расположенными в шахматном порядке рядами труб с продольным шагом, равным не более двух наружных диаметров, или тремя и более расположенными в шахматном порядке рядами труб с продольным шагом, равным не более 2,5 наружных диаметров труб.

2.1.3.5 Во всех случаях расчетная температура стенки элементов котла не должна приниматься ниже 250° С.

2.1.3.6 Применение неизолированных обогреваемых дымовыми газами стенок котлов толщиной более 20 мм допускается лишь для температур газов до 800° С. Если при толщинах стенок менее 20 мм и температурах дымовых газов свыше 800° С имеются участки, не защищенные изоляцией или рядами труб и имеющие протяженность более 8 диаметров труб, то расчетная температура стенки должна определяться тепловым расчетом.

Требования к защите стенок от воздействия лучистого тепла приведены в 3.2.8.

2.1.3.7 Расчетная температура стенок теплообменных аппаратов и сосудов, работающих под давлением холодильного агента, должна приниматься равной 20° С.

2.1.4 Характеристики прочности материалов и допускаемые напряжения.

2.1.4.1 Для сталей в качестве расчетных характеристик должны приниматься:

.1 предел текучести σ_s при 20° С или условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ – при расчетных температурах до 50° С;

.2 минимальное значение предела текучести σ_s^t при расчетной температуре – при расчетных температурах от 50 до 350° С;

.3 меньшая из величин минимального предела текучести σ_s^t и среднего значения предела длительной прочности $\sigma_{дл}^t$ при расчетной температуре – при расчетных температурах выше 350° С.

2.1.4.2 Для материалов без явно выраженной площадки постоянного предела текучести в качестве расчетной характеристики должно приниматься минимальное значение предела прочности σ_b^t при расчетной температуре.

2.1.4.3 Для чугуна и цветных сплавов в качестве расчетной характеристики прочности должно приниматься минимальное значение предела прочности при растяжении σ_b при 20° С.

2.1.4.4 При применении цветных металлов и их сплавов необходимо учитывать, что нагрев при их обработке и сварке снимает упрочнения, полученные в холодном состоянии. Поэтому для расчета на прочность деталей и узлов из таких материалов необходимо принимать характеристики прочности, соответствующие их состоянию после отжига.

2.1.4.5 Рекомендуемые значения расчетных характеристик сталей приведены в табл. 7.1 и 7.2. Для материалов, не упомянутых в указанных таблицах, горячие характеристики прочности в каждом случае должны быть предметом специального рассмотрения Обществом.

2.1.4.6 Допускаемое напряжение σ_d в [Па], применяемое при расчете прочных размеров, должно определяться по формуле:

$$\sigma_d = \frac{K}{n}, \quad (2.1.4.6)$$

где:

K – характеристика прочности материала, принимаемая согласно 2.1.4.1–2.1.4.5, Па;

n – коэффициент запаса прочности, выбираемый согласно 2.1.5 соответственно принятой характеристике прочности.

2.1.5 Коэффициенты запаса прочности.

2.1.5.1 Для определения допускаемых напряжений должны быть использованы коэффициенты запаса прочности, приведенные в табл. 2.1.5.1-1 для элементов котлов, экономайзеров и пароперегревателей и в табл. 2.1.5.1-2 для элементов теплообменных аппаратов и сосудов под давлением.

Коэффициенты запаса прочности для жаровых труб, огневых камер и подобных элементов указаны в 2.1.5.3.

Таблица 2.1.5.1-1

Поряд- ковый номер	Элементы котлов, экономайзеров и пароперегревателей	Коэффициент запаса прочности n			
		Внутреннее давление		Наружное давление	
		Стальной прокат и поковки	Стальное литье	Стальной прокат и поковки	Стальное литье
1	2	3	4	5	6
1	Цилиндрические и сферические стенки	1,7	2,2	1,9	2,5
2	Выпуклые днища	1,7	2,2	2,0	2,5
3	Котельные трубы и трубы пароперегревателей	1,7	—	2,0	—
4	Конические стенки	1,7	2,2	—	—
5	Плоские стенки	1,7	2,2	—	—
6	Тарельчатые днища	1,7	2,2	—	—
7	Трубные решетки	1,7	—	—	—
8	Прямоугольные камеры	1,7	—	—	—
9	Балки потолочные	1,7	—	—	—
10	Связи длинные и короткие, связные трубы	2,5	—	2,5	—

Таблица 2.1.5.1-2

Порядковый номер	Элементы теплообменных аппаратов и сосудов под давлением	Коэффициент запаса прочности n							
		Внутреннее давление				Наружное давление			
		Стальной прокат и поковки	Стальное литье	Чугун	Цветные сплавы	Стальной прокат и поковки	Стальное литье	Чугун	Цветные сплавы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Цилиндрические и сферические стенки	1,7	2,3	9,0	4,6	2,3	2,8	9,0	5,5
2	Выпуклые днища	1,7	2,3	9,0	4,6	2,3	2,8	9,0	5,5
3	Трубы	1,7	—	—	4,6	2,3	—	—	5,5
4	Конические стенки	1,7	2,3	9,0	4,6	—	—	—	—
5	Плоские стенки	1,7	2,3	9,0	4,6	—	—	—	—
6	Трубные решетки	1,7	—	—	4,6	—	—	—	—
7	Тарельчатые днища	1,7	2,3	9,0	4,6	—	—	—	—

2.1.5.2 Коэффициенты запаса прочности, приведенные в табл. 2.1.5.1-1 и 2.1.5.1-2, действительны для сталей, у которых отношение предела текучести к пределу прочности не более:

0,65 – для углеродистых сталей;

0,70 – для легированных сталей;

0,75 – для высокопрочных сталей.

Для сталей с отношением предела текучести к пределу прочности, превышающим указанные, коэффициент запаса прочности в каждом случае является предметом специального рассмотрения Обществом.

2.1.5.3 Коэффициенты запаса прочности для жаровых труб, огневых камер, дымовых патрубков и подобных элементов должны приниматься независимо от табл. 2.1.5.1-1 равными:

3,0 – для волнистых жаровых труб;

2,5 – для гладких жаровых труб и огневых камер;

2,2 – для дымовых патрубков, находящихся под давлением, и других подобных стенок, омываемых газами.

2.1.5.4* Если в качестве расчетной характеристики стали принимается минимальное значение предела прочности (см. 2.1.4.2), коэффициент запаса прочности должен быть не менее 3,7.

2.1.6 Коэффициенты прочности.

2.1.6.1 Коэффициенты прочности сварных соединений в зависимости от конструкции соединения и способа сварки должны выбираться по табл. 2.1.6.1. Объем неразрушающих испытаний сварных соединений должен устанавливаться в соответствии с 7.2.4 части 14 «Сварка».

Таблица 2.1.6.1

Тип соединений	Сварка	Коэффициент прочности сварного соединения ϕ
1	2	3
Стыковые	Двусторонняя	0,9
	Односторонняя на подкладке	0,8
	Односторонняя без подварки	0,7
Угловые и тавровые	Двусторонняя со скосом двух кромок или одной кромки с последующей подваркой	0,9
	Односторонняя с разделкой одной кромки на удаляемой подкладке без подварки или двусторонняя без скоса кромок	0,7
	Односторонняя с разделкой одной кромки без подкладки и без подварки	0,5

2.1.6.2 Коэффициент прочности ϕ цилиндрических стенок, ослабленных отверстиями одинакового диаметра, должен приниматься равным наименьшему из трех следующих значений:



Рис. 2.1.6.2-1

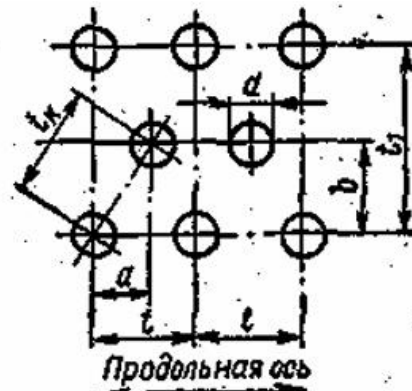


Рис. 2.1.6.2-2

1 коэффициенту прочности цилиндрических стенок, ослабленных продольным рядом или коридорным полем отверстий с одинаковым шагом (рис. 2.1.6.2-1), определенному по формуле:

$$\phi = \frac{t-d}{t}; \quad (2.1.6.2-1)$$

2 приведенному к продольному направлению коэффициенту прочности цилиндрических стенок, ослабленных поперечным рядом или полем отверстий с одинаковым шагом (рис. 2.1.6.2-1), определенному по формуле:

$$\phi = 2 \frac{t_1-d}{t_1}; \quad (2.1.6.2-2)$$

.3 приведенному к продольному направлению коэффициенту прочности цилиндрических стенок, ослабленных полем отверстий, расположенных в шахматном порядке с равномерным расположением отверстий (рис. 2.1.6.2-2 и 2.1.6.2-3), определенному по формуле:

$$\varphi = n \frac{t_k - d}{t_k}, \quad (2.1.6.2-3)$$

где:

d – диаметр отверстия под ввальцовываемые трубы или внутренний диаметр приварных труб и высаженных штуцеров, мм;



Рис. 2.1.6.2-3

t – шаг между центрами двух соседних отверстий в продольном направлении, мм;

t_1 – шаг между центрами двух соседних отверстий в поперечном (окружном) направлении (принимается по дуге средней окружности), мм;

t_k – шаг между центрами двух соседних отверстий в косом направлении (в мм), определяемый по формуле:

$$t_k = \sqrt{a^2 + b^2}; \quad (2.1.6.2-4)$$

a – расстояние между центрами двух соседних отверстий в продольном направлении (см. рис. 2.1.6.2-2 и 2.1.6.2-3), мм;

b – расстояние между центрами двух соседних отверстий в поперечном (окружном) направлении (см. рис. 2.1.6.2-2 и 2.1.6.2-3), мм;

n – коэффициент, определяемый по табл. 2.1.6.2 в зависимости от отношения b/a .

Таблица 2.1.6.2

b/a	n	b/a	n	b/a	n	b/a	n
5,0	1,76	3,5	1,65	2,0	1,41	0,5	1,00
4,5	1,73	3,0	1,60	1,5	1,27	—	—
4,0	1,70	2,5	1,51	1,0	1,13	—	—
Примечание. Промежуточные значения n определяются интерполяцией.							

2.1.6.3 Если в рядах или полях отверстий с равномерным шагом имеются отверстия разных диаметров, то в формулах (2.1.6.2-1), (2.1.6.2-2) и (2.1.6.2-3) для определения коэффициента прочности вместо d следует принимать величину, равную среднему арифметическому диаметров двух наибольших отверстий, расположенных рядом.

При неравномерном шаге отверстий одинакового диаметра в формулах для определения коэффициента прочности следует принимать соответственно наименьшие значения t , t_1 и t_k .

2.1.6.4 При расположении отверстий в сварных швах в качестве коэффициента прочности следует принимать произведение коэффициента прочности сварного соединения и коэффициента прочности от ослабления отверстиями.

2.1.6.5 Для бесшовных цилиндрических стенок, не ослабленных сварными соединениями и рядом или полем отверстий, коэффициент прочности принимается равным 1. Коэффициент прочности ϕ во всех случаях должен приниматься не более 1.

2.1.6.6 Коэффициенты прочности стенок, ослабленных отверстиями под ввальцовываемые трубы, определенные по формулам (2.1.6.2-1)–(2.1.6.2-3), должны приниматься менее 0,3.

Расчеты с меньшими значениями коэффициентов прочности в каждом случае являются предметом специального рассмотрения Обществом.

2.1.6.7 При изготовлении цилиндрических стенок из листов разной толщины, соединенных продольными сварными швами, расчеты толщины стенок должны производиться для каждого листа с учетом имеющихся в них ослаблений.

2.1.6.8 Для труб с продольным сварным соединением величина коэффициента прочности в каждом случае является предметом специального рассмотрения Обществом.

2.1.6.9 Определение коэффициентов прочности стенок, ослабленных вырезами, подлежащими полному или частичному укреплению, изложено в 2.9.

2.1.6.10 Коэффициент прочности плоских трубных решеток должен определяться для тангенциального и радиального шагов по формуле (2.1.6.2-1); для расчета толщины трубной решетки должно приниматься меньшее из этих значений.

2.1.7 Прибавки к расчетным толщинам.

2.1.7.1 Во всех случаях, когда величина прибавки s к расчетной толщине стенки не оговорена особо, она должна приниматься равной не менее 1 мм. При толщинах стальных стенок более 30 мм для стенок из цветных сплавов или из высоколегированных материалов, стойких к воздействию коррозии, а также для материалов, надлежащим образом защищенных от воздействия коррозии, например, плакированных или облицованных пластмассой, по согласованию с Обществом прибавка к расчетной толщине стенок может не приниматься.

2.1.7.2 Для теплообменных аппаратов и сосудов под давлением, недоступных для внутреннего осмотра, а также стенки которых подвержены сильной коррозии или износу, по требованию Общества размер прибавки может быть увеличен.

2.2 ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ, СФЕРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ТРУБЫ

2.2.1 Элементы, подверженные внутреннему давлению.

2.2.1.1 Требования, указанные ниже, действительны для следующих условий:

при $\frac{D_H}{D_B} \leq 1,6$ – для цилиндрических стенок;

при $\frac{D_H}{D_B} \leq 1,7$ – для труб;

при $\frac{D_H}{D_B} \leq 1,2$ – для сферических стенок.

Цилиндрические стенки с $D_H \leq 200$ мм рассматриваются как трубы.

2.2.1.2 Толщина s (в мм) цилиндрических стенок и труб должна быть не менее определенной по формулам:

$$s = \frac{D_H p}{2\sigma_d \varphi + p} + c \quad (2.2.1.2-1)$$

или

$$s = \frac{D_B p}{2\sigma_d \varphi - p} + c \quad (2.2.1.2-2)$$

где:

p – расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

D_H – наружный диаметр, мм;

D_B – внутренний диаметр, мм;

φ – коэффициент прочности (см. 2.1.6);

σ_d – допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

c – прибавка (см. 2.1.7), мм.

2.2.1.3 Толщина сферических стенок должна быть не менее определенной по формулам:

$$s = \frac{D_H p}{4\sigma_d \varphi + p} + c \quad (2.2.1.3-1)$$

или

$$s = \frac{D_B p}{4\sigma_d \varphi - p} + c \quad (2.2.1.3-2)$$

Обозначения те же, что в 2.2.1.2.

2.2.1.4 Толщины сферических и цилиндрических стенок и труб, независимо от результатов, полученных по формулам (2.2.1.2-1), (2.2.1.2-2), (2.2.1.3-1) и (2.2.1.3-2), должны быть не менее:

.1 5 мм – для цельнотянутых и сварных элементов;

.2 12 мм – для трубных решеток с ввальцовываемыми трубами с радиальным расположением отверстий;

.3 10 мм – для трубных решеток с приварными трубами;

.4 указанных в табл. 2.2.1.4 – для труб.

Таблица 2.2.1.4

Наружный диаметр	Минимальная толщина	Наружный диаметр	Минимальная толщина
------------------	---------------------	------------------	---------------------

трубы, мм	трубы, мм	трубы, мм	трубы, мм
Менее 28	2,0	122—146	4,0
28—37	2,5	147—178	4,5
38—83	3,0	179—191	5,0
84—95	3,25	Более 191	5,4
96—121	3,5		

Толщина стенок труб, обогреваемых газами с температурой выше 800° С, должна быть не более 6 мм.

2.2.1.5 Если применяются цветные сплавы, минимальные толщины стенок по согласованию с Обществом могут быть приняты меньшими, чем указано в 2.2.1.4, но не менее определяемых по формулам, содержащимся в 2.2.1.2.

2.2.2 Элементы, подверженные наружному давлению.

2.2.2.1 Требования, указанные ниже, действительны для цилиндрических стенок при $D_n/D_v \leq 1,2$. Толщина труб с $D_n \leq 200$ мм должна определяться согласно 2.2.1.2.

2.2.2.2 Толщина s (в мм) гладких цилиндрических стенок с жесткими элементами или без них, в том числе гладких жаровых труб котлов, должна быть не менее определенной по формуле:

$$s = \frac{50 \left(B + \sqrt{B^2 + \frac{AC}{25}} \right)}{A} + c \quad (2.2.2.2-1)$$

где

$$A = 200 \frac{\sigma_d}{D} \left(1 + \frac{D}{10l} \right) \left(1 + \frac{5D}{l} \right); \quad (2.2.2.2 - 2)$$

$$B = p \left(1 + \frac{5D}{l} \right); \quad (2.2.2.2 - 3)$$

$$C = 0,045pD; \quad (2.2.2.2 - 4)$$

p – расчетное давление (см. 2.1.2), Па;

D – средний диаметр, мм;

σ_d – допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6 и 2.1.5.3), Па;

c – прибавка (см. 2.1.7), мм;

l – расчетная длина цилиндрической части между жесткими элементами, мм.

В качестве жестких элементов могут приниматься торцовые днища, присоединения жаровой трубы к днищам и огневой камере, а также кольца жесткости, показанные на рис. 2.2.2.2, или конструкции, им подобные.

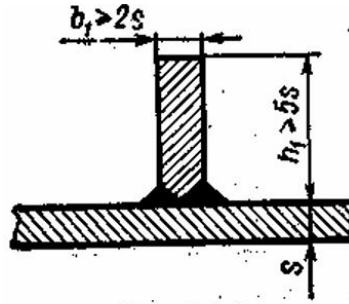


Рис. 2.2.2.2

2.2.2.3 Толщина стенок s (в мм) волнистых жаровых труб должна быть не менее определенной по формуле:

$$s = \frac{pD_{\text{в}}}{2\sigma_{\text{д}}} + c \quad (2.2.2.3)$$

где:

$D_{\text{в}}$ – наименьший внутренний диаметр жаровой трубы в волнистой части, мм;

p – расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

$\sigma_{\text{д}}$ – допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6 и 2.1.5.3), Па;

c – прибавка (см. 2.1.7), мм.

2.2.2.4 Если длина прямого участка волнистой жаровой трубы от стенки переднего днища до начала первой волны превышает длину волны, то толщина стенки этого участка должна удовлетворять формуле (2.2.2.2-1).

2.2.2.5 Толщина гладкой жаровой трубы должна быть не менее 7 и не более 20 мм. Толщина волнистой жаровой трубы должна быть не менее 10 и не более 20 мм.

2.2.2.6 Гладкие жаровые трубы длиной до 1400 мм, как правило, могут выполняться без колец жесткости. При наличии в котле двух и более жаровых труб кольца жесткости смежных труб не должны лежать в одной плоскости.

2.2.2.7 Отверстия и вырезы в цилиндрических и сферических стенках подлежат укреплению согласно 2.9.

