

КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР

ПОСОБИЕ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТОВ ПАРОПРИЕМНИКОВ И АППАРАТОВ

ПЕРЕВОД С НЕМЕЦКОГО
ИНЖ. И. Ф. БАБИЦКОГО и ИНЖ. В. И. КОЛЛЕГОРСКОГО
В ПЕРЕРАБОТКЕ И С ДОПОЛНЕНИЯМИ
ИНЖ. И. Ф. БАБИЦКОГО
ПОД РЕДАКЦИЕЙ И С ПРЕДИСЛОВИЕМ
ПРОФ. Н. И. ГЕЛЬПЕРИНА

ПОСЛАНИЕ
153754

пр 9107

ОНТИ НКТП СССР
ГОСМАШМЕТИЗДАТ
1 9 3 4

Республиканская
научно-техническая
библиотека

Handbuch zum Dampfpaß- und Apparatebau

G. Hönnicke

Mit 213 Textabbildungen
und 116 Zähltafeln



Berlin
Verlag von Julius Springer
1924

Книга представляет собой переработанный и значительно дополненный инж. И. Ф. Бабициным перевод труда G. Hönnicke — „Handbuch zum Dampfpaß und Apparatebau“. В настоящем виде книга является одним из наиболее полных из имеющихся на рынке пособий для конструирования пароприемников и аппаратов.

Книга является учебным пособием для студентов машиностроительных вузов, специализирующихся по химическому машиностроению, а также для конструкторов, работающих в этой области.

От редактора	5	D. Соединения в стальных (железных) сосудах	
Предисловие к русскому изданию	7	1. Заклепочные швы в стали	128
От автора	7	2. Заклепочные швы с постоянным коэффициентом прочности φ	146
A. Общая часть		3. Заклепки по ОСТ для котло- и аппаратостроения и размеры заклепочных швов	161
1. Введение	9	4. Вырезы и лазы	171
2. Пробные давления для аппаратов	11	5. Сварные швы и сварка	177
3. Арматура для аппаратов	13	6. Болты и фланцы	209
4. Главные материалы для пароприемников и аппаратов	13	7. Болты нажимные и болты, передающие движение	240
5. Изготовление пароприемников	27	8. Лапы и опоры	245
B. Размеры сосудов		E. Стальные (железные) трубы и фланцы для трубопроводов и арматуры	
1. Цилиндрические сосуды	35	1. Расчет	250
2. Емкости цилиндрических сосудов	45	2. Соединения для сосудов и отводов, смотровые окна и материал для уплотнения	288
3. Выпуклые котельные днища	48		
4. Шар	51	F. Стенки медных сосудов	
5. Прямоугольные резервуары	53	1. Медные цилиндры для внутреннего избыточного давления	313
C. Стенки стальных (железных) сосудов		2. Медные цилиндры для наружного избыточного давления	318
1. Стальные цилиндры с внутренним избыточным давлением	55	3. Определение веса полых цилиндров из меди, никеля, латуни, нового серебра и алюминия	324
2. Стальные цилиндры с наружным избыточным давлением	61	4. Днища медных сосудов	325
3. Веса стальных цилиндров	68	5. Плоские плиты, укрепленные связями, двойные плиты и трубные плиты (решетки) из меди	330
4. Выпуклые днища из литой стали при внутреннем избыточном давлении	71		
5. Выпуклые днища из литой стали при наружном избыточном давлении	82	G. Швы в медных сосудах	
6. Размеры и веса выпуклых днищ	86	1. Швы фальцем или пайкой мягким припоем	343
7. Плоские котельные днища литой стали	103	2. Медные заклепочные швы с уплотнением их опайкой мягким припоем	345
8. Плоские стенки, укрепленные связями, двойные плиты, трубные плиты (решетки) из литой стали	111	3. Чеканенные медные заклепочные швы	351
9. Открытые резервуары под налив из ковкой стали	121	4. Сварные и паяные твердым припоем швы	356
10. Части стенок и сосуды из чугуна и стального литья	125	5. Болтовые соединения у медных сосудов	364

Н. Трубы из цветных металлов. соединительные части и т. д.

1. Металлические трубы	381
2. Фасонные и промежуточные части и принадлежности для медных труб	388

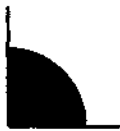
3. Соединения, проходы и т. д. в стенках сосудов	406
Заключительные замечания	420
Дополнения I—II	424
Перечень таблиц	506

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

<i>ат</i> — атмосфера	
<i>ата</i> — атмосфера абсолютная	
<i>ати</i> — атмосфера избыточная	
<i>мм</i> — миллиметр	
<i>см</i> — сантиметр	
<i>дм</i> — дециметр	
<i>кг</i> — килограмм	
<i>кг/см²</i> — килограмм на 1 кв. сантиметр	
<i>л</i> — литр	
<i>м³</i> — куб. метр	
<i>пог. м</i> — погонный метр	
<i>кал</i> — калория	
<i>макс.</i> — максимальный	
<i>норм.</i> — нормальные	
<i>~</i> — приблизительно	
<i>k_т</i> — допускаемое напряжение рас- тяжения	
<i>k_б</i> — допускаемое напряжение изгиба	
<i>k_с</i> — допускаемое напряжение сжа- тия	
<i>k_к</i> — допускаемое напряжение кру- чения	
<i>σ</i> — степень на- дежности	} в тексте указы- вается
<i>σ</i> — допускаемое напряжение	
<i>p</i> — рабочее давление	

Экихимаш — Экспериментально - кон-
структорский институт хими-
ческого машиностроения

Сварные швы:

усилен- ные		— с наплавом вы- пуклым
обычно- венные		— с наплавом пло- ским
ослаб- ленные		— с наплавом во- гнутым

Советское химическое машиностроение достигло в последние годы весьма большого уровня развития. Многочисленный ряд машин и аппаратов, представлявший еще недавно предмет импорта из зарубежных стран, с успехом изготавливается сейчас на наших заводах химического машиностроения по чертежам советских инженеров и конструкторов. Значительно выросли качественно и количественно наши конструкторские кадры. Весьма широких размеров достигла подготовка специалистов в области конструирования, изготовления, монтажа и эксплуатации машин и аппаратов химической промышленности.

Но если, несмотря на достигнутые успехи, химическое машиностроение все еще не удовлетворяет требованиям химической промышленности, то наша техническая литература еще резче отстает от темпов развития и запросов обеих отраслей промышленности. Весь наш багаж состоит из 15—20 книг, трактующих в описательном или теоретическом разрезе об отдельных процессах и аппаратах химической техники. Совершенно же отсутствует какое бы то ни было руководство по расчету на прочность аппаратов и их деталей. Это является, несомненно, крупным пробелом, который остро ощущают сотни и тысячи производственных инженеров и техников, а в особенности — учащиеся высшей и средней школы. Само собой разумеется, что обычным курсом „Детали машин“, выросшим на базе общего машиностроения, не может удовлетвориться конструктор химической аппаратуры. Это вытекает из специфического назначения последней, диктующего ей своеобразное конструктивное оформление.

Нужно сказать, что и в иностранной технической литературе число книг по вопросам конструирования и расчета на прочность химической аппаратуры также весьма не велико и ограничивается 2—3 названиями. Среди этих книг первое место долгое время принадлежало книге Hönninge „Handbuch zum Dampffass und Apparatebau“, сконцентрировавшей в весьма удачной форме наиболее распространенные элементы расчета и конструкций химической аппаратуры, наряду с многочисленными таблицами, значительно сокращающими труд расчетчика и конструктора.

Ограничиваться только одним переводом книги Геннике было бы нецелесообразно, так как со времени появления ее в свет прошло уже около 10 лет (немецкое издание — 1924 г.) и химическое машиностроение шагнуло за этот период времени далеко вперед. Кроме того, в оригинальном издании Геннике были помещены только нормы DIN, порой сильно расходящиеся с нашими нормами ОСТ, а также с нормами наших машиностроительных заводов. Наконец, некоторые главы оригинального труда Геннике были

чрезвычайно скудны по содержанию и явно нуждались в их расширении и пополнении.

Приведение материала книги в соответствие с требованиями советского химического машиностроения, отнявшее много труда и времени у инж. И. Ф. Бабицкого, является одной из причин несколько позднего появления в свет авторизованного перевода книги Геннике. Объем внесенных инж. И. Ф. Бабицким изменений и дополнений настолько велик, что размеры книги не только значительно превосходят содержание оригинального труда Геннике с количественной стороны, но в то же время компенсируют позднее появление книги, делая ее достаточно современной по качеству материала.

Рекомендуя авторизованный перевод книги Геннике в качестве пособия для инженеров, техников и студентов, специализирующихся в области химического машиностроения, мы отнюдь не намерены считать это пособие абсолютно полным и охватывающим все разделы современного химического машиностроения. Методы расчета и конструирования аппаратов, работающих под высокими давлениями, при глубоких температурах, а также ряд других элементов опущены сознательно по той причине, что это вывело бы нас из рамок уже без того расширенного авторизованного перевода. Эту задачу мы ставим себе отдельно и намереваемся выполнить в ближайшее время.

Оставаясь хорошим пособием в пределах трактуемых вопросов, т. е. в области конструирования аппаратов для низких и средних давлений, книга имеет еще то достоинство, что она дает в готовом виде конструктивные нормы и расчетные данные, направляющие в стандартизирующее русло со всеми вытекающими отсюда выгодами разрозненные усилия всех работающих в СССР в области конструирования и изготовления химической литературы.

Все это позволяет нам рассчитывать на то, что книга будет встречена с удовлетворением всеми работниками химического машиностроения, все указания и замечания которых будут с благодарностью учтены нами во втором издании.

Проф. Н. И. Гельперин

К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Немецкие книги Гаусбранда и Геннике¹ достаточно хорошо известны по отдельным редким экземплярам подлинников всем, соприкасавшимся с конструированием и изготовлением пароприемников и аппаратов.

Предлагаемый труд переработан применительно к условиям химического машиностроения в СССР и значительно расширен за счет конструктивных нормалей и примеров, соответствующих современному уровню техники аппаратостроения и взятых из практики наших проектирующих организаций.

Основная цель — дать в готовом виде конструктивные нормы и разные расчетные данные — осуществлена здесь в гораздо более полном объеме.

Считаю необходимым выразить благодарность коллективам завода б. Котлоаппарат и Экспериментально-конструкторского института химического машиностроения в Москве, способствовавшим своим содействием лучшему освещению отдельных вопросов в предлагаемом труде.

И. Бабицкий

Москва, 1934 г.

ОТ АВТОРА

Пособие по аппаратостроению германского специалиста Гаусбранда¹ дает краткие сведения справочного характера, главным образом, о толщинах стен аппаратов и сосудов, весе их частей и т. д. В предлагаемом же труде значительно расширены практические сведения, нужные конструктору, и многие вопросы разработаны несколько полнее, чем у Гаусбранда. Имея в виду, что конструктору пароприемников или аппаратов бывает необходимо также разрешение химических, физических, биологических или других вопросов, которые требуют от него, по меньшей мере, достаточно серьезной работы, желательно было бы облегчить его труд в части конструирования этих изделий, дав ему уже в разработанном виде необходимые расчеты и сведения, касающиеся механики и калькуляции аппаратостроения.

До настоящего времени все сведения о расчетах или конструктивных выкладки, необходимые для изготовления пароприемников и аппаратов, могут быть найдены в различных журналах, руковод-

¹ E. Hausbrand, Hilfsbuch für den Apparatebau.

ствах по котлостроению или в специальных книгах по машиностроению. Данный же труд ставит себе главной задачей представить эти сведения в сводном и сжатом виде. При этом в основном заостряется внимание на прочных размерах стен сосудов.

Исследования Греллерта по вопросу о различных своеобразных разрушениях в частях котлов и аппаратов, напечатанные в его статье „Eigenartige Zerstörungen an Gefäßen und Kesselteilen“, помещенной в „Gesundheits Ingenieur“ (вып. 7 от 16 февраля 1924 г.), приводят указанного автора к заключению, что в этом отношении существует до настоящего времени пробел, оставляющий желать многого в тех расчетах, которые ведутся для этих изделий. Очевидно, одной из причин, которыми может быть объяснено это обстоятельство, является недостаток у конструкторов удобной для пользования соответствующей технической литературы. Не только в пароприемниках и аппаратуре вообще, но даже и в аппаратах, не требующих как будто каких бы то ни было проверок, необходимо все же обеспечивать требующуюся степень надежности и экономичность конструкций помощью расчетов, дающих возможность судить о напряжениях, которым подвергаются отдельные части и особенно стенки проверяемых сосудов.

В настоящем труде и могут быть найдены необходимые расчеты, цифровые таблицы, а также эскизы. По нормативным материалам DIN для труб были взяты данные для четырех первых ступеней давлений, а именно: до 8 ат для пара и до 10 ат для воды, так как в рассматриваемой нами области изготовления пароприемников и аппаратов с ними приходится чаще всего иметь дело. Ввиду необходимости всегда иметь под рукой при расчетах прочных размеров медных стен и пр. таблицу пара Schüle, таковая напечатана в дополнениях.

В некоторых местах были приведены совершенно новые данные и указания. Все пропущенные в названной книге Гаусбранда специальные таблицы были заново пересчитаны.

Область изготовления пароприемников и аппаратов настолько разнообразна, что она, положительно, не может быть исчерпывающе обработана, особенно при тех суженных пределах работы, которые намечены нами вначале.

В заключение укажем, что мы приветствовали бы всех специалистов, работающих в этой же области, которые могли бы послужить дальнейшему развитию литературы о тех отраслях промышленности, которые имели в виду и мы.

Г. Геннике

Кассель, август 1924 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

Во всех государствах, как известно, созданы целые законодательства, преследующие, главным образом, цель безопасности персонала, обслуживающего паровые котлы и всякого рода пароприемники, к которым относится и большая часть различных аппаратов, так как последствия взрыва таковых исключительно опасны.

В этих законодательствах предусматриваются условия устройства, установки, содержания и освидетельствования паровых котлов, пароприемников и различных аппаратов.

И если в части паровых котлов у нас имеется достаточно полный свод правил, регулирующих этот вопрос, то в области изготовления пароприемников и аппаратов вообще—у нас пробел, объясняющийся как многообразием самой аппаратуры и областей ее применения, так и сравнительной новизной у нас дела аппаратостроения, получившего развитие в связи с задачей химизации страны.

В дальнейшем под аппаратами в широком смысле этого слова понимаются, во-первых, все неимеющие отношения к домашнему обиходу приборы, которые предназначены для нагревания, варки, сушки, охлаждения, конденсации или других каких-либо физических или химических процессов над разными веществами, не принимая во внимание высоты давления, во-вторых, также сосуды, которые воспринимают под избыточным давлением пар, воздух, газы, как то: водоотделители, паросборники, воздушные коробки и т. д.

Под аппаратами же в более узком смысле этого слова будут пониматься многочисленные приборы и сосуды, работающие под давлением паров, газов и жидкостей выше атмосферного.

В установленных и утвержденных НКТ СССР от 24 июля 1923 г. правилах об устройстве, установке и освидетельствовании так называемых пароприемников под такими подразумеваются все сосуды и приборы, содержимое которых подвергается косвенному или непосредственному действию упругого водяного пара, притекающего извне или образующегося в самом сосуде при нагревании последнего.

В этом смысле к пароприемникам относятся, например, вулканизационные, варочные котлы, декатиры, автоклавы, аппарат Генца и т. д., подчиняющиеся правилам о пароприемниках.

Этим же правилам НКТ о пароприемниках подчиняются в более широком смысле слова и другие приборы и аппараты, работающие вообще под давлением газов и жидкостей выше атмосферного.

Не распространяются указанные правила на:

- 1) паровые котлы и экономайзеры, подлежащие действию особых правил;
- 2) приборы центрального парового отопления, работающие под давлением не свыше $1\frac{1}{2}$ ат, и приборы водяного отопления;
- 3) приборы емкостью не свыше 25 л;
- 4) приборы, у которых произведение емкости в литрах на наивысшее допускаемое в них рабочее давление в атмосферах составляет не свыше 200;
- 5) части машин, не представляющие собой самостоятельных приборов (трубопроводы, цилиндры машин, двигателей и т. д.);
- 6) приборы, составленные из трубчатых змеевиков с наружным диаметром не свыше 52 мм;
- 7) сосуды для хранения и перевозки сгущенных газов, подлежащие действию особых правил;
- 8) приборы и аппараты, давление в которых не может превысить 0,5 ат.

Все аппараты, подлежащие действию указанных правил, должны строиться и обслуживаться в полном соответствии со всеми узаконенными определениями таковых, подвергаясь периодическим освидетельствованиям, производимым технической инспекцией НКТ или агентами общества технического надзора.

Для установки этих аппаратов требуется разрешение Отдела котлонадзора. К заявлению о разрешении установки аппарата необходимо приложить подписанные владельцем в двух экземплярах описание и чертежи аппарата и схематический чертеж помещения, где предполагается установить аппарат.

В описании должны содержаться данные о названии аппарата, его назначении, месте и времени его изготовления, а также о заводском номере, роде и качестве материала, из которого построен аппарат, данные о размерах аппарата и его частей, предельном рабочем давлении, на которое рассчитан аппарат, с описанием его арматуры и проверочным расчетом прочности.

Чертеж аппарата должен быть выполнен не менее, чем в $\frac{1}{20}$ натуральной величины, и состоять из плана аппарата и его разреза.

На схематическом чертеже помещения для аппарата должно быть указано место установки его, с расположением имеющихся в том же помещении машин, станков и т. д., с необходимой экспликацией.

Техническое освидетельствование аппаратов имеет целью установить соответствие конструкции, прочности и арматуры аппарата требованиям существующих правил. Техническое освидетельствование заключается в наружном осмотре, гидравлическом испытании и внутреннем осмотре, где таковой возможен.

Интересно в этом отношении определение понятия „пароприемник“ по германским узаконенным правилам относительно устройства и обслуживания пароприемников, сушильных и шлихтовальных барабанов. Под пароприемниками понимаются „сосуды, загрузка которых подвергается косвенно или непосредственно воздействию производимого в другом месте упругого водяного пара, или которые находятся под действием напряженных газов или паров, образующихся в самом загрузочном пространстве вследствие химических процессов или нагревания, если только в загрузочном пространстве или в окружающих его полых стенках господствует давление выше атмосферного или может таковое возникнуть“.

От действия правил указанного германского положения, регулирующего в этой стране изготовление, обслуживание и освидетельствование всех пароприемников, освобождаются:

1) сосуды, загрузка которых состоит из газов или паров, как, например, пароперегреватели, сушильные плиты, сушильные и шликтовальные барабаны, гладильные валики, трубчатые воздушонагреватели и т. д.;

2) открытые сосуды с паровой рубашкой, загрузка которых неожиданная;

3) подогреватели воды, а также отопительные котлы и части отопления;

4) пароприемники емкостью ниже 50 л и такие, у которых произведение из емкости загрузочного пространства в литрах и возникающего в нем максимального рабочего напряжения в атмосферах избыточного давления меньше 300; при этом у открытых двухстенных варочных сосудов берутся емкость и рабочее давление парового пространства;

5) пароприемники, которые общаются с атмосферой с помощью незакрывающейся трубы или посредством вертикальной выкидной трубы, наполненной водой или ртутью, так что напряжение в загрузочном пространстве — при открытых же варочных сосудах в паровой рубашке — не может превзойти $1\frac{1}{2}$ атм.

Аппараты, относящиеся к п. 5, должны подвергаться перед пуском в эксплуатацию приемному испытанию, во время которого должно быть точно установлено, что указанное напряжение не может быть превзойдено.

При этом в германских правилах установлена следующая зависимость между диаметром в свету вертикально стоящих труб и поверхностью нагрева аппаратов указанной группы:

Для поверхности нагрева до (м ²)	1	2	3	4	5	6	7,5	8,5	10	11,5	13	свыше 13
Диаметр в свету должен быть не менее (мм)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80

При овальном или прямоугольном сечении трубы расчетная площадь ее поперечного сечения должна быть не меньше площади круглого сечения с приведенными выше диаметрами. В изгибах трубы поперечное сечение должно быть несколько больше, но ни в коем случае не меньше, чем в прямом ее участке.

В Германии принято называть автоклавами ту группу пароприемников, которые находятся под давлением по манометру выше 15 ат вследствие химических процессов, происходящих с загрузкой во внутреннем пространстве этих аппаратов, или подвода тепла к ним. Часто это название применяют менее удачно и к другим видам пароприемников, но этого рекомендуется избегать, так как для автоклавов, например, в Германии, существует гораздо больше особых правил. Не преследуя цели дать здесь полностью все существующие правила относительно устройства и обслуживания так называемых пароприемников и аппаратов этой группы, мы можем отослать всех интересующихся этими подробностями к соответствующему положению НКТ СССР, упомянутому выше ¹.

2. ПРОБНЫЕ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ АППАРАТОВ

Согласно положению НКТ СССР при испытании аппаратов гидравлическим давлением холодной водой должны соблюдаться следующие правила:

1. Пароприемники, работающие при давлении не свыше 10 ат,

¹ В Германии зарекомендовал себя подробно освещающий вопрос о всех правилах изготовления и обслуживания пароприемников труд H. Jaeger, Bestimmungen über Einrichtung und Betrieb der Dampffässer, Trocken und Schlichtcylinder.

испытываются давлением бóльшим рабочего в полтора раза и не менее, чем на 1 ат, для рабочих давлений до 2 ат.

2. Пароприемники, работающие под давлением свыше 10 ат, испытываются давлением бóльшим, чем рабочее, на 5 ат.

3. Аппараты, работающие под давлением газов и жидкостей не свыше 100 ат, испытываются давлением бóльшим рабочего в полтора раза и не менее, чем на 1 ат, для рабочих давлений до 2 ат.

4. Аппараты, работающие под давлением газов и жидкостей свыше 100 ат, испытываются давлением, превышающим рабочее на 50 ат.

Согласно германским правилам о пароприемниках у автоклавов, чугунных приборов для подачи воды, медных паропроводов и судовых пароприемников вообще, гидравлическое испытание должно производиться при давлении, вдвое бóльшем рабочего; для сушильных же и шихтовальных барабанов, если стенки частично или целиком сделаны из чугуна — с давлением вдвое бóльшим рабочего, т. е. равным $2p \text{ кг/см}^2$ (где p — рабочее давление), и минимум при 5 кг/см^2 ; если же их стенки состоят из другого материала — с давлением $1,5 p \text{ кг/см}^2$ и минимум с $p + 1 \text{ кг/см}^2$.

Точно так же по германским правилам является обязательным испытание на прочность гидравлическим давлением холодной водой, равным $2 p \text{ кг/см}^2$, когда возникающие в сосудах или их отдельных частях напряжения не могут быть установлены точно расчетом.

Согласно упомянутому выше положению НКТ, пробному давлению вместе с аппаратом подвергается и его арматура. Пробное давление поддерживается не более 5 мин. У выдержавшего испытание аппарата не должно быть ни признаков разрыва, ни остающихся деформаций, ни течи; при этом „слезки“ не считаются течью.

При медных изогнутых трубах с наполнением их канифолью нельзя довольствоваться одной гидравлической пробой холодной водой, ибо таковая не дает возможности судить с уверенностью о плотности вследствие того, что канифоль часто не сразу целиком расплавляется. В таких случаях следует изогнутые и готовые к установке трубы для окончательного удаления канифоли подвергать не менее $\frac{1}{4}$ часа действию пара под рабочим давлением, ударяя при этом деревянным молотком и продувая после этого основательно трубы паром. Таким путем остатки канифоли совершенно удаляются, и если после этого окончательное испытание не покажет неплотностей, особенно при сварных трубах, в местах изгибов, то их можно считать пригодными к установке.

В СССР для арматуры и трубопроводов приняты определенные рабочие давления, которые разбиты на ступени, определяемые так называемым условным давлением. При этом каждой данкой ступени давления соответствует определенное условное давление, а последнее предусматривает соответствующее рабочее давление для пара или для воды, а также пробное давление. Так, например, четвертой ступенью является давление, соответствующее условному давлению в 10 ат, при котором в трубопроводе допускается рабочее давление для воды в 10 ат, для пара — в 8 ат и пробное давление в 16 ат или кг/см^2 .

Общесоюзный стандарт (ОСТ 739) установленных в СССР давлений для арматуры и трубопроводов приведен в дополнениях.

3. АРМАТУРА ДЛЯ АППАРАТОВ

Согласно правилам об устройстве, установке и освидетельствовании пароприемников и других приборов и аппаратов, работающих под давлением выше атмосферного, утвержденных НКТ СССР 24 июля 1923 г., аппараты, на которые распространяются эти правила, должны снабжаться следующей арматурой:

- 1) запорным клапаном или краном, выключающим трубопровод, подводящий пар, газ или жидкость;
- 2) приспособлением для выпуска воздуха или газа, а пароприемники, кроме того, приспособлением для удаления конденсационной воды;
- 3) выверенным манометром с сифонной трубкой, трехходовым краном и фланцем диаметром в 38 мм с толщиной 6 мм для контрольного манометра; при этом рабочий манометр аппарата должен быть приспособлен к показанию давления, превышающего пробное гидравлическим путем не менее, чем на 2 ат;
- 4) по крайней мере, одним предохранительным клапаном;
- 5) указателем уровня жидкости при наличии у аппарата собственной топки.

При этом предохранительный клапан и манометр должны ставиться или непосредственно на аппарате или в непосредственной близости на трубопроводе или специальной отстойке.

Иногда, когда это требуется по роду производства, вместо предохранительного клапана и манометра, с разрешения агента надзора, может быть поставлен термометр с достаточно большой шкалой.

Нельзя этого делать лишь в аппаратах, работающих с перегретым паром.

Если рабочее давление пара или газа, поступающего в аппарат извне, не меньше, чем у питающего аппарата, то установка предохранительного клапана на аппарате необязательна. Если же рабочее давление аппарата меньше, чем давление в питающем его аппарате, то он должен иметь, кроме запорного клапана, еще редукционный клапан с манометром и предохранительным клапаном.

Выпускной клапан должен ставиться между аппаратом и редукционным прибором.

Если имеется группа аппаратов, работающих при одном и том же давлении, то может быть установлен один редукционный клапан с манометром и предохранительным клапаном на общей магистрали до первого ответвления.

4. ГЛАВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПАРОПРИЕМНИКОВ И АППАРАТОВ

Общий обзор главных материалов, которые применяются при изготовлении пароприемников и аппаратов, дан в табл. 1.

Алюминий применяется в прокатанном, тянутом и литом виде для стенок сосудов, фасонных частей, труб и т. д. Он используется в тех случаях, когда его химические особенности и удельный вес представляют преимущество перед другими металлами, и там, где не требуется значительной крепости.

Свинец, цинк и олово применяются ограниченно, главным образом, для изготовления из них труб или для покрытия ими стенок сосудов и арматуры.

Бронза служит для изготовления малых сосудов, фланцев, фасонных частей и арматуры.

Таблица I

Главные материалы для изготовления пароприемников и аппаратов

Материалы	Удельный вес	Теплоемкость	Плавление		Временное сопротивление растяжению кг/см^2	Допускаемое напряжение при растяжении кг/см^2
			Температура $^{\circ}\text{C}$	Скрытая теплота л/г		
Алюминий	2,6	0,2122	650	—	—	—
Свинец: мягкий	11,3	0,0315	330	5,37	100—150 ¹	25 ¹
твердый					220—300 ¹	50 ¹
Бронза: алюминиевая	7,5	—	900	—	4 400	—
фосфористая	9	—		—	4 000	500—700
Железо: литая сталь	7,8	0,1138	1400	—	3300—4400	600—1 200
серый чугун	7,2	0,1115	1200	23,0	1200—1800	200—300
стальное литье	7,8	—	—	—	5300—7000	400—900
Медь: отожженная	9	0,0952	1060	30	2000—2300	—
прокованная (плотная)					2200—3500	400—550
Латунь: отожженная	8,6	0,0939	900	—	2000—2500	—
прокованная (плотная)					3500—4000	—
Никель	9	0,1092	1450	4,6	(3700—4400)	(600—700)
Цинк	7	0,0956	420	28,13	1900 ¹	400 ¹
Олово	7,3	0,0562	230	14,25	350—400 ¹	60 ¹

¹ До 30° С; при более высоких температурах — значительное понижение.

Литая латунь применяется в тех же случаях, когда и бронза; прокатанная или тянутая латунь служит, главным образом, для изготовления полос разных профилей и труб. Изготовление стенок сосудов из латунных листов тонких размеров редко применяется.

Никель, вообще говоря, слишком дорог, однако он также применяется в аппаратостроении для изготовления стенок сосудов. Так, например, варочные котлы для приготовления пищи на военных судах, в больницах и т. п. часто имеют внутренний котел из чистой никелевой жести. Для суждения о механических свойствах никеля еще не установлены, собственно говоря, точные данные. Согласно данным Ласкуса¹ для чистого никеля, т. е. для металла, удобного для обработки и состоящего, примерно, из 99% никеля и 0,1% магния, по Шнабелю (Schnabel), временное сопротивление растяжению $K_z = 5500—6500 \text{ кг/см}^2$, относительное удлинение — от 21 до 15%, предел упругости — 3800 кг/см^2 ; по Мюллеру (Müller) — для отожженного металла временное сопротивление растяжению $K_z = 3700—4400 \text{ кг/см}^2$ и относительное удлинение от 35 до 32%.

Так как в аппаратостроении при обработке никелевой жести принимается во внимание, во всяком случае, частичный ее отжиг,

¹ Gesundheits-Ingenieur, München, Ig. 1924, Heft 22.

то следует применять нижние пределы из приведенных выше цифр. Ввиду того что никелевая жесткость значительно уступает в жесткости стальной жести, а у стали в котло- и аппаратостроении для стенок этих изделий вместо допускаемого напряжения k , принимают только $\frac{2}{3}k$, принятого для строительных железных конструкций, то рекомендуется принимать для никелевой жести допускаемое напряжение не выше, чем:

$k_x = 700 \text{ кг/см}^2$ для . . . сосудов, подверженных внутреннему давлению
 $k_x = 600$ имеющих наружное давление

Основными же материалами, собственно говоря, для стенок сосудов являются медь и мягкая незакаливающаяся сталь (железо).

Медь изготавливается в форме листов, прутьев и труб. При этом следует не упускать из виду, что и прочность меди значительно понижается с повышением температуры. Согласно цифрам, данным Бахом, эта прочность составляет:

при 50°	100°	150°	200°	250°	285°	367°	451°	556°
98%	95%	91%	85%	79%	75%	66%	51%	33%

где прочность при 0°С принята равной 100%.

Некованая медь — мягка и имеет слабую сопротивляемость. Ввиду этого все медные стенки сосудов должны быть основательно подвергнуты проковке ударами молота. Для многих технических целей медь обладает рядом удобных химических свойств. Основным достоинством этого материала является его большая способность принимать такие формы и допускать такие соединения, которые невозможны или значительно труднее достижимы при другом материале. Медь допускает гибку фальцами, соединение заклепками, пайку на крепком припое и сварку.

Литая сталь применима почти для всех частей пароприемников и аппаратов, главным образом, ввиду ее высоких качеств прочности. Литую сталь можно склепывать, сваривать, а также паять на твердом припое (что, впрочем, в настоящее время мало применяется). К недостаткам стали следует отнести ее сильную способность окисляться. На повышение температуры, с чем приходится считаться, особенно в пароприемниках, этот материал реагирует меньше, чем медь. С повышением нагревания стали до предельной температуры в 250°С прочность ее, во всяком случае, не понижается, и только выше этого предела прочность начинает падать. При 500°С прочность едва достигает половины первоначальной. Предел текучести непрерывно понижается, примерно, пропорционально повышению температуры и при 350°С достигает приблизительно половины своего наибольшего значения. По некоторым данным, при 600°С временное сопротивление и предел текучести стали падают приблизительно до одной трети своей первоначальной величины.

Понижение сопротивления металла при повышенных температурах заключается в том, что относительно небольшие, длительные и не достигшие предела текучести нагрузки могут вызвать все растущие удлинения, которые, можно считать, по истечении времени либо перестают расти, либо же продолжают увеличиваться, вплоть до разрыва. И вот ту предельную удельную нагрузку в

кг/мм², при которой при данной температуре можно считать, что начальное удлинение со временем прекращается, назвали пределом ползучести (крипом). И если при низких температурах с этим обстоятельством не приходится считаться, то при высоких температурах явление крипа необходимо уже принимать во внимание, понижая расчетные допускаемые напряжения. В виде примера приведены табл. 2 и 3, где и можно это видеть из сопоставления чисел в графах пределов текучести и расчетных напряжений. Как видим, приблизительно до 300° С разницы между этими двумя группами чисел нет, а уже начиная с 350° С, приходится считаться с явлением крипа и брать расчетные напряжения пониженными, т. е. если до 350° С мы можем вести расчет по пределу текучести с некоторым, например 1½- или 2-кратным, запасом прочности¹⁾, то после 350° С мы уже должны пользоваться в расчетах не пределами текучести, а другими, более низкими пределами сопротивления металла, учитывающими явление крипа, особенно усиливающегося при высоких температурах. Табл. 2 и 3 взяты по данным Круппа на основании опытов, произведенных над углеродистыми сталями; из них первая имеется в виду для котельной стали, а вторая — для стальных труб. Отметим, что в вопросе об изучении свойств наших различных сталей в условиях высоких температур предстоит нашим научно-исследовательским институтам еще громадная работа.

Перехода за предел текучести при холодной обработке с последующим продолжительным нагреванием до температуры свыше 500° С следует, во всяком случае, избегать, так как при этом изменяется структура, кристаллы увеличиваются, и сталь становится хрупкой.

Применяющаяся в котло- и аппаратостроении так называемая котельная листовая сталь прокатывается из мартеновской литой стали следующих сортов (марок):

Обозначения марок	Временное сопротивление растяжению в кг/мм ²	Относительное удлинение в % не менее	Обязательность сварки
Ст. 2 норм.	$\frac{34}{44}$	26	Обязательна
Ст. 3 норм.	$\frac{38}{45}$	22	По особому соглашению
Ст. 4 норм.	$\frac{42}{50}$	20	Не производится

¹ Имеется в виду статическая нагрузка; для большей надежности следует запас прочности увеличивать до 2,1—2,45.

Таблица 2

Качество котельных листов при высоких температурах

(кг/мм²)

Рабочее давление насыщенного пара ат	Соответствующая температура °С	Литая сталь I			Литая сталь II			Литая сталь III			Литая сталь IV		
		Расчетное на- пряжение	Предел теку- щества	Временное со- противление	Расчетное на- пряжение	Предел теку- щества	Временное со- противление	Расчетное на- пряжение	Предел теку- щества	Временное со- противление	Расчетное на- пряжение	Предел теку- щества	Временное со- противление
—	20	18	18	35	20	20	41	23	23	44	24	24	47
—	100	17,5	17,5	35	19,5	19,5	41	22	22	44	23,5	23,5	47
14,8	200	15	15	34,5	17,5	17,5	40,5	20	20	43,5	21	21	46,5
19,4	210	14,5	14,5	34,5	17	17	40,5	19,5	19,5	43,5	20,5	20,5	46,5
22,6	220	14,5	14,5	34,5	16,5	16,5	40,5	19	19	43,5	20	20	46,5
22,4	230	14	14	34	16,5	16,5	40	19	19	43	20	20	46
33,0	240	14	14	34	16	16	40	18,5	18,5	43	19,5	19,5	46
39,4	250	13,5	13,5	34	15,5	15,5	40	18	18	43	19	19	46
46,7	260	13	13	34	15	15	40	17,5	17,5	43	18,5	18,5	46
54,9	270	12,5	12,5	33,5	14,5	14,5	39,5	17	17	42,5	18	18	45,5
64,2	280	12,5	12,5	33,5	14,5	14,5	39	17	17	42,5	18	18	45,5
74,7	290	12	12	33,5	14	14	39	16,5	16,5	42,5	17,5	17,5	45
86,4	300	11,5	11,5	33	13,5	13,5	38,5	16	16	42	17	17	44,5
99,4	310	11	11	32,5	13	13	38	15,5	15,5	41,5	16,5	16,5	44
113,5	320	10,5	10,5	32,5	12,5	12,5	37,5	15	15	41	16	16	43,5
129,8	330	10,5	10,5	32	12,5	12,5	36,5	15	15	40,5	16	16	42,5
147,6	340	10	10,5	31,5	12	12	36	14,5	14,5	40	15,5	15,5	42
167,1	350	9,5	10	31	11,5	12	35	14	14	39	15	15	41
188,6	360	9	10	30,5	11	11,5	34	13,5	13,5	38	14,5	14,5	40
212,7	370	8,5	9,5	30	10,5	11,5	33	13	13	37,5	14	14	39,5
—	380	8,5	9,5	29,5	10,5	11	32,5	13	13	36,5	14	14	38,5
—	390	8	9	29	10	11	31,5	12,5	12,5	35,5	13,4	14	37,5
—	400	7,5	9	28	9,5	10,5	30,5	12	12,5	34,5	13	13,5	36,5
—	420	7	8,5	26	9	10	29,5	11	12	32	12	13	34
—	440	6,5	8	23,5	8,5	9,5	26	10,5	11,5	29,5	11,5	12,5	31,5
—	450	6	8	22,8	0,1	9,5	25	10	11	28	11	12	30
—	460	5,5	7,5	20,5	7,5	9	24	9,5	10,5	26,5	10,5	11,5	28,5
—	480	5	7,5	18	7	8,5	22	8,5	10	24	9,5	11	26
—	500	5	7,5	16	6,5	8,5	20	8	10	22	9	11	23,5

Таблица 3

Качество ковального котельного материала при высоких температурах

(кг/мм²)

Рабочее давление насыщенного пара ат	Соответствующая температура °С	Литая сталь I			Литая сталь II			Литая сталь III			Литая сталь IV		
		Расчетное напряжение	Предел текучести	Временное сопротивление	Расчетное напряжение	Предел текучести	Временное сопротивление	Расчетное напряжение	Предел текучести	Временное сопротивление	Расчетное напряжение	Предел текучести	Временное сопротивление
—	20	20	20	35	21	21	41	23	23	44	24	24	47
—	100	19,5	19,5	35	20,5	20,5	41	22	22	44	23,5	23,5	47
14,8	200	17	17	34,5	19	19	40,5	20	20	43,5	21	21	46,5
18,4	210	16,5	16,5	34,5	18,5	18,5	40,5	19,5	19,5	43,5	20,5	20,5	46,5
22,6	220	16	16	34,5	18,5	18,5	40,5	19	19	43,5	20	20	46,5
27,4	230	16	16	34	18	18	40	19	19	43	20	20	46
33,0	240	15,5	15,5	34	17,5	17,5	40	18,5	18,5	43	19	19	46
39,4	250	15	15	34	17	17	40	18	18	43	19	19	46
46,7	260	14,5	14,5	34	16,5	16,5	40	17,5	17,5	43	18,5	18,5	46
54,5	270	14	14	33,5	16	16	39,5	17	17	42,5	18	18	45,5
54,2	280	14	14	33,5	15,5	15,5	39	17	17	42,5	18	18	45,5
74,7	290	13,5	13,5	33,5	15	15	39	16,5	16,5	42,5	17,5	17,5	45
86,4	300	13	13	33	14,5	14,5	38,5	16	16	42	17	17	44,5
99,4	310	12,5	12,5	32,5	14	14	38	15,5	15,5	41,5	16,5	16,5	44
113,8	320	12	12	32,5	14	14	37,5	15	15	41	16	16	43,5
129,8	330	11,5	11,5	32	13,5	13,5	36,5	15	15	40,5	16	16	42,5
147,6	340	11	11,5	31,5	13	13	36	14,5	14,5	40	15,5	15,5	42
167,1	350	10,5	11	31	12,5	13	35	14	14	39	15	15	41
188,6	360	10	11	30,5	12	12,5	34	13,5	13,5	38	14,5	14,5	40
212,7	370	9,5	10,5	30	11,5	12,5	33	13	13	37,5	14	14	39,5
—	380	9,5	10,5	29,5	11,5	12	32,5	13	13	36,5	14	14	38,5
—	390	9	10	29	11	12	31,5	12,5	12,5	35,5	13,5	14	37,5
—	400	8,5	10	28	10,5	11,5	30,5	12	12,5	34,5	13	13,5	36,5
—	420	8	9,5	26	9,5	11	28,5	11	12	32	12	13	34
—	440	7,5	9	23,5	9	10,5	26	10,5	11,5	29,5	11,5	12,5	31,5
—	450	7	9	22	8,5	10,5	25	10	11	28	11	12	30
—	460	6,5	8,5	20,5	8	10	24	9,5	10,5	26,5	10,5	11,5	28,5
—	480	6	8,5	18	7,5	9,5	22	8,5	10	24	9,5	11	26
—	500	6	8,5	16	7	9	20	8	10	22	9	11	23,5

К котельной листовой стали относятся листы толщиной 8 мм и выше, употребляемые для котлов давлением не выше 22 ат, кроме топок и их частей, с содержанием серы и фосфора не более 0,05% для каждого элемента.

В Германии в аппаратостроении зарекомендовала себя крупновская сталь, известная под маркой V2A. Эта сталь, помимо своей прекрасной сопротивляемости ржавлению, также хорошо противостоит действию азотной кислоты и аммиака в присутствии водяных паров; однако ее следует избегать для серной и соляной кислот.

Хорошую сопротивляемость эта сталь проявляет также под действием сильно нагретых паров и газов. В присутствии влажного воздуха ее следует рассматривать как абсолютно нержавеющую. Данные о свойствах и прочности нержавеющей крупновской стали видны из табл. 4.

Таблица 4

Нержавеющая сталь V2A (Крупн)

Температура в °C	20	200	300	400	500
Предел текучести в кг/см ²	3800	3100	2600	2500	2400
Временное сопротивление растяжению в кг/см ²	7940	7530	7020	6380	5830
Временное сопротивление растяжению в % от такового при 20°C . .	100	95	88,5	80,5	73,5
Удлинение в %	46,4	53,5	47,0	40,5	22,4
Сжатие в %	54	55	54	50	47

Ввиду своей значительной вязкости сталь марки V2A должна обрабатываться с незначительной скоростью резания. В остальном обработка ее подобна обработке хромоникелевой стали.

Нержавеющая сталь завода „Электросталь“¹, содержащая в своем составе 0,35% С, 13,8% Cr и 0,24% Si, в отожженном виде дает следующие результаты:

разрывающее усилие	$K_{\text{max}} = 70,0 \text{ кг/мм}^2$
предел пропорциональности	$\sigma_p = 52$
относительное удлинение	$\epsilon = 20-25\%$
сжатие площади поперечного сечения	$q = 50\%$

Вообще, высокую сопротивляемость коррозии (окислению) оказывают сплавы Fe-Cr, обладающие однородностью структуры и особыми свойствами поверхностной пленки.

Так, например, установлено, что во влиянии морской воды на хромовые стали сказывается не столько состав хромовых сталей, сколько их структура.

¹ Инж. Акимов Г. В., Металлы и сплавы в химическом аппаратостроении, 1929.

Химический состав в процентах					Температура плавления °C	Сопротивляется							Окисляется ли металл при °C	
C	Cr	Ni	Cu	Si		H ₂ SO ₄			HNO ₃		HCl			CH ₃ COOH
						сильно разбавленная	слабо разбавленная	концентрированная	разбавленная	концентрированная	сильно разбавленная	слабо разбавленная		
~0,1	12—15	—	—	—	1490	средне	средне	хорошо	очень хорошо	плохо	плохо	плохо	очень хорошо	800
0,3	13	—	—	—	1510	средне	средне	хорошо	очень хорошо	плохо	плохо	плохо	очень хорошо	800
0,3	20	—	1	—	1430	средне	средне	хорошо	очень хорошо	плохо	плохо	плохо	очень хорошо	1000
0,25	20	7	—	—	~1430	средне	средне	хорошо	очень хорошо	плохо	плохо	плохо	очень хорошо	1000
0,4	8,25	—	—	3,5	1570	средне	средне	хорошо	очень хорошо	плохо	плохо	плохо	очень хорошо	950

Для характеристики химической устойчивости сталей против окисления приводим следующую сводку применимости хромистых сплавов Fe, составленную Шульцем (см. стр. 20).

Чтобы нержавеющие стали при повышенных температурах не теряли своих особенностей прочности, обращение с ними при этом должно производиться согласно особым правилам.

Чугун по упомянутым выше правилам НКТ СССР допускается для изготовления только таких аппаратов, которые предназначены к работе при давлении не выше 6 ат.

Части аппаратов, которые должны подвергаться непосредственному действию топочных газов, не могут быть изготовлены из чугуна.

Согласно же германскому положению о пароприемниках чугун может употребляться как материал для стенок пароприемников только в тех случаях, когда этого настоятельно требуют условия работы и когда применение чугуна не вызывает опасности. Для фасонных частей и арматуры почти исключительно применяется чугун. Из чугуна допускается выполнение соединительных штуцеров с диаметром в свету до 250 мм и при давлении до 10 ат при условии, что они не рассматриваются как части самих стенок, а также отдельных их частей и таких деталей, в которых не возникает значительных напряжений от давления в сосуде вследствие незначительной их поверхности.