2.3 КОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

2.3.1 Толщина стенок s (в мм) конических элементов, подверженных внутреннему давлению, должна быть не менее величин, определенных по формулам:

.1 при $\alpha \leq 70^\circ$

$$s = \frac{D_{\text{нр}} p}{4\sigma_{\text{д}} \varphi} + c \quad (2.3.1-1)$$

и

$$s = \frac{D p}{2\sigma_{\text{д}} \varphi - p} \frac{1}{\cos \alpha} + c \quad (2.3.1-2)$$

.2 при $\alpha > 70^\circ$

$$s = 0,3 [D_{\text{н}} - (r + s)] \sqrt{\frac{p}{\sigma_{\text{д}} \varphi} \frac{\alpha}{90^\circ}} + c \quad (2.3.1-3)$$

где:

D – расчетный диаметр (рис. 2.3.1-1, 2.3.1-4), мм;

D_n – наружный диаметр (см. рис. 2.3.1-1 – 2.3.1-4), мм;

p – расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

y – коэффициент формы (табл. 2.3.1);

Таблица 2.3.1

α , град, угловой	Коэффициент формы y при отношении r/D_n											
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
20	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
30	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1
45	4,1	3,7	3,3	3,0	2,6	2,4	2,2	1,9	1,8	1,4	1,1	1,1
60	6,4	5,7	5,1	4,7	4,0	3,5	3,2	2,8	2,5	2,0	1,4	1,1
75	13,6	11,7	10,7	9,5	7,7	7,0	6,3	5,4	4,8	3,1	2,0	1,1
Примечание. Для угловых соединений коэффициент формы y определяется при отношении $r/D_n = 0,01$.												

$\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \Psi$ – углы (см: рис. 2.3.1-1 – 2.3.1-4), град. угловой;

σ_d – допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), кгс/мм² [Па];

ϕ – коэффициент прочности (см. 2.1.6); для формул (2.3.1-1) и (2.3.1-3) следует принимать коэффициент прочности кольцевого сварного соединения, а для формулы (2.3.1-2) – продольного сварного соединения; для бесшовных обечаек, а также при расположении кольцевого шва от кромки на расстоянии, превышающем величину $0,5 \cdot \sqrt{(D_n \cdot s / \cos \alpha)}$, коэффициент прочности сварного соединения следует принимать равным 1;

s – прибавка (см. 2.1.7), мм;

r – радиус закругления кромки (см. рис. 2.3.1-1, 2.3.1-2 и 2.3.1-4), мм.

На рис. 2.3.1-1, 2.3.1-2 и 2.3.1-4 a – расстояние от кромки широкого конца параллельно образующей конусной обечайки, принимаемое равным десятикратной толщине, но не более 1/2 длины образующей конусной обечайки, мм.

2.3.2 Сварные угловые соединения (см. рис. 2.3.1-3) допускаются только при значении угла $\Psi \leq 30^\circ$ и толщине стенки $s \leq 20$ мм. Соединение должно выполняться с помощью двусторонней сварки. Для конусных обечаек, у которых $\alpha \geq 70^\circ$, угловые соединения могут выполняться без разделки кромок при условии соблюдения требований 2.3.2.

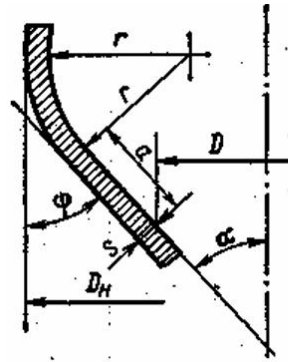


Рис. 2.3.1-1

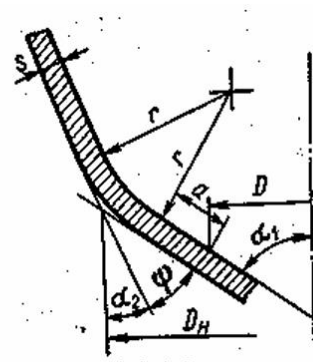


Рис. 2.3.1-2

Применение угловых соединений для котлов не рекомендуется.

2.3.3 Отверстия и вырезы в конических стенках подлежат укреплению согласно 2.9.

2.4. Плоские стенки, днища и крышки

2.4.1 Плоские днища и крышки.

2.4.1.1 Толщина s (в мм) плоских днищ, не подкрепленных связями, и крышек (рис. 2.4.1.1-1—2.4.1.1-8 и 2.4.1.2) должна быть не менее определенной по формуле:

$$s = CD \sqrt{\frac{p}{\sigma_d}} + c \quad (2.4.1.1-1)$$

где C — расчетный коэффициент (см. табл. 2.4.1.1);

Таблица 2.4.1.1

Порядковый номер	Тип днищ и крышек	Отношение D_L/D	Коэффициент C	
			Круглые днища и крышки	Прямоугольные днища и крышки
1	2	3	4	5
1	Плоские крышки и днища кованные, точеные и отбортованные (см. рис. 2.4.1.1-1 и 1.1 приложения)	—	0,38	0,38
2	Плоские крышки, плотно прилегающие по периметру; вставные днища с двусторонней сваркой и днища с разгрузочной канавкой (см. рис. 2.4.1.1-2—2.4.1.1-5; 2.4.1.1-7, 2.4.1.2 и 1.2, 1.4 приложения)	—	0,45	0,50
3	Днища, привариваемые V (U), $\frac{1}{2}V$ ($\frac{1}{2}U$)-образным швом с одной стороны и угловым швом с другой стороны (см. рис. 1.3 приложения)	—	0,50	—
4	Днища с угловой двусторонней сваркой (см. рис. 1.5 приложения)	—	0,55	—
5	Плоские крышки горловин, подверженных дополнительным напряжениям от крепления, а	—	0,57	0,57

	также вставные днища с односторонней сваркой (см. рис. 1.6 приложения)			
6	Крышки с крепящими болтами, расположенными по периметру, и уплотнительным буртом, как показано на рис. 2.4.1.1-6; также крышки, у которых диаметр прокладки меньше диаметра окружности крепящих болтов	1,1	0,57	0,65
		1,2	0,62	0,70
		1,3	0,67	0,75
		1,4	0,8	0,79
		1,5	0,75	0,84
		1,6	0,79	0,90
		1,7	0,84	0,96
		1,8	0,88	1,01
		1,9	0,94	1,04
		2,0	0,98	1,13
D _L – диаметр окружности крепящих болтов, мм (см. рис. 2.4.1.1-6).				

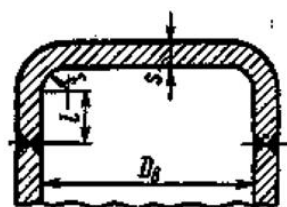


Рис. 2.4.1.1-1

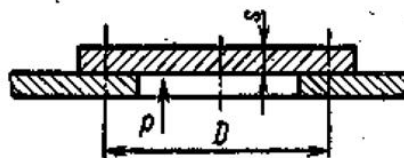


Рис. 2.4.1.1-2

D — расчетный диаметр (см. рис. 2.4.1.1-2—2.4.1.1-7 и 1.6 приложения), мм; для днищ, показанных на рис. 2.4.1.1-1 и 1.1 приложения,

$$D = D_B - r; \quad (2.4.1.1-2)$$

для прямоугольных или овальных крышек (см. рис. 2.4.1.1-8)

$$D = b \sqrt{\frac{2}{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2}}; \quad (2.4.1.1-3)$$

D_в — внутренний диаметр, мм;

a — наибольшая длина стороны или оси эллипса в свету, мм;

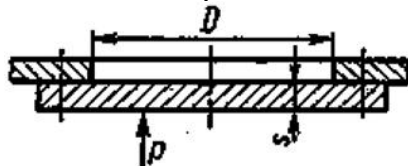


Рис. 2.4.1.1-3



Рис. 2.4.1.1-4

b — наименьшая длина стороны или оси эллипса в свету, мм;

r — внутренний радиус сопряжения днища, мм;

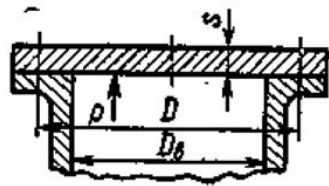


Рис. 2.4.1.1-5

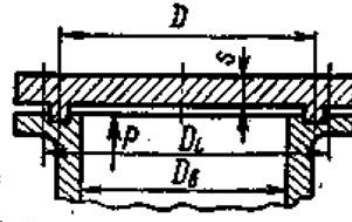


Рис. 2.4.1.1-6

p — расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

σ_d — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

s — прибавка (см. 2.1.7), мм;

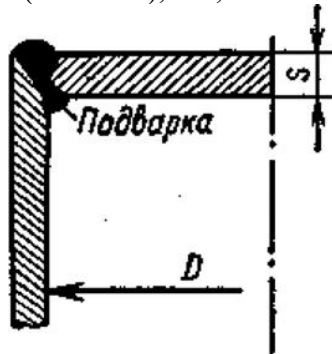


Рис. 2.4.1.1-7

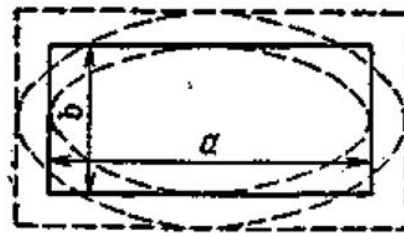


Рис. 2.4.1.1-8

На рис. 2.4.1.1-1 и 1.1 приложения длина цилиндрической части днища, мм.

2.4.1.2 Толщина s (в мм) днищ, показанных на рис. 2.4.1.2, должна быть не менее определенной по формуле (2.4.1.1-1). Кроме того, должны соблюдаться следующие условия:

.1 для круглых днищ

$$0,77s_1 \geq s_2 \geq \frac{1,3p}{\sigma_d} \left(\frac{D}{2} - r \right) \quad (2.4.1.2-1)$$

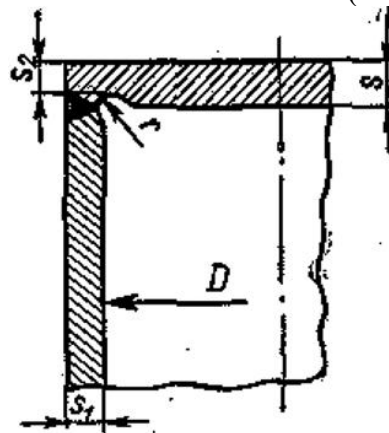


Рис. 2.4.1.2

.2 для прямоугольных днищ

$$0,55s_1 \geq s_2 \geq \frac{1,3p}{\sigma_d} \frac{ab}{a+b} \quad (2.4.1.2.2)$$

где s_1 — толщина обечайки, мм;

s_2 — толщина днища в районе разгрузочной канавки, мм.

Остальные обозначения те же, что в 2.4.1.1.

Во всех случаях величина s_2 должна быть не менее 5 мм.

Указанные условия действительны для днищ диаметром или с размерами сторон не более 200 мм. Размеры разгрузочных канавок днищ диаметром или с размерами сторон более 200 мм в каждом случае являются предметом специального рассмотрения Обществом.

2.4.2 Стенки, подкрепленные связями.

2.4.2.1 Толщина s (в мм) плоских стенок, подкрепленных длинными и короткими связями, кницами, связными трубами или другими подобными конструкциями, должна быть не менее определенной по формуле

$$s = Cd \sqrt{\frac{p}{\sigma_d}} + c \quad (2.4.2.1-1)$$

где C — расчетный коэффициент (табл. 2.4.2.1). Если рассматриваемый участок стенки подкреплен связями, для которых значения коэффициента C различны, то в формуле (2.4.2.1-1) принимается среднее арифметическое из этих коэффициентов;

Таблица 2.4.2.1

Порядковый номер	Вид подкреплений связями	Расчетный коэффициент C
1	2	3
1	Приварные прутковые связи с подкрепляющими шайбами, диаметр которых не менее 3,5 диаметра связи, а толщина составляет не менее 0,7 толщины подкрепляемой стенки (см. рис. 5.2 приложения)	0,34
2	Плоские кольцеобразные днища (см. рис. 2.4.2.1-2); отбортовка плоских стенок, отвечающая требованиям, изложенным в 2.4.3, а также приваренные без отбортовки стенки обечаек; прутковые связи с двусторонней приваркой к укрепляемой стенке (см. рис. 5.2 приложения)	0,38
3	Короткие прутковые связи с односторонней приваркой к укрепляемым стенкам, а также связные трубы (см. рис. 5.1 и 5.3 приложения) и угловые приварные связи (см. рис. 2.4.2.1-3)	0,42

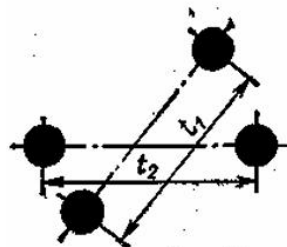


Рис. 2.4.2.1-1

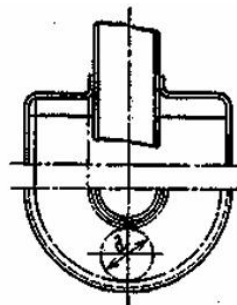


Рис. 2.4.2.1-2

d — расчетный условный диаметр (рис. 2.4.2.1-2 и 2.4.2.1-3), мм: при равномерном распределении связей

$$d = \sqrt{t_1^2 + t_2^2}; \quad (2.4.2.1-2)$$

при неравномерном распределении связей

$$d = \frac{t_1 + t_2}{2}. \quad (2.4.2.1-3)$$

Во всех остальных случаях для d необходимо принять диаметр наибольшей окружности, которую можно описать через центры трех связей или через центры связей и начало закругления отбортовки, если радиус ее отвечает требованиям, изложенным в 2.4.3. Отбортовка стенки в этом случае рассматривается как укрепленная точка. Отбортовка сама за укрепленную точку не должна приниматься;

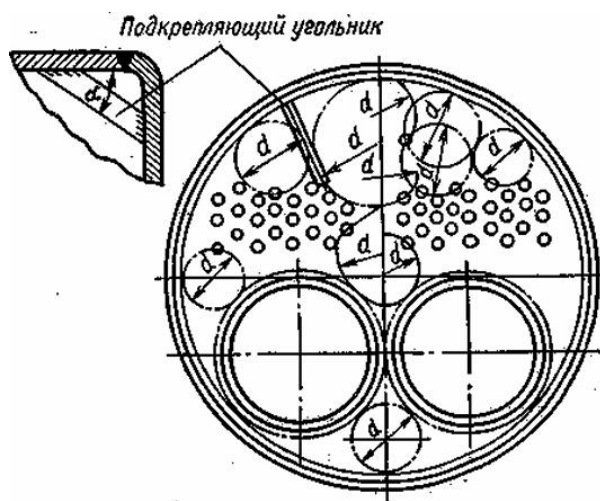


Рис. 2.4.2.1-3

t_1 и t_2 – шаг или расстояние между связями (рис. 2.4.2.1-1), мм.

Остальные обозначения те же, что в 2.4.1.1.

Остальные обозначения те же, что в 2.4.1.1.

2.4.3 Отбортовка плоских стенок.

2.4.3.1 При расчетах плоских стенок и днищ отбортовка учитывается только в тех случаях, когда величины ее радиусов не менее указанных в табл. 2.4.3.1.

Таблица 2.4.3.1

Радиус отбортовки, мм	Наружный диаметр днища, мм
1	2
25	До 350
30	350—500
35	501—950
40	951—1400
45	1401—1900
50	Более 1900

Минимальный радиус отбортовки должен быть не менее 1,3 толщины стенки.

2.4.3.2 Длина цилиндрической части плоского отбортованного днища должна быть не более 150 мм и не менее $l = 0,5\sqrt{Ds}$ (см. рис. 2.4.1.1-1).

2.4.3.3 Днища с разгрузочным пазом (см. рис. 2.4.1.2) должны иметь радиус закругления паза $r > 0,2s$, но не менее 5 мм.

2.4.4 Укрепление вырезов.

2.4.4.1 Вырезы в плоских стенках, днищах и крышках диаметром более четырех толщин подлежат укреплению приварными штуцерами, патрубками, приварышами или путем увеличения расчетной толщины стенки. Вырезы должны располагаться от контура расчетного диаметра на расстоянии не менее 1/8 его величины.

2.4.4.2 Если фактическая толщина стенки больше требуемой формулами (2.4.1.1-1) и (2.4.2.1-1), максимальный диаметр d (в мм) неукрепленного выреза должен определяться по формуле

$$d = 8s_1 \left(1,5 \frac{s_1^2}{s_2^2} - 1 \right), \quad (2.4.4.2)$$

где s_1 — фактическая толщина стенки, мм;

s_2 — расчетная толщина стенки, требуемая по формулам (2.4.1.1-1) и (2.4.2.1-1), мм.

2.4.4.3 Для вырезов больших размеров, чем указано в 2.4.4.1 и 2.4.4.2, должны предусматриваться укрепления кромки выреза.

Размеры укрепляющих элементов штуцеров и патрубков должны удовлетворять выражению

$$b \left(\frac{h^2}{s_1^2} - 0,65 \right) \geq 0,65d - 1,4s_1, \quad (2.4.4.3)$$

где b — ширина укрепления (рис. 2.4.4.3), мм;

h — высота укрепления (рис. 2.4.4.3), мм.

Остальные обозначения те же, что в 2.4.4.2.

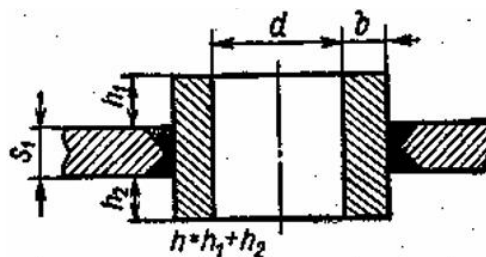


Рис. 2.4.4.3

2.4.4.4 Расчетные высоты $h_{1,2}$ (в мм) штуцеров и патрубков (см. рис. 2.4.4.3) должны определяться по формуле

$$h_{1,2} \leq \sqrt{(d + b)b}. \quad (2.4.4.4)$$

Обозначения те же, что в 2.4.4.2 и 2.4.4.3.

2.5 ТРУБНЫЕ РЕШЕТКИ

2.5.1 Толщина s (в мм) плоских трубных решеток (рис. 2.5.1-1 и 2.5.1-2) должна быть не менее определенной по формуле:

$$s = CD \sqrt{\frac{p}{\sigma_{д\psi}}} + c, \quad (2.5.1)$$

где p — расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

D — расчетный диаметр (рис. 2.5.1-3—2.5.1-6), мм;

$\sigma_{д\psi}$ — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

c — прибавка (см. 2.1.7), мм;

Таблица 2.5.1-1

Вид крепления трубной решетки	D_L/D	Коэффициент C
1	2	3
Приварные и закрепленные болтами плотно опирающиеся трубные решетки (см. рис. 2.5.1-3, 2.5.1-4 и 2.5.1-6)	—	0,45
Трубные решетки с уплотнительным буртом, закрепленные болтами таким образом, что на них действует дополнительная нагрузка от изгибающего момента пропорционально отношению D_L/D	1,1	0,57
	1,2	0,62
	1,3	0,67
	1,4	0,8
	1,5	0,75
D_L — диаметр окружности болтов, крепящих трубную решетку, мм (см. рис. 2.5.1-5).		