Разнообразнейшее применение находит чугун и в тех аппаратах, которые не подчиняются положению о пароприемниках. Здесь, наряду с возможностью выполнения сложных форм, выступает как преимущество слабое ржавление чугуна по сравнению со сталью.

Стальное литье применяется для изготовления стенок пароприемников в тех случаях, когда недопустимо применение чугуна и когда затруднительно применение мягкой стали ввиду сложности формы или из-за значительной потери материала при обработке. При приемке следует обратить внимание, чтобы отлитые предметы были равномерными и плотными. Чтобы этого добиться, необходимо в конструкции избегать резких переходов от больших скоплений материала к малым.

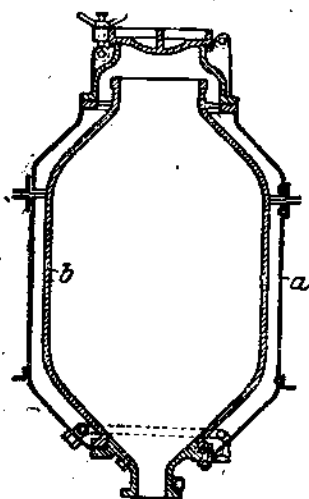
Мартеновское стальное литье вообще не допускает чеканки; в этом случае, равно как и для чугуна, необходимо вводить специальные прокладки.

Бессемеровское стальное литье мягче и значительно приближается к мягкой стали по своим свойствам поддаваться обработке и чеканке.

Покрытие разными способами стенок сосудов и других деталей и частей, чтобы предохранить их от ржавления и окисления, находит в аппаратостроении широкое применение. Сюда относятся: лужение, оцинковка, покрытие свинцом, эмалировка, цементирование, обкладка футеровкой, обкладка тонкими листами красной меди, металлизация, применение биметаллов, замена металлов пластическими массами и т. д. Из чисто конструктивных соображений стремятся также защищать материалы, хуже сопротивляющиеся разьеданию, материалами, лучше сопротивляющимися. Сюда относится производимая по Фредеркингу заливка железных нагревательных

змеевиков в стенки чугунных сосудов. Другим примером служит устройство, предложенное Фрестадиусом¹, изображенное на фиг. 1.

Наружный сосуд *a* из неокислостойкого металла—мягкой стали, служит как основание для восприятия внутреннего избыточного давления. В открытом сверху внутреннем сосуде *b*, сделанном из кислостойкого материала, находится загрузка аппарата. Этот сосуд должен быть настолько прочным, чтобы воспринимать давление столба находящейся в нем жидкости. Для предохранения от кислотных паров внешнего сосуда в полое пространство наливается щелочная жидкость до верхнего края внутреннего сосуда.



Фиг. 1.

Безусловный интерес представляют те выводы, которые можно сделать в отношении аппаратостроения при ознакомлении с более новыми германскими данными о материалах и правилах, касающихся изготовления стационарных паровых котлов².

Значительное повышение рабочих давлений в паровых котлах (еще сравнительно недавно приходилось иметь дело, как правило, с давлениями в 15—20 ат, а в настоящее время они достигли 225 ат) потребовало быстрого согласования и утверждения изменений и дополнений некоторых правил об обработке и испытании материалов для изготовления паровых котлов.

Подробное исследование в этой области дано Брахтом³, который обстоятельно занимался вопросами испытания материалов.

Итак все пароприемники у нас подчинены упоминавшимся выше правилам НКТ СССР от 25 июля 1923 г., а в Германии, например, соответствующему положению от 5 марта 1913 г., которое там распространяется на все пароприемники и в том числе на неподвергающиеся косвенно или непосредственно действию огня. И хотя новые правила о материалах официально еще не отнесены ни к стационарным паровым котлам, ни к пароприемникам, все же эти правила следует иметь в виду при изготовлении паровых котлов и аппаратов.

Ниже в разных главах кратко отмечены пункты и указания, касающиеся изготовления пароприемников и аппаратов, и притом в первую очередь те из них, которые могут иметь значение для производителя или конструктора. Все специальные вопросы,

¹ Frestadius (Stockholm), DRP 313 916.

² Г. Геннике посвятил целую статью обзору более новых германских правил, которые были утверждены Германской комиссией по котлостроению и добавлены к существующим правилам, как особые дополнения, разработанные комиссией; эта статья вышла позднее особым изданием в виде приложения к его книге „Handbuch zum Dampfkessel und Apparatebau“. *Прим. пер.*

³ I. Bracht, Die neuen deutschen Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel. Z. d. VDI, Ig. 1926, S. 1675 usw.

касающиеся испытания материалов, допусков и т. д., интересные для поставщика-производственного, как неходящие в цели обзора, ниже не помещены. И, напротив, некоторые пункты, хотя и оставшиеся без изменений, все же вскользь отражены ниже для полноты картины.

Так как узаконенные правила о паровых котлах у нас и в Германии могли бы относиться также и к пароприемникам, то этим подтверждается возможность ссылки на новые правила и в отношении пароприемников. Необходимо при этом иметь в виду, что новые правила построены на значительно более высоких требованиях, предъявляемых к современным паропроизводствам. Точно также конструктор пароприемников должен использовать, по крайней мере, самые важные и верные направления из свода новых правил, которые не являются, конечно, только дополнительными разъяснениями, а соответствуют состоянию техники в лучших новых и одобренных конструкциях. Применение этих добавлений в смысле обязательных правил будет, безусловно, еще подвергнуто согласованию, а пока оно может рассматриваться как использование проектного материала.

Итак, по этим правилам, под материалами должны пониматься также подвергающиеся дальнейшей обработке полуфабрикаты, как, например, трубы, части стального литья и т. д.

Следуя примеру других стран, названия „сварочное железо“ и „литое железо“ заменены здесь (равно как и у нас) определениями „сварочная сталь“ и „литая сталь“.

Все материалы должны быть надежными и хорошего изготовления, о чем можно судить по актам анализов и испытаний, удостоверяемым соответствующими специалистами. Материалы должны иметь соответствующую гладкую поверхность. Заусенцы, раковины, пузыри, плены и трещины незначительной величины от прокатки должны быть устранены необходимыми средствами. Наличие незначительных наружных недостатков не может служить препятствием к применению таких материалов.

Временное сопротивление растяжению берется в кг/мм^2 .

Для листов толщиной до 10 мм разрешены отступления в 0,3 мм, а свыше 10 мм — до 0,5 мм.

Сварочная сталь вообще недопустима для листов и частей котла. Сварочную сталь рекомендуется применять еще лишь для заклепок. Заклепочная сталь (железо) должна при этом иметь временное сопротивление разрыву от 35 до 45 кг/мм^2 и минимальное относительное удлинение 20%.

Литая сталь не должна иметь меньшее временное сопротивление растяжению, чем 35 кг/мм^2 , и, как правило, более высокое, чем 56 кг/мм^2 . Минимальное относительное удлинение, имеющееся в старой таблице правил, для пробного бруска с поперечным сечением в 300 мм² в новых правилах повторено. Дополнения к старым правилам дают новую таблицу, в которой согласно опытам Бауманна (Baumann) принято во внимание большее поперечное сечение пробных брусков.

Листы литой стали (как и до сих пор) должны иметь клеймо сорта, как, например, $\boxed{M}$ — для огневой топочной литой

стали, $[Th]$ — для томасовской стали, $[E]$ — для электростали, $[Ni]$ — для никелевой стали и т. д., равно как и клеймо самого прокатного завода. В некоторых случаях клеймо сорта может отсутствовать.

Для применения указаны четыре сорта листов:

Сорт	Временное сопротивление растяжению $кг/мм^2$	Минимальное относительное удлинение %	Расчетная прочность $кг/мм^2$
I	от 35 до 44	от 27 до 22	36
II	" 41 " 50	" 25 " 20	41
III	" 44 " 53	" 22 " 20	44
IV	" 47 " 56	" 20 " (18)	47

Минимальная и максимальная прочность не должны превосходить у некоторых отдельных прокатных листов следующих пределов:

выше $5 кг/мм^2$ при 5 м длины
 " 6 " " 5 — 10 м длины
 " 7 " " длине более 10 м

При этом, конечно, не должны быть превзойдены предельные прочности для соответствующих сортов листов.

Для отбортовываемых или подвергающихся предварительной высокой тепловой обработке (при температуре свыше $700^\circ C$) высаживаемых частей котла должны применяться только листы I и II сортов с прочностью до $50 кг/мм^2$, и лишь в исключительных случаях, для отбортовываемых частей — листы III сорта, но при условии, что они не будут подвергаться действию горячих газов.

Документами, удостоверяющими качество листов для паровых котлов и огневых пароприемников, являются следующие:

- а) для листов литой стали I сорта, которые в процессе своей работы подвергаются нагреву незначительно выше $300^\circ C$ — заводское удостоверение;
- б) для всех остальных — акт испытания.

При неогневых пароприемниках должно быть, согласно германским правилам:

- а) для листов из сварочной и литой стали I сорта — заводское удостоверение;
- б) для укреплений люков, крышек, дуг, лазов и подобных частей документы не нужны;
- в) для листов литой стали II сорта и огне-топочных листов литой стали III сорта — акт испытания;
- г) для листов сварочной и литой стали, у которых расчетное временное сопротивление растяжению берется в пределах максимум до $30-40 кг/мм^2$, не требуется документов.

Листы из бессемеровской стали всех сортов, томасовской III сорта и обыкновенные германские торговые сорта SMII для пароприемников в Германии не применяются.

Угловое железо (литой стали) для паровых котлов и огне-вых пароприемников должно иметь заводское удостоверение, если временное сопротивление растяжению менее $45 кг/мм^2$; в противном случае — акт испытания. Для неогневых пароприемников не требуется никакого документа.

Временное сопротивление растяжению заклепочной стали, заклепок, анкеров и распорных болтов из литой стали должно быть в пределах от 34—42 кг/мм² при минимальном относительном удлинении 25% и качественном числе (временное сопротивление растяжению в кг/мм² плюс относительное удлинение в процентах), равном минимум 62.

При применении листов с $K_s > 41$ кг/мм² заклепочная сталь и, в исключительных случаях, анкера и распорные болты должны иметь временное сопротивление растяжению до 50 кг/мм² и минимум 20% относительного удлинения.

При применении этих материалов в паровых котлах и огневых пароприемниках к удостоверяющим их качество документам относятся: при $K_s = 44$ кг/мм² — удостоверение завода; при $K_s \geq 44$ кг/мм² — акт испытания; при неогневых пароприемниках удостоверения не требуется.

В паровых котлах и огневых пароприемниках применяется для кипяtilьных и связных труб литая сталь с минимальным $K_s = 35$ кг/мм² и относительным удлинением 20%. При применении легированных материалов таковые также должны минимально удовлетворять этим требованиям.

Трубы перегревателей, стальные трубы (литой стали) питательной воды, трубы предварительного нагрева, равно как трубы, проводящие пар и воду, поставлены в одинаковое положение с кипяtilьными трубами. Во всех этих случаях должны применяться трубы только упомянутого выше качества. Трубы обыкновенного торгового качества исключены для паровых котлов.

Документами, удостоверяющими качество этих материалов при применении их в паровых котлах и огневых пароприемниках, являются:

- а) для кипяtilьных труб, как и выше, при рабочих давлениях до 16 ат и для связных труб вообще — заводское удостоверение;
- б) для кипяtilьных труб более высоких рабочих давлений — акт испытания.

Если эти материалы идут на изготовление неогневых пароприемников, никакого удостоверения не требуется.

Для кипяtilьных и связных труб паровых котлов и огневых пароприемников установлены следующие пробные давления холодной водой: трехкратное рабочее давление для давлений до 22 ат, но не менее 40 ат; 2½-кратное рабочее давление плюс 11 ат при более высоких рабочих давлениях.

Германские правила 1913 г. для пароприемников, упоминавшиеся выше, вовсе освобождают от испытания даже на самом трубопрокатном заводе дымогарные трубы, к которым при изготовлении пароприемников относятся трубы, проводящие греющий пар. Однако следует рекомендовать, чтобы всякие новые правила для пароприемников в дальнейшем обращали внимание на необходимость установления одинакового положения для дымогарных и кипяtilьных труб.

Стальное литье, идущее на изготовление пароприемников, должно обладать тягучестью. Не должно вестись обработки или применения литья со значительными дефектами, являющимися

следствием изготовления отливок, к которым относятся: напряжения, пузыри, усадочные раковины, губчатые, пористые и твердые места, шлаковые включения, затянутые трещины и отступления в сторону, переходящую за пределы отрицательных допусков. Последние могут быть для толщин стен до 20 мм — максимум 20%, а при больших толщинах стен — максимум 15%.

Различаются два сорта стального литья:

Сорт	Временное сопротивление растяжению кг/мм ²	Удлинение %	Допускаемое напряжение кг/мм ²
I	35—45	25	4
II	свыше 45	22	5

Для установления качества:

- а) для частей стального литья, вместо которых допустим также и чугун, не требуется никакого удостоверения;
- б) для частей с весом свыше 300 кг, для коллекторов и подобных деталей с предусматриваемым дальнейшим нагревом свыше 300 °С требуется акт испытания;
- с) для всех остальных частей стального литья — удостоверение завода.

Детали стального литья целесообразно перед применением (обработкой) подвергать отжигу, относительно чего поставщик должен препровождать соответствующее удостоверение, которое заказчик, с другой стороны, должен требовать.

Все полые корпуса должны подвергаться гидравлическому пробному давлению вдвое большему, чем рабочее давление.

Изготовители пароприемников и аппаратов должны, безусловно, приветствовать такое испытание стальных отливок. Если благодаря установленным указанным правилам устраняется возможность выпуска стальных отливок с пороками, то благодаря этому должно исчезнуть существующее весьма часто и вполне обоснованное недоверие, сложившееся в отношении этого материала. В этом смысле в интересах изготовления пароприемников следует всячески извлечь пользу из указанных правил.

Легированные стали и литые из таких сталей должны, как минимум, удовлетворять тем же требованиям, как литая сталь и стальное литье.

Допускаемые напряжения легированных сплавов и других металлов должны устанавливаться на основе опытов специалистов.

Общие указания. Оставляя в стороне кипяильные, дымогарные и пароперегревательные трубы перегревателей, при ожидании возникновения тепловых явлений в стенках, которые наблюдаются особенно тогда, когда таковые находятся под влиянием температур свыше 300° С, нужно применять соответствующие меры для предохранения стенок от влияния температур, так как при этом сильно изменяются качества материала с понижением его прочности.

Считается, что литая сталь достигает даже своего наивысшего временного сопротивления растяжению между 200 и 300° С при растущем удлинении приблизительно до 200° С. Наивысшее значение вязкости вдавливания лежит между 100 и 200° С, падая до $\frac{1}{3}$ своего максимального значения при 300° С.

Свойства стального литья изменяются подобным же образом.

Предельные значения для чугуна: до 200° С едва изменяется временное сопротивление растяжению; до 300° С оно очень мало падает; до 400° С оно делается несколько сильнее и, начиная отсюда, падает; приблизительно при 570° С оно равно половине своего максимального значения.

Медь показывает свою максимальную прочность при 20° С, после чего начинается продолжительное и почти постоянное падение таковой. При 300° С прочность равна только половине ее первоначальной величины. Для перегретого пара, начиная с 250° С, меди вообще нужно избегать.

Бронзовая арматура имеет временное сопротивление растяжению, остающееся приблизительно одинаковым до 100° С, которое вместе с тем выше, чем у меди, будучи равным 25 кг/мм². Оно медленно падает до 200° С, достигая при этом приблизительно 22 кг/мм²; после этого оно падает быстрее. При 300° С оно имеет приблизительно половину своего максимального значения.

Для некоторых работ, как, например, при сварке, предписывается предварительное согласование вопросов со специалистами. Рекомендуется перед заказом материалов вступать, на основе имеющихся чертежей, в непосредственную связь с официальным агентом технического контроля. Во многих случаях это необходимо для получения указаний в вопросах, связанных с конструктивной разработкой для удобства изготовления, как, например, при применении укреплений в днищах старой формы и т. д. (см. ниже стр. 82).

5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАРОПРИЕМНИКОВ

Материалы, из которых изготавливаются пароприемники, должны удовлетворять, как мы уже говорили, всем установленным техническим условиям для котлостроения. Все основные конструктивные части пароприемника рекомендуется выполнять из материала одного качества. При наличии накладок таковые должны изготавливаться из листов такого же качества, как и части самого корпуса сосуда.

Все швы и другие соединения должны выполняться так, чтобы они были доступны наблюдению. Должна быть обеспечена возможность в нужных случаях подвергать подчеканке швы и соединения; при этом, конечно, другие части конструкции котла не должны служить препятствием. Продольные швы налегающих друг на друга звеньев должны отодвигаться, по крайней мере, на шесть заклепочных шагов. Если пароприемник подвергается нагреву непосредственным действием огня, то продольные швы должны располагаться таким образом, чтобы они не попадали на первую линию пламени. Точно так же продукты горения не должны ударяться о выступающие края листов железа круглых швов. Продукты горения не должны касаться соединений или швов, выполненных

не клепкой. Более тяжелые части арматуры, прикрепляемые посредством болтов или шпилек, должны ставиться не непосредственно к стенкам котлов, а к фланцам, прикрепленным к стенкам для усиления таковых. При этом шпильки или болты, прикрепляющие арматуру, ни в коем случае не должны входить в стенку котла, а лишь в тело приклепываемых или привариваемых фланцев. Последние должны обтачиваться на лобовой стороне и по окружности.

Толщина листов, заклепочные соединения и т. д. в общем определяются по существующим нормам и формулам для изготовления пароприемников.

Проверка листов, а также пригонка и обработка их, как то: гибка или вальцовка, отбортовка, взаимная припасовка листов, нанесение дыр на них, сборка, клепка, чеканка и т. п., — все это должно делаться с максимальной тщательностью и осторожностью. Во всяком случае, листы материала с допущенными в них ошибками должны заменяться новыми годными листами.

Все края железных листов, подвергающиеся чеканке, должны быть по возможности обстроганы. Оттягивание углов листов железа для образования так называемых „ласок“ должно производиться до изгибания листов или получения в них отверстий. При этом вытянутый угол листа должен быть достаточно заострен и настолько оттянут, чтобы на нем могла уместиться лишняя очередная заклепка, за которую этот край еще должен выступать наружу приблизительно до середины деления.

Взаимная пригонка листов, а в особенности в местах сборки более двух листов, где приходится иметь дело с „лаской“, должна вестись с максимальной тщательностью. Отдельные листы могут скрепляться между собой при минимальном расстоянии между швами в 250—300 мм. В свою очередь, всякие фланцы, кольца или другие части, прикрепленные к листам заклепочными швами, должны прилегать всюду безукоризненно плотно. Под части гарнитуры, которые сами не могут быть подвергнуты чеканке, должны подкладываться тщательно очищенные и подогнанные куски железных листов для чеканки толщиной от 3 до 5 мм.

Угловые кольца и листы для котлов, имеющие диаметр меньше 600 мм, должны подвергаться гибке при красном нагреве. Нагревание должно происходить равномерно, а охлаждение — медленно и равномерно. Сильных местных нагревов в пароприемниках нужно при всяких условиях избегать.

Все заклепочные дыры должны быть по возможности сверленные; давка дыр в бортах (воротниках) днищ и угловых кольцах, если у листов прочность выше 4100 кг/см^2 и толщина $s > 27 \text{ мм}$, ни в коем случае не допускается. При обработке листов или других частей дыры должны предварительно сверлиться меньшего диаметра, чем необходимо, и только при сборке котла они должны рассверливаться до нужного диаметра. Дыры, проходящие через два или несколько листов, должны быть после рассверловки совершенно чистыми, не имеющими ни выступов, ни впадин. Край сверленных дыр со стороны головок заклепок должны быть раззенкованы на глубину $\frac{1}{8}$ диаметра дыры, на конус в 45° . Остаю-

щиеся после процесса сверления заусенцы должны удаляться. Давленные дыры должны быть настолько рассверлены, чтобы при этом было гарантировано полное удаление зоны, окружающей дыру с поврежденной структурой. Если заклепочные дыры недостаточно точно приходятся одна над другой, то их нужно хорошо пригнуть или развернуть, имея при этом, однако, в виду, что раздача таких отверстий бородком или пробойником строго воспрещена.

Клепать сначала следует круглый шов от его середины к продольному шву, а затем продольный шов. Плохие или плохо приклепанные заклепки должны заменяться новыми, годными. Для избежания удлинения стержня заклепки заключительное давление при клепке должно прекращаться не раньше, чем остынет заклепка. Заклепки не должны нагреваться частично, так как при неполном их нагреве страдает их вязкость и возможны обрывы головок. Не следует нагревать заклепки слишком сильно, так как ненужный перегрев листа создает при этом излишние тепловые напряжения; кроме того, следует иметь в виду, что короткие заклепки нагреваются приблизительно до вишнево-красного каления (750°), а длинные — до светлокрасного (800°), — для получения наибольшего сопротивления скольжению между листами. Головки заклепок не должны сидеть односторонне, что особенно нужно иметь в виду при машинной клепке, так как от этого понижается сопротивление скольжению между листами и плотность шва.

Ни в коем случае не должно иметь места вдавливание краев обжимки в листы. Точно так же при чеканке краев листов или заклепочных головок не должно быть допуская повреждение поверхности листов чеканкой. Для этого применяют чеканки с закругленными краями, и ни в коем случае нельзя допускать употребления чеканок с заостренными краями. Образующийся при клепке из-под обжимки заусенец при чеканке устраняется.

Все заклепочные головки должны быть по возможности прочеканены как снаружи, так и изнутри.

Анкера из литой стали не должны свариваться.

Распорные болты должны тщательно входить в гаечную нарезку листов.

Применение каких-либо уплотнительных средств, как, например, полотно, замазка, всякие жидкости, вызывающие ржавление в местах шва, и т. д., строго воспрещается.

При всаживании днищ котлов в кожух (обычайку), особенно когда шов обычаики сделан наглухо, как, например, у обычаек со сваренным продольным швом, днища должны быть хорошо пригнаны к обычайкам. Необходимо отметить, что закругление, в котором шаровая выпуклость котельного днища переходит в его цилиндрическую часть, в так называемый воротник (борт), находится во время работы в наиболее неблагоприятных условиях в смысле восприятия нагрузок, чем все части днища и даже всего котла. Поэтому следует обратить внимание на то, чтобы при всаживании днища в кожух не остались неравномерные напряжения, которые при работе котла могут привести к разрывам в днище, особенно в указанных его местах. Ни в коем случае нельзя вгонять днище

в кожух таким образом, чтобы оно в одном месте было, допустим, уже вставлено, а дальнейшая установка на место достигалась бы путем нажима, требующего больших усилий на диаметрально противоположную часть днища. Эта операция должна производиться путем правильной подгонки днища к отверстию кожуха и одновременного вталкивания в кожух с четырех расположенных крестообразно пунктов на поверхности днища. Для лучшей ориентировки при всаживании днища многие котельные заводы наносят снаружи у борта, по окружности его, на некотором расстоянии от края небольшую канавку глубиной в 0,25 мм и шириной в 2 мм, которая и служит в качестве указателя для правильной постановки днища на место.