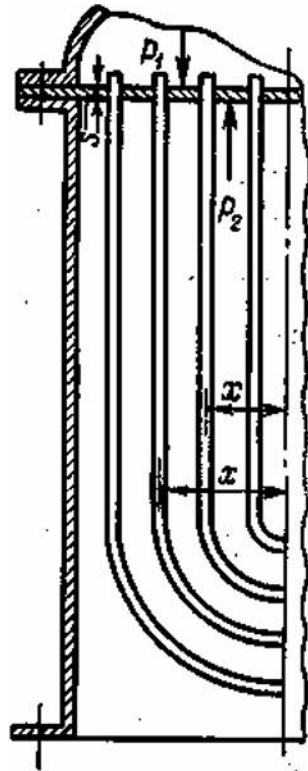


Рис. 2.5.1-1



Рис. 2.5.1-2

φ — коэффициент прочности (см. 2.1.6);

C — расчетный коэффициент, принимаемый по табл. 2.5.1-1 для трубных решеток со сплошным полем отверстий и по табл. 2.5.1-2 для трубных решеток с отдельными концентрическими рядами отверстий. При этом в случае несплошных полей отверстий для соотношений x/D каждого ряда необходимо определять значения $C' = \frac{C}{\sqrt{\varphi}}$, максимальное из которых подставляется в формулу (2.5.1); во всех случаях коэффициенты C' должны быть не менее соответствующих коэффициентов C по табл. 2.5.1-1;

x — расстояние от центра трубной решетки до рассматриваемого ряда труб (см. рис. 2.5.1-1 и 2.5.1-2), мм.

2.5.2 Для конструкций теплообменных аппаратов с подвижной трубной решеткой (см. рис. 2.5.1-2) должны выполняться требования 2.10, касающиеся крепления труб в трубной решетке, а также допустимой нагрузки на каждую трубу.

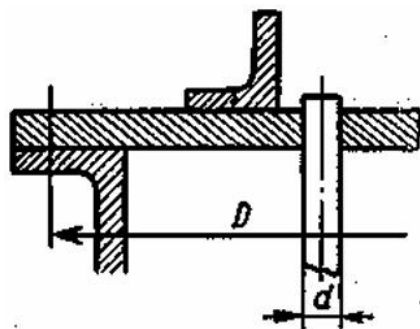


Рис. 2.5.1-3

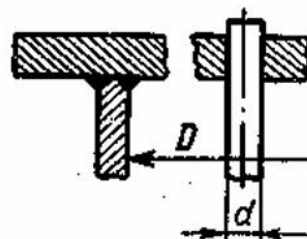


Рис. 2.5.1-4

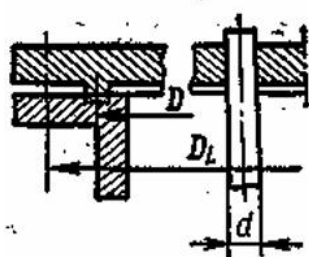


Рис. 2.5.1-5

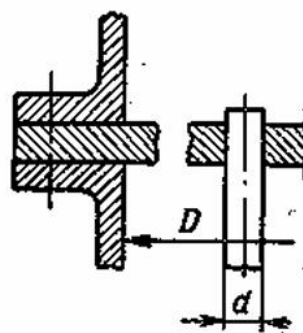


Рис. 2.5.1-6

Для подвижной трубной решетки коэффициент C берется по табл. 2.5.1-1; коэффициент прочности ϕ в этом случае можно принимать равным 1.

Таблица 2.5.1-2

x/D	Коэффициент C					
	без дополнительного изгибающего момента	с дополнительным изгибающим моментом, пропорциональным отношению D_L/D				
		1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1	2	3	4	5	6	7
Центр решетки	0,30	0,53	0,58	0,62	0,66	0,70
0,05	0,30	0,53	0,58	0,62	0,66	0,70
0,10	0,29	0,53	0,58	0,61	0,66	0,70
0,15	0,28	0,52	0,57	0,61	0,66	0,69
0,20	0,26	0,51	0,56	0,60	0,64	0,68
0,25	0,22	0,50	0,55	0,59	0,63	0,67
0,30	0,22	0,49	0,53	0,57	0,62	0,66
0,35	0,25	0,48	0,51	0,56	0,60	0,65
0,40	0,30	0,46	0,48	0,53	0,58	0,63
0,45	0,35	0,44	0,45	0,50	0,55	0,60

x/D	Коэффициент C					
	без дополнительного изгибающего момента	с дополнительным изгибающим моментом, пропорциональным отношению D_L/D				
		1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1	2	3	4	5	6	7
Периферийный ряд	0,40	0,41	0,43	0,48	0,52	0,57
D_L — см. табл. 2.5.1-1.						

Для верхней трубной решетки величина $\sqrt{\phi}$, а также коэффициент С по табл. 2.5.1-2 должны определяться только для периферийного ряда труб.

2.5.3 Если трубные решетки подкрепляются посредством приварных или ввальцованных труб таким образом, что выполняются все требования, указанные в 2.10, то расчет таких трубных решеток может производиться согласно 2.4.

2.5.4 Толщины жестких трубных решеток в каждом случае являются предметом специального рассмотрения Обществом.

2.6 ВЫПУКЛЫЕ ДНИЩА

2.6.1 Толщина s (в мм) выпуклых глухих днищ и днищ с вырезами, подверженных внутреннему или наружному давлению (рис. 2.6.1), должна быть не менее определенной по формуле:

$$s = \frac{D_{\text{нрy}}}{4\sigma_{\text{дф}}} + c, \quad (2.6.1)$$

где p — расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

D_n — наружный диаметр днища, мм;

φ — коэффициент прочности (см. 2.1.6);

σ_d — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

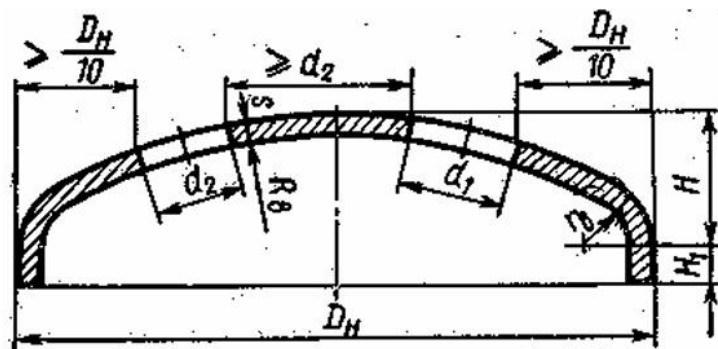


Рис. 2.6.1

y — коэффициент формы, зависящий от отношения высоты днища к наружному диаметру и от характера ослабления днища, выбираемый из табл. 2.6.1.

Таблица 2.6.1

Форма выпуклых днищ	H/D _н	Коэффициент формы у							
		у — для район а отбортовки днища и для глухих днищ	у _Λ — для выпуклой части днища с неукрепляемыми вырезами, для которых d/√D _н s составляет:						у ₀ — для выпуклой части днища с укрепляемыми вырезами
			0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эллиптическая или коробовая с R _в = D _н	0,20	2,9	2,9	2,9	3,7	4,6	5,5	6,5	2,4
Эллиптическая или коробовая с R _в = 0,8D _н	0,25	2,0	2,0	2,3	3,2	4,1	5,0	5,9	1,8
Сферическая с R _в = 0,5D _н	0,50	1,1	1,2	1,6	2,2	3,0	3,7	4,35	1,1

Для днищ эллиптической и коробовой формы R_в является наибольшим радиусом кривизны. Для промежуточных значений H/D_н и d/√D_нs коэффициент формы у определяется интерполяцией. Район отбортовки днища принимается на расстоянии не менее чем 0,1D_н от наружного контура цилиндрической части (см. рис. 2.6.1);

с — прибавка, принимаемая:

2 мм — при внутреннем давлении;

3 мм — при наружном давлении.

При толщине стенки более 30 мм указанные выше значения прибавок могут быть уменьшены на 1 мм;

d — больший размер неукрепленного выреза, мм.

Обозначения элементов днищ приведены на рис. 2.6.1.

2.6.2* Формула (2.6.1) действительна при условии соблюдения следующих соотношений:

$$\frac{H}{D_n} \geq 0,18, \frac{s}{D_n} \geq 0,003; R_v \leq D_n;$$

$$r_v \geq 0,1D_n;$$

$$H_1 \geq 3,5s \text{ при } \frac{H}{D_n} = 0,20;$$

$$H_1 \geq 3,0s \text{ при } \frac{H}{D_n} = 0,25;$$

$$H_1 \geq 0 \text{ при } \frac{H}{D_n} = 0,5.$$

2.6.3 Под глухим днищем подразумевается днище, не имеющее вырезов, или днище с вырезами, расположенными на расстоянии не менее 0,2D_н от наружного контура цилиндрической части, диаметр которых не превышает 4s, но не более 100 мм. В районе отбортовки днища допускаются неукрепляемые вырезы диаметром менее толщины, но не более 25 мм.

2.6.4 Толщина стенки выпуклых днищ огневых камер вертикальных котлов может рассчитываться как для глухих днищ также и в случае прохождения через днище выходного патрубка дымохода.

2.6.5 Для выпуклых днищ, за исключением чугунных, подверженных наружному давлению, необходимо производить проверочный расчет на устойчивость по формуле

Таблица 2.6.5

Расчетная температура t , °C	Модуль упругости для стали E_t , ТПа
1	2
20	21 000 [0,21]
250	19 000 [0,19]
300	18 500 [0,185]
400	17 500 [0,175]
500	16 500 [0,165]

$$\frac{36,6E_t}{R_B^2} \frac{(s-c)^2}{100\rho} > 3,3, \quad (2.6.5)$$

где E_t — модуль упругости при расчетной температуре, [ТПа]; модуль упругости для стали определяется по табл. 2.6.5; для цветных сплавов значения E_t должны быть согласованы с Обществом;

R_B — максимальный внутренний радиус кривизны, мм.

Остальные обозначения те же, что в 2.6.1.

2.6.6 Минимальная толщина стенки стальных выпуклых днищ должна быть не менее 5 мм. Для днищ, изготавливаемых из цветных сплавов, минимальная толщина стенки может быть уменьшена по согласованию с Обществом.

2.6.7 Применение выпуклых днищ, сваренных из частей, является предметом специального рассмотрения Обществом.

2.7 ТАРЕЛЬЧАТЫЕ ДНИЩА

2.7.1 Толщина s (в мм) глухого тарельчатого днища (рис. 2.7.1), подверженного внутреннему давлению, должна быть не менее определенной по формуле:

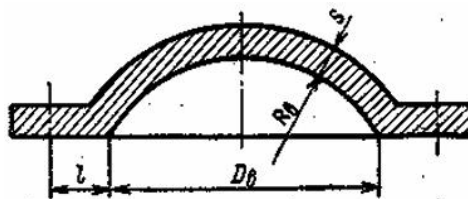


Рис. 2.7.1

$$s = \frac{6pD_v}{2\sigma_d} + c, \quad (2.7.1)$$

где p — расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

D_v — внутренний диаметр фланца днища, принимаемый равным внутреннему диаметру корпуса, мм;

σ_d — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

c — прибавка (см. 2.1.7), мм.

На рис. 2.7.1 l — расстояние от кромки внутреннего диаметра до оси крепящих болтов, мм.

2.7.2 Тарельчатые днища допускаются диаметром до 500 мм и рабочим давлением не более 1,5 МПа. Радиус кривизны днища R_v должен быть не более $1,2D_v$, а расстояние l — не более $2s$.

2.8 ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ КАМЕРЫ

2.8.1 Толщина стенки s (в мм) прямоугольных камер (рис. 2.8.1-1), подверженных внутреннему давлению, должна быть не менее определенной по формуле:

$$s = \frac{pn}{2,52\sigma_d\varphi} + \sqrt{\frac{4,5Mp}{1,26\sigma_d\varphi'}}, \quad (2.8.1-1)$$

где p — расчетное давление (см. 2.1.2), кгс/см² [Па];

n — $1/2$ ширины камеры в свету стороны, перпендикулярной к рассчитываемой, мм;

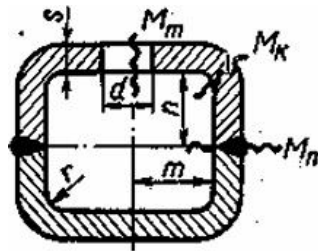


Рис. 2.8.1-1

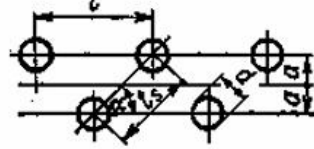


Рис. 2.8.1-2

σ_d — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

φ и φ' — коэффициенты прочности камер, ослабленных отверстиями, определяемые следующим образом:

φ — по формуле (2.1.6.2-1),

φ' — по формуле (2.1.6.2-1) — при $d < 0,6m$ и при $d \geq 0,6m$ — по формуле:

$$\varphi' = 1 - 0,6 \cdot \frac{m}{t}; \quad (2.8.1-2)$$

где m — $1/2$ ширины камеры в свету рассчитываемой стороны, мм;

при смещенном расположении отверстий в формулу (2.8.1-2) необходимо вместо t подставлять t_s (рис. 2.8.1-2);

при наличии в прямоугольных камерах продольных сварных соединений (см. рис. 2.8.1-1) коэффициенты прочности φ и φ' принимаются соответственно равными коэффициенту прочности сварного соединения, выбираемого согласно 2.1.6. Продольные сварные соединения по возможности должны располагаться на участке a , для которого $M = 0$;

при наличии в стенке камеры разных видов ослаблений в расчет должно вводиться наименьшее значение коэффициента прочности;

M — расчетный коэффициент изгибающего момента в середине боковой стороны или в линии центров ряда отверстий (в мм^2), определяемый по формулам:

для средней линии стороны камеры

$$M = \frac{1}{3} \frac{m^3 + n^3}{m + n} - \frac{m^2}{2}; \quad (2.8.1-3)$$

для рядов отверстий или продольных сварных соединений

$$M = \frac{1}{3} \frac{m^3 + n^3}{m + n} - \frac{m^2 - a^2}{2}. \quad (2.8.1-4)$$

При получении по указанным формулам величин с отрицательным знаком должно приниматься их абсолютное значение;

при смещенном расположении отверстий коэффициент M необходимо умножить на $\cos \alpha$;

α — угол косога шага относительно продольного направления, град. угловые;

a — расстояние рассматриваемого ряда отверстий от средней линии стороны камеры (см. рис. 2.8.1-2), мм;

d — диаметр отверстий, мм. Для овальных отверстий в качестве d должен приниматься размер овальных отверстий в направлении продольной оси, однако в формулах (2.1.6.2-1) и (2.8.1-2) в качестве d для овальных отверстий должен приниматься размер в направлении, перпендикулярном оси камеры.

2.8.2 Если по специальному согласованию с Обществом в камерах допускаются угловые сварные соединения, то толщина стенки таких камер должна быть не менее определенной по формуле

$$s = \frac{p \sqrt{m^2 + n^2}}{2,52\sigma_{\text{дф}}} + \sqrt{\frac{4,5M_{\text{к}}p}{1,26\sigma_{\text{дф}}}}, \quad (2.8.2-1)$$

где $M_{\text{к}}$ — расчетный коэффициент для изгибающего момента на кромках (в мм^2), определяемый по формуле:

$$M_{\text{к}} = \frac{1}{3} \frac{m^3 + n^3}{m + n}. \quad (2.8.2-2)$$

Остальные обозначения те же, что в 2.8.1.

2.8.3 Радиус закругления сторон прямоугольных камер должен быть не менее $1/3$ толщины, но не менее 8 мм. Минимальная толщина стенок камер под ввальцовываемые трубы должна быть не менее 14 мм. Ширина перемычек между отверстиями должна быть не менее 0,25 шага между центрами отверстий. Толщина стенок в районе закругления должна быть не менее определяемой по формулам (2.8.1-1) и (2.8.2-1).

2.9 УКРЕПЛЕНИЕ ВЫРЕЗОВ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ, СФЕРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ СТЕНКАХ И В ВЫПУКЛЫХ ДНИЩАХ

2.9.1 Общие положения.

2.9.1.1 Применительно к настоящим Правилам вырезы подразделяются:

.1 на вырезы, при которых ослабление в районе выреза компенсируется избыточной толщиной против расчетной (рис. 2.9.1.1-1 и 2.9.1.1-2);

.2 на вырезы, укрепленные с помощью дискообразных накладок (приварышей), соединенных с укрепляемой стенкой с помощью сварки (рис. 2.9.1.1-3 и 2.9.1.1-4);

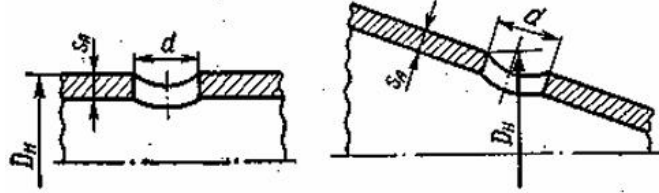


Рис. 2.9.1.1-1

Рис. 2.9.1.1-2

.3 на вырезы, укрепленные с помощью приварных трубообразных элементов: штуцеров, втулок, патрубков и т. п. (рис. 2.9.1.1-5—2.9.1.1-7).

Конструкции укреплений вырезов, указанные на рис. 2.9.1.1-5—2.9.1.1-7, рекомендуется выполнять на удаляемой подкладке или применять другие способы, обеспечивающие необходимый провар корня шва.

2.9.1.2 Толщины стенок, имеющих вырезы, должны удовлетворять требованиям, изложенным в 2.2 — для цилиндрических стенок, в 2.3 — для конических стенок и в 2.6 — для выпуклых днищ.