В то время как по Брахту (Bracht, см. выше стр. 22) правила о материалах рассмотрены довольно подробно, некоторые важные пункты правил относительно изготовления должны подвергнуться еще дальнейшей проработке. Сюда относятся в первую очередь сварка, клепка и вопросы о котельных днищах.

Особо следует отметить два исключительно вредных способа обработки для железа.

Прокровка в холодном виде, т. е. обработка при помощи вытягивания, гибки, ударов молотка при обыкновенной температуре, при которой материал получает напряжение выше предела текучести, должна по возможности избегаться. У литой стали временное сопротивление растяжению растет, но материал делается хрупким. Отжиг же постепенным охлаждением возвращает материалу его первоначальные свойства.

Обработка или придание частям листов необходимых форм при так называемом синем нагреве (приблизительно 300° С) не должна никогда иметь места для литой стали, что отмечается и более новыми германскими разъяснениями, касающимися котельных листов. Наступающая при этом высокая хрупкость материала не может быть также устранена немедленным отжигом. Нужно отметить, что принятые для расчетов допускаемые напряжения имеют в виду применение наилучшей котельной обработки.

Согласно правилам следует, что:

а) клепка должна производиться осторожно; при чеканке листы не должны быть задеты;

б) листы с рваными кромками и другими частями, имеющими пороки, должны заменяться частями, не имеющими таковых;

с) продольные накладки должны изготавливаться из таких же листов, как и сам котел, и, как правило, изгибаться по продольным волокнам;

д) все швы должны чеканиться по возможности как изнутри, так и снаружи. Не следует располагать подвергающиеся чеканке края непосредственно друг над другом.

Последние германские разъяснения дают целый ряд следующих указаний: „листы и днища следует заказывать с такими припусками, чтобы можно было удалять близкие места зоны, подвергшейся резке на ножницах или оплавлению огнем горелки для резки (резака), в которых остается вредное влияние в виде напряжений от процесса резки.

Следует добиваться минимальных размеров при подготовительных работах для хорошей дальнейшей взаимной пригонки частей”.

Пригонка, гибка, отбортовка и т. д. в холодном виде должны производиться крайне осторожно или же это должно делаться при соответствующей температуре. Гибка листов и накладок для образования ребер должна вестись машинным путем, так как частичная гибка таким образом ведет часто к вредным последствиям.

Нагрев частей листа посредством сварочной горелки или горелкой для резки недопустим. Нагрев должен настолько охватывать поверхность изделия, чтобы в части, окружающей подвергшуюся красному калению зону, не происходило никаких изменений формы. Охлаждение должно происходить медленно. При пригонке нагретых частей котла к холодным в последних не следует допускать слишком большого нагрева.

* Вставка днищ, как уже указано выше, должна производиться с большой осторожностью.

Для развертки дыр следует применять только острые инструменты, так как тупые могут привести к значительному понижению вязкости материала стен дыр.

Применение больших усилий и напряжений при правке недостаточно пригнанных частей недопустимо, для чего все работы, связанные с клепкой, должны производиться настолько тщательно и осторожно, чтобы при этом достигалось максимальное сопротивление скольжению между котельными листами с устранением всякой возможности повреждения таковых. Вдавливание листов краями заклепочных головок не должно допускаться; вместе с тем головки заклепок должны занимать центральное положение. Поврежденные заклепки должны высверливаться и заменяться новыми.

Листы, обработанные на огне, должны быть по возможности отожжены и не должны обрабатываться далее в холодном виде. При частичном нагреве обрабатываемое место должно быть нагрето до красного каления. Листы и части котла, изогнутые в холодном виде, с большой толщиной листа по отношению к радиусу изгиба¹, должны по возможности подвергаться отжигу.

Части котлов, материал которых может быть подвергнут изменениям при обработке (ковка, штамповка и т. д.), испытываются в целом и готовом виде. Острые царапины или шероховатости не должны быть глубже $\frac{1}{20}$ толщины стенки и, во всяком случае, не более 0,8 мм.

При горновой сварке внахлестку звеньев котла или котельного барабана твердо установлены пределы для периметра, овальности и вообще отклонения от точных размеров. Для звеньев или барабанов с всаженными или вваренными днищами требуются отжиг и последующая гидравлическая проба давлением при участии эксперта с минимальным $1\frac{1}{2}$ -кратным рабочим давлением. Для бесшовных звеньев котла и котельного барабана с особыми правилами испытания их материала и специально установленными минимальными удлинениями существуют особые правила испытания; гидравлическая проба давлением для них вообще отпадает.

¹ Считают, что допустимым является, в этом смысле, соотношение между радиусом R и толщиной стенки s , когда $R \geq 20s$.

В случае необходимости производить отжиг у деталей, такая тепловая обработка должна выполняться заводом, изготовившим эти детали.

Чеканка изнутри важна потому, что она препятствует проникновению влажности между краями листов и образованию там ржавчины и отложению накипи. Для лучшей сохранности листов следует производить чеканку тогда, когда котел пустой.

Так же, как и до сих пор, следует принимать для сварочной стали, литой стали и меди прочность срезу равной 0,8 прочности растяжения.

По поводу клепки в новых германских правилах для пароприемников по сравнению со старыми правилами (B. f. DF. Ziffer, II, 1 и 2) никаких изменений не произошло. Но в „разъяснениях“ для швов внахлестку или листов I сорта, когда могут идти и заклепки этого же рода, рекомендуется применять против напряжений на изгиб швы с двумя накладками (и притом такие, в которых наружные и внутренние чеканящиеся края не лежат друг над другом, имея при этом в виду, что ни одна из накладок не зубчатая — см. ниже стр. 171). Здесь же в „разъяснениях“ отмечено: „напряжение на изгиб от клепки может иметь место тогда, когда шов с двумя накладками выполнен недостаточно тщательно“.

Относительно клепки приведено много опытов у Брахта. Здесь же необходимо указать на опубликованные труды Höhn¹.

Сварка и обработка на огне представляют особый интерес для изготовления пароприемников и аппаратов.

Для того чтобы сварку можно было рассматривать допустимой в этой области, должны быть осуществлены следующие условия:

- 1) работа должна выполняться опытными рабочими под руководством специалистов на достаточно хорошо зарекомендовавших себя предприятиях;
- 2) материал должен хорошо поддаваться сварке;
- 3) свариваемые части должны перед дальнейшей обработкой подвергаться отжигу, от какого можно после тщательной пробы отказаться в исключительных случаях, а именно:

- a) при работах, касающихся исправлений уже существующих котельных установок;
- b) при частично сварных и частично клепаных корпусах котлов;
- c) при подварке маленьких кусков.

В п. 1 предприятие может считаться надежным в том случае, если оно выполняет все работы по сварке, имея опытных рабочих и руководствуясь соответствующими правилами. При этом, конечно, центр тяжести лежит не только в необходимых познаниях, опытности и ловкости сварщика, но также и в сознательности его, связанной с пониманием всей ответственности, лежащей на нем. Предприятие должно иметь хорошие установки и достаточно опытный, знающий свое дело, руководящий персонал, неся ответственность за выбор сварщика. Это относится как к сварке плавлением, так и для всех других видов сварки.

По п. 2 для литой стали следует считать предельным временным сопротивлением растяжению, при котором еще достаточно хороша свариваемость, 48 кг/мм².

¹ E. Höhn, Nieten und schweissen der Dampfkessel. I. E. Höhn, Berechnung und Einteilung der Nietnähte von Dampfkesseln, Z. d. Bayer, Rev. V., Ig. 1926, S. 255 ff.

В п. 3 под а), б) и с) приведены исключительные случаи, совершенно разделенные друг от друга, которые приведены также в рассматриваемых германских правилах.

В днищах сварка встык недопустима, поскольку они в значительной части подвергаются напряжениям на изгиб и на растяжение. Здесь было бы уместно предпочесть, быть может, придерживаться в этом смысле более категорического изложения прежнего германского закона 1915 г., а именно: „сварка встык в днищах недопустима“, но с некоторым добавлением такого приблизительно рода: „в виде исключения можно было бы разрешить это делать только при особых условиях, после достаточного испытания и при полной уверенности в надежности соединения“.

Швы, сваренные внахлестку при помощи пламени водяного газа или хорошего коксового пламени, являются пригодными для восприятия напряжений на изгиб и растяжение, но только при условии их последующего отжига, который должен производиться достаточно компетентным лицом. Наилучшим родом сварки все же следует считать в данном случае сварку внахлестку водяным газом в исполнении достаточно хорошего специалиста; накладки для большей обеспеченности при этом не требуются.

Сварка плавлением (газовая или электрическая — для новых установок или для исправлений в существующих установках) допустима только после согласования этого вопроса со специалистом и его утверждения и если при этом: а) в шве не возникает опасений относительно возможности появления напряжений на изгиб и б) выполнение работы обеспечивается достаточным знанием дела и максимальной осторожностью.

Все сваренные корпуса котлов после отжига перед дальнейшей обработкой должны подвергаться испытанию холодной водой с давлением, минимум в $1\frac{1}{2}$ раза большим рабочего давления.

Сваренные швы не должны по возможности подвергаться непосредственному прикосновению пламени.

Следует избегать ослабления сваренного шва сверлением в нем дыр.

По германским правилам швы, сваренные плавлением при наличии напряжения на растяжение, следует укреплять накладками или другими, достаточно надежно действующими средствами.

Остается еще незатронутым и невыясненным в более новых германских правилах вопрос относительно того, должны ли накладки для большей надежности сварного шва быть приклепанными или приваренными.

В прежних германских правилах, как для паровых котлов, так и для пароприемников, имелась, без сомнения, в виду клепаная накладка. Известные же опыты Höhn¹ показывают безусловную пригодность накладок, приваренных плавлением, и притом преимущественно электричеством. Одновременно в опытах Höhn даются различные виды наиболее благоприятных форм исполнения. Пока же для установления правильного курса в этом вопросе надлежит придерживаться следующего:

¹ E. Höhn, Über die Festigkeit elektrisch geschweisster Hohlkörper.

а) накладки для надежности отдельных сваренных швов клепаных котлов и пароприемников, как правило, должны быть приклепаны;

б) накладки для надежности в котлах и пароприемниках, выполненных в соединении частей преимущественно сваркой плавлением, должны быть приварены.

Если рассмотреть сорта листов, применяющиеся в Германии в настоящее время, то получается, что должны свариваться только листы I сорта.

Более твердые листы II сорта не являются надежными для применения к ним сварки, и вообще при этом листы тоньше 7 мм не должны свариваться.

1. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СОСУДЫ

Обычно пароприемники и аппараты выполняются цилиндрическими, если какие-либо причины не вынуждают делать их другой формы.

При этом соотношение между диаметром и высотой выбирается в зависимости от назначения сосуда и размеров помещения.

На фиг. 2 дано десять примеров разных соотношений между высотой и диаметрами сосудов, и притом высота остается все время больше диаметра, достигая в конечном счете его величины.

На фиг. 3 изображена десять цилиндров, у которых диаметр больше высоты и в конце концов равен ей, т. е. $D \geq H$. Пользуясь табл. 5 и 5а, выбирают, сообразно требуемой емкости J , наиболее подходящую форму сосуда и без расчетов устанавливают необходимый диаметр.

Как видим из таблиц, вместо $H = 1\frac{2}{3} D = 1,667 D$ (табл. 5) или $D = 1\frac{2}{3} H$ (табл. 5а) взято соотношение золотого сечения¹, равное 1,618. Также вместо $H = 1\frac{1}{4} D$ (табл. 5) принято $H = \frac{4}{\pi} D$,

так как при этом $D = \sqrt[3]{J}$. Что же касается соотношения $D = 1\frac{1}{4} H$ (табл. 5а), то оно так и оставлено в таблице, так как замена его равенством $D = \frac{4}{\pi} H$ (табл. 5а) никакого упрощения не дает.

Пример 1. Экстракционный аппарат при $J = 10\,000$ л по форме 3 (фиг. 2) имеет:

$$D = 0,752 \sqrt[3]{10\,000} = 16,2 \text{ дм} = 1620 \text{ мм};$$

$$H = 3D = 4860 \text{ мм}.$$

Пример 2. Выпарной аппарат при $J = 2000$ л по форме 8 (фиг. 3) имеет:

$$D = 1,563 \sqrt[3]{2000} = 19,69 \text{ дм} \approx 1970 \text{ мм};$$

$$H = \frac{D}{3} = 656 \text{ мм}.$$

¹ Имеется в виду соотношение, получающееся между частями отрезка прямой, рассеченного на части по правилам так называемого в математике золотого сечения, т. е. крайнего и среднего отношений. Примеры золотого деления часто встречаются в природе, искусстве и технике, вытекая в последней почти исключительно из соображений целесообразности.

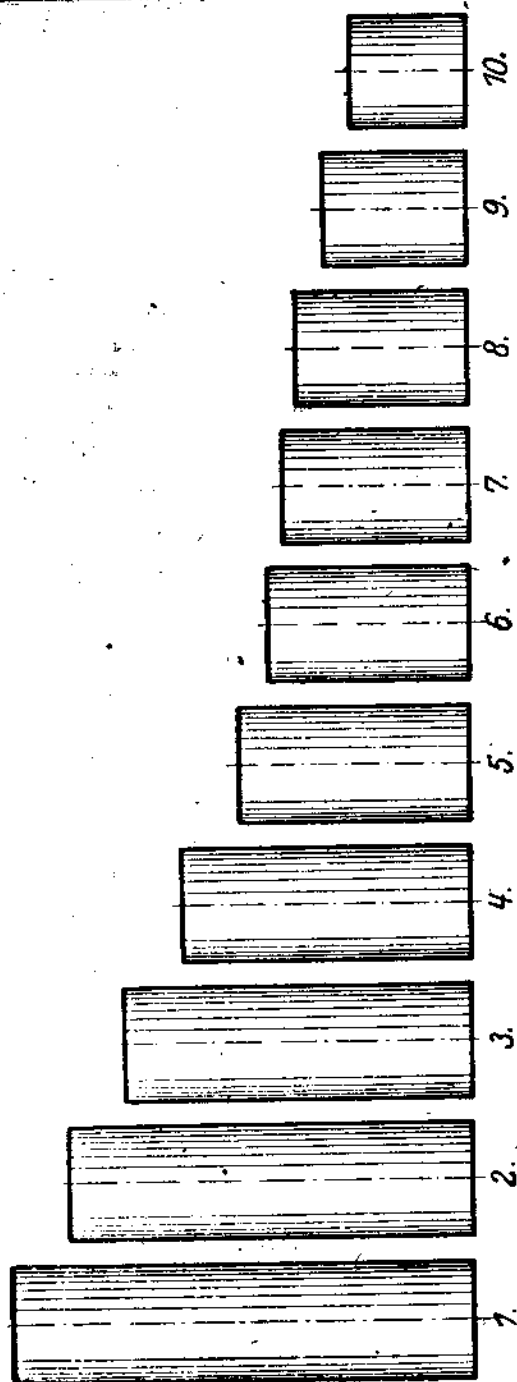


Таблица 5

Формулы для диаметров цилиндрических сосудов

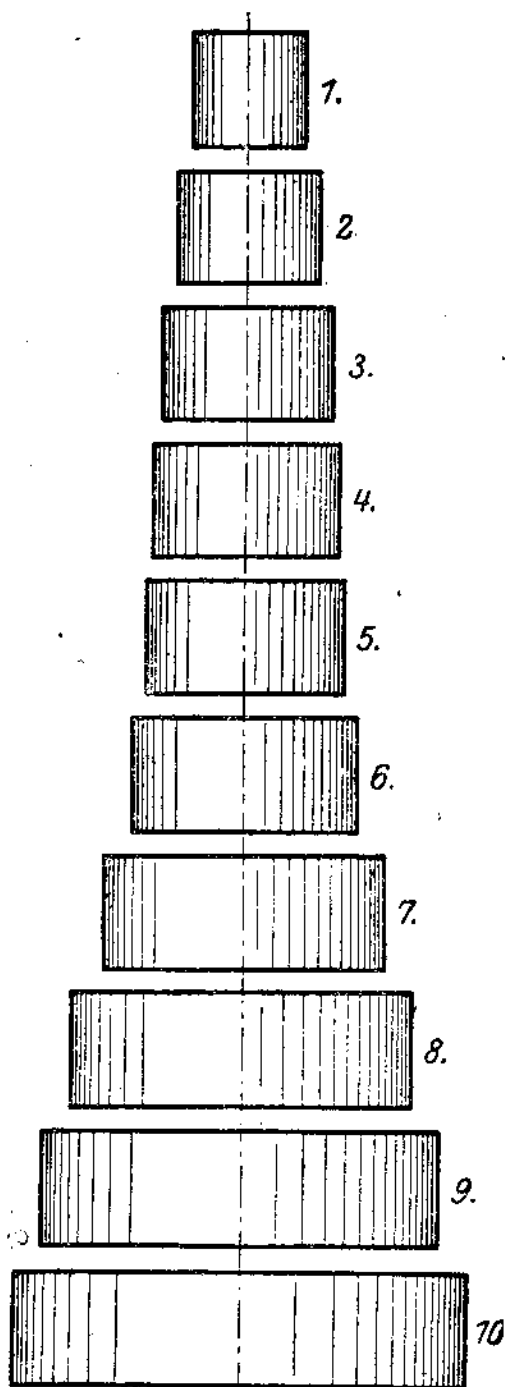
№ п/п.	$D \geq H$		
	H	D	D
1	$4D$	$\frac{H}{4}$	$0,683 \sqrt[3]{J}$
2	$3,5D$	$\frac{H}{3,5}$	$0,714 \sqrt[3]{J}$
3	$3D$	$\frac{H}{3}$	$0,752 \sqrt[3]{J}$
4	$2,5D$	$\frac{H}{2,5}$	$0,799 \sqrt[3]{J}$
5	$2D$	$\frac{H}{2}$	$0,860 \sqrt[3]{J}$
6	$1,75D$	$\frac{H}{1,75}$	$0,839 \sqrt[3]{J}$
7	$1,618D$	$\frac{H}{1,618}$	$0,924 \sqrt[3]{J}$
8	$1,5D$	$\frac{H}{1,5}$	$0,947 \sqrt[3]{J}$
9	$\frac{4}{\pi} D$	$\frac{\pi}{4} H$	$\sqrt[3]{J}$
10	D	H	$1,084 \sqrt[3]{J}$

Фиг. 2.

Таблица 5а

Формулы для диаметров цилиндрических сосудов

№ п/п	$D \geq H$		
	D	H	D
1	H	D	$1,084 \sqrt[3]{J}$
2	$1,25 H$	$\frac{D}{1,25}$	$1,168 \sqrt[3]{J}$
3	$1,5 H$	$\frac{D}{1,5}$	$1,241 \sqrt[3]{J}$
4	$1,618 H$	$\frac{D}{1,618}$	$1,273 \sqrt[3]{J}$
5	$1,75 H$	$\frac{D}{1,75}$	$1,306 \sqrt[3]{J}$
6	$2 H$	$\frac{D}{2}$	$1,366 \sqrt[3]{J}$
7	$2,5 H$	$\frac{D}{2,5}$	$1,47 \sqrt[3]{J}$
8	$3 H$	$\frac{D}{3}$	$1,563 \sqrt[3]{J}$
9	$3,5 H$	$\frac{D}{3,5}$	$1,646 \sqrt[3]{J}$
10	$4 H$	$\frac{D}{4}$	$1,721 \sqrt[3]{J}$



Фиг. 3.

Определяя, например, у серии варочных котлов с емкостями 200, 300, 400, 500 л и т. д. предварительные размеры диаметров и высот по соответствующим формулам табл. 5 и 5а, получаем максимально достижимое в этом едином образце. Найденные размеры остается только увязать с нормами котельных днищ, имея при этом в виду сохранение, главным образом, заданных емкостей.

Безусловный интерес представляют те работы¹, которые проделаны в последнее время у нас в деле стандартизации диаметров и высот цилиндрических сосудов химической аппаратуры для тех случаев, где не требуется специальных габаритов по расчетным и конструктивным соображениям.

Следствием этого должно явиться в большинстве случаев удешевление изготовления обечаек, штампованных днищ и крышек литых сосудов, а также литых днищ и крышек, т. е. тех элементов аппаратов, которые требуют для себя специальных приспособлений, штампов, моделей и т. д.

Таблицы, составленные Экихимаш на основе новейших данных для отдельных перечисленных элементов, — например, для выпуклых днищ и т. д., помещены нами ниже.

Исходной предпосылкой в указанном деле явилось установление прежде всего ряда нормальных диаметров, которые приведены в табл. 6 и приняты как проект ОСТ.

Таблица 6

Диаметры: 1) штампованных днищ и крышек, 2) литых сосудов, 3) литых днищ и крышек. (проект ОСТ)

300	600	1100	(1700)	2800
350	(650)	1200	1800	(3000)
400	700	1300	2000	3200
450	800	1400	2200	—
500	900	1500	2400	—
550	1000	1600	2600	—

Указанный ряд диаметров намечен для изделий из черных металлов как обязательный, а для изделий из цветных металлов — как рекомендуемый.

При этом нормальными диаметрами приняты:

- а) для штампованных днищ — наружные диаметры по бортам;
- б) для штампованных крышек — внутренние диаметры фланца;
- в) для литых цилиндрических сосудов — номинальные диаметры;
- г) для литых крышек — номинальные диаметры;
- д) для литых сосудов нецилиндрических — номинальные диаметры горловин.

Диаметры же, взятые в скобки, являются нерекомендуемыми вообще.

В табл. 7 и 8 даны габаритные размеры открытых резервуаров, как, например: сосудов под налив, мешалок, холодильников и пр. В свою очередь, таковые разделены на две подгруппы. К первой из них (табл. 7) отнесены низкие сосуды, применение которых

¹ Работы проводятся отраслевым Экспериментально-конструкторским институтом химического машиностроения в Москве, который ниже сокращенно называется Экихимаш.

имеется в виду там, где при установке можно не скупиться площадью; при этом сосудам придаются при соответствующих емкостях такие габаритные размеры, при которых для данной емкости расход материала получается минимальным.

Как известно, этого могут добиться при соответствующем отношении диаметра к высоте, не забывая, конечно, и о необходимости сохранять процент отходов при раскрое листового материала наименьшим.

Для определения радиусов сосудов для тех емкостей, которые даны в табл. 7, применена формула¹:

$$R = \sqrt[3]{\frac{v \cdot s}{\pi \cdot s_1}}, \quad (A)$$

где $R = \frac{D}{2}$ — радиус сосуда, v — объем сосуда, s — толщина обечайки и s_1 — толщина днища.