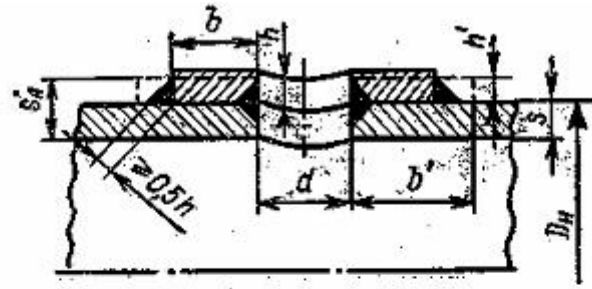


Рис. 2.9.1.1-3

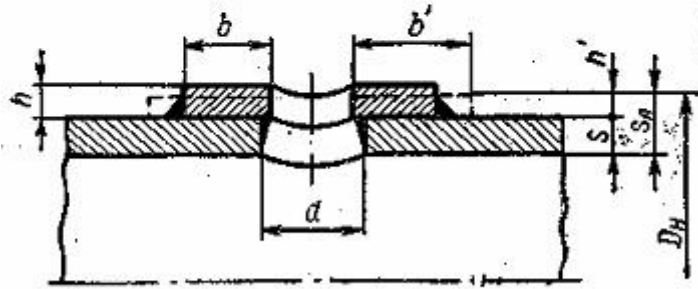


Рис. 2.9.1.1-4

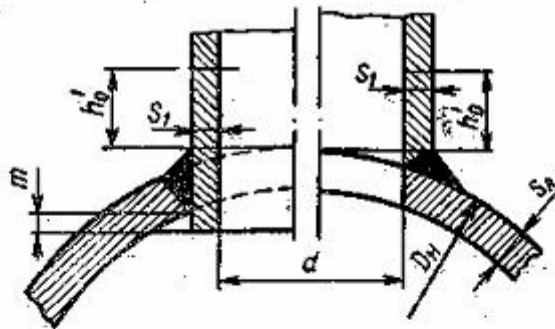
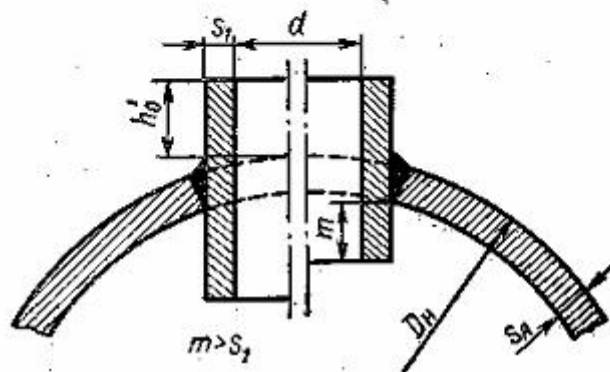


Рис. 2.9.1.1-5



2.9.1.3 Материалы укрепляемой стенки и укреплений должны по возможности иметь одинаковые прочностные характеристики. При использовании для укреплений материала, прочностные характеристики которого ниже, чем у материала укрепляемой стенки, площадь укрепляющих сечений должна быть соответственно увеличена.

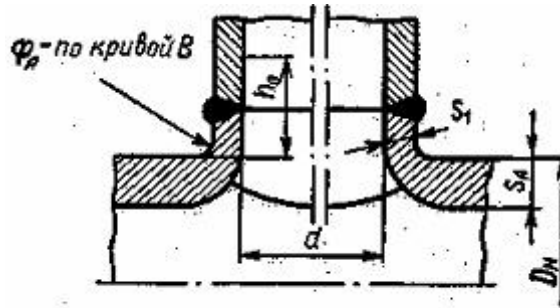


Рис. 2.9.1.1-7

Должно обеспечиваться надежное соединение укреплений с укрепляемой стенкой.

2.9.1.4 Вырезы в стенках должны располагаться от сварных соединений по крайней мере на расстоянии $3s$, но не менее 50 мм. Расположение вырезов в районе сварных соединений в каждом случае является предметом специального рассмотрения Обществом.

2.9.1.5 Наибольший размер укрепляемых вырезов не должен превышать 500 мм. Укрепление вырезов размерами более 500 мм в каждом случае является предметом специального рассмотрения Обществом.

2.9.1.6 Минимальная толщина стенки трубообразных элементов (патрубков, втулок, штуцеров), привариваемых к стенкам котлов, теплообменных аппаратов и сосудов, должна, как правило, приниматься не менее 5 мм; толщина стенок этих элементов менее 5 мм является предметом специального рассмотрения Обществом.

2.9.2 Размеры укреплений.

2.9.2.1 Укрепление выреза может быть произведено за счет избыточной против расчетной толщины укрепляемой стенки. При этом увеличенная толщина s_A (в мм) должна быть не менее определенной по формулам:

для цилиндрических стенок —

$$s_A = \frac{pD_H}{2\sigma_d\varphi_A + p} + c, \quad (2.9.2.1-1)$$

для сферических стенок —

$$s_A = \frac{pD_H}{4\sigma_d\varphi_A + p} + c; \quad (2.9.2.1-2)$$

для конических стенок —

$$s_A = \frac{pD}{2\sigma_d\varphi_A - p} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} + c, \quad (2.9.2.1-3)$$

где φ_A — коэффициент прочности укрепляемой стенки, ослабленной вырезом, определяемый в зависимости от безразмерного параметра $\frac{d}{\sqrt{D_H(s_A - c)}}$ по кривой исполнения A на рис.

2.9.2.1. Следует иметь в виду, что значение s_A в выражении для безразмерного параметра должно быть такое же, как и получаемое по формулам (2.9.2.1-1)—(2.9.2.1-3);

d — диаметр выреза (внутренний диаметр штуцера, втулки или патрубка) или размер оси овального или эллиптического выреза в продольном направлении обечайки, мм.

Остальные обозначения те же, что в 2.2.1.1 и 2.3.1.

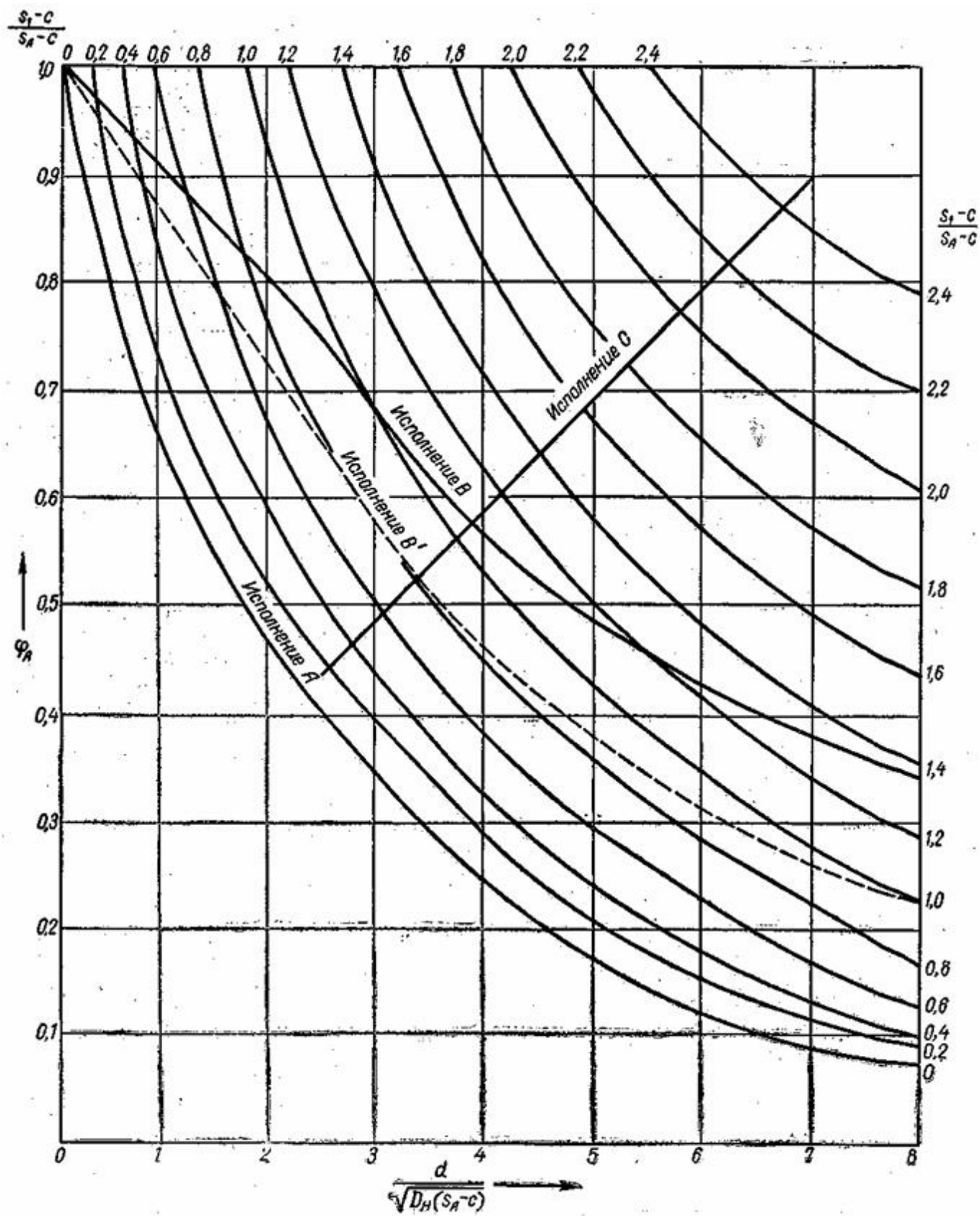


Рис. 2.9.2.1

2.9.2.2 При укреплении вырезов в цилиндрических, сферических и конических стенках с помощью дискообразных накладок (приварышей) размеры накладок должны определяться по формулам

$$b' = \sqrt{D_H(s_A - c)}; \quad (2.9.2.2-1)$$

$$h' \geq s_A - s, \quad (2.9.2.2-2)$$

где b' — наибольшая эффективная ширина накладки (см. рис. 2.9.1.1-3 и 2.9.1.1-4), мм;

h' — высота (толщина) накладки (см. рис. 2.9.1.1-3 и 2.9.1.1-4), мм;

s_A — суммарная толщина укрепляемой стенки и накладки, определяемая согласно 2.9.2.1, мм;

s — фактическая толщина укрепляемой стенки, мм.

Остальные обозначения те же, что в 2.9.2.1.

Если фактическая ширина накладки меньше, соответственно должна быть увеличена фактическая высота (толщина) накладки h (в мм) по формуле

$$h \geq h' \frac{1 + \frac{b'}{b}}{2}, \quad (2.9.2.2-3)$$

где b — фактическая ширина накладки, мм.

Толщина сварного шва крепления накладки к укрепляемой стенке должна быть не менее $0,5h$ (см. рис. 2.9.1.1-3).

2.9.2.3 При укреплении выреза в цилиндрических, сферических и конических стенках с помощью приварных трубообразных элементов размеры таких укреплений должны быть не менее величин, определенных следующим образом.

.1 Толщина стенки s_1 (в мм) трубообразного укрепления (штуцера, втулки, патрубка и т. п.) определяется в зависимости от безразмерного параметра $\frac{d}{\sqrt{D_H(s-c)}}$ и коэффициента прочности ϕ по кривым исполнения С на рис. 2.9.2.1. При этом вместо s_A и ϕ_A (см. рис. 2.9.2.1) необходимо подставить s и ϕ . Здесь s — фактическая толщина стенки, мм; ϕ — фактический коэффициент прочности стенки толщиной s , определяемый по формулам (2.2.1.2-1), (2.2.1.2-2), (2.2.1.3-1), (2.2.1.3-2) и (2.3.1-2) путем решения уравнений этих формул относительно ϕ .

По отношению $\frac{s_1 - c}{s_A - c}$, найденному по рис. 2.9.2.1, определяется минимальная толщина s_1 (в мм) штуцера, втулки или патрубка. Следует иметь в виду, что в указанном отношении под s_A подразумевается фактическая толщина s .

.2 Минимальная расчетная высота h'_0 (в мм) трубообразного укрепления определяется по формуле

$$h'_0 = \sqrt{d(s_1 - c)}. \quad (2.9.2.3-1)$$

Если фактическая высота h_0 трубообразного укрепления меньше определенной по формуле (2.9.2.3-1), то должна быть соответственно увеличена толщина s_1 по формуле:

$$s'_1 = s_1 \frac{h'_0}{h_0}. \quad (2.9.2.3-2)$$

2.9.2.4 Укрепление вырезов выпуклых днищ должно производиться следующим образом,

.1 Для вырезов без укреплений толщина стенки днища должна определяться с учетом наличия выреза путем введения в формулу (2.6.1) вместо y величины y_A , определяемой по табл. 2.6.1.

.2* Для вырезов, укрепляемых дискообразными накладками, размеры накладок должны определяться согласно 2.9.2.2; при этом суммарная толщина укрепляемой стенки s_A должна определяться по формуле:

$$s_A = \frac{p D_H y_0}{4 \sigma_d \varphi_A} + c, \quad (2.9.2.4)$$

где y_0 — коэффициент формы, определяемый по табл. 2.6.1.

Остальные обозначения те же, что в 2.9.2.2.

.3 Для вырезов с трубообразными укреплениями размеры укреплений должны определяться согласно 2.9.2.3; причем в безразмерной величине $d/\sqrt{(D_H \cdot (s - c))}$ вместо D_H подставляется значение $2(R + s)$; при этом определяется фактический коэффициент прочности φ стенки днища толщиной s путем решения уравнения формулы (2.6.1) по φ и подстановкой $\varphi = \varphi_A$ при $y = y_0$ и $s = s_A$ (см. 2.6.1).

2.9.2.5 Для сквозных трубообразных укреплений, у которых внутренняя выступающая часть $m \geq s_1$ (см. рис. 2.9.1.1-5 и 2.9.1.1-6), толщина стенки штуцера, втулки или патрубка может быть уменьшена на 20%, но должна приниматься не менее требуемой толщины для расчетного давления.

2.9.2.6 Отношение толщины стенки трубообразного укрепления s_1 к толщине укрепляемой стенки s должно быть не более 2,4. Если по конструктивным соображениям это отношение будет принято более 2,4, в расчет должна приниматься толщина трубообразного укрепления s_1 , равная не более 2,4 толщины укрепляемой стенки.

2.9.2.7 Дискообразные накладки и трубообразные укрепления могут быть использованы для укрепления вырезов в комбинированном виде (рис. 2.9.2.7). В этом случае размеры элементов укреплений должны определяться с одновременным учетом требований, предъявляемых к дискообразным и трубообразным укреплениям.

2.9.2.8 Для высаженных штуцеров (см. рис. 2.9.1.1-7) толщина стенки s_A должна быть не менее определенной по формулам (2.9.2.1-1)—(2.9.2.1-3) и (2.9.2.4), где φ_A — коэффициент прочности стенки, ослабленной высаженным штуцером, определяемый:

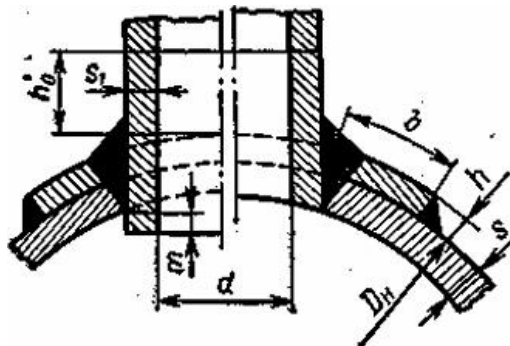


Рис. 2.9.2.7

для $\frac{d}{D_H} \leq 0,4$ — по кривой исполнения В (см. рис. 2.9.2.1);

для $\frac{d}{D_H} = 1,0$ — по кривой исполнения В' (см. рис. 2.9.2.1);

для $0,4 < \frac{d}{D_H} < 1,0$ — интерполяцией кривых В и В' (см. рис. 2.9.2.1).

Толщина стенки высаженного бурта s_1 (в мм) должна быть более определяемой по формуле:

$$s_1 \geq s_A \frac{d}{D_H}, \quad (2.9.2.8)$$

но не менее требуемой толщины для расчетного давления.

2.9.3 Взаимное влияние вырезов.

2.9.3.1 Взаимное влияние вырезов можно не учитывать при условии, что

$$a + s_1 + s_2 \geq 2\sqrt{D_H(s - c)}, \quad (2.9.3.1-1)$$

где $a + s_1 + s_2$ — расстояние между двумя соседними вырезами (рис. 2.9.3.1-1 и 2.9.3.1-2), мм;

D_H — наружный диаметр укрепляемой стенки, мм;

s — фактическая толщина укрепляемой стенки, мм;

c — прибавка (см. 2.1.7), мм.

Если расстояние $a + s_1 + s_2$ меньше указанной в формуле (2.9.3.1-1) величины $2\sqrt{D_H(s - c)}$, то следует проверить напряжение, возникающее в сечении между вырезами от действия расчетного давления. При этом возникающие напряжения как в продольном, так и в поперечном направлениях не должны превышать допускаемых согласно формуле

$$\frac{10^6 P}{F} \leq \sigma_d, \quad (2.9.3.1-2)$$

где σ_d — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

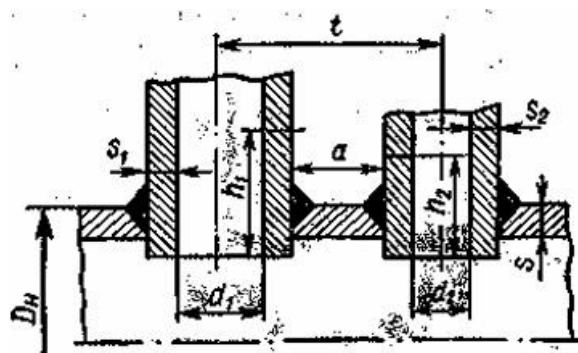


Рис. 2.9.3.1-1

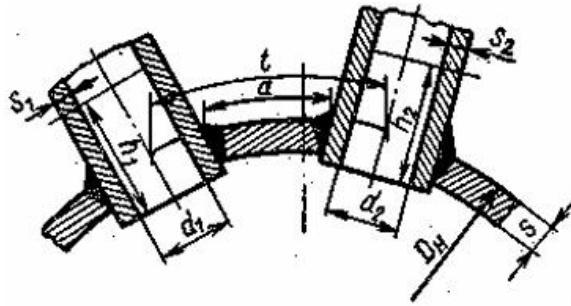


Рис. 2.9.3.1-2

P — нагрузка от расчетного давления, действующая в сечении между вырезами (см. 2.9.3.2), [Н];

F — расчетная площадь сечения между вырезами (см. 2.9.3.3), мм².

2.9.3.2* Нагрузка от расчетного давления в [Н], действующая в сечении между двумя вырезами, должна определяться следующим образом:

.1 для вырезов, расположенных в продольном направлении цилиндрической стенки,

$$P_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{в}} p t}{2 \cdot 10^8}; \quad (2.9.3.2-1)$$

.2 для вырезов, расположенных по окружности в цилиндрических и конусных стенках, а также для вырезов в сферических стенках

$$P_{\text{окр}} = \frac{D_{\text{в}} p t}{4 \cdot 10^8}; \quad (2.9.3.2-2)$$

.3 для вырезов в выпуклых днищах

$$P_{\text{окр}} = \frac{D_{\text{в}} p t y}{4 \cdot 10^8}, \quad (2.9.3.2-3)$$

где t — шаг между двумя смежными вырезами (определяемый по окружности с наружной стороны, как показано на рис. 2.9.3.1-2), мм;

$D_{\text{в}}$ — внутренний диаметр (для конусных стенок замерыется у центра выреза), мм;

p — расчетное давление (см. 2.1.2), [Па];

y — коэффициент формы (см. 2.6.1).

При расположении вырезов в цилиндрических стенках с косым шагом для определения нагрузки используется формула (2.9.3.2-2); при этом результаты, получаемые по этой формуле, следует умножить на коэффициент

$$k = 1 + \cos^2 \alpha, \quad (2.9.3.2-4)$$

где α — угол наклона линии, соединяющей центры вырезов, к продольному направлению, град. угловые.