Подставляя в эту формулу соответствующие значения s и s_1 , получим наивыгоднейшее соотношение $\frac{H}{D}$, равное приблизительно 0,6.

Ко второй подгруппе сосудов высоких (табл. 8) относятся резервуары под налив, как то: мешалки, холодильники и др., которые применяются в случае ограниченности площади или когда аппарат по конструктивным или технологическим соображениям требует большей высоты, т. е. большего отношения $\frac{H}{D}$, которое принято здесь равным приблизительно 1,2 в ущерб экономии материалов, получающейся от применения сосудов согласно табл. 7.

¹ Эта формула выведена следующим образом.

Пусть H — высота сосуда и v_0 — объем потребного количества железа для изготовления этого сосуда; тогда при тех же значениях остальных букв

$$v = \pi \cdot R^2 \cdot H; \quad (1_0)$$

$$v_0 = 2\pi \cdot RHs + \pi R^2 s_1. \quad (2_0)$$

Подставляем значение H из формулы (1₀) в формулу (2₀) и, дифференцируя последнее выражение v_0 по R с приравнением $\frac{dv_0}{dR} = 0$, получаем формулу (A).

Если же вывести соотношение между H и D цилиндрических сосудов, не принимая во внимание толщину металла, то получается следующее:

$$v = \pi R^2 \cdot H; \quad s_0 = 2\pi RH + \pi R^2,$$

где s_0 — поверхность листового материала сосуда; откуда

$$H = \frac{v}{\pi R^2} \quad \text{и} \quad s_0 = \frac{2v}{R} + \pi R^2; \quad \frac{ds_0}{dR} = -\frac{2v}{R^2} + 2\pi R = 0;$$

откуда

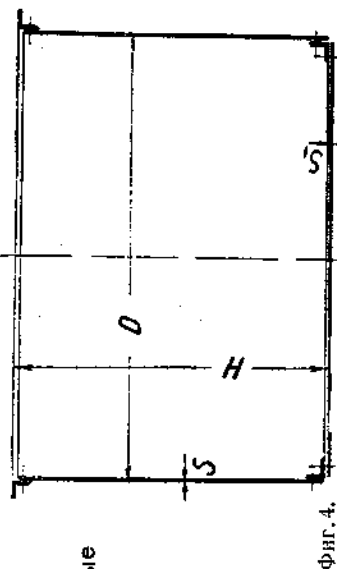
$$R = \sqrt[3]{\frac{v}{\pi}}, \quad R^3 = \frac{v}{\pi} = R^2 H \quad \text{и} \quad H = R = \frac{D}{2},$$

т. е. при одинаковой толщине стенок обечайки и днища наименьший расход материала получается, когда высота бака равна половине диаметра его; а так как толщина днища s_1 больше s , то из формулы (A) и взято для баков по табл. 5 наивыгоднейшее соотношение $\frac{H}{D}$, равное приблизительно 0,6.

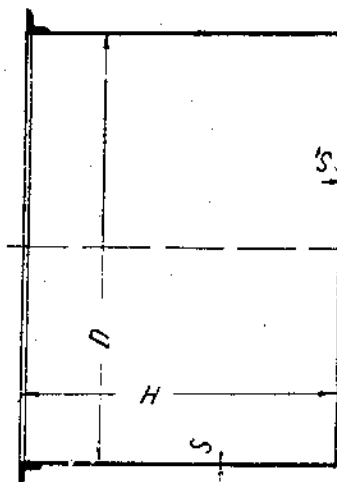
Таблица 7

Баки открытые клепаные
и сварные (низкие) с

$$\frac{H}{D} \approx 0,6$$



Фиг. 4.



Фиг. 5

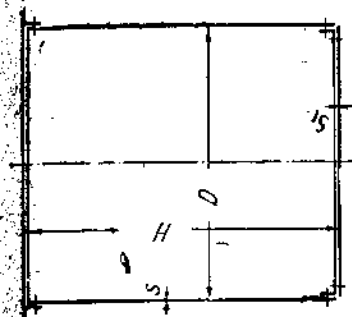
Минимальные размеры, мм

Емкость (прибли- зительно) в	D	H	Угловое железо	Для баков		Баки клепаные				Баки сварные				тол- щина железа	внешне		
				эле- менты (фиг. 4) мм	свар- ных (фиг. 5) мм	угловое железо		угловое железо		рамки		рамки					
						для верхней рамки	для нижней рамки	для верхней рамки	для нижней рамки	для верхней рамки	для нижней рамки						
												тол- щина железа				тол- щина железа	
												внешне	внутри			внешне	внутри
0,5	1 000	625	40 × 40 × 5	4	3	3	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	4	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	3	—	—	3		
0,6	1 100	650	40 × 40 × 5	4	3	3	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	4	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	3	—	—	3		
0,8	1 200	700	40 × 40 × 5	4	3	3	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	4	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	3	—	—	3		
1,2	1 400	800	50 × 50 × 6	4	4	4	50 × 50 × 6	40 × 40 × 5	4	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	4	—	—	4		
1,9	1 600	950	50 × 50 × 6	4	4	4	50 × 50 × 6	40 × 40 × 5	4	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	4	—	—	4		
2,8	1 800	1 100	50 × 50 × 6	5	5	5	50 × 50 × 6	40 × 40 × 5	5	40 × 40 × 5	40 × 40 × 5	5	—	—	4		
3,3	2 000	1 200	60 × 60 × 7	5	5	5	60 × 60 × 7	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5		
5	2 200	1 300	60 × 60 × 7	5	5	5	60 × 60 × 7	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5		
6,5	2 400	1 450	60 × 60 × 7	5	5	5	60 × 60 × 7	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5		
8	2 600	1 550	60 × 60 × 7	5	5	5	60 × 60 × 7	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5		
10,5	2 800	1 700	60 × 60 × 7	5	5	5	60 × 60 × 7	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5		
12,5	3 000	1 800	60 × 60 × 7	5	5	5	60 × 60 × 7	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5	50 × 50 × 5	50 × 50 × 5	5		
15	3 200	1 900	75 × 75 × 8	5	5	5	75 × 75 × 8	60 × 60 × 6	5	60 × 60 × 6	60 × 60 × 6	5	60 × 60 × 6	60 × 60 × 6	5		
20	3 500	2 100	75 × 75 × 8	5	5	5	75 × 75 × 8	60 × 60 × 6	5	60 × 60 × 6	60 × 60 × 6	5	75 × 75 × 8	75 × 75 × 8	5		

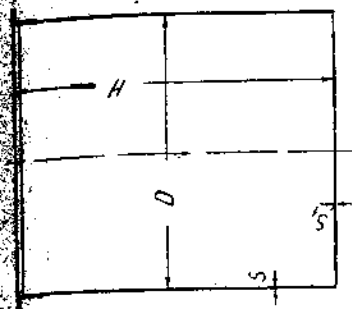
Таблица 3

Баки открытые клепаные
и сварные (высоте) с

$$\frac{H}{D} \approx 1,2$$



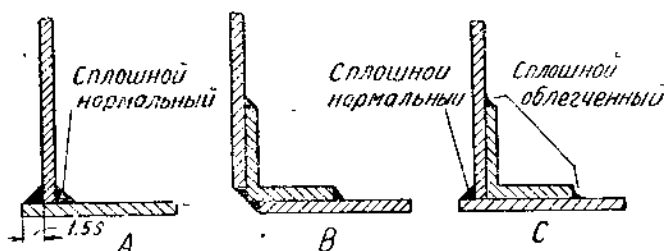
Фиг. 6.



Фиг. 7.

Емкость (прибли- зительно) л	D	H	Отношение (прибли- зительно) $\frac{H}{D}$	Для баков				Минимальные размеры, мм								
				Угловое железо	свар- ных панях (фиг. 4)	толщина железа мм	Баки клепаные		Баки сварные		тол- щина железа	тол- щина железа				
							для верхней рамы	для нижней рамы	для верхней рамы	для нижней рамы						
													для верхней рамы	для нижней рамы	для верхней рамы	для нижней рамы
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	
0,57	850	1 000	1,2	40	40	5	40	40	5	4	40	40	5	3	3	
0,70	900	1 100	1,2	40	40	5	40	40	5	4	40	40	5	3	3	
0,95	1 000	1 200	1,2	40	40	5	40	40	5	4	40	40	5	3	3	
1,25	1 100	1 300	1,2	40	40	5	40	40	5	4	40	40	5	4	4	
1,60	1 200	1 400	1,2	40	40	5	40	40	5	4	40	40	5	4	4	
2,60	1 400	1 700	1,2	50	50	6	50	50	6	4	50	50	6	4	4	
3,80	1 600	1 900	1,2	50	50	6	50	50	6	4	50	50	6	4	4	
4,50	1 700	2 000	1,2	50	50	6	50	50	6	5	50	50	6	4	4	
6,30	2 000	2 400	1,1	60	60	7	60	60	7	5	60	60	7	5	5	
9,20	2 200	2 700	1,1	60	60	7	60	60	7	5	60	60	7	5	5	
13,20	2 500	2 700	1,1	60	60	7	60	60	7	5	60	60	7	5	5	
17,20	2 800	2 800	1	60	60	7	60	60	7	6	60	60	7	5	5	
19,0	2 800	3 100	1,1	60	60	7	60	60	7	5	60	60	7	5	5	
25,0	3 000	3 500	1,15	75	75	8	75	75	8	6	75	75	8	5	5	
34,0	3 500	3 600	1	75	75	8	75	75	8	6	75	75	8	5	5	

Имеется в виду, что в табл. 7 и 8 толщина железа указана в двух вариантах; при этом по последнему из них — минимальная; сварка днщ у сосудов с диаметром D до 2000 мм должна вестись по типу А фиг. 8 или по типу 3—5 фиг. 18, а для диаметров, начиная с 2000 мм, — по типу В или С фиг. 8. Отметим, что, как пра-



Фиг. 8.

вило, открытые резервуары — как низкие, так и высокие — должны изготавливаться сварными, и лишь только в тех случаях, когда сварной шов ненадежен из-за коррозии от хранящейся в резервуаре жидкости, резервуары могут быть клепаными.

Для выбора листов стали в дополнениях даны таблицы с размерами таковых; при этом указаны фактически выпускаемые нашими прокатными заводами размеры. Эти таблицы составлены нами по данным объединения „Сталь“¹.

2. ЕМКОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОСУДОВ

В табл. 9—11 даны емкости в литрах для каждого погонного метра длины горизонтальных цилиндрических сосудов диаметрами от 300 до 3500 мм, как наполненных, так и ненаполненных. Высоты наполнения взяты через каждые 50 мм.

Эти таблицы рассчитаны Люхтом (Lucht)² и предназначены для самых различных производственных целей.

Но эти таблицы могут быть с удобством также использованы при изготовлении пароприемников и аппаратов вообще.

Табл. 12 содержит размеры частей круга при углах φ от 10 до 150° и при радиусе $r=1$; площади круга равны F ; при этом, как видим, на фиг. 9 обозначены:

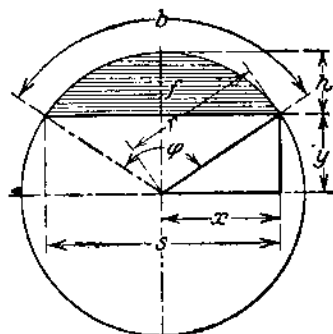
b — длина дуги,

s — длина хорды,

h — высота стрелки,

f — площадь поверхности,

$f:F=n$ — соотношение площадей.



Фиг. 9.

¹ За 1933 г.

² Chem. App., VII, Ig. H. 21, Leipzig, Otto Spamer, 1920.

Таблица 9

Емкости в литрах горизонтальных цилиндрических котлов с диаметрами от 300 до 2000 мм и длиной 1000 мм при наполнении их высотой от 50 до 2000 мм

Высота наполнения мм	Диаметр, мм															
	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	
50	11,3	12,2	13,1	13,9	14,7	15,4	16,1	16,8	17,5	18,1	18,7	19,3	19,9	20,4	21,0	
100	30,9	33,7	36,3	38,6	40,9	42,8	45,0	46,6	48,7	50,6	52,2	53,9	55,7	57,2	58,7	
150	55,3	60,5	65,3	69,7	73,9	77,8	81,6	85,2	88,5	91,9	95,1	98,3	101,3	104,2	107	
200	82,5	90,7	98,3	105,3	111,8	118	123,9	129,5	134,8	140,1	145	149,9	154,6	159,1	163,2	
250	111,5	123,4	134,2	144,3	153,6	162,3	170,7	178,7	186,2	193,6	200,6	207	214	221	227	
300	141,3	157,5	172,2	185,6	198,2	210	221	232	242	252	261	270	279	287	295	
350	171,2	192,4	211	229	245	260	274	288	301	313	325	337	348	359	369	
400	200	227	251	273	293	312	330	347	363	378	393	407	421	434	447	
450	227	261	292	318	343	366	387	408	427	446	464	481	498	514	529	
500	252	294	330	363	393	420	446	470	493	516	537	557	577	596	614	
550	271	324	368	407	442	475	506	534	561	587	612	636	659	681	702	
600	283	351	404	459	492	530	565	598	629	659	689	716	743	768	793	
650		373	437	492	540	584	625	664	700	734	767	798	828	857	885	
700		388	466	531	587	638	685	729	770	809	846	881	915	948	980	
750			469	566	632	690	744	793	839	884	925	965	1004	1040	1076	
800			503	597	673	740	801	857	910	958	1005	1050	1093	1134	1174	
850				622	711	788	857	919	978	1033	1086	1135	1183	1228	1272	
900				636	744	832	910	980	1045	1108	1165	1220	1272	1323	1372	
950					771	872	960	1039	1112	1180	1244	1305	1362	1417	1471	
1000					785	907	1007	1095	1176	1251	1322	1389	1452	1512	1570	
1050						935	1049	1149	1238	1321	1399	1472	1541	1607	1671	
1100						950	1086	1198	1297	1389	1473	1554	1630	1701	1770	
1150							1115	1242	1353	1454	1547	1634	1717	1795	1870	
1200							1131	1281	1404	1515	1618	1703	1802	1887	1968	
							1250	1310	1451	1573	1686	1789	1886	1978	2066	
							1300	1327	1491	1627	1750	1863	1968	2067	2162	
							1350		1522	1676	1810	1933	2047	2154	2257	
							1400		1539	1716	1866	2000	2124	2239	2349	
							1450			1749	1915	2063	2197	2321	2440	
							1500			1767	1960	2120	2265	2401	2528	
							1550				1992	2171	2331	2476	2613	
							1600				2011	2216	2390	2548	2695	
							1650					2250	2443	2614	2773	
												2270	2489	2676	2846	
													2525	2731	2915	
													2545	2778	2978	
														2815	3035	
														2835	3083	
															3121	
															3142	

Начало таблицы

Высота наполнения мм	Диаметр, мм		
	300	400	500
50	7,7	9,1	10,2
100	20,6	24,6	28,1
150	35,3	43,0	49,5
200	50	62,8	73,3
250	62,9	82,6	98,2
300	70,7	101	123
350		116,5	146,8
400		125,6	168,2
450			186,1
500			196,3

Высота наполнения, мм

Таблица 10

Емкости в литрах горизонтальных цилиндрических котлов диаметрами от 2100 до 3500 мм и длиной 1000 мм при наполнении их высотой от 50 до 200 мм

Высота наполнения, мм	Диаметр, мм														
	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500
50	21,4	22,0	22,5	22,9	23,4	23,8	24,2	24,7	25,2	25,8	26,1	26,6	26,9	27,3	27,7
100	60,2	61,7	63,1	64,2	65,9	67,2	68,5	69,7	71,0	72,3	73,5	74,3	75,9	77	77,9
150	109,8	112,5	115,5	117,7	120,2	122,5	125,1	127,4	129,8	132,2	134,3	136,4	138,8	140,8	142,8
200	167,8	171,9	175,9	180	184	187,8	191,5	195,2	198,8	203	206	209	213	216	219
250	232	239	244	249	255	261	266	271	276	282	286	291	296	301	306
300	304	311	319	326	334	341	348	355	361	368	374	381	387	393	399
350	379	389	399	408	418	427	436	444	453	461	469	477	485	493	502
400	460	472	484	495	507	518	529	540	550	561	570	580	590	600	609
450	544	559	573	587	601	614	629	640	653	665	677	689	700	712	723
500	632	649	666	682	699	715	730	745	760	775	789	803	816	830	843
550	723	743	763	782	801	819	837	854	872	889	905	921	936	953	968
600	817	840	862	884	906	927	947	967	987	1006	1025	1044	1062	1080	1097
650	913	939	965	989	1014	1038	1061	1084	1106	1128	1150	1171	1191	1211	1231
700	1011	1040	1069	1097	1125	1154	1178	1204	1229	1254	1278	1301	1324	1347	1369
750	1110	1144	1176	1207	1238	1269	1298	1326	1353	1383	1409	1435	1461	1487	1511
800	1212	1249	1285	1320	1354	1387	1420	1451	1482	1514	1543	1572	1601	1629	1656
850	1314	1352	1395	1433	1472	1508	1544	1579	1614	1648	1680	1712	1744	1775	1805
900	1418	1463	1507	1548	1590	1631	1671	1709	1747	1783	1820	1855	1889	1924	1957
950	1522	1572	1620	1666	1712	1756	1799	1841	1882	1922	1961	2000	2038	2075	2111
1000	1627	1681	1733	1783	1834	1882	1928	1974	2019	2062	2105	2147	2188	2229	2268
1050	1732	1791	1848	1902	1957	2009	2059	2109	2157	2206	2251	2296	2341	2385	2427
1100	1837	1901	1962	2021	2080	2138	2192	2245	2297	2350	2399	2448	2496	2543	2588
1150	1942	2010	2077	2141	2205	2266	2325	2382	2439	2495	2544	2593	2652	2703	2752
1200	2046	2120	2193	2262	2329	2395	2459	2520	2581	2642	2698	2754	2810	2865	2917
1250	2149	2229	2307	2383	2454	2525	2593	2659	2724	2789	2850	2910	2969	3027	3084
1300	2251	2338	2422	2508	2580	2655	2728	2799	2868	2938	3002	3066	3130	3192	3251
1350	2353	2449	2535	2622	2704	2784	2863	2939	3013	3087	3156	3224	3292	3357	3422
1400	2453	2552	2648	2741	2829	2914	2998	3079	3157	3236	3310	3383	3455	3525	3593
1450	2551	2657	2760	2858	2952	3043	3133	3219	3303	3385	3461	3541	3618	3692	3764
1500	2647	2761	2870	2976	3075	3171	3267	3359	3448	3534	3619	3701	3782	3861	3938
1550	2741	2862	2979	3091	3197	3300	3401	3499	3592	3683	3774	3861	3948	4030	4111
1600	2832	2961	3086	3204	3319	3427	3534	3638	3737	3832	3929	4021	4111	4198	4285
1650	2920	3058	3190	3317	3437	3553	3667	3776	3881	3981	4084	4181	4276	4368	4460
1700	3004	3152	3293	3427	3555	3678	3798	3913	4024	4130	4238	4341	4442	4540	4635
1750	3085	3242	3382	3515	3643	3767	3887	4004	4116	4229	4339	4451	4565	4671	4781
1800	3160	3329	3469	3604	3734	3859	3982	4104	4224	4340	4464	4589	4711	4831	4950
1850	3232	3413	3552	3687	3817	3943	4068	4191	4314	4437	4561	4685	4811	4935	5049
1900	3296	3490	3638	3774	3904	4031	4158	4284	4411	4540	4671	4805	4935	5065	5188
1950	3354	3565	3722	3859	4000	4137	4274	4411	4550	4691	4835	4975	5115	5255	5388
2000	3403	3629	3796	4000	4150	4300	4450	4600	4750	4900	5050	5200	5350	5500	5650

Таблица II

Емкости в литрах горизонтальных цилиндрических котлов с диаметрами от 2100 до 3500 мм и длиной 1000 мм при наполнении их высотой от 2050 до 3500 мм

Высота наполнения, мм	Диаметр, мм														
	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500
2050	3442	3689	3911	4116	4308	4490	4665	4832	4991	5146	5297	5442	5584	5722	5857
2100	3464	3740	3979	4198	4402	4594	4779	4954	5123	5285	5443	5594	5743	5887	6028
2150		3779	4040	4275	4491	4695	4889	5074	5252	5420	5587	5749	5901	6052	6199
2200		3801	4092	4344	4575	4791	4996	5191	5376	5554	5728	5895	6057	6214	6369
2250			4132	4406	4654	4882	5099	5304	5499	5685	5868	6042	6212	6376	6537
2300			4155	4463	4725	4968	5197	5413	5618	5814	6005	6187	6365	6536	6704
2350				4501	4789	5048	5290	5518	5733	5940	6139	6330	6515	6694	6869
2400				4524	4843	5121	5378	5618	5845	6062	6270	6470	6664	6850	7033
2450					4885	5187	5460	5714	5952	6179	6398	6607	6809	7004	7194
2500					4909	5242	5535	5803	6055	6293	6523	6741	6952	7155	7353
2550						5285	5600	5887	6152	6403	6643	6874	7092	7304	7510
2600						5319	5657	5962	6244	6507	6759	6998	7229	7459	7684
2650							5701	6030	6329	6608	6871	7121	7361	7592	7816
2700							5720	6058	6406	6700	6978	7233	7481	7732	7985
2750								6133	6476	6786	7079	7353	7617	7868	8110
2800								6158		6534	6865	7174	7462	7737	8002
2850									6589	6938	7262	7565	7853	8126	8390
2900									6685	6996	7342	7661	7963	8249	8524
2950										7043	7413	7751	8068	8367	8653
3000										7068	7474	7833	8166	8479	8778
3050											7521	7906	8257	8586	8898
3100											7548	7968	8350	8686	9012
3150												8016	8414	8778	9119
3200												8042	8477	8863	9222
3250													8526	8938	9315
3300													8553	9002	9402
3350														9052	9479
3400														9079	9543
3450															9593
3500															9621

Таблица 12

Размеры частей круга

Угол φ°	Длина дуги b	Длина хорды s	Высота стрелки h	Площадь поверхности f	$f : F = n$
10	0,175	0,174	0,004	0,000	0,0001
20	0,349	0,347	0,015	0,004	0,0011
30	0,524	0,517	0,034	0,012	0,0038
40	0,698	0,684	0,060	0,028	0,0088
50	0,873	0,845	0,094	0,053	0,0170
60	1,047	1,000	0,134	0,090	0,0387
70	1,222	1,147	0,181	0,141	0,0478
80	1,396	1,286	0,234	0,206	0,0654
90	1,571	1,414	0,293	0,285	0,0906
100	1,745	1,532	0,357	0,330	0,1210
110	1,920	1,638	0,426	0,420	1,1337
120	2,094	1,732	0,500	0,614	0,1955
130	2,269	1,812	0,577	0,751	0,2389
140	2,444	1,879	0,658	0,900	0,2862
150	2,618	1,932	0,741	1,059	0,3367

При центральном угле φ (в градусах) получаются равными:
длина дуги

$$b = \pi \cdot r \cdot \frac{\varphi}{180} = 0,017453 \varphi r;$$

длина хорды

$$s = 2r \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = 2 \cdot \sqrt{h(2r - h)};$$

высота стрелки

$$h = r \cdot \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2}\right) = 2r \sin \frac{2\varphi}{4} = r - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4r^2 - s^2};$$

площадь поверхности

$$f = \frac{r^2}{2} \left(\pi \cdot \frac{\varphi}{180} - \sin \varphi \right) = \frac{1}{2} [r(b - s) + s \cdot h].$$

Для определения площади поверхности f по Бюрку (Bürk¹) можно вместо приведенного выше выражения пользоваться следующей формулой:

$$f = r^2 \cdot \arcsin \frac{x}{r} - x \cdot y,$$

где x — половина хорды, а $y = r - h$.