2.9.3.3 Расчетную площадь сечения F (в мм²) между двумя смежными вырезами с трубообразными укреплениями следует определять по формуле:

$$F = a (s - c) + 0,5 [h_1 (s_1 - c) + h_2 (s_2 - c)], \quad (2.9.3.3-1)$$

где h_1 и h_2 — высоты укреплений (в мм), определяемые по формулам: $h_{1,2} = h'_0 + s$ — для несквозных укреплений; $h_{1,2} = h'_0$ — для сквозных укреплений;

a — ширина перемычки между двумя смежными укреплениями (см. рис. 2.9.3.1-1 и 2.9.3.1-2), мм;

s — толщина укрепляемой стенки, мм;

s_1 и s_2 — толщины трубообразных укреплений (см. рис. 2.9.3.1-1 и 2.9.3.1-2), мм;

c — прибавка (см. 2.1.7), мм;

h'_0 — расчетная высота трубообразного укрепления (см. формулу 2.9.2.3-1), мм.

Для вырезов, укрепленных иными способами (комбинированными или дискообразными укреплениями и т. п.), расчетную площадь сечения следует определять аналогично.

2.9.3.4 Для высаженных штуцеров, расположенных в одном ряду, необходимо проверить, чтобы коэффициент прочности ϕ , определенный по формуле (2.1.6.2-1) для этого ряда, был не меньше коэффициента прочности ϕ_A , определенного по кривым исполнения В и В' на рис. 2.9.2.1. Если $\phi < \phi_A$, то для определения толщины стенки согласно 2.9.2.7 следует принимать значение коэффициента ϕ .

Настоящее требование также относится к приварным штуцерам, которые расположены в одном ряду и толщина которых определена только из условия действия внутреннего давления.

2.10 Связи

2.10.1 Прочные размеры связей.

2.10.1.1 Площадь поперечного сечения f (в мм²) длинных и коротких связей, угловых связей и связанных труб, подверженных растягивающим или сжимающим нагрузкам, должна быть не менее определенной по формуле

$$f = \frac{pF}{\sigma_d \cos \alpha}, \quad (2.10.1.1)$$

где p — расчетное давление (см. 2.1.2), [Па];

σ_d — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

α — угол между угловой связью и стенкой закрепления связи (см. рис. 2.4.2.1-3), град. угловые;

F — наибольшая площадь поверхности поддерживаемой стенки, которая приходится на одну связь и ограничивается линиями, проходящими под прямым углом через середины линий, соединяющих центр связи с соседними укрепленными точками (связями), мм².

Площадь сечений связи и труб, находящихся в пределах этой площади, может быть вычтена из площади поверхности, приходящейся на одну связь.

2.10.1.2 Для связей, подверженных продольному изгибу, допускаемые напряжения от изгиба должны приниматься с запасом прочности не менее 2,25.

2.10.1.3 При применении днищ с отдельной подкрепляющей связью (рис. 2.10.1.3) последняя должна быть рассчитана так, чтобы она могла воспринимать по крайней мере половину нагрузки, приходящейся на днище. Толщина такого днища должна удовлетворять требованиям 2.4.2.1.

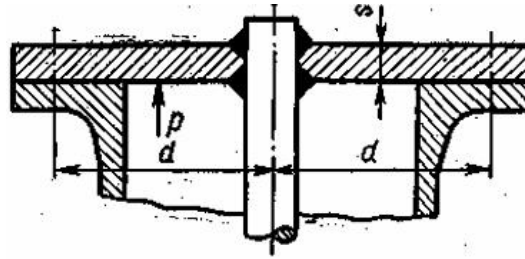


Рис. 2.10.1.3

2.10.1.4 Толщина стенок связанных и простых дымогарных труб должна быть не менее указанной в табл. 2.10.1.4.

Толщина стенок связанных труб диаметром более 70 мм должна быть не менее 6 мм — для периферийных труб и 5 мм — для труб, расположенных внутри трубного пучка.

2.10.2 Соединения связей.

2.10.2.1 Сечение среза сварных соединений приварных связей должно удовлетворять условию

$$\frac{\pi da}{f} \geq 1,25, \quad (2.10.2.1)$$

Таблица 2.10.1.4

Наружный диаметр трубы, мм	Рабочее давление, кгс/см ² [Па], при толщине стенки, мм			
	3,0	3,5	4,0	4,5
1	2	3	4	5
50,0	11,0	18,5	—	—
57,0	10,0	16,5	—	—
63,5	9,0	15,0	21,0	—
70,0	8,0	13,5	19,0	—
76,0	7,5	12,5	17,5	22,5
83,0	—	11,5	16,0	21,0
89,0	—	10,5	15,0	19,0

где d — диаметр связи (для труб — наружный диаметр), мм;

a — толщина сварного шва (рис. 5.1—5.3 приложения), мм;

f — площадь поперечного сечения связи (см. 2.10.1.1), мм².

2.10.2.2 Для вальцовываемых труб длина поиска вальцовки в трубной решетке должна быть не менее 12 мм.

Вальцовочные соединения на рабочее давление выше [1,6 МПа] следует выполнять с уплотнительными канавками.

2.10.2.3 Вальцовочные соединения должны проверяться на закрепление труб в трубных решетках осевой нагрузкой; при этом можно считать, что закрепление труб обеспечивается, если величина, определенная по формуле

$$\frac{pF}{2 \cdot 10^7 s l}, \quad (2.10.2.3)$$

будет составлять не более:

15 — для соединений гладких труб;

30 — для соединений с уплотнительными канавками;

40 — для соединений с отбортовкой труб.

Здесь s — толщина стенки трубы, мм;

l — длина поиска вальцовки, мм.

Остальные обозначения те же, что в 2.10.1.1.

Длина поиска вальцовки труб l должна приниматься не более 40 мм.

2.10.2.4 Поперечное сечение перемычек между двумя любыми ввальцованными трубами должно быть не менее:

$15 + 3,4d$ — для стали, мм²;

$25 + 9,5d$ — для цветных сплавов, мм²,

где d — наружный диаметр трубы, мм.

2.11 ПОТОЛОЧНЫЕ БАЛКИ

2.11.1 Момент сопротивления W (в мм³) потолочных балок прямоугольного сечения должен быть не менее определенного по формуле:

$$W = \frac{10^9 M}{1,3 \sigma_d z}, \quad (2.11.1-1)$$

где σ_d — допускаемое напряжение (см. 2.1.4.6), Па;

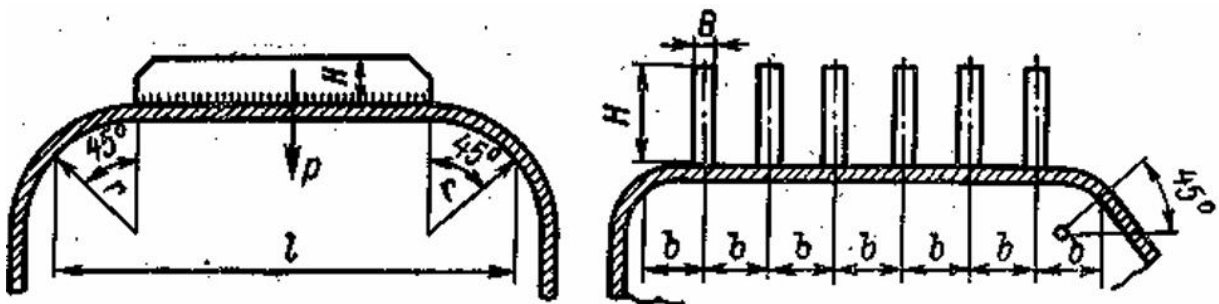


Рис. 2.11.1

z — коэффициент жесткости подкрепляемой стенки; для конструкции, изображенной на рис. 2.11.1, $z = 1,33$;

M — изгибающий момент балки в [Н·м]; для прямоугольного сечения

$$M = \frac{p b l^2}{8 \cdot 10^7}; \quad (2.11.1-2)$$

B — ширина балки, мм;

H — высота балки, которая должна быть не более $8B$, мм;

l — расчетная длина балки, мм;

p — расчетное давление (см. 2.1.2), [Па];

b — шаг установки балок, мм.

3 КОТЛЫ

3.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

3.1.1 Общие положения, касающиеся Освидетельствования, технической документации, изготовления, материалов и общих требований, предъявляемых к котлам, а также нормы расчета на прочность элементов котлов изложены в разделах 1 и 2.

3.2 ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ

3.2.1 Толщины труб, получивших в процессе гибки утонение, должны быть не менее расчетных.

3.2.2 Следует избегать применения длинных и коротких связей, а также связных труб, подвергаемых изгибающим и срезающим нагрузкам. На связях, прочных стенках, укреплениях и т. п. не должно быть резких изменений поперечных сечений.

По концам коротких связей должны предусматриваться контрольные сверления согласно рис. 5.3 приложения.

3.2.3 Для стенок, подкрепляемых короткими связями и подверженных действию пламени и газов с высокой температурой, расстояние между центрами связей должно быть не более 200 мм.

3.2.4 Для огнетрубных котлов угловые связи должны располагаться на расстоянии не менее 200 мм от жаровых труб. Подкрепление плоских стенок приварными балками следует производить таким образом, чтобы нагрузка, приходящаяся на них, была по возможности перенесена на корпус котла или на наиболее жесткие его элементы.

3.2.5 Расстояние между жаровыми трубами и корпусом котла должно быть не менее 100 мм. Расстояние между двумя жаровыми трубами должно быть не менее 120 мм.

3.2.6 Патрубки и штуцера должны быть жесткой конструкции и минимальной длины, достаточной для закрепления и снятия арматуры без удаления изоляции. Патрубки не должны испытывать чрезмерных изгибающих усилий и в необходимых случаях должны подкрепляться ребрами жесткости.

3.2.7 Приварыши, предназначенные для установки арматуры и трубопроводов, а также патрубки, втулки и штуцера, проходящие через всю толщину стенки котла, должны, как правило, привариваться двусторонним швом. Патрубки и штуцера могут привариваться также угловым швом с односторонней разделкой на удаляемой подкладке или другим способом, обеспечивающим провар на всю толщину привариваемой детали.

3.2.8 Барабаны и коллекторы котлов, имеющие толщину стенки более 20 мм, а также коллекторы пароперегревателей должны быть защищены от непосредственного воздействия лучистого тепла согласно 2.1.3.4. У вертикальных огнетрубных котлов дымовой патрубков, проходящий через паровое пространство котла, рекомендуется защищать от непосредственного воздействия горячих газов.

3.2.9 При применении неметаллических уплотнительных прокладок конструкция закрытия горловин и лючков должна исключать возможность выдавливания прокладки.

3.2.10 Вырезы под лазы, смотровые лючки и другие отверстия в стенках котлов должны иметь подкрепления согласно 2.4.4 и 2.9.

3.2.11 Должны быть приняты конструктивные меры, предотвращающие парообразование в экономайзерах котлов.

3.2.12 Фирменная доска.

На видном месте должна предусматриваться фирменная доска, содержащая основные данные котла.

3.3 АРМАТУРА И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

3.3.1 Общие требования.

3.3.1.1 Вся котельная арматура должна устанавливаться на приварных специальных патрубках, штуцерах и приварышах и крепиться к ним, как правило, на фланцах шпильками или болтами. Длина полной резьбы шпилек, входящих в тело приварышей, должна быть не менее наружного диаметра резьбы шпильки. Штуцерная арматура допускается диаметром прохода не более 15 мм; при этом крепление ее на котле должно выполняться на специальных приварышах.

Конструкция приварышей, патрубков и штуцеров должна удовлетворять требованиям 2.9.

3.3.1.2 Крышки клапанов должны крепиться к корпусам на шпильках или болтах. Клапаны с диаметром прохода 32 мм и меньше могут иметь крышки на резьбе при наличии на них надежных стопоров.

3.3.1.3 Клапаны и краны должны иметь указатели положений «открыто» и «закрыто». Указатели положения не требуются при условии, когда конструкция арматуры позволяет видеть, открыта она или закрыта.

Закрытие клапанов должно производиться при вращении маховиков по часовой стрелке.

3.3.2 Питательные клапаны.

3.3.2.1 Каждый главный котел и вспомогательный котел ответственного назначения должны оборудоваться по крайней мере двумя питательными клапанами. Вспомогательные котлы иного назначения, а также утилизационные котлы могут иметь по одному питательному клапану.

3.3.2.2 Питательные клапаны должны быть невозвратными. Между питательным клапаном и котлом должен быть установлен разобщительный клапан. Невозвратный и разобщительный клапаны могут быть размещены в одном корпусе. Разобщительный клапан должен устанавливаться непосредственно на котле.

3.3.2.3 Требования к системе питательной воды изложены в разделе 12 части 8 «Системы и трубопроводы».

3.3.3 Водоуказательные приборы.

3.3.3.1 На каждом котле со свободной поверхностью воды (поверхность испарения) должно быть установлено не менее двух независимых друг от друга водоуказателей. Утилизационные котлы, включая парообразники (сепараторы пара), а также котлы с расчетной паропроизводительностью 750 кг/ч или менее, допускается оборудовать одним водоуказателем.

Пробные краны или клапаны не являются равноценной заменой водоуказателей.

3.3.3.2 Для котлов с принудительной циркуляцией вместо указателей уровня воды должны предусматриваться два независимых сигнальных устройства, предупреждающих о недостаточном поступлении воды в котел.

Второе устройство предупредительной сигнализации устанавливать не требуется, если оно предусмотрено в топочном устройстве согласно 4.4 части 15 «Автоматизация».

Это требование не распространяется на утилизационные котлы.

3.3.3.3 Стекла водоуказателей для котлов с рабочим давлением до 32 кгс/см² [3,2 МПа] должны быть плоскими рифлеными. Для котлов с рабочим давлением 35 кгс/см² [3,2 МПа] и более вместо стекол должны применяться наборы слюдяных пластин либо гладкие стекла со сплошной прокладкой, предохраняющей стекло от воздействия воды и пара, или другие материалы, устойчивые против разрушения от воздействия котловой воды.

3.3.3.4 Водоуказатели должны устанавливаться со стороны переднего фронта на целесообразно выбранной одинаковой высоте и, по возможности, на равном расстоянии от диаметральной вертикальной плоскости барабана (котла).

3.3.3.5 Все водоуказатели должны быть снабжены запорными устройствами как со стороны водяного, так и со стороны парового пространства.

3.3.3.6 У водоуказателей должна быть предусмотрена возможность отдельного продувания водяной и паровой полостей. Каналы для продувания должны иметь внутренний диаметр не менее 8 мм. Конструкция водоуказателей должна исключать возможность вдавливания уплотнительного материала в каналы, допускать чистку каналов продувания и смену стекол во время работы котла.

3.3.3.7 Водоуказатели должны устанавливаться таким образом, чтобы нижняя кромка прорези рамки водоуказателя находилась ниже низшего уровня воды в котле не менее чем на 50 мм, однако низший уровень должен быть не выше средней линии видимой части водоуказателя.

3.3.3.8 Водоуказатели должны соединяться с котлом с помощью независимых патрубков. Внутри котла не допускается установка труб, идущих к этим патрубкам. Патрубки должны быть защищены от воздействия горячих газов, лучистого тепла и интенсивного охлаждения. Если стекла установлены на пустотелых корпусах, пространство внутри такого водоуказателя должно быть разделено перегородками.

На водоуказателях и их соединительных трубах не допускается установка штуцеров и других патрубков для иных целей.

3.3.3.9 Патрубки для соединения водоуказателей с котлом должны иметь внутренний диаметр не менее:

32 мм — для изогнутых патрубков главных котлов;

20 мм — для прямых патрубков главных котлов и изогнутых патрубков вспомогательных котлов;

15 мм — для прямых патрубков вспомогательных котлов.

3.3.3.10 Конструкция, размеры, количество, расположение и освещенность водоуказателей должны обеспечивать хорошую видимость и надежный контроль за уровнем воды в котле. При недостаточной видимости уровня воды в водоуказателях независимо от высоты их расположения, а также при дистанционном управлении котлами должны быть предусмотрены надежно действующие дистанционные (сниженные) указатели уровня воды или другого рода

водоуказательные устройства, одобренные Обществом и устанавливаемые на постах управления котлами.

3.3.3.11 Дистанционные указатели уровня воды в котле не должны иметь погрешность, превышающую более чем на ± 20 мм показания уровня по стеклам водоуказателей, установленных на котле, а запаздывания в показаниях уровня в них при максимально возможной скорости изменения не должны превышать 10% разности между верхним и нижним уровнями.

3.3.4 Низший уровень воды и высшая точка поверхности нагрева.

3.3.4.1 На каждом котле со свободной поверхностью воды (поверхность испарения) низший уровень воды в котле должен быть отмечен на водоуказателе котла путем нанесения на рамке или корпусе водоуказателя контрольной риски. Кроме того, низший уровень воды должен быть зафиксирован на табличке путем нанесения контрольной риски и надписи «низший уровень».

Табличка должна крепиться к корпусу котла и располагаться около водоуказателей.

Контрольная риска и табличка не должны закрываться изоляцией котла.

3.3.4.2 Низший уровень воды в котле должен находиться во всех случаях над высшей точкой поверхности нагрева на расстоянии не менее 150 мм. Указанное расстояние должно сохраняться также при крене судна до 5° на каждый борт и при всех возможных эксплуатационных дифферентах.

У котлов с расчетной паропроизводительностью менее 750 кг/ч указанное минимальное расстояние низшего уровня до высшей точки поверхности нагрева может быть уменьшено до 125 мм.

3.3.4.3 За высшую точку поверхности нагрева водотрубных котлов следует принимать положение верхних кромок наиболее высокорасположенных опускных труб.

Для вертикальных огнетрубных котлов с дымогарными трубами и дымовыми патрубками, проходящими через паровое пространство котла, положение высшей точки поверхности нагрева является в каждом случае предметом специального рассмотрения Обществом.

3.3.4.4 Огнетрубные котлы должны быть снабжены указателем положения высшей точки поверхности нагрева, прочно укрепленным на стенке котла вблизи таблички низшего уровня воды, имеющим надпись: «высшая точка поверхности нагрева».

3.3.4.5 Требования относительно положения высшей точки поверхности нагрева и ее указателя не распространяются на утилизационные котлы, котлы с принудительной циркуляцией, экономайзеры и пароперегреватели.

3.3.5 Манометры и термометры.

3.3.5.1 Каждый котел должен иметь не менее двух манометров, соединенных с паровым пространством отдельными трубками с запорными клапанами или кранами. Между манометром и трубкой должны устанавливаться трехходовые краны или клапаны, позволяющие отключать манометр от котла, сообщать его с атмосферой, продувать соединительную трубку, а также подсоединять контрольный манометр.

3.3.5.2 Один из манометров необходимо устанавливать на переднем фронте котла, второй — на посту управления главными механизмами.

3.3.5.3 Для котлов с расчетной паропроизводительностью менее 750 кг/ч и для утилизационных котлов допускается установка одного манометра.

3.3.5.4 На выходе воды из экономайзера должна предусматриваться установка манометра.

3.3.5.5 Манометры должны иметь шкалу, достаточную для производства гидравлического испытания котла. На шкале манометра давление, соответствующее рабочему давлению пара в котле, должно быть отмечено красной чертой.

3.3.5.6 Манометры, устанавливаемые на котлах, должны быть защищены надлежащим образом от воздействия на них тепла горячих поверхностей котла.

3.3.5.7 Манометры должны быть проверены и опломбированы. Проверка манометров может осуществляться компетентными органами, признанными Обществом.

3.3.5.8 Пароперегреватели и экономайзеры должны быть снабжены термометрами. Наличие дистанционного контроля температуры не исключает необходимости установки местных термометров.

3.3.6 Предохранительные клапаны.

3.3.6.1 Каждый котел должен иметь не менее двух пружинных предохранительных клапанов одинаковой конструкции и одинакового размера, устанавливаемых на барабане, как правило, на общем патрубке, и один клапан, устанавливаемый на выходном коллекторе пароперегревателя. Предохранительный клапан пароперегревателя должен быть отрегулирован таким образом, чтобы он открывался раньше, чем предохранительный клапан, установленный на барабане.

Для паровых котлов с рабочим давлением пара [4,0 МПа] и более рекомендуется применять предохранительные клапаны импульсного действия.

Для паровых котлов с расчетной паропроизводительностью менее 750 кг/ч, а также для утилизационных котлов достаточно предусматривать один предохранительный клапан.

3.3.6.2 Суммарная площадь F (в мм²) свободного прохода предохранительных клапанов должна быть не менее определенной по формулам:

для насыщенного пара

$$F = k \frac{G \cdot 10^5}{p + 10^5}; \quad (3.3.6.2-1)$$

для перегретого пара

$$F = k \frac{G \cdot 10^5}{p + 10^5} \sqrt{\frac{v_n}{v_n}}, \quad (3.3.6.2-2)$$

где G — расчетная паропроизводительность, кг/ч;

p — рабочее давление, кгс/см² [Па];

Таблица 3.3.6.2

Высота подъема клапана h , мм	Коэффициент k
1	2
$\frac{d}{20} \leq h < \frac{d}{16}$	22

Высота подъема клапана h , мм	Коэффициент k
1	2
$\frac{d}{16} \leq h < \frac{d}{12}$	14
$\frac{d}{12} \leq h < \frac{d}{4}$	10,5
$\frac{d}{4} \leq h < \frac{d}{3}$	5,25
$\frac{d}{3} \leq h$	3,3
d — минимальный диаметр клапана, мм.	

v_n — удельный объем перегретого пара при соответствующем рабочем давлении и температуре, м³/кг;

v_n — удельный объем насыщенного пара при соответствующем давлении, м³/кг;

k — коэффициент, приведенный в табл. 3.3.6.2.

Диаметр предохранительных клапанов должен быть не менее 32 и не более 100 мм.

Общество после специального рассмотрения может допустить клапаны с меньшим проходным сечением, чем требуется формулами (3.3.6.2-1) и (3.3.6.2-2), если экспериментальным путем будет доказано, что пропускная способность этих клапанов не меньше расчетной паропроизводительности котла.

3.3.6.3 Площадь свободного прохода предохранительного клапана, установленного на неотключаемом пароперегревателе, может быть зачтена в общую площадь прохода клапанов, определяемую по формулам (3.3.6.2-1) и (3.3.6.2-2). Эта площадь должна составлять не более 25% суммарной площади свободного прохода клапанов.

3.3.6.4 Предохранительные клапаны должны регулироваться таким образом, чтобы максимальное давление при действии предохранительных клапанов превышало рабочее давление не более чем на 10%.

3.3.6.5 На экономайзерах должен предусматриваться пружинный предохранительный клапан диаметром не менее 15 мм.

3.3.6.6 При расположении предохранительных клапанов на общем патрубке площадь его сечения должна быть не менее 1,1 суммарной площади свободного прохода установленных клапанов.

3.3.6.7 Площадь сечения паропроводного патрубка предохранительного клапана, а также присоединяемой к нему трубы должна быть не менее удвоенной суммарной площади свободного прохода клапанов.

3.3.6.8 Для удаления конденсата на корпусе клапана или на паропроводящей трубе, если она расположена ниже клапана, должна быть предусмотрена спускная труба без запорных органов.

3.3.6.9 Предохранительные клапаны должны быть соединены непосредственно с паровым пространством котла без запорных органов. Установка подводящих труб к предохранительным клапанам внутри котла не допускается. Также запрещается установка на корпусах предохранительных клапанов или на их патрубках отбора пара для иных нужд.

3.3.6.10 Устройство клапанов должно быть таким, чтобы их можно было подорвать вручную при помощи специального привода. Управление приводом одного клапана должно находиться в помещении котельного отделения, второго — на верхней палубе или в другом всегда доступном месте вне котельного отделения.

Дистанционный привод к предохранительным клапанам пароперегревателей, утилизационных котлов и их паросборников (сепараторов) может иметь управление только из помещения котельного отделения.

3.3.6.11 Конструкция предохранительных клапанов должна допускать их пломбирование или иметь равноценное этому предохранение, исключающее возможность регулирования клапанов без ведома обслуживающего персонала.

Пружины предохранительных клапанов должны быть защищены от непосредственного воздействия на них пара и изготовлены так же, как уплотняющие поверхности седел и клапанов, из теплостойких и коррозионноустойчивых материалов.

3.3.7 Разобщительные клапаны.

3.3.7.1 Каждый котел должен быть отделен от всех соединенных с ним трубопроводов разобщительными клапанами, установленными непосредственно на котле.

3.3.7.2 Разобщительные клапаны главного и вспомогательного паропроводов, кроме местного управления, должны иметь дистанционные приводы для управления с верхней палубы или с другого, всегда доступного места, расположенного вне котельного отделения.

3.3.7.3 Если на судне установлен один главный котел или вспомогательный котел ответственного назначения с пароперегревателем или экономайзером, то пароперегреватель и экономайзер должны быть отключаемыми от котла.

3.3.7.4 Требования к паропроводам и трубопроводам продувания котлов изложены в разделе 13 части 8 «Системы и трубопроводы».

3.3.8 Клапаны продувания.

3.3.8.1 Котлы, их пароперегреватели, экономайзеры и паросборники должны быть снабжены устройствами для продувания и при необходимости клапанами для опорожнения.

Клапаны продувания и опорожнения должны устанавливаться непосредственно на стенках котла. При рабочем давлении менее [1,6 МПа] эти клапаны могут устанавливаться на приварных фасонных патрубках.

3.3.8.2 Внутренний диаметр клапанов и труб нижнего продувания должен быть не менее 20 и не более 40 мм. Для котлов с расчетной паропроизводительностью менее 750 кг/ч диаметр клапанов и труб может быть уменьшен до 15 мм.

3.3.8.3 В котлах со свободной поверхностью испарения следует предусматривать устройство верхнего продувания таким образом, чтобы обеспечивалось удаление пены и шлама со всей поверхности испарения.

3.3.9 Клапаны отбора проб котловой воды.

На каждом котле следует предусматривать на соответствующем месте не менее одного клапана или крана для отбора проб воды. Установка этих клапанов или кранов на трубах и патрубках, предназначенных для других целей, не допускается.

3.3.10 Клапаны для удаления воздуха.

На котлах, пароперегревателях и экономайзерах должны быть установлены в достаточном количестве клапаны или краны для удаления воздуха.

3.3.11 Отверстия для внутреннего осмотра.

3.3.11.1 Котлы должны быть оборудованы лазами для осмотра всех внутренних поверхностей. Если устройство лазов невозможно, то должны предусматриваться смотровые лючки.

3.3.11.2 Горловины лазов должны иметь размеры в свету не менее: 300×400 мм — для горловин овальной формы; 400 мм — для горловин круглой формы

В отдельных случаях по согласованию с Обществом размеры горловин лазов могут быть уменьшены до 280×380 мм и до 380 мм соответственно для горловин овальной и круглой формы. Горловины лазов овальной формы на цилиндрических стенках должны располагаться так, чтобы меньший размер горловин находился в продольном направлении.

3.3.11.3 Огнетрубные вертикальные котлы в районе рабочего уровня воды должны иметь на корпусе по крайней мере два смотровых лючка, расположенных друг против друга.

3.3.11.4 Все части котлов, препятствующие или затрудняющие свободный доступ и осмотр внутренних поверхностей, должны быть съемными.

4. УПРАВЛЕНИ, РЕГУЛИРОВАНИЕ, ЗАЩИТА И СИГНАЛИЗАЦИЯ КОТЛОВ

4.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

4.1.1 Требования настоящего раздела распространяются на котлы, требующие постоянного вахтенного обслуживания.

4.1.2 Требования к системам автоматизации и их элементам в котлах с постоянным вахтенным обслуживанием, а также дополнительные требования к объему автоматизации котлов с безвахтенным обслуживанием должны соответствовать части 15 «Автоматизация».

4.2 РЕГУЛИРОВАНИЕ

4.2.1 Главные водотрубные и вспомогательные водотрубные котлы ответственного назначения должны быть оборудованы автоматическими регуляторами питания и горения. Для других котлов установка этих регуляторов рекомендуется.

4.2.2 Регуляторы должны устойчиво поддерживать в заданных пределах уровень воды и другие регулируемые параметры на всем диапазоне нагрузок и обеспечивать быстрый переход от одного режима к другому.

4.3 ЗАЩИТА

4.3.1 Котлы должны быть оборудованы защитой по нижнему предельному уровню воды в котле.

4.3.2 Котлы с автоматическими регуляторами горения должны быть оборудованы защитой в соответствии с требованиями 5.3 настоящей части Правил.

4.4 СИГНАЛИЗАЦИЯ

4.4.1 Котлы с автоматическими регуляторами питания и горения должны быть оборудованы устройствами звуковой и световой сигнализации.

4.4.2 Сигнализация звуковая и световая должна действовать:

- при понижении уровня воды до нижнего предельного;
- при повышении уровня воды до верхнего предельного;
- при неисправностях в системах автоматического регулирования и устройствах защиты;
- при неисправностях в системе горения котлов (см. 5.3.3).

4.4.3 Сигнализация по нижнему предельному уровню главных и вспомогательных котлов ответственного назначения должна действовать раньше, чем сработает устройство защиты.

4.4.4 Должна предусматриваться возможность отключения звукового сигнала вручную после его срабатывания.

5. ТОПОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА КОТЛОВ, РАБОТАЮЩИХ НА ЖИДКОМ ТОПЛИВЕ.

5.2 ФОРСУНКИ

5.2.1 Конструкция форсунок должна обеспечивать возможность регулирования величины и формы факела.

5.2.2 Для форсунки с переменной производительностью должна быть обеспечена возможность регулирования количества необходимого для горения воздуха.

5.2.3 Приемные отверстия котельных вентиляторов рекомендуется защищать от попадания в них влаги и посторонних предметов.

5.3 ТОПОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

5.3.1 Требования настоящей главы распространяются на топочные устройства, оборудованные автоматическими регуляторами горения котлов с постоянным вахтенным обслуживанием.

5.3.2 Топочные устройства должны иметь блокировку, допускающую подачу топлива в топку котла только при следующих условиях:

- .1 форсунка находится в рабочем положении;
- .2 питание подано ко всему электрооборудованию;
- .3 воздух подан в топку котла;
- .4 запальная форсунка работает или включено электрическое зажигание.

5.3.3 Топочные устройства должны быть оборудованы защитой, срабатывающей в течение не более 1 с (для запальной форсунки не более 10 с) и автоматически прекращающей подачу топлива к форсунке:

- .1 в случае прекращения подачи воздуха в топку или недостаточного его напора;
- .2 при обрыве факела у форсунки;
- .3 при достижении нижнего предельного уровня воды котла.

5.3.4 Топочные устройства должны иметь средства контроля за наличием факела у форсунки. Это средство должно реагировать только на факел контролируемой форсунки.

5.3.5 Производительность растопочной форсунки должна быть такой, чтобы форсунка самостоятельно не могла держать котел под давлением при полном прекращении расхода пара.

При одновременной работе запальной и основной форсунок и срабатывании защиты в случаях, указанных в 5.3.3, запальная форсунка должна прекращать работу одновременно с основной форсункой.

5.3.6 Топочные устройства должны обеспечивать возможность управления ими вручную. Ручное управление должно предусматриваться непосредственно у котла.

5.3.7 Должна предусматриваться возможность отключения топочного устройства с двух мест, одно из которых должно быть расположено вне котельного помещения.

5.4 ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА

5.4.1 Трубопроводы и арматура топочных устройств должны удовлетворять требованиям 8.10 части 8 «Системы и трубопроводы».

5.4.2 На топливном трубопроводе у форсунок допускается применение гибких трубопроводов одобренного Обществом типа.

5.4.3 Должны быть приняты конструктивные меры, исключающие поворот и снятие форсунок со своих рабочих положений до прекращения подачи топлива к ним.

5.4.4 При использовании паровых или воздушных форсунок должны быть приняты меры, исключающие попадание пара или воздуха в топливо или наоборот.

5.4.5 При подогреве котельного топлива необходимо принять меры, исключающие возможность недопустимого его нагрева в подогревателях при снижении паропроизводительности котла или при выключении форсунок.

5.4.6 В местах возможной утечки топлива должны быть предусмотрены соответствующие поддоны.

5.4.7 Для наблюдения за процессом горения в топке котлов должны предусматриваться смотровые устройства. Должны быть предусмотрены приспособления, предотвращающие выброс пламени и горячего воздуха из топочного пространства при снятии форсунок.

5.4.8 Для тушения запальников ручного розжига котла должны быть предусмотрены соответствующие устройства.

6. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ И СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

6.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

6.1.1 Общие положения, касающиеся Освидетельствования, технической документации, изготовления, материалов и общих требований, предъявляемых к сосудам и теплообменным аппаратам, а также нормы расчета на прочность изложены в разделах 1 и 2.

6.1.2 Элементы теплообменных аппаратов и сосудов под давлением, соприкасающиеся с забортной водой или другими агрессивными средами, должны изготавливаться из коррозионноустойчивых материалов. При использовании иных материалов противокоррозионная защита их является предметом специального рассмотрения Обществом.

6.2 ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ

6.2.1 На сосуды и теплообменные аппараты распространяются требования, изложенные в 3.2.1, 3.2.2, 3.2.4, 3.2.6, 3.2.7, 3.2.9 и 3.2.10.

6.2.2 В необходимых случаях конструкция должна обеспечивать возможность тепловых удлинений корпуса и отдельных частей теплообменных аппаратов и сосудов под давлением.

6.2.3 Корпуса теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны иметь лапы для надежного закрепления их к фундаментам. В необходимых случаях должно предусматриваться верхнее крепление.

6.2.4 Дополнительные требования приведены в 1.14 части 7 «Механические установки».

6.3 АРМАТУРА И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

6.3.1 Каждый теплообменный аппарат и сосуд под давлением должны быть оборудованы неотключаемыми предохранительными клапанами. При наличии нескольких несообщающихся полостей предохранительные клапаны должны предусматриваться для каждой полости.

Гидрофоры должны снабжаться предохранительным клапаном, устанавливаемым на стороне водяного пространства.

6.3.2 Предохранительные клапаны, как правило, должны быть пружинными. В подогревателях топлива и масла допускается применение предохранительных мембран одобренного Обществом типа, устанавливаемых на стороне топлива и масла.

6.3.3 Предохранительные клапаны должны иметь такую пропускную способность, чтобы при любых обстоятельствах рабочее давление не могло быть превышено более чем на 15%.

6.3.4 Конструкция предохранительных клапанов должна допускать их пломбирование или должна иметь равноценное этому предохранение, исключающее возможность регулирования клапанов без ведома обслуживающего персонала.

Материал пружин и уплотняющих поверхностей клапанов должен быть стойким против коррозионного воздействия среды.

6.3.5 Установка указателей уровня и смотровых стекол на теплообменных аппаратах и сосудах под давлением разрешается только в тех случаях, когда этого требуют условия контроля и наблюдения. Указатели уровня и смотровые стекла должны быть надежной конструкции и надлежащим образом защищены. В указателях уровня, содержащих пар, топливо и масло, должны применяться плоские стекла.

6.3.6 Теплообменные аппараты и сосуды под давлением должны иметь запорные органы, устанавливаемые непосредственно на корпусе и предназначенные для отключения от присоединенных к ним трубопроводов.

6.3.7 Сосуды и теплообменные аппараты должны быть оборудованы устройствами продувания и дренажа.

6.3.8 Для осмотра внутренних поверхностей теплообменного аппарата и сосуда под давлением должны предусматриваться лазы. Если устройство лазов невозможно, в соответствующих местах необходимо предусмотреть смотровые лючки. При длине теплообменного аппарата и сосуда под давлением более 2,5 м смотровые лючки должны предусматриваться с обоих концов.

Устройство смотровых лазов и лючков не требуется при разборной конструкции или при полном исключении коррозии и загрязнения внутренних стенок.

В теплообменных аппаратах и сосудах, конструкция которых исключает возможность осмотра через лазы и лючки, устройство последних не обязательно.

Размеры горловин лазов указаны в 3.3.11.2.

6.3.9 Каждый теплообменный аппарат и сосуд под давлением или неотключаемые их группы должны оборудоваться манометрами или мановакуумметрами. В теплообменных аппаратах, имеющих несколько полостей, манометры должны предусматриваться для каждой полости.

Манометры должны удовлетворять требованиям 3.3.5.1, 3.3.5.5 и 3.3.5.7.

6.4 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛООБМЕННЫМ АППАРАТАМ И СОСУДАМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

6.4.1 Воздухохранители.

6.4.1.1 Предохранительные клапаны воздухохранителей главных и вспомогательных двигателей после подрыва должны полностью прекращать выход воздуха при снижении давления в воздухохранителе не более чем на 15% рабочего давления.

6.4.1.2 Если компрессоры, редукционные клапаны или трубопроводы, от которых воздух подается в воздухохранители, имеют предохранительные клапаны, установленные так, что исключается подача воздуха в воздухохранители давлением выше рабочего, то установка предохранительного клапана на воздухохранителе необязательна. В этом случае на каждом воздухохранителе вместо предохранительного клапана должна устанавливаться легкоплавкая пробка.

6.4.1.3 Легкоплавкая пробка должна иметь температуру плавления в пределах 100—130° С. На легкоплавкой пробке должна быть выбита температура плавления.

Для воздухохранителей вместимостью более 700 л диаметр легкоплавкой пробки должен быть не менее 10 мм.

6.4.1.4 Каждый воздухохранитель должен быть оборудован устройством для удаления влаги. При горизонтальном расположении воздухохранителя устройство для удаления влаги следует предусмотреть с обоих концов воздухохранителя.

6.4.2 Конденсаторы.

6.4.2.1 Конструкция конденсатора и его расположение на судне должны обеспечивать возможность замены трубок.

Корпус главного конденсатора, как правило, должен быть стальным сварной конструкции.