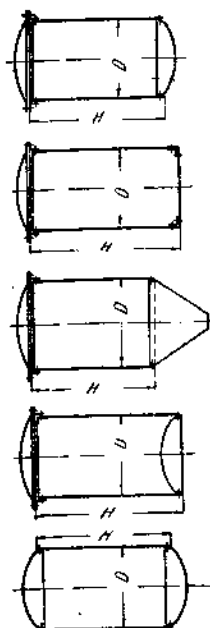
В табл. 13 даны округленные условные емкости в литрах закрытых вертикальных и горизонтальных сосудов, как, например, монжю, мерников, рессиверов, вакуумсборников, холодильников, цистерн, частей подогревателей, отстойников и т. д. по габаритным размерам D и H или D и L .

¹ Chem. App., VII, Ig., H. 23, 1920.

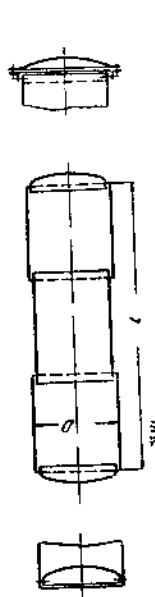
Таблица 13

Габаритные размеры и условные емкости сосудов — вертикальных и горизонтальных (клепанные — фиг. 10 и 11) (сварные — фиг. 12 и 13)

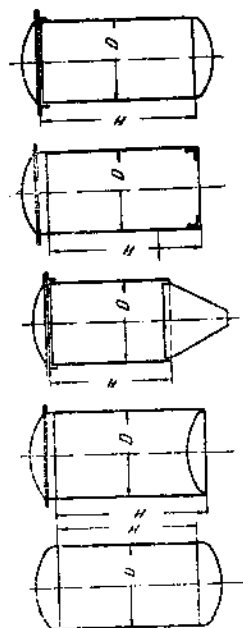
Емкость условная V л	D мм	H для L мм	Емкость условная V л	D мм	H или L мм
25	250	500	4 000	1200	3500
40	300	600		1600	2000
63	300	900	5 000	1400	3100
100	400	800		1600	2500
150	400	1200	6 000	1400	3900
250	500	1300		1800	2400
300	550	1300	8 000	1600	3900
400	600	1400		1800	3200
500	650	1600	10 000	1600	5200
600	700	1600		1800	3900
	800	1200		2000	3000
	700	2000		1800	4800
800	900	1300	12 500	2000	3900
	800	1800		2200	3500
900	1000	1200	15 000	1800	5800
	900	2000		2000	4800
1250	1100	1300	18 000	2000	5800
	1000	2000		2200	4700
1500	1000	1600	23 000	2200	6000
	1100	2300		2800	3800
1800	1200	1600	30 000	2200	8000
	1100	2500		2800	4800
2400	1300	1800	40 000	3000	5700
3 000	1200	2700		3200	5000
	1400	2000			



Фиг. 10.



Фиг. 11



Фиг. 12.

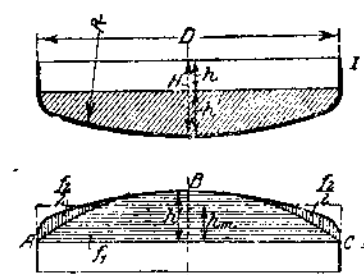


Фиг. 13.

При этом диаметры D взяты по табл. 6, на том основании, что при серийном производстве изделий будут применяться штампованные днища и крышки. Длины же выбраны¹ по данным нашей химической промышленности. Толщины листовой стали (железа) в этих таблицах не показаны, так как выбор их у этой группы сосудов имеется, конечно, в виду в зависимости от таких условий, как давление, характер швов, влияние коррозии и т. д.

3. ВЫПУКЛЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ ДНИЩА.

В табл. 14 даны емкости обыкновенных выпуклых котельных днищ диаметрами от 300 до 3000 мм. Емкости относятся к выпуклой части, заштрихованной на



Фиг. 14.

фиг. 14, I за вычетом цилиндрического участка дна. Точное определение емкости затрудняется в некоторой степени уже тем, что диаметр берется наружный, куда, таким образом, включается и толщина стенки. Днища приняты с толщиной стенок от 6 до 26 мм с интервалом через 1 мм; причем действительные размеры h , H и R у днищ бывают разные, в зависимости от того, какой завод их изготавливает. Это

можно видеть из сравнения, например, табл. 14 и 31.

Проведя через точки A , B , C (фиг. 14, II) окружность, мы можем найти площадь участка f_1 , ограниченного дугой окружности, пользуясь следующей приближенной формулой:

$$f_1 = \frac{2}{3} D \cdot h'.$$

Как видим, в поперечном разрезе выпуклости котельного днища слева и справа остаются не принятыми во внимание небольшие площадки $\frac{f_2}{2}$. Обмером найдено, что у днища, например, с диаметром $D' = 300$ мм:

$$f'_2 \approx 0,14 f'_1,$$

а у днища с $D'' = 3000$ мм

$$f''_2 \approx 0,02 f''_1.$$

При $D' = 300$ мм получается $f'_1 \approx 1$ дм² и при $D'' = 3000$ мм $f''_1 \approx 70$ дм². Таким образом

$$f'_2 = 0,14 \text{ дм}^2 \text{ и } f''_2 = 1,4 \text{ дм}^2;$$

так что

$$f'_2 : f''_2 = 1 : 10 = 300 : 3000 = D' : D''.$$

¹ Работы проведены Экихимаш.

Таблица 14

Приблизительная емкость сферической части выпуклых котельных днищ без принятия во внимание толщин стенок (фиг. 14)

Размеры днищ, мм					Емкость	
D	h	h'	H	R	$V_m, \text{мм}$	$V, \text{л}$
300	60	50	110	400	38	2,7
350	60	55	115	425	41	4
400	60	65	125	450	48	6
450	60	70	130	500	51	8
500	60	80	140	550	58	11
550	60	90	150	600	65	15
600	60	95	155	650	68	19
650	60	100	160	700	71	23
700	60	110	170	800	78	30
750	60	115	175	850	81	36
800	60	120	180	900	85	42
850	60	130	190	925	91	52
900	60	140	200	950	98	62
950	60	145	205	1100	101	72
1000	60	145	205	1200	101	79
1050	60	155	215	1200	108	93
1100	70	145	215	1400	101	96
1150	70	145	215	1400	101	105
1200	70	150	220	1500	105	119
1250	70	150	220	1700	105	129
1300	70	160	230	1700	111	148
1350	70	170	240	1700	118	169
1400	70	180	250	1700	125	192
1450	70	185	255	1800	128	211
1500	70	195	265	1800	135	239
1550	70	200	270	1900	138	260
1600	70	205	275	2000	141	283
1650	80	200	280	2000	138	295
1700	80	205	285	2200	141	320
1750	80	210	290	2200	145	349
1800	80	210	290	2400	145	369
1850	80	210	290	2400	145	388
1900	80	210	290	2600	145	410
1950	80	215	295	2600	148	442
2000	80	215	295	2800	148	465
2050	80	215	295	2800	148	480
2100	80	220	300	3000	151	523
2150	80	220	300	3000	151	547
2200	90	220	310	3300	151	573
2250	90	220	310	3300	151	597
2300	90	240	330	3300	165	686
2350	90	240	330	3300	165	716
2400	90	265	355	3300	182	822
2450	90	265	355	3300	182	856
2500	90	285	375	3300	195	958
2550	90	285	375	3300	195	1000
2600	90	305	395	3300	208	1100
2650	90	305	395	3300	208	1148
2700	90	305	395	3500	208	1190
2750	90	305	395	3500	208	1238
2800	100	315	415	3500	215	1325
2850	100	315	415	3500	215	1372
2900	100	335	435	3500	228	1508
2950	100	335	435	3500	228	1560
3000	100	350	450	3600	238	1680

Принимая приближенно, что отношение между площадями поверхностей f_2 и диаметрами есть величина постоянная, получаем:

$$f_2 = \frac{0,14}{3} \cdot D = 0,0467 D.$$

Приблизительная величина полной площади, таким образом, будет:

$$f = f_1 + f_2 = \frac{2}{3} D \cdot h' + 0,0467 D.$$

Обозначив через h_m высоту прямоугольника с равновеликой площадью и основанием, равным D , получаем:

$$D \cdot h_m = \frac{2}{3} D \cdot h' + 0,0467 D$$

и

$$h_m = \frac{2}{3} h' + 0,0467,$$

где все размеры взяты в диаметрах. В табл. 14 высоты h_m выражены в миллиметрах. Емкости, приведенные около них, определены по формуле:

$$J = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h_m.$$

Толщины стенок не приняты во внимание. Для каждого миллиметра толщины стенки емкость уменьшается приблизительно в следующем виде:

Для диаметров от	300	до	600	мм на	4 ⁹ / ₁₀
"	"	"	600	"	3,5 ⁹ / ₁₀
"	"	"	1000	"	3 ⁰ / ₁₀
"	"	"	1350	"	2,5 ⁹ / ₁₀
"	"	"	1700	"	2 ⁹ / ₁₀
"	"	"	2050	"	1,5 ⁹ / ₁₀
"	"	"	2400	"	1 ⁹ / ₁₀
"	"	"	2750	"	0,5 ⁹ / ₁₀

Высоты h_m дают нам возможность одновременно судить, насколько необходимо укоротить охватывающую выпуклое днище цилиндрическую обечайку котла (при выпуклости дна наружу) и, наряду с этим, насколько нужно таковую удлинить (при выпуклости дна внутрь) для того, чтобы сохранить намеченную емкость котла.

Пример 1. Возьмем экстракционный аппарат, упоминавшийся в примере 1 на стр. 35, с диаметром в свету, принятым округленно равным 1600 мм, с двумя выпуклыми наружу днищами. При этом для $D = 1600$ мм и емкости $J = 10\,000$ л длина срезанной как раз по краям цилиндрической обечайки должна быть $L \approx 5000$ мм. Конечная длина будет:

$$L' = L - 2 \cdot h_m = 5000 - 2 \cdot 138 \approx 4725 \text{ мм.}$$

Пример 2. Если в примере 1 возьмем днища вогнутыми внутрь, то, округлив найденный диаметр (1620 мм) в большую сторону до $D = 1650$ мм, получим:

$$L = 4673 \text{ мм и } L' = L + 2 \cdot h_m = 4673 + 276 \approx 4950 \text{ мм.}$$

Пример 3. У выпарного аппарата (пример 2 на стр. 35) при одном выпуклом наружу днище, когда $D = 1950$ мм и емкость $J = 2000$ л:

$$L \approx 670 \text{ мм и } L' = L - h_m = 670 - 144 \approx 525 \text{ мм.}$$

Емкости выпуклых медных днищ с $R = D$ и $H = 0,134D$ даны в табл. 232 на стр. 424. Так называемые диффузорные днища (фиг. 15) находят себе часто применение не только в аппаратах сахарной и бродильной промышленности, но и при изготовлении пароприемников. При этом как свободный для доступа заклепочный шов, так и выпуклость обращены наружу. Диффузорные днища подобной формы допускают удобную гидравлическую клепку и годятся для приклепывания их в самом конце сборки в тесных и недоступных сосудах. Глубина их примерно равна $T = \frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}H$, где H — полная высота днища. Емкость такого днища в части, соответствующей заштрихованной поверхности на фиг. 15, можно принимать приблизительно равной от $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{8}$ приведенных в табл. 14 емкостей. Размеры же этих днищ даны в табл. 39 на стр. 101.



Фиг. 15.

4. ШАР

Табл. 15 содержит объемы шаров с диаметрами в свету D от 10 до 99,5 с промежуточными размерами для таковых 10,5; 11,5; 12,5; ... и т. д.

Объем шара при диаметре такового d или радиусе r :

$$J = \frac{\pi}{6} \cdot d^3 = 0,5236 d^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = 4,1888 r^3;$$

объем шарового сегмента при радиусе основания a и высоте h будет равен:

$$J = \frac{\pi \cdot h}{6} (3a^2 + h^2) = \frac{\pi \cdot h^2}{3} (3r - h);$$

объем шарового пояса при радиусах оснований a и b и высоте пояса h :

$$J = \frac{\pi \cdot h}{6} (3a^2 + 3b^2 + h^2);$$

объем шарового сектора при высоте h соответствующего ему сегмента:

$$J = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h = 2,09439 r^2 \cdot h;$$

внешняя поверхность шара:

$$F = \pi \cdot d^2 = 4 \pi r^2 = 12,566 \cdot r^2;$$

Таблица 15
Объемы шаров

<i>D</i>	<i>J</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>D</i>	<i>J</i>
10	523,60	28	11 494	46	50 965	64	137 259	82	288 696
10,5	606,13	28,5	12 121	46,5	52 645	64,5	140 501	82,5	294 010
11	696,91	29	12 770	47	54 362	65	143 794	83	299 388
11,5	796,33	29,5	13 442	47,5	56 115	65,5	137 138	83,5	304 831
12	904,78	30	14 137	48	57 906	66	150 533	84	310 340
12,5	1022,7	30,5	14 856	48,5	59 734	66,5	153 980	84,5	315 915
13	1150,3	31	15 599	49	61 601	67	157 480	85	321 556
13,5	1288,3	31,5	16 366	49,5	63 506	67,5	161 032	85,5	327 264
14	1436,8	32	17 157	50	65 450	68	164 637	86	333 039
14,5	1596,3	32,5	17 974	50,5	67 433	68,5	168 295	86,5	338 882
15	1767,2	33	18 817	51	69 456	69	172 007	87	344 792
15,5	1949,8	33,5	19 685	51,5	71 519	69,5	175 774	87,5	350 771
16	2144,7	34	20 580	52	73 622	70	179 595	88	356 819
16,5	2352,1	34,5	21 501	52,5	75 767	70,5	183 471	88,5	362 935
17	2572,4	35	22 449	53	77 952	71	187 402	89	369 122
17,5	2806,2	35,5	23 425	53,5	80 178	71,5	191 389	89,5	375 378
18	3053,6	36	24 429	54	82 448	72	195 433	90	381 704
18,5	3315,3	36,5	25 461	54,5	84 760	72,5	199 532	90,5	388 102
19	3591,4	37	26 522	55	87 114	73	203 689	91	394 570
19,5	3882,5	37,5	27 612	55,5	89 511	73,5	207 903	91,5	401 109
20	4188,8	38	28 731	56	91 953	74	212 175	92	407 721
20,5	4510,9	38,5	29 880	56,5	94 438	74,5	216 505	92,5	414 405
21	4849,1	39	31 059	57	96 967	75	220 894	93	421 161
21,5	5203,7	39,5	31 270	57,5	99 541	75,5	225 341	93,5	427 991
22	5575,3	40	33 510	58	102 161	76	229 848	94	434 894
22,5	5964,1	40,5	34 783	58,5	104 826	76,5	234 414	94,5	441 871
23	6370,6	41	36 087	59	107 536	77	239 041	95	448 920
23,5	6795,2	41,5	37 423	59,5	110 294	77,5	243 728	95,5	456 047
24	7238,2	42	38 792	60	113 098	78	248 475	96	463 248
24,5	7700,1	42,5	40 194	60,5	115 949	78,5	253 284	96,5	470 524
25	8181,3	43	41 630	61	118 847	79	258 155	97	477 874
25,5	8682,0	43,5	43 099	61,5	121 794	79,5	263 088	97,5	485 302
26	9202,8	44	44 602	62	124 789	80	268 083	98	492 808
26,5	9744,0	44,5	46 141	62,5	127 832	80,5	273 141	98,5	500 388
27	10 306	45	47 713	63	130 925	81	578 263	99	508 047
27,5	10 889	45,5	49 321	63,5	134 067	81,5	283 447	99,5	515 785

боковая поверхность шарового пояса:

$$f = 2r \cdot \pi \cdot h.$$

Размеры, внешние поверхности и емкости полушаровых медных чаш приведены в табл. 193 на стр. 331.

Таблица 16

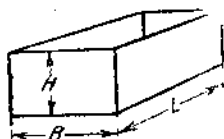
Размеры прямоугольных резервуаров

Рассчитанные по $V = \sqrt[3]{J}$				Округленные размеры			
м³	B	L	H	м³	B	H	L
1	1000	1500	660	1	1000	750	1350
2	1260	1890	840	2	1250	1000	1600
3	1445	2170	960	3	1500	1000	2000
4	1590	2380	1050	4	1500	1000	2670
6	1820	2730	1210	6	2000	1000	3000
8	2000	3000	1330	8	2000	1250	3200
10	2150	3220	1440	10	2000	1250	4000
15	2470	3700	1650	15	2500	1500	4000
20	2710	4060	1805	20	3000	1500	4450
40	3420	5130	2290	40	3500	2000	5730
60	3920	6270	2610	60	4000	2500	6000
100	4640	7430	3100	100	4500	3000	7400
150	5310	8480	3540	150	5000	3500	8560
200	5840	8750	3880	200	6000	3500	9500

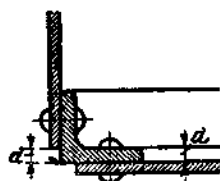
5. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

При определении размеров прямоугольных резервуаров, например, для воды, согласно фиг. 16, следует пользоваться преимущественно следующими соотношениями:

$$L = \frac{3}{2} B \quad \text{и} \quad H = \frac{2}{3} B.$$



Фиг. 16.



Фиг. 17.

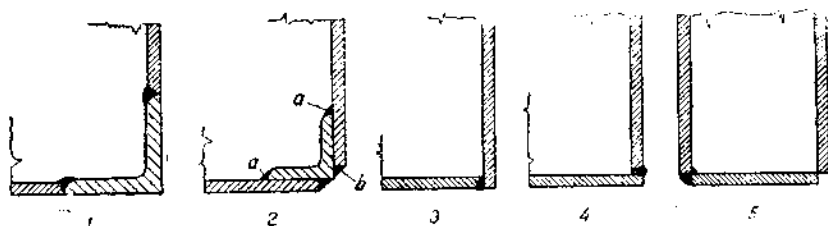
Таким путем для больших резервуаров получается целесообразная форма. Отсюда, на основании ширины и указанных соотношений, очень легко получается формула зависимости между шириной B и емкостью J , а именно:

$$B \left(\frac{2}{3} B \right) \left(\frac{3}{2} B \right) = J,$$

откуда

$$B = \sqrt[3]{J}.$$

Табл. 16 дает в левой части подсчитанные, таким образом, размеры для некоторых резервуаров емкостью от 1 до 200 м³. В правой же половине указаны действительные размеры, служащие уже для изготовления резервуаров, и притом без прибавок на требуемое свободное пространство над линией налива. При округлении размеров резервуара сначала подбирают ширину и высоту, оставаясь по возможности на существующих торговых размерах цельных или половинных листов для того, чтобы получить как можно меньше обрезков. Кроме того, при округлении размеров принимают во внимание также ограничения, связанные с имеющимся в распоряжении помещением.



Фиг. 18.

Угловое железо ставится таким образом, чтобы его угол выступал наружу минимум на толщину полки d , как это показано на фиг. 17; это необходимо для того, чтобы увеличением размеров резервуара и его емкости можно было покрывать занимаемое уголком пространство.

Соединение стенки бака с плоским дном его может быть также осуществлено сваркой одним из способов, показанных на фиг. 18. При этом у вида 2 швы a непрерывные, а швы b могут быть прерывистые. Из видов 3, 4 и 5 следует отдать предпочтение последнему, так как он не требует подготовки края листа. Здесь угол (в 90°) образуется сам собой, благодаря чему нетрудно достигнуть полного провара односторонней сваркой. Кроме того, в этом случае напряжения на изгиб, возникающие между дном и стенкой, наилучшим образом воспринимаются швом.

1. СТАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРЫ С ВНУТРЕННИМ ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Наиболее употребительным материалом для изготовления стенок пароприемников является литая мартеновская сталь, соответствующая марками Ст. 2 и Ст. 3 по ГОСТ 4133, из коих сталь марки Ст. 2 должна применяться для тех деталей в редких случаях, которые получают в результате сильного изменения формы исходного материала со значительной вытяжкой его. А это требует, чтобы металл имел высокое относительное удлинение, каковым и отличается сталь марки Ст. 2. Вообще материалы, идущие для изготовления пароприемников, должны удовлетворять нормам НКТ СССР, установленным для материалов, идущих на изготовление паровых котлов. Качество материалов, идущих на изготовление этих изделий (а также для ремонта их), должно быть соответственно удостоверено.

Обозначим через:

D (см) — диаметр обичайки в свету,

L (см) — длину обичайки,

p (кг/см²) — избыточное давление,

K_z (кг/см²) — временное сопротивление растяжению,

s (см) — толщину листа,

σ — степень надежности,

φ — коэффициент прочности шва.

В закрытом полом цилиндры вследствие внутреннего избыточного давления в поперечном разрезе $A-A$ (по фиг. 19) возникают: действующая внутри разрывающая сила

$$P_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p$$

и сопротивление стенки

$$D \cdot \pi \cdot s \frac{K_z}{\sigma}.$$

Для условий прочности необходимо, чтобы

$$D \cdot \pi \cdot s \frac{K_z}{\sigma} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p.$$

Отсюда следует, что толщина стенки для сопротивления растяжению в поперечном направлении должна быть:

$$s_1 = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{4 \cdot K_z}.$$

В продольном направлении действует сила (фиг. 20):

$$P_2 = D \cdot L \cdot p.$$

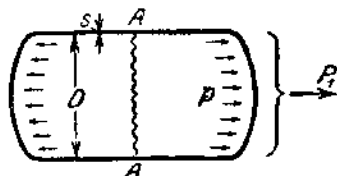
Стенки сосуда сопротивляются с силой $2s \cdot L \cdot \frac{K_2}{\sigma}$, и, таким образом:

$$2 \cdot s \cdot L \cdot \frac{K_2}{\sigma} = D \cdot L \cdot p;$$

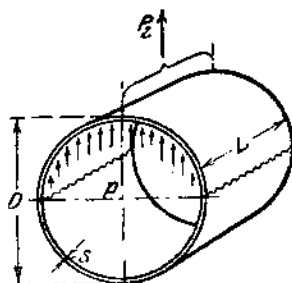
откуда

$$s_2 = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot K_2}.$$

Таким образом $s_2 = 2 \cdot s_1$, и поэтому расчет должен вестись на определение толщины s_2 . На этом же основании продольные волокна листов должны располагаться не по длине цилиндра, а по



Фиг. 19.