Внутри конденсатора в местах подвода пара избыточного давления должны быть предусмотрены отражательные щиты для предохранения трубок от непосредственного удара пара.

Конструкция крепления трубок должна исключать их провисание и опасную вибрацию.

6.4.2.2 Крышки водяных камер конденсатора должны иметь горловины, количество и расположение которых должно обеспечивать доступ к трубкам в любой части трубного пучка для вылавливания, замены уплотнения или глушения трубок.

Для защиты водяных камер, трубных досок и трубок от электролитической коррозии должна предусматриваться протекторная защита.

6.4.2.3 Главный конденсатор должен допускать работу в аварийном режиме при любом отключенном корпусе турбоагрегата.

6.4.2.4 Конструкция конденсатора должна допускать возможность подключения к нему контрольных и измерительных приборов, требуемых согласно 14.4 части 8 «Системы и трубопроводы».

6.4.3 Теплообменные аппараты и сосуды холодильных и противопожарных установок.

6.4.3.1 Теплообменные аппараты и сосуды холодильных и противопожарных установок должны удовлетворять требованиям частей 12 «Холодильные установки» и 6 «Противопожарная защита» соответственно.

6.4.4 Сосуды под давлением в составе технологического оборудования.

6.4.4.1 Периодически открываемые крышки сосудов должны быть оборудованы устройствами, предотвращающими их неполное закрытие или самопроизвольное открытие. При этом должна исключаться возможность открытия крышки при наличии в сосуде избыточного давления или вакуума, а также нагружения сосуда давлением при неполном закрытии крышки.

6.4.4.2 Внутренние устройства сосудов (мешалки, змеевики, тарелки, перегородки и т. п.), препятствующие внутреннему осмотру, должны быть съемными.

6.4.4.3 Смотровые стекла диаметром не более 150 мм, предназначенные для наблюдения за рабочим пространством смесителей, допускается устанавливать на сосудах, имеющих давление не более [0,25 МПа].

6.4.4.4 У сосудов с давлением более [0,25 МПа] конструкция закрытий загрузочных отверстий должна быть выполнена таким образом, чтобы при нарушении уплотнения крышки пар отводился в безопасном для обслуживающего персонала направлении.

6.4.4.5 Сосуды, работающие под вакуумом и обогреваемые паром или горячей водой с температурой выше 115° С, должны оборудоваться предохранительными клапанами, предотвращающими при нарушении герметичности системы обогрева возникновение в полости, работающей под вакуумом, избыточного давления, превышающего 0,85 испытательного. Эти сосуды должны быть рассчитаны на прочность при расчетном давлении, равном давлению открытия предохранительного клапана. При этом расчетные напряжения в стенках сосуда не должны превышать 0,8 предела текучести при расчетной температуре.

6.4.4.6 Прочность фланцев, болтов или шпилек периодически открываемых крышек должна быть подтверждена расчетом. При этом расчетные напряжения в них не должны превышать 0,4 предела текучести при расчетной температуре.

Диаметр болтов и шпилек во всех случаях должен быть не менее 16 мм.

6.4.4.7 Для мешалок, обогреваемых паром или водой, а также стенок смесительных камер сосудов, соприкасающихся с обрабатываемым сырьем, прибавка к расчетной толщине стенок должна приниматься не менее 2 мм.

6.4.5 Баллоны.

6.4.5.1 Настоящие требования распространяются на баллоны, изготавливаемые по стандартам и стационарно устанавливаемые в судовых системах и устройствах для хранения сжатых или сжиженных газов (включая воздух), а также на баллоны запаса холодильного агента для судовых холодильных установок.

Настоящие требования могут также распространяться на баллоны углекислотных противопожарных установок в той мере, в какой это возможно и целесообразно.

6.4.5.2 Максимально допустимое давление при заданных размерах и толщине стенки баллона должно приниматься не более определенного по формуле

$$p_d = \frac{1,05\sigma_s \varphi (s - c)}{D_H - (s - c)} \quad (6.4.5.2)$$

где s — толщина стенки цилиндрической части баллона, мм;

D_H — наружный диаметр баллона, мм;

c — прибавка, равная 1 мм;

σ_s — предел текучести или условный предел текучести стали, Па при 20° С. Если отношение предела текучести к пределу прочности стали превышает значения, указанные в 2.1.5.2, то следует принимать:

$\sigma_s = 0,65\sigma_b$ — для углеродистых сталей;

$\sigma_s = 0,70\sigma_b$ — для легированных сталей;

σ_b — предел прочности, Па, при 20° С;

φ — коэффициент прочности (см. 2.1.6).

Если расчетное давление p для конкретного газа окажется выше максимально допустимого p_d , необходимо обеспечить поддержание такой температуры окружающей среды, чтобы расчетное давление газа при этой температуре не превышало p_d .

При невозможности поддержания температуры окружающей среды ниже критической температуры для данного газа расчетное давление должно устанавливаться изменением весового содержания газа в баллоне из условия $p < p_d$.

П р и м е ч а н и е. Расчетное давление p в кгс/см² [Па] определяется в зависимости от свойств газа по диаграммам состояния при расчетной температуре:

50° С — для судов неограниченного района плавания;

40° С — для судов ограниченного района плавания в умеренных широтах.

6.4.5.3 Каждый баллон или его клапанная головка должны быть оборудованы неотключаемым предохранительным устройством (разрывной мембраной, предохранительным клапаном или легкоплавкой пробкой), предохраняющим баллон от недопустимого повышения давления при повышении температуры. Предохранительные клапаны и легкоплавкие пробки должны удовлетворять требованиям 6.3.3, 6.4.1.1, 6.4.1.2 и 6.4.1.3.

Давление срабатывания предохранительных мембран должно находиться в диапазоне $1,1p \dots 0,9p_{пр}$, где p — расчетное давление, а $p_{пр}$ — пробное гидравлическое давление, принимаемое $p_{пр} \geq 1,5p$.

6.4.5.4 Для баллонов емкостью менее 100 л по согласованию с Обществом предохранительные устройства могут не предусматриваться при условии выполнения следующих требований:

.1 баллоны не должны располагаться в прочном корпусе судна ниже верхней палубы;

.2 температура в помещениях, в которых устанавливаются баллоны, должна быть не выше указанной в 6.4.5.2;

.3 помещения для баллонов должны располагаться в отдалении от жилых и служебных помещений, а также от мест и помещений, где установлено важное для безопасности судна оборудование или хранятся легковоспламеняющиеся вещества и топливо.

Выходы из помещений баллонов должны устраиваться на открытую палубу. Переборки и палубы, образующие помещения для баллонов, должны быть стальными. Кроме поверхностей, являющихся наружными стенками надстроек и рубок, все прочие переборки и палубы этого помещения должны быть выполнены как конструкции типа А-60.

6.4.5.5 От предохранительных устройств, как правило, должен предусматриваться закрытый отвод газа в атмосферу.

Отвод газов от предохранительных устройств непосредственно в помещение, где установлены баллоны, является предметом специального рассмотрения Обществом.

6.4.5.6 На баллонах, не заполняемых при помощи судовых средств (судовых компрессоров и т. п.), установка манометров необязательна.

6.4.5.7 Баллоны при необходимости должны оборудоваться надлежащими устройствами продувания и дренажа.

7. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЧНОСТИ КОТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ.

7.1 Пределы текучести в зависимости от расчетной температуры [МПа]

Таблица 7.1

Марка стали	Предел прочност и σ_v , [МПа]	Расчетная температура, °С							
		20	100	200	250	300	350	400	450
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Углеродистая сталь 10	[340]	20 [200]	19 [190]	18 [180]	16,5 [165]	15 [150]	13 [130]	11 [110]	8 [80]
Углеродистые стали 12К и 15К	[360]	21 [210]	20 [200]	18,5 [185]	17 [170]	14,5 [145]	12 [120]	10 [100]	8 [80]
Углеродистая сталь Ст3	[380]	21 [210]	20 [200]	19 [190]	18 [180]	16 [160]	—	—	—
Углеродистые стали 16К, 20 и 20К	[410]	24 [240]	23 [230]	21 [210]	19 [190]	16 [160]	14 [140]	12 [120]	10 [100]
Углеродистая сталь 18К	[440]	26 [260]	25 [250]	23 [230]	21 [210]	18 [180]	16 [160]	14 [140]	12 [120]
Легированная сталь 15ХМ	[450]	23 [230]	23 [230]	22,5 [225]	22 [220]	22 [220]	21 [210]	20 [200]	19,5 [195]

Легированная сталь 12Х1МФ	[450]	26 [260]	26 [260]	25,5 [255]	25 [250]	24 [240]	23 [230]	22 [220]	21 [210]
Легированные стали 16ГС и 09Г2С	[460]	27 [270]	26 [260]	24 [240]	23 [230]	20 [200]	18 [180]	16 [160]	12,5 [125]
Сталь с повышенным содержанием марганца 22ГК	[540]	34 [340]	33 [330]	31 [310]	29 [290]	28 [280]	26 [260]	25 [250]	24 [240]

7.2 Пределы длительной прочности в зависимости от расчетной температуры кгс/мм³ [МПа]

Таблица 7.2

Марка стали	Предел прочности σ_b , [МПа]	Предел текучести σ_s , [МПа]	Расчетная температура, °C							
			370	380	390	400	410	420	430	440
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Углеродистые стали 10, 12К и 15К	34—36 [340—360]	20—21 [200—210]	19 [190]	16 [160]	14 [140]	12 [120]	10,5 [105]	9 [90]	7,5 [75]	6,5 [65]
Углеродистые стали 16К, 18К, 20 и 20К	41—44 [410—440]	24—26 [240—260]	22 [220]	19 [190]	16,5 [165]	14,5 [145]	13 [130]	11 [110]	10 [100]	8,5 [85]
Легированная сталь 15ХМ	45 [450]	23 [230]	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Легированная сталь 12Х1МФ	45 [450]	26 [260]	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
Легированные стали 16ГС и 09Г2С	46 [460]	27 [270]	26 [260]	22 [220]	19 [190]	17 [170]	15 [150]	13 [130]	11,5 [115]	10 [100]
Сталь с повышенным содержанием марганца 22ГК	54 [540]	34 [340]	25 [250]	23 [230]	21 [210]	19 [190]	17 [170]	16 [160]	14 [140]	12 [120]

Продолжение табл. 7.2

Марка стали	Предел прочности и σ_b , [МПа]	Предел текучести и σ_s , [МПа]	Расчетная температура, °С								
			450	460	470	480	490	500	510	520	530
1	2	3	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Углеродистые стали 10, 12К и 15К	34—36 [340—360]	20—21 [200—210]	6,0 [60]	—	—	—	—	—	—	—	—
Углеродистые стали 16К, 18К, 20 и 20К	41—44 [410—440]	24—26 [240—260]	7,0 [70]	—	—	—	—	—	—	—	—
Легированная сталь 15ХМ	45 [450]	23 [230]	27 [270]	25 [250]	23 [230]	20 [200]	16 [160]	14 [140]	12 [120]	10,5 [105]	9 [90]
Легированная сталь 12Х1МФ	45 [450]	26 [260]	—	—	—	20 [200]	19 [190]	18 [180]	17 [170]	15,5 [155]	14 [140]
Легированные стали 16ГС и 09Г2С	46 [460]	27 [270]	9 [90]	8 [80]	7 [70]	—	—	—	—	—	—
Сталь с повышенным содержанием марганца 22ГК	54 [540]	34 [340]	10,5 [105]	9,5 [95]	8,5 [85]	7,5 [75]	7,0 [70]	6,0 [60]	5,0 [50]	3,5 [35]	2,5 [25]

ПРИЛОЖЕНИЕ

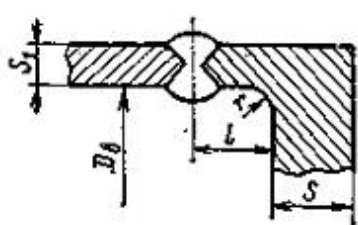
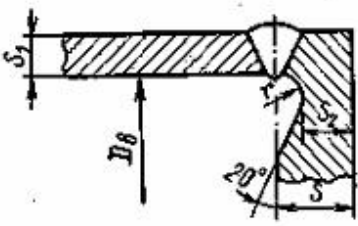
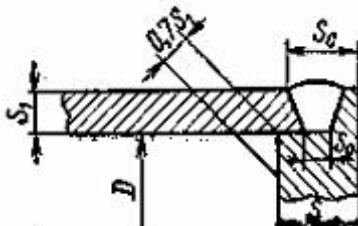
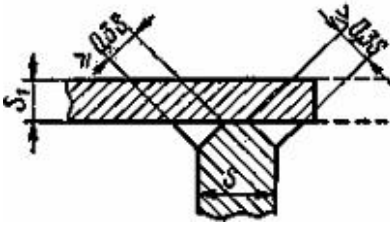
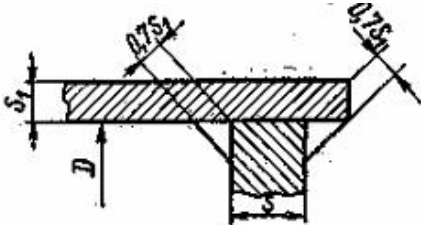
**ТИПОВЫЕ ПРИМЕРЫ ДОПУСКАЕМЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ
КОТЛОВ, ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ И СОСУДОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

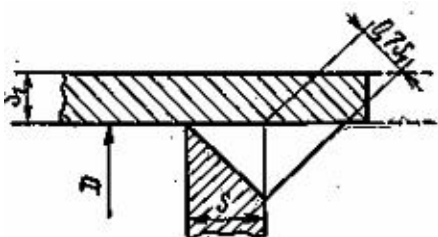
Размеры конструктивных элементов подготовленных кромок свариваемых деталей и размеры швов сварных соединений следует принимать в соответствии с национальными стандартами с учетом способа сварки.

Типовые примеры допускаемых сварных соединений приведены в настоящем приложении. Различные варианты сварных соединений не должны рассматриваться как эквивалентные друг другу, а последовательность расположения сварных соединений не свидетельствует о порядке их расположения по прочностным характеристикам. Представленные варианты сварных соединений деталей следует применять при условии обеспечения надлежащей прочности конструкции.

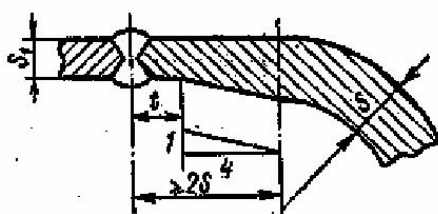
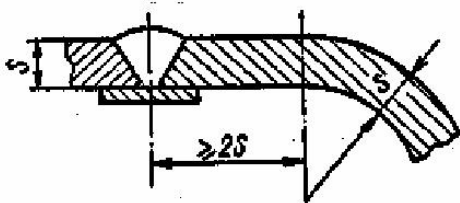
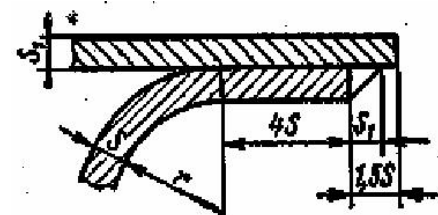
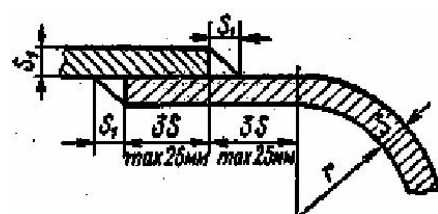
В зависимости от характеристик применяемых материалов, а также от дальнейшего развития техники сварки могут быть допущены и другие варианты сварных соединений. В этом случае, а также в том случае, когда типовые примеры сварных соединений не могут быть применены полностью, тип сварного соединения должен быть согласован с Обществом.

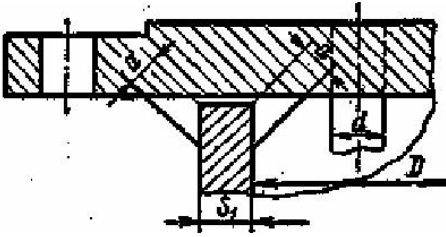
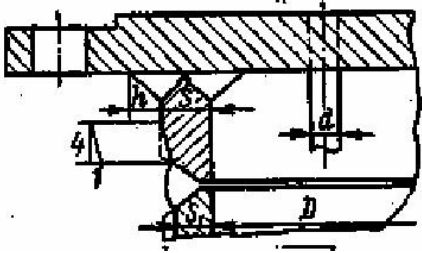
Допускаемые сварные соединения

1. Плоские днища и крышки		
1.1		$C = 0,38$ $r \geq s/3$, но не менее 8 мм $l \geq s$
1.2		$C = 0,45$ $r \geq 0,2s$, но не менее 5 мм См. примечание 1
1.3		$C = 0,5$ $s_0 \leq s_1$, но не менее 6,5 мм $s_c \geq 1,25s_1$ См. примечание 1
1.4		$C = 0,45$ См. примечание 1
1.5		$C = 0,55$ См. примечание 1

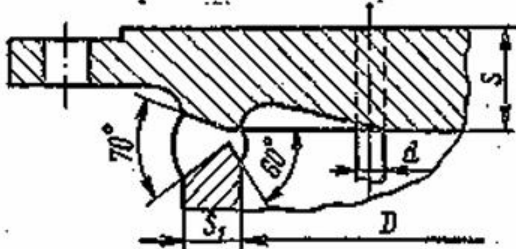
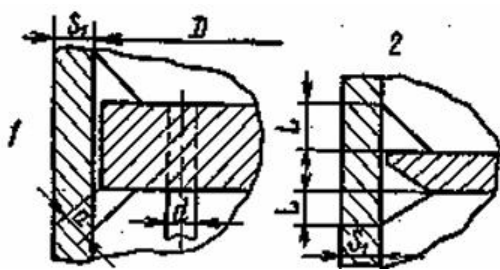
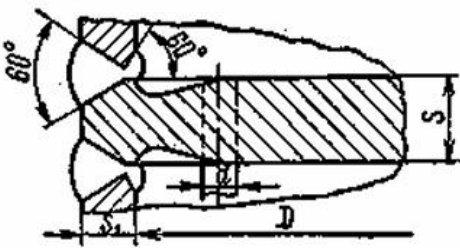
1.6		$C = 0,57$
-----	---	------------

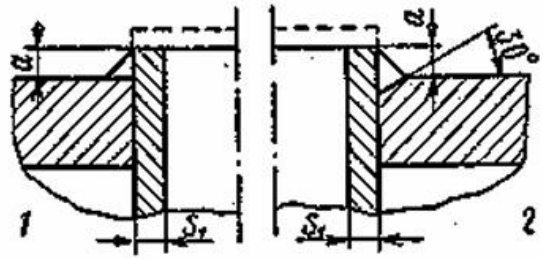
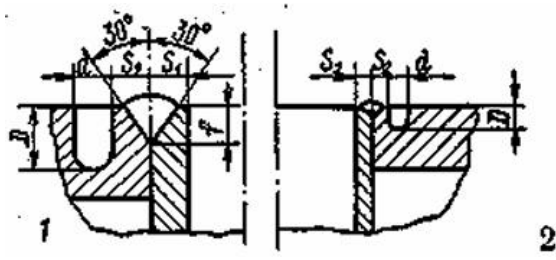
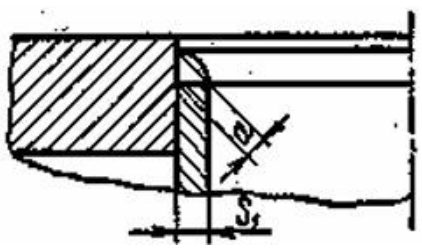
Продолжение