Фиг. 20.

окружности его и, кроме того, продольные швы должны выполняться прочнее, чем поперечные круглые швы. К расчетной толщине стенки прибавляют обычно 0,1 см, имея в виду свойство стали ржаветь. В цельнокатанной цилиндрической обечайке без шва, в которой поперечное сечение листа во всех частях равнозначуще, было бы достаточно, таким образом, иметь:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot K_2} + 0,1.$$

Но принимая во внимание наличие продольного сварного или заклепочного шва, ослабляющего сечение стенки обечайки, необходимо еще вводить коэффициент прочности шва φ . Тогда получится:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot K_2 \cdot \varphi} + 0,1. \quad (1)$$

Для хорошо сваренного внахлестку¹ шва принимают $\varphi = 0,7$ и для заклепочных швов (см. главу о швах) φ берется равным от 0,56 до 0,76 (0,85).

¹ По Геннике имеется в виду сварка водяным газом.

Для расчетов пользуются следующими значениями:

- а) Временное сопротивление растяжению
 для сварочной стали (железа) $K_z = 3300 \text{ кг/см}^2$
 „ литой стали (железа) от 3400 до 4100 кг/см^2 . . . $K_z = 3600$ „
 „ „ „ „ „ 4000 „ 4700 „ . . . $K_z = 4000$ „
 „ „ „ „ „ 4400 „ 5100 „ . . . $K_z = 4400$ „
- б) Степень надежности
 для машинной клепки σ_m
 „ ручной клепки σ_n
 для заклепочных швов внахлестку или
 встык с одной накладкой $\sigma_m = 4,5; \sigma_n = 4,75$
 для заклепочных швов двухрядных с двумя
 накладками, из которых одна накладка
 клепана однорядным швом $\sigma_m = 4,1; \sigma_n = 4,35$
 для заклепочных всех прочих швов с двумя
 накладками, где обе накладки клепаны
 минимум двумя рядами $\sigma_m = 4,0; \sigma_n = 4,25$
 для хорошо сваренного шва $\sigma = 4,5$
 для цельнотянутых бесшовных цилиндров . . . $\sigma = 4$

Приведенные значения для σ должны быть повышены на 0,25, когда заклепочные дыры давленные (в тонких листах), и на 0,1, если эти дыры сначала давленные и затем рассверленные.

Пример. Пароприемник имеет диаметр 1300 мм и внутреннее избыточное давление в 6 ат. Материалом служит сталь с $K_z = 3600 \text{ кг/см}^2$. Дыры для заклепок сверленные. Какую толщину должна иметь обечайка, если:

- таковая катана цельнотянутой,
- продольный шов сварен,
- продольный шов склепан однорядным швом внахлестку.

Решения получаются по формуле (1):

$$\begin{aligned} \text{а) } s &= \frac{130 \cdot 6 \cdot 4}{2 \cdot 3600 \cdot 1} + 0,1 = 0,533 \text{ см} \approx 6 \text{ мм.} \\ \text{б) } s &= \frac{130 \cdot 6 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,7} + 0,1 = 0,798 \text{ см} \approx 8 \text{ мм;} \\ \text{с) } s &= \frac{130 \cdot 6 \cdot 4,75}{2 \cdot 3600 \cdot 0,56} + 0,1 = 1,017 \text{ см} \approx 10,5 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Кроме того, в зависимости от рода загрузки пароприемника в необходимых случаях делают дополнительную прибавку к толщине стенки, имея в виду условия, благоприятствующие ржавлению материала.

В приведенных выше примерах а) и б) требуется меньше материала, чем в случае с); исполнение в примере а) стоит дороже, чем в случаях б) и с), и, в свою очередь, в случае с) дороже, чем в случае б). К тому же нужно иметь в виду, что в случаях а) и с) требуется также больше времени для исполнения работ, чем в случае б).

Толщина листов должна браться, во всяком случае, не меньше 7 мм; только у малых пароприемников еще могут быть допущены более тонкие листы стали¹.

В табл. 17 и 18 приведены для избыточных давлений от 1 до 20 кг/см^2 и для диаметров от 300 до 3000 мм толщины стенок, достигающие 30 мм. При этом продольный шов принимают одно-

¹ Jaeger, Die überwachungspflichtigen Anlagen, Bd. III.

Таблица 17

Толщина стенок s в мм у стальных (железных) цилиндров с однорядным заклепочным швом при внутреннем избыточном давлении от 1 до 7 ат
 $\sigma = 4,5$; $K_s = 3600 \text{ кг/см}^2$; $\varphi = 0,56$

Диаметр в свету мм	Внутреннее избыточное давление кг/см ²						
	1	2	3	4	5	6	7
300	1,33	1,67	2,00	2,34	2,67	3,01	3,34
350	1,39	1,78	2,17	2,56	2,95	3,34	3,73
400	1,45	1,89	2,34	2,79	3,23	3,68	4,12
450	1,50	2,00	2,51	3,01	3,51	4,01	4,52
500	1,56	2,12	2,67	3,23	3,79	4,35	4,91
550	1,61	2,23	2,84	3,46	4,07	4,68	5,30
600	1,67	2,34	3,01	3,68	4,35	5,02	5,69
650	1,73	2,45	3,18	3,90	4,63	5,35	6,08
700	1,78	2,56	3,34	4,12	4,91	5,69	6,47
750	1,84	2,67	3,51	4,35	5,19	6,02	6,86
800	1,89	2,79	3,68	4,57	5,46	6,35	7,25
850	1,95	2,90	3,85	4,79	5,74	6,69	7,64
900	2,00	3,01	4,01	5,02	6,02	7,03	8,03
950	2,06	3,12	4,18	5,24	6,30	7,36	8,42
1 000	2,12	3,23	4,35	5,46	6,58	7,70	8,81
1 100	2,23	3,46	4,68	5,91	7,14	8,37	9,59
1 200	2,34	3,68	5,02	6,36	7,70	9,04	10,38
1 300	2,45	3,90	5,35	6,80	8,25	9,71	11,16
1 400	2,56	4,13	5,69	7,25	8,81	10,38	11,94
1 500	2,67	4,35	6,02	7,70	9,37	11,04	12,72
1 600	2,79	4,57	6,36	8,14	9,93	11,71	13,50
1 700	2,90	4,79	6,69	8,59	10,49	12,38	14,28
1 800	3,01	5,02	7,03	9,04	11,04	13,05	15,06
1 900	3,12	5,24	7,36	9,48	11,60	13,72	15,84
2 000	3,23	5,46	7,70	9,93	12,16	14,39	16,62
2 100	3,34	5,69	8,03	10,38	12,72	15,06	17,42
2 200	3,46	5,91	8,37	10,82	13,28	15,73	18,19
2 300	3,57	6,13	8,70	11,27	13,83	16,40	18,97
2 400	3,68	6,36	9,04	11,71	14,39	17,07	19,75
2 500	3,79	6,58	9,37	12,16	14,95	17,74	20,53
2 600	3,90	6,80	9,71	12,61	15,51	18,41	21,31
2 700	4,01	7,03	10,04	13,05	16,07	19,08	22,09
2 800	4,13	7,25	10,38	13,50	16,63	19,75	22,88
2 900	4,24	7,47	10,71	13,95	17,18	20,42	23,66
3 000	4,35	7,70	11,04	14,39	17,74	21,09	24,44

Таблица 18

Толщина стенок s в мм у стальных (железных) цилиндров с однорядным заклепочным швом при внутреннем избыточном давлении от 8 до 20 ат
 $\sigma = 4,5$; $K_2 = 3600 \text{ кг/см}^2$; $\varphi = 0,56$

Диаметр в свету мм	Внутреннее избыточное давление кг/см ²						
	8	10	12	14	16	18	20
300	3,68	4,35	5,02	5,69	6,36	7,03	7,70
350	4,12	4,91	5,69	6,47	7,25	8,03	8,81
400	4,57	5,46	6,36	7,25	8,14	9,04	9,93
450	5,02	6,02	7,03	8,03	9,04	10,04	11,05
500	5,46	6,58	7,70	8,81	9,93	11,04	12,16
550	5,91	7,14	8,37	9,59	10,82	12,05	13,28
600	6,36	7,70	9,04	10,37	11,71	13,05	14,39
650	6,80	8,25	9,70	11,16	12,60	14,06	15,51
700	7,25	8,81	10,37	11,94	13,50	15,06	16,63
750	7,70	9,37	11,04	12,72	14,39	16,07	17,74
800	8,14	9,93	11,71	13,50	15,28	17,07	18,86
850	8,59	10,49	12,38	14,28	16,18	18,08	19,97
900	9,04	11,05	13,05	15,06	17,07	19,08	21,09
950	9,48	11,61	13,73	15,85	17,97	20,09	22,20
1 000	9,93	12,16	14,39	16,63	18,86	21,09	23,32
1 100	10,82	13,28	15,73	18,19	20,64	23,10	25,55
1 200	11,71	14,39	17,07	19,75	22,43	25,11	27,79
1 300	12,61	15,51	18,41	21,31	24,21	27,12	30,02
1 400	13,50	16,63	19,75	22,88	26,00	29,13	—
1 500	14,39	17,74	21,09	24,44	27,78	31,13	—
1 600	15,29	18,86	22,27	25,76	29,25	—	—
1 700	16,18	19,97	23,77	27,56	31,36	—	—
1 800	17,07	21,09	25,11	29,12	—	—	—
1 900	17,96	22,20	26,45	30,69	—	—	—
2 000	18,86	23,32	27,79	—	—	—	—
2 100	19,76	24,45	29,14	—	—	—	—
2 200	20,64	25,55	30,46	—	—	—	—
2 300	21,53	26,67	—	—	—	—	—
2 400	22,43	27,79	—	—	—	—	—
2 500	23,32	28,90	—	—	—	—	—
2 600	24,22	30,02	—	—	—	—	—
2 700	25,11	—	—	—	—	—	—
2 800	26,00	—	—	—	—	—	—
2 900	26,90	—	—	—	—	—	—
3 000	27,79	—	—	—	—	—	—

рядным внахлестку, имея в виду, что при более благоприятном φ получится возможность делать толщины стенок несколько меньшими.

Напишем равенство (1) в следующей форме:

$$s = \frac{m}{\varphi} + 1;$$

при этом под s разумеется толщина стенки при коэффициенте $\varphi = 0,56$ (см. табл. 17 и 18), выраженная в миллиметрах. Для всякого другого коэффициента прочности шва φ' толщина стенки s' может быть получена из следующего выражения:

$$\frac{m}{\varphi'} : \frac{m}{\varphi} = (s' - 1) : (s - 1).$$

Если примем, что отношение $\varphi : \varphi' = \psi$, то тогда

$$s' = \psi(s - 1) + 1,$$

или

$$s' = \psi \cdot s + (1 - \psi). \quad (1a)$$

Таким образом данные табл. 17 и 18 дают возможность с удобством сделать перерасчет толщин стенок и для других φ ; имея s для $\varphi = 0,56$, получаем:

при $\varphi = 0,6$	. . .	$s' = 0,93s + 0,07$
" $\varphi = 0,65$	. . .	$s' = 0,86s + 0,14$
" $\varphi = 0,7$	. . .	$s' = 0,80s + 0,20$
" $\varphi = 0,75$	. . .	$s' = 0,75s + 0,25$
" $\varphi = 0,8$	. . .	$s' = 0,70s + 0,30$

где s' и s — в мм.

Пример. Какой толщины нужна стенка для стального пароприемника диаметром в 2000 мм при внутреннем избыточном давлении в 10 кг/см^2 и двухрядном продольном шве с $\varphi = 0,75$?

Так как для $\varphi = 0,56$, согласно табл. 18, имеем $s = 23,3 \text{ мм}$, то для $\varphi = 0,75$

$$s' = 0,75 \cdot 23,3 + 0,25 = 17,73 \text{ мм}.$$

В заключение приведем некоторые данные, взятые из более новых германских правил. В главе, в которой дан расчет толщин листов стен цилиндрических паровых котлов, подверженных внутреннему избыточному давлению, прибавка на ржавление в 1 мм при $s \approx 30 \text{ мм}$ уменьшена до 0,5 мм, а при $s \approx 40 \text{ мм}$ она может совершенно не вводиться.

Заметные изменения намечены в новых правилах в отношении степени надежности σ . Машинная и ручная клепки более не различаются. Теперь приняты: а) для швов внахлестку или с односторонней накладкой $\sigma = 4,75$; б) для двухрядных с двумя накладками швов, из которых одна накладка имеет только однорядный шов, и для сваренных швов $\sigma = 4,25$; с) для многорядных с двумя накладками швов и цельнотянутых звеньев $\sigma = 4$.

Берущаяся для сваренных швов 4,25-кратная расчетная степень надежности, во всяком случае, относится только к сварке вна-

хлестку; для сваренных плавлением швов следует пользоваться (в расчетах стенок пароприемников и аппаратов) наивысшим значением $\sigma = 4,75$.

2. СТАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРЫ С НАРУЖНЫМ ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

При цилиндрических стенках с наружным избыточным давлением имеется опасность вдавливания. Практически не могут быть изготовлены математически точные цилиндрические стальные обечайки. Внутреннее избыточное давление способствует образованию круглой формы сосуда, вследствие естественного стремления этого давления приблизить весь сосуд к форме шара, что и дополняет, таким образом, его круглую форму. Наружное же избыточное давление, напротив, увеличивает уже имеющиеся некоторые неточности и способствует, таким образом, нарушению круглой формы. При этом появляются напряжения на изгиб менее благоприятные, чем при внутреннем избыточном давлении.

Вследствие этого толщина стенки нагруженного снаружи сосуда должна быть определена с обеспечением максимальной надежности против прогибания. При изготовлении пароприемников при расчете предписывается пользоваться следующей формулой Баха:

$$s = \frac{p \cdot D}{2400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a \cdot L}{p \cdot (L + D)}} \right) + 0,2, \quad (2)$$

где s (см) — толщина листа,

D (см) — диаметр цилиндра в свету,

L (см) — длина цилиндра (между действующими жесткими креплениями),

p (кг/см²) — наружное избыточное давление,

a — множитель, полученный опытным путем;

его следует принимать:

$$\begin{aligned} \text{для горизонтальных цилиндров} \dots & \begin{cases} a = 100 & \text{— при продольном шве внахлестку} \\ a = 80 & \text{— при продольном шве, сваренном} \\ & \text{или с накладками} \end{cases} \\ \text{вертикальных цилиндров} \dots & \begin{cases} a = 70 & \text{— при продольном шве внахлестку} \\ a = 50 & \text{— при продольном шве, сваренном} \\ & \text{или с накладками} \end{cases} \end{aligned}$$

Табл. 19 и 20 содержат толщины стенок снаружи нагруженных цилиндров (и притом исключительно при продольных швах внахлестку) для избыточных давлений от 1 до 8 кг/см². При этом следует еще иметь в виду соответствующие прибавки на ржавление, которое показывает сильное влияние на стенки пароприемников. Для цилиндров с наружным избыточным давлением ни в коем случае нельзя применять листы с толщиной s , меньшей 7 мм.

Значения табл. 19 и 20 для давлений от 1 до 5 ат взяты по книге Е. Гаусбранда¹ и пополнены данными для давлений 6, 7 и 8 ат, которые относительно часто встречаются в аппарато-строении.

¹ Hausbrand, Hilfsbuch für Apparatebau.

Таблица 19

Толщина стенок s в мм горизонтальных стальных (железных) цилиндров, склепанных внахлестку для наружного избыточного давления при $a = 100$

Диаметр в свету мм	Наружное избыточное давление кг/см ²							
	1	2	3	4	5	6	7	8
а) Для цилиндра длиной 500 мм								
500	3,70	4,45	5,25	5,89	6,49	7,07	7,62	8,16
600	3,96	4,92	5,77	6,52	7,22	7,90	8,55	9,16
700	4,18	5,30	6,24	7,08	7,92	8,58	9,43	10,13
800	4,42	5,65	6,70	7,67	8,55	9,44	10,27	11,10
900	4,64	5,99	7,14	8,22	9,21	10,19	11,09	12,02
1000	4,86	6,35	7,60	8,78	9,87	10,90	11,89	12,89
1100	5,06	6,65	8,00	9,26	10,47	11,58	12,72	13,78
1200	5,26	6,97	8,43	9,78	11,07	12,29	13,48	14,64
1300	5,44	7,25	8,82	10,25	11,67	12,93	14,24	15,47
1400	5,57	7,58	9,26	10,79	12,28	13,62	14,97	16,34
1500	5,81	7,81	9,63	11,28	12,83	14,29	15,75	17,15
1600	5,99	8,16	10,00	11,71	13,66	14,92	16,48	17,94
1700	6,17	8,41	10,34	12,19	14,00	15,55	17,18	18,78
1800	6,34	8,67	10,76	12,65	14,48	16,13	17,91	19,58
1900	6,51	8,98	11,09	13,13	15,02	16,77	18,56	20,36
2000	6,67	9,21	11,64	13,52	15,54	17,40	19,26	21,14
б) Для цилиндра длиной 1000 мм								
500	3,92	4,79	5,68	6,33	6,97	7,60	8,21	8,76
600	4,24	5,36	6,26	7,08	7,85	8,57	9,26	9,94
700	4,53	5,79	6,84	7,76	8,68	9,50	10,30	11,06
800	4,83	6,23	7,46	8,47	9,45	10,43	11,30	12,19
900	5,12	6,66	7,94	9,17	10,22	11,27	12,27	13,25
1000	5,40	7,19	8,51	9,81	11,02	12,15	13,24	14,29
1100	5,65	7,48	9,00	10,41	11,73	12,98	14,17	15,35
1200	5,91	7,87	9,51	11,02	12,45	13,79	15,09	16,32
1300	6,15	8,24	10,00	11,61	13,16	14,61	15,99	17,32
1400	6,41	8,65	10,46	12,27	13,89	15,37	16,85	18,30
1500	6,65	8,98	11,06	12,84	14,56	16,13	17,77	19,25
1600	6,86	9,37	11,44	13,37	15,58	16,88	18,58	20,18
1700	7,09	9,69	11,90	13,92	16,02	17,64	19,41	21,11
1800	7,31	10,02	12,37	14,49	16,51	18,38	20,22	22,04
1900	7,53	10,39	12,73	15,06	17,16	19,10	21,06	22,89
2000	7,73	10,70	13,24	15,56	17,75	19,80	21,82	23,81

Диаметр в свету мм	Наружное избыточное давление кг/см ²							
	1	2	3	4	5	6	7	8
с) Для цилиндра длиной 2000 мм								
500	4,08	5,08	5,90	6,65	7,33	7,99	8,61	9,21
600	4,46	5,64	6,62	7,50	8,31	9,08	9,81	10,52
700	4,80	6,17	7,30	8,28	9,27	10,16	10,98	11,79
800	5,16	6,69	7,96	9,10	10,15	11,20	12,14	13,08
900	5,50	7,21	8,60	9,92	11,06	12,24	13,24	14,30
1 000	5,87	7,72	9,27	10,70	12,01	13,25	14,38	15,49
1 100	6,17	8,21	9,87	11,42	12,85	14,23	15,48	16,72
1 200	6,49	8,69	10,52	12,16	13,70	15,20	16,53	17,88
1 300	6,79	9,12	11,08	12,84	14,57	16,12	17,58	19,02
1 400	7,10	9,62	11,73	13,58	15,39	17,05	18,61	20,17
1 500	7,41	10,06	12,30	14,34	16,22	17,93	19,65	21,25
1 600	7,69	10,53	12,84	15,00	17,44	18,84	20,54	22,36
1 700	7,98	10,94	13,39	15,66	17,76	19,71	21,59	23,43
1 800	8,26	11,34	14,00	16,35	18,54	20,58	22,58	24,50
1 900	8,53	11,79	14,49	17,00	19,30	21,42	23,55	25,55
2 000	8,81	12,18	15,07	17,63	20,05	22,25	24,45	26,61

д) Для цилиндра длиной 3000 мм

500	4,14	5,17	6,02	6,77	7,47	8,14	8,77	9,40
600	4,92	5,76	6,78	7,68	8,51	9,29	10,03	10,76
700	5,07	6,34	7,49	8,50	9,51	10,41	11,28	12,11
800	5,30	6,89	8,21	9,39	10,48	11,52	12,53	13,48
900	5,68	7,45	8,89	10,32	11,44	12,62	13,71	14,78
1 000	6,05	8,01	9,61	11,10	12,45	13,67	14,91	16,05
1 100	6,61	8,54	10,27	11,88	13,33	14,73	16,06	17,38
1 200	6,76	9,06	10,97	12,70	14,27	15,77	17,23	18,60
1 300	7,11	9,56	11,55	13,57	15,17	16,79	18,33	19,84
1 400	7,45	10,10	12,33	14,28	16,23	17,78	19,46	21,10
1 500	7,79	10,57	12,94	15,05	17,04	18,77	20,57	22,25
1 600	8,11	11,11	13,54	15,77	18,34	19,72	21,66	23,43
1 700	8,43	11,58	14,18	16,54	18,72	20,70	22,73	24,68
1 800	8,74	12,03	14,81	17,29	19,59	21,66	23,79	25,82
1 900	9,06	12,54	15,39	18,02	20,42	22,61	24,82	26,94
2 000	9,37	12,97	16,00	18,70	21,26	23,55	25,84	28,15

Таблица 20

Толщина стенок s в мм вертикальных стальных (железных) цилиндров, склепанных внахлестку для наружного избыточного давления при $\alpha = 70$