2 Выпуклые днища		
2.1		Допускается для котлов и сосудов под давлением 1, 11 и 111 групп См. примечания 2, 19, 24
2.2		Допускается для котлов и сосудов под давлением 11 и 111 групп См. примечание 24
2.3		Следует избегать данное соединение. Допускается только для сосудов 111 группы, где не имеется опасности коррозии $s_1 \leq 16 \text{ мм}$ $D_B \leq 600 \text{ мм}$
2.4		Допускается только для сосудов 111 группы См. примечание 24 $s_1 \leq 16 \text{ мм}$ $D_B \leq 600 \text{ мм}$
3 Трубные решетки		

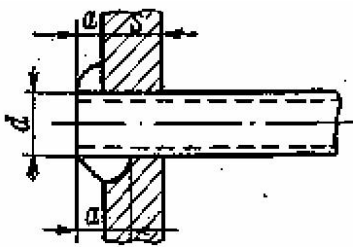
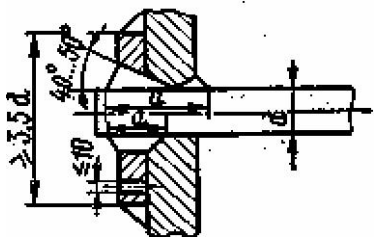
3.1		$C = 0,45$ $a = 0,7s_1$ $s_1 \leq 16 \text{ мм}$ См. примечания 3, 4
3.2		$C = 0,45$ $h = 1/3 s_1$ $h > 6 \text{ мм}$ $s_1 > 16 \text{ мм}$ См. примечания 5, 6

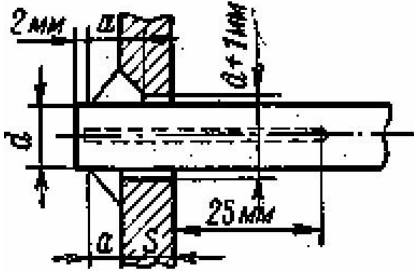
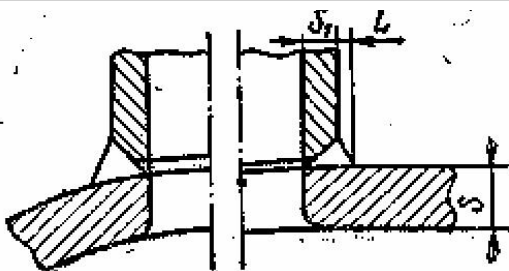
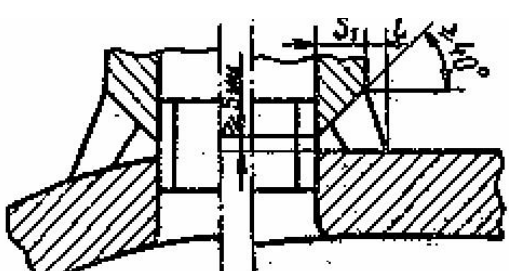
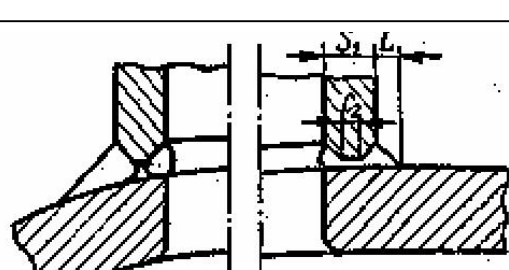
Продолжение

3.3		$C = 0,45$ $r \geq 0,2s$, но не менее 5 мм См. примечание 7
3.4		$C = 0,45$ Вариант 1: $a \geq 0,7s_1$, но при $a > 13 \text{ мм}$ предпочтительнее вариант 2, где $L = 1/3 s_1$, но не менее 6 мм См. примечание 8
3.5		$C = 0,45$ $r \geq 0,2s$, но не менее 5 мм См. примечание 7
4 Трубы		

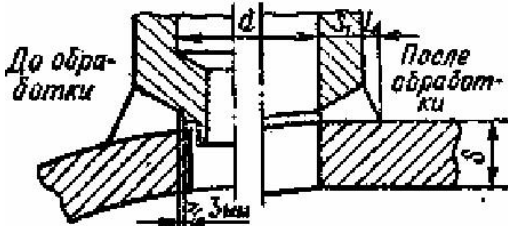
4.1		$a = s_1$ $a \geq 5 \text{ мм}$ $s_1 \geq 2,5 \text{ мм}$ См. примечания 9, 10, 11
4.2		$d = s_1$ Вариант 1: $s_1 \geq 5 \text{ мм}$, $s_2 = s_1$ $f = s_1$ $1,5s_1 < D < 2s_1$ Вариант 2: $s_1 < 5 \text{ мм}$ См. примечание 12
4.3		$a = 0,7s_1$ $s_1 \geq 3 \text{ мм}$ См. примечание 13

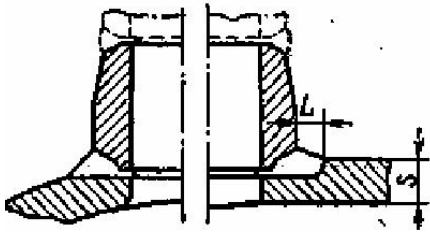
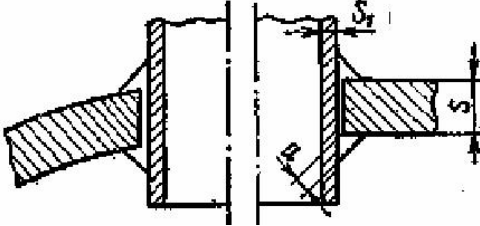
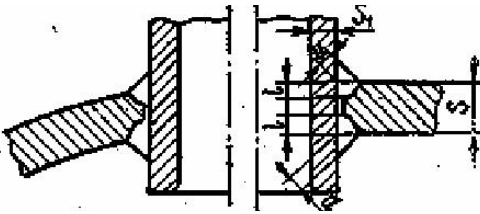
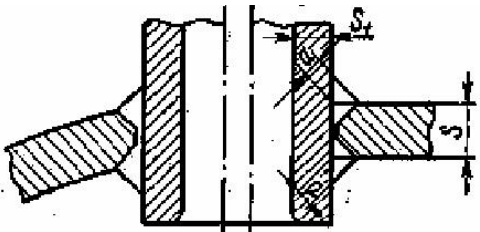
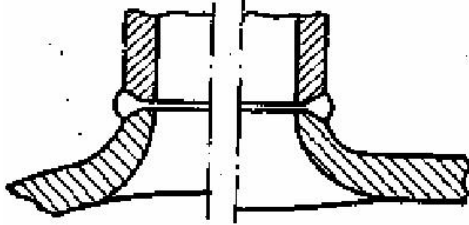
Продолжение

5 Анкерные связи, анкерные трубы и короткие связи		
5.1		$C = 0,42$
5.2		$C = 0,34$

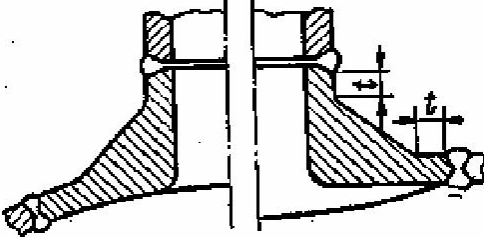
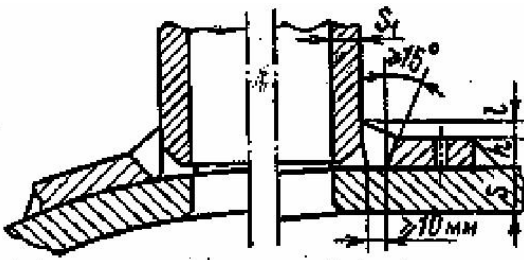
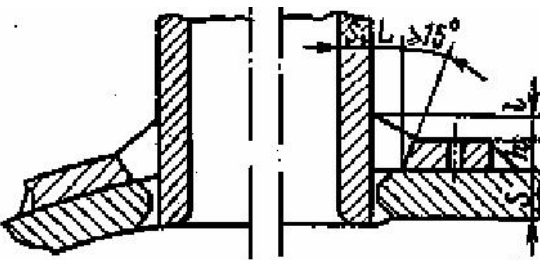
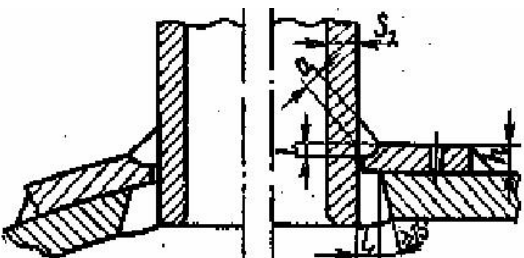
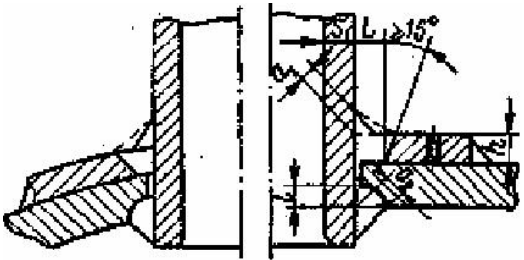
5.3		$C = 0,38$
6 Патрубки, штуцеры, приварыши		
6.1 Приварные патрубки — несквозные		
6.1.1		$s_1 \leq 16 \text{ мм}$ $L = 1/3 s_1$, но не менее 6 мм
6.1.2		$L \geq 1/3 s_1$, но не менее 6 мм См. примечания 14, 15
6.1.3		$c_2 = 1,5 \dots 2,5 \text{ мм}$ $L \geq 1/3 s_1$, но не менее 6 мм См. примечание 16

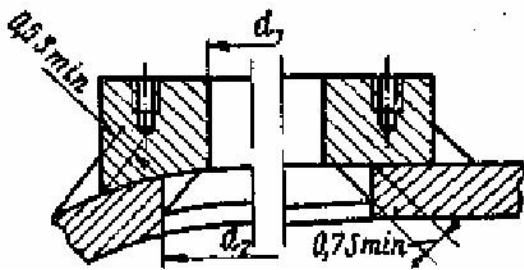
Продолжение

6.1.4		$L \geq 1/3 s_1$, но не менее 6 мм См. примечания 17, 18
-------	---	--

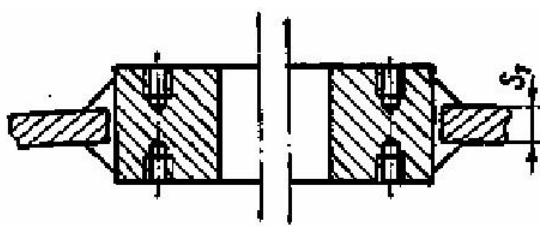
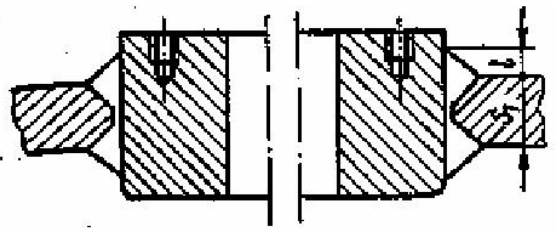
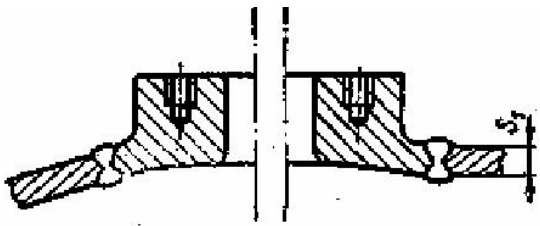
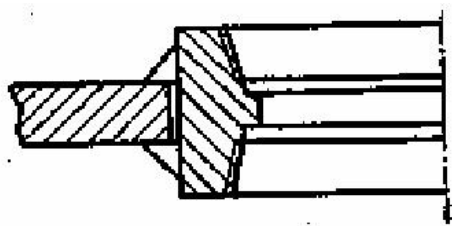
6.1.5		$L = 10 \dots 13 \text{ мм}$ См. примечание 17
6.2 Приварные патрубки — сквозные		
6.2.1		Соединение применяется в основном при $s_1 < 1/2 s$ $a = s_1$
6.2.2		Соединение применяется в основном при $s_1 = 1/2 s$ $a = 6 \dots 13 \text{ мм}$ $a + l = s_1$
6.2.3		Соединение применяется в основном при $s_1 > 1/2 s$ $a \geq 1/10 s$, но не менее 6 мм
6.3 Высаженные штуцеры		
6.3.1		

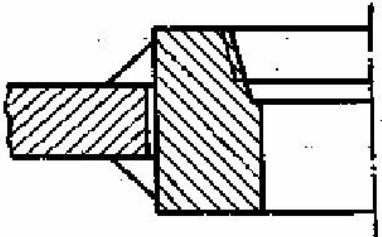
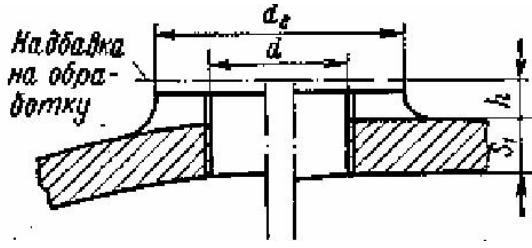
Продолжение

6.3.2		См. примечание 19
6.4 Патрубки с дискообразными укрепляющими накладками		
6.4.1		$L \geq 1/3 s_1$, но не менее 6 мм
6.4.2		$L \geq 1/3 s_1$, но не менее 6 мм $L \geq 10$ мм
6.4.3		$a + l = s_1$ или h , при этом принимается наименьшая величина $L \geq 10$ мм
6.4.4		$a_2 + l \geq s_1$ $L \geq 10$ мм $2s_1 \leq (a_2 + l) + \text{наименьшая из величин } (h + a_1) \text{ или } L$
6.5 Приварыши и штуцеры с призонными болтами		

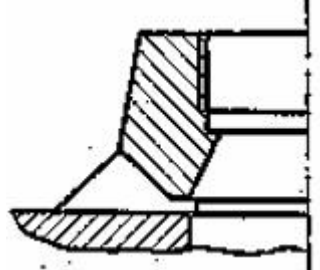
6.5.1		$d_2 \leq d_1 + 2s_{1n}$ См. примечание 20
-------	---	---

Продолжение

6.5 Приварыши и штуцеры с призонными болтами		
6.5.2		$s_1 \leq 10 \text{ мм}$ См. примечания 21, 22
6.5.3		$t \geq 6 \text{ мм}$ $s_1 \leq 20 \text{ мм}$
6.5.4		$s_1 \geq 20 \text{ мм}$
6.6 Патрубки для резьбовых соединений		
6.6.1		

6.6.2		
6.6.3		$d \leq s_1$ $d_c = 2d$ $h \leq 10 \text{ мм}$ $h \leq 0,5s_1$ См. примечание 23

Продолжение

6.6.4		
-------	--	--

Примечания.

1. Сварное соединение применимо для котлов с диаметром обечайки до 610 мм. Для сосудов под давлением оно может применяться без ограничений, если $\sigma_b \leq [470 \text{ МПа}]$ или $\sigma_s \leq [370 \text{ МПа}]$.
2. Уменьшение толщины обечайки или фланцевого участка днища может быть выполнено с внутренней или с наружной стороны.
3. Тип сварного соединения для случаев, когда сварка доступна с обеих сторон обечайки.
4. Для обечаек толщиной более 16 мм угловые швы выполняются с разделкой кромок обечайки согласно рис. 3.2.
5. Тип сварного соединения для случаев, когда сварка доступна только с наружной стороны обечайки.
6. Для обечаек толщиной менее 16 мм угловые швы могут выполняться без разделки кромок обечайки. Высота кольца должна быть не менее 40 мм.
7. Трубные решетки следует подвергать тщательному осмотру во избежание наличия расслоений.
8. Зазор между внутренним диаметром обечайки и наружным диаметром трубной решетки следует уменьшать до минимально возможного.
9. Конец трубы, выступающий за пределы сварного шва, удаляется фрезеровкой или шлифованием.
10. Расстояние между трубами должно быть не менее $2,5s_1$, но не менее 8 мм.
11. При ручной электродуговой сварке необходимо, чтобы толщина $s_1 \geq 2,5 \text{ мм}$.

12. Рекомендуется в том случае, когда необходимо свести до минимума деформации трубной решетки, возникающие при сварке.
13. Приварка труб производится ручной электродуговой сваркой.
14. Материал подкрепляющего кольца должен быть таким же, как и материал обечайки, к которой приваривается патрубок.
15. Подкрепляющее кольцо должно быть плотно пригнано и после сварки удалено.
16. Применяется в том случае, когда возможна сварка с внутренней стороны патрубка.
17. Применяется для патрубков малых размеров по сравнению с размерами сосуда.
18. После сварки патрубков обрабатывается до конечного размера d .
19. Цилиндрические участки t должны иметь размеры, позволяющие производить рентгенографирование в случае необходимости.
20. Зазор между дискообразной накладкой и сосудом не должен превышать 3 мм.
21. Зазор между диаметром отверстия и наружным диаметром штуцера должен быть как можно меньше и в любом случае не должен превышать 3 мм.
22. Верхние отверстия для призонных болтов должны быть смещены по отношению к нижним отверстиям.
23. Суммарная толщина обечайки сосуда и наплавленного металла должна быть достаточной для обеспечения необходимого числа витков нарезки.
24. Котлы и сосуды под давлением подразделяются на следующие группы:
 - группа I*
котлы с рабочим давлением более [0,35 МПа],
сосуды под давлением с рабочей средой, имеющей температуру свыше 350 °С,
необогреваемые сосуды с рабочим давлением, превышающим [4 МПа],
необогреваемые сосуды под давлением с толщиной стенки свыше 35 мм,
сосуды под давлением для ядовитых или легковоспламеняющихся жидкостей;
 - группа II*
котлы с рабочим давлением [0,35 МПа] и менее,
сосуды под давлением с рабочей средой, имеющей температуру от 120 до 350 °С,
необогреваемые сосуды с рабочим давлением свыше [1,6 МПа], но не более [4 МПа],
необогреваемые сосуды под давлением с толщиной стенки от 16 до 35 мм;
 - группа III*
сосуды под давлением, не вошедшие в вышеуказанные группы I и II (температура рабочей среды до 120 °С, рабочее давление до [1,6 МПа], толщина стенки до 16 мм).