Диаметр в свету мм	Наружное избыточное давление кг/см ²							
	1	2	3	4	5	6	7	8
а) Для цилиндра длиной 500 мм								
500	3,46	4,21	4,85	5,44	5,99	6,51	7,04	7,54
600	3,68	4,56	5,32	6,00	6,55	7,27	7,88	8,46
700	3,89	4,88	5,68	6,50	7,24	7,99	8,67	9,36
800	4,09	5,19	6,15	7,04	7,84	8,63	9,46	10,26
900	4,24	5,50	6,54	7,55	8,45	9,36	10,23	11,09
1 000	4,48	5,80	6,96	8,02	9,08	10,03	10,99	12,00
1 100	4,65	6,08	7,32	8,49	9,62	10,69	11,73	12,80
1 200	4,83	6,26	7,71	8,96	10,17	11,30	12,43	13,56
1 300	4,99	6,62	8,05	9,40	10,72	11,95	13,14	14,34
1 400	5,16	6,91	8,47	9,88	11,28	12,57	13,87	15,15
1 500	5,33	7,16	8,80	10,30	11,76	13,18	14,57	15,95
1 600	5,48	7,44	9,12	10,75	12,62	13,76	15,26	16,70
1 700	5,64	7,68	9,49	11,17	12,82	14,37	15,94	17,47
1 800	5,76	7,91	9,84	11,63	13,55	14,96	16,60	18,26
1 900	5,93	8,16	10,16	12,04	13,83	15,54	17,24	18,95
2 000	6,07	8,39	10,50	12,45	14,33	16,15	17,92	19,75

б) Для цилиндра длиной 1000 мм

500	3,65	4,47	5,16	5,80	6,38	6,95	7,50	8,03
600	3,92	4,90	5,71	6,46	7,13	7,82	8,46	9,10
700	4,18	5,29	6,21	7,05	7,85	8,67	9,38	10,12
800	4,43	5,71	6,72	7,69	8,59	9,46	10,29	11,15
900	4,68	6,06	7,20	8,30	9,29	10,26	11,17	12,11
1 000	4,92	6,43	7,70	8,89	10,00	11,03	12,07	13,05
1 100	5,14	6,77	8,13	9,42	10,63	11,79	12,91	14,00
1 200	5,36	7,12	8,61	10,00	11,30	12,53	13,76	14,92
1 300	5,57	7,43	9,03	10,51	11,94	13,25	14,54	15,81
1 400	5,80	7,79	9,53	11,07	12,62	13,97	15,34	16,75
1 500	6,01	8,10	9,93	11,60	13,17	14,68	16,19	17,60
1 600	6,20	8,43	10,33	12,09	14,14	15,36	16,94	18,48
1 700	6,39	8,73	10,75	12,62	14,38	16,07	17,72	19,35
1 800	6,59	9,02	11,17	13,13	14,97	16,72	18,49	20,18
1 900	6,77	9,34	11,54	13,63	15,57	17,39	19,23	20,99
2 000	6,95	9,62	11,96	14,09	16,12	18,05	19,96	21,89

Диаметр в свету мм	Наружное избыточное давление кг/см ²							
	1	2	3	4	5	6	7	8
с) Для цилиндра длиной 2000 мм								
500	3,78	4,66	5,39	6,06	6,63	7,28	7,84	8,40
600	4,10	5,14	6,01	6,80	7,57	8,24	8,91	9,56
700	4,40	5,60	6,59	7,46	8,33	9,18	9,96	10,69
800	4,70	6,05	7,19	8,22	9,17	10,10	10,97	11,86
900	5,00	6,50	7,75	8,93	9,98	11,02	11,98	12,95
1 000	5,30	6,95	8,33	9,61	10,81	11,90	13,00	14,00
1 100	5,57	7,34	8,68	10,25	11,54	12,78	13,97	15,12
1 200	5,85	7,79	9,44	10,92	12,32	13,64	14,92	16,16
1 300	6,11	8,17	9,93	11,52	13,05	14,48	15,87	17,21
1 400	6,37	8,58	10,30	12,17	13,80	15,30	16,77	18,25
1 500	6,64	8,98	11,00	12,80	14,52	16,14	17,72	19,25
1 600	6,82	9,41	11,48	13,42	15,65	16,92	18,63	20,23
1 700	7,13	9,87	11,90	14,04	15,91	17,73	19,51	21,23
1 800	7,38	10,11	12,50	14,64	16,66	18,52	20,38	22,22
1 900	7,61	10,50	12,94	15,22	17,32	19,29	21,28	23,15
2000	7,83	10,86	13,29	15,79	18,00	20,05	22,11	24,14

д) Для цилиндра длиной 3000 мм

500	3,83	4,73	5,48	6,16	6,84	7,40	7,97	8,55
600	4,18	5,25	6,15	6,97	7,52	8,42	9,09	9,76
700	4,49	5,74	6,76	7,63	8,55	9,40	10,20	10,98
800	4,83	6,16	7,39	8,45	9,42	10,40	11,27	12,06
900	5,15	6,70	7,99	9,26	10,28	11,36	12,35	13,34
1 000	5,48	7,19	8,63	9,94	11,19	12,30	13,45	14,48
1 100	5,77	7,64	9,19	10,63	11,98	13,25	14,45	15,64
1 200	6,07	8,10	9,81	11,36	12,80	14,15	15,48	16,76
1 300	6,37	8,53	10,37	12,02	13,62	15,07	16,48	17,90
1 400	6,67	9,00	10,99	12,76	14,45	15,97	17,50	19,02
1 500	6,95	9,42	11,53	13,37	15,20	16,85	18,51	20,05
1 600	7,23	9,82	12,06	14,06	16,37	17,72	19,47	21,13
1 700	7,52	10,26	12,62	14,75	16,73	18,62	20,45	22,23
1 800	7,78	10,67	13,18	15,42	17,49	19,46	21,37	23,24
1 900	8,05	11,06	13,68	16,08	18,27	20,29	22,33	24,25
2 000	8,30	11,51	14,24	16,69	19,01	21,15	23,28	25,30

В расчете толщины стен цилиндров с наружным избыточным давлением в новых германских правилах, собственно говоря, изменений не введено. Только численные значения коэффициента a (100 и 80 или 70 и 50) в каждом случае изменены, а именно:

$$\begin{aligned} a &= 75 \dots \text{для горизонтальных жаро-} \\ &\quad \text{вых труб} \\ a &= 45 \dots \text{для вертикальных жаровых} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{для труб бесшовных или со} \\ \text{сварным продольным швом, для} \\ \text{которых овальность не прево-} \\ \text{сходит } 1\% \text{ их точного диаметра} \end{array} \right.$$

Сваренные швы должны располагаться подальше от мест, где они могли бы подвергаться воздействию топочных газов, чтобы при этом они были менее доступны для нагрузки их тепловыми напряжениями.

3. ВЕСА СТАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ

Табл. 21 и 22 содержат веса полых стальных цилиндров диаметрами от 300—500 до 2000—2500 мм при толщинах стенок от 7 до 20 мм. Удельный вес округленно принят равным $\gamma = 8$ вместо 7,8—7,9.

Вес полого цилиндра с внутренним диаметром D_i , толщиной стенки s , диаметром, проходящим через середины стенок, $D_i + s$ и длиной L равен:

$$G = \pi (D_i + s) \cdot L \cdot s = (\pi \cdot \gamma \cdot s \cdot D_i + \pi \cdot \gamma \cdot s^2) \cdot L.$$

Произведения $\pi \cdot \gamma \cdot s$ и $\pi \cdot \gamma \cdot s^2$ являются для данного материала при одной и той же толщине стенки величинами постоянными. Зная их, значительно удобнее производить вычисление веса, чем делать это по длине окружности, пользуясь составленными на этом основании соответствующими таблицами; кроме того, вообще отпадает необходимость интерполирования четырехзначных чисел для диаметров, которых в таблицах нет (например для $D_i + s = 2037$). Благодаря этому при расчетах менее вероятны ошибки.

Принимая:

$$\left. \begin{aligned} \pi \cdot \gamma \cdot s &= k_1 \\ \pi \cdot \gamma \cdot s^2 &= k_2 \end{aligned} \right\} \text{ и } \left\{ \begin{array}{l} 100 k_1 = \alpha \\ 10 k_2 = \beta \end{array} \right.$$

получаем вес полого цилиндра в кг:

$$G = (\alpha \cdot D_i + \beta) \cdot L, \quad (3a)$$

где D_i и L выражены в м.

В табл. 23 содержатся значения α и β для s от 1 до 50 мм. Эти значения вычислены для ковкой мягкой стали. Данные указанной таблицы можно с таким же успехом применить и для чугунных отливок с удельным весом γ от 7 до 7,2, для которых, вследствие разбивки формы при шаблонной или другой формовке, можно ожидать соответствующего повышения веса против теоретического веса изделия.

Если диаметр средин стенок D_m известен, то из формулы (3a) получаем:

$$G = \alpha \cdot D_m \cdot L, \quad (3b)$$

Таблица 21

Вес в кг 1 пог. м бесшовных стальных (железных) цилиндров диаметрами от 300 до 2000 мм с толщиной стенки s от 7 до 18 мм

Диаметр в свету мм	Толщина стенки, мм						
	7	8	9	10	11	12	13
300	54,0	61,9	69,9	77,9	86,0	94,1	102,3
350	62,8	72,0	81,2	90,5	99,8	109,2	118,6
400	71,6	82,0	92,5	103,0	113,6	124,3	134,9
450	80,4	92,1	103,8	115,6	127,4	139,3	151,3
500	89,1	102,1	115,1	128,2	141,3	154,4	167,6
550	98,0	112,2	126,4	140,7	155,1	169,5	183,9
600	106,8	122,2	137,8	153,3	168,9	184,6	200,3
650	115,6	132,3	149,1	165,9	182,7	199,7	216,6
700	124,4	142,4	160,4	178,4	196,6	214,7	232,9
750	133,2	152,4	171,7	191,0	210,4	229,8	249,3
800	142,0	162,5	183,0	203,6	224,2	244,9	265,6
850	150,8	172,5	194,3	216,1	238,0	260,0	282,0
900	159,6	182,6	205,6	228,7	251,9	275,1	298,3
950	168,4	192,6	216,9	241,3	265,7	290,1	314,6
1 000	177,2	202,7	228,2	253,8	279,5	305,2	331,0
1 050	186,0	212,7	239,5	266,4	293,3	320,3	347,3
1 100	194,8	222,8	250,9	279,0	307,1	335,4	363,6
1 150	203,6	232,8	262,2	291,6	321,0	350,5	380,0
1 200	212,4	242,9	273,5	304,1	334,8	365,5	396,3
1 250	221,2	252,9	284,8	316,7	348,6	380,6	412,6
1 300	230,0	263,0	296,1	329,3	362,4	395,7	429,0
1 350	238,7	273,0	307,4	341,8	376,3	410,8	445,3
1 400	247,5	283,1	318,7	354,4	390,1	425,8	461,7
1 450	256,3	293,1	330,0	366,9	403,9	440,9	478,0
1 500	265,1	303,2	341,3	379,5	417,7	456,0	494,3
1 550	273,9	313,3	352,6	392,1	431,6	471,1	510,7
1 600	282,7	323,3	363,9	404,7	445,4	486,2	527,0
1 650	291,5	333,4	375,3	417,2	459,2	501,2	543,3
1 700	300,3	343,4	386,6	429,8	473,0	516,3	559,7
1 750	309,1	353,5	397,9	442,4	486,8	531,4	576,0
1 800	317,9	363,5	409,2	454,9	500,7	546,5	592,3
1 850	326,7	373,6	420,5	467,5	514,5	561,6	608,7
1 900	335,5	388,6	431,8	480,1	528,3	576,6	625,0
1 950	344,3	393,7	443,1	492,6	542,1	591,7	641,3
2 000	353,1	403,7	454,4	505,2	555,9	606,8	657,7

Таблица 22

Вес в кг 1 пог. м бесшовных стальных (железных) цилиндров диаметрами от 500 до 2500 мм с толщиной стенки s = от 14 до 20 мм

Диаметр в свету мм	Толщина стенки, мм						
	14	15	16	17	18	19	20
500	180,9	194,1	207,5	220,9	234,3	247,8	261,4
550	198,4	213,0	227,6	242,3	256,9	271,7	286,5
600	216,0	231,8	247,7	263,6	279,6	295,6	311,6
650	233,6	250,7	267,8	285,0	302,2	319,5	336,8
700	251,2	269,5	287,9	306,3	324,8	343,3	361,9
750	268,8	288,4	308,0	327,7	347,4	367,2	387,0
800	286,4	307,2	328,1	349,1	370,0	391,1	412,2
850	304,0	326,1	348,2	370,4	392,6	415,0	473,3
900	321,6	344,9	368,3	391,8	415,3	438,8	462,4
950	339,2	363,8	388,5	413,2	437,9	462,7	487,6
1 000	356,8	382,6	408,6	434,5	460,5	486,6	512,7
1 050	374,4	401,5	428,7	455,9	483,1	510,5	537,8
1 100	392,0	420,3	448,8	477,2	505,7	534,4	563,0
1 150	409,6	439,2	468,9	498,6	528,4	558,2	588,1
1 200	427,2	458,0	489,0	520,0	551,0	582,1	613,2
1 250	444,8	476,9	509,1	541,3	573,6	606,0	638,4
1 300	462,3	495,7	529,2	562,7	596,2	629,9	663,5
1 350	479,9	514,6	549,3	584,1	618,8	653,7	688,6
1 400	497,5	533,4	569,4	605,4	641,5	677,6	713,8
1 450	515,1	552,3	589,5	626,8	664,1	701,5	738,9
1 500	532,7	571,1	609,6	648,2	686,7	725,4	764,0
1 550	550,3	590,0	629,7	669,5	709,3	749,2	789,2
1 600	567,9	608,8	649,8	690,9	731,9	773,1	814,3
1 650	585,5	627,7	669,9	712,2	754,6	797,0	839,4
1 700	603,1	646,5	690,0	733,6	777,2	820,9	864,6
1 750	620,7	665,4	710,1	755,0	799,8	844,7	889,7
1 800	638,3	684,2	730,2	776,3	822,4	868,6	914,8
1 850	655,9	703,1	750,3	797,7	845,0	892,5	940,0
1 900	673,5	721,9	770,4	819,1	867,7	916,4	965,1
1 950	691,1	740,8	790,5	840,4	890,3	940,2	990,2
2 000	708,6	759,6	810,7	861,8	912,9	964,1	1 015,4
2 100	743,8	797,3	850,9	904,5	958,1	1 011,9	1 065,6
2 200	779,0	835,0	891,1	947,2	1 003,4	1 059,6	1 115,9
2 300	814,2	872,7	931,3	990,0	1 048,6	1 107,4	1 166,2
2 400	849,4	910,4	971,5	1 032,7	1 093,9	1 155,1	1 216,4
2 500	884,6	948,1	1 011,7	1 075,4	1 139,1	1 202,9	1 266,7

Таблица 23

Значения α и β для расчета веса бесшовных стальных (железных) цилиндров толщиной стенки s при $\gamma = 8$
Диаметр D и длина L (м) вставляются в соответствующие формулы

s мм	α	β	s мм	α	β	s мм	α	β
1	25,13	0,025	15	376,99	5,655	33	829,38	27,37
1,5	37,70	0,057	16	402,12	6,434	34	854,51	29,05
2	50,27	0,101	17	427,26	7,263	35	879,65	30,79
2,5	62,83	0,157	18	452,39	8,143	36	907,78	32,57
3	75,40	0,226	19	477,52	9,073	37	929,91	34,41
3,5	89,96	0,308	20	502,65	10,05	38	955,04	36,29
4	100,53	0,402	21	527,79	11,08	39	980,18	38,23
4,5	113,10	0,509	22	552,92	12,16	40	1005,31	40,21
5	125,66	0,628	23	578,05	13,30	41	1030,44	42,25
6	150,80	0,905	24	603,19	14,48	42	1055,57	44,33
7	175,93	1,232	25	628,32	15,71	43	1080,71	46,47
8	201,06	1,609	26	653,45	16,99	44	1100,58	48,66
9	226,19	2,036	27	678,58	18,32	45	1130,97	50,89
10	251,33	2,513	28	703,72	19,70	46	1156,10	53,18
11	276,46	3,041	29	728,85	21,14	47	1181,24	55,52
12	301,59	3,619	30	753,98	22,62	48	1206,37	57,91
13	326,73	4,247	31	779,11	24,15	49	1231,50	60,35
14	351,86	4,926	32	804,25	25,74	50	1256,64	62,83

и при данном наружном диаметре D_a :

$$G = (\alpha \cdot D_a - \beta) \cdot L. \quad (3c)$$

Для расчета можно, таким образом, пользоваться диаметром с наиболее округленным размером.

Пример. Сколько весит стальная обечайка диаметром в свету 2000 мм с толщиной стенки 37 мм и длиной 1700 мм?

Для $s = 37$, согласно табл. 23, имеем:

$$\alpha = 929,91 \text{ и } \beta = 34,41,$$

откуда получаем:

$$G = (930 \cdot 2 + 35) \cdot 1,7 \approx 3222 \text{ кг.}$$

На практике, однако, часто пользуются для расчета веса цилиндров формулой, дающей вес развернутого цилиндра в виде листа по его площади, имея при этом в виду, что развертка делается по диаметру окружности, проходящей через середины стенок цилиндра, а именно:

$$G = \pi (D_i + s') \cdot L \cdot g,$$

где D_i (м) — внутренний диаметр цилиндра,

s' (м) — толщина стенки цилиндра,

L (м) — длина цилиндра,

g (кг) — вес 1 м² листа развернутого цилиндра.

Этот вес g берется по табл. 24 для соответствующей толщины и того материала, из которого сделан цилиндр.

Если у нас имеется подсчитанный вес для цилиндра, допустим, из литой мягкой стали; то, для того чтобы по этому весу полу-

Таблица 24

Вес g в $1 м^2$ металлических листов в кг

Толщина мм	Чугун	Сварочная сталь	Литая ковкая сталь	Литая мягкая и прокатанная сталь	Медь	Латунь	Бронза ¹	Цинк	Свинец
1	7,25	7,8	7,85	7,86	8,9	8,55	8,6	7,2	11,37
2	14,50	15,6	15,70	15,72	17,8	17,10	17,2	14,4	22,74
3	21,75	23,4	23,55	23,58	26,7	25,65	25,8	21,6	34,11
4	29,00	31,2	31,40	31,44	35,6	34,20	34,4	28,8	45,48
5	36,25	39,0	39,25	39,30	44,5	42,75	43,0	36,0	56,85
6	43,50	46,8	47,10	47,16	53,4	51,30	51,6	43,2	68,22
7	50,75	54,6	54,95	55,02	62,3	59,85	60,2	50,4	79,59
8	58,00	62,4	62,80	62,88	71,2	68,40	68,8	57,6	96,96
9	65,25	70,2	70,65	70,74	80,1	76,95	77,4	64,8	102,33
10	72,50	78,0	78,50	78,60	89,0	85,50	86,0	72,0	113,70
11	79,75	85,8	86,35	86,46	97,9	94,05	94,6	79,2	125,07
12	87,00	93,6	94,20	94,32	106,8	102,60	103,2	86,4	136,44
13	94,25	101,4	102,05	102,18	115,7	111,15	111,8	93,6	147,81
14	101,50	109,2	109,90	110,04	124,6	119,70	120,4	100,8	159,18
15	108,75	117,0	117,75	117,90	133,5	128,25	129,0	108,0	170,55
16	116,00	124,8	125,60	125,76	142,4	136,80	137,6	115,2	181,92
17	123,25	132,6	133,45	133,62	151,3	145,35	146,2	122,4	193,29
18	130,50	140,4	141,30	141,48	160,2	153,90	154,8	129,6	204,66
19	137,75	148,2	149,15	149,34	169,1	162,45	160,4	136,8	216,03
20	145,00	156,0	157,00	157,20	178,0	171,00	172,0	144,0	227,40
21	152,25	163,8	164,85	165,06	186,9	179,55	180,6	151,2	238,77
22	159,50	171,6	172,70	172,92	195,8	188,10	189,2	158,4	250,14
23	166,75	179,4	180,55	180,78	204,7	196,65	197,8	165,6	261,51
24	174,00	187,2	188,40	188,64	213,6	205,20	206,4	172,8	272,88
25	181,25	195,0	196,25	196,50	222,5	213,75	215,0	180,0	284,25
26	188,50	202,8	204,10	204,36	231,4	220,30	223,6	187,2	295,62
27	195,75	210,6	211,95	212,22	240,3	230,85	232,2	194,4	306,99
28	203,00	218,4	219,80	220,08	249,2	239,40	240,8	201,6	318,36
29	210,25	226,2	227,65	227,94	258,1	247,95	249,4	208,8	329,73
30	217,50	234,0	235,50	235,80	267,0	256,50	258,0	216,0	341,10

Удельные веса вышеприведенных металлов относительно

Чугуна . .	1	1,076	1,083	1,084	1,228	1,179	1,186	0,993	1,568
Сварочной стали . .	0,929	1	1,006	1,008	1,141	1,096	1,103	0,923	1,458
Литой стали	0,924	0,994	1	1,001	1,134	1,089	1,096	0,917	1,448
Меди . . .	0,815	0,877	0,882	0,883	1	0,960	0,966	0,809	1,277

¹ В отношении бронзы нужно, конечно, иметь в виду воображаемую плоскую поверхность развернутого цилиндра.

читать вес такого же цилиндра из меди, нужно известный нам вес умножить на 1,134 или, наоборот, при переводе веса медного цилиндра в вес такого же цилиндра из литой мягкой стали нужно таковой разделить на 1,134.

Пример. Найти вес бесшовного цилиндра из литой мягкой стали с внутренним диаметром 1600 мм, с толщиной стенки $s = 10$ мм и с длиной $L = 1900$ мм:

$$G = \pi (1,6 + 0,01) \cdot 1,9 \cdot 78,5 = 754,6 \approx 755 \text{ кг.}$$

Такой же цилиндр из меди будет весить:

$$755 \cdot 1,134 = 856,2 \approx 857 \text{ кг.}$$

4. ВЫПУКЛЫЕ ДНИЩА ИЗ ЛИТОЙ СТАЛИ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ИЗБЫТОЧНОМ ДАВЛЕНИИ

Для расчета цельных выпуклых днищ, не имеющих анкерных креплений, при внутреннем избыточном давлении служит формула:

$$s = \frac{R \cdot p}{2 \cdot k_s}, \quad (4)$$

где s (см) — толщина стенки,

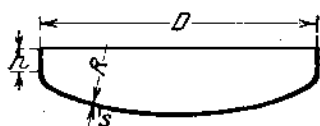
R (см) — радиус внутренней кривизны дна (фиг. 21),

p (кг/см²) — рабочее давление,

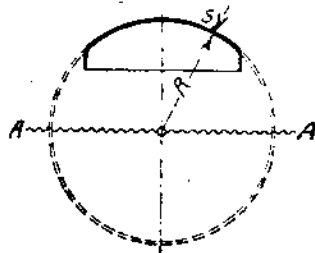
k_s (кг/см²) — допускаемое напряжение.

Формула построена на следующем основании.

Продолжив на фиг. 22 дно таким образом, чтобы получился полный шар, будем иметь в плоскости AB на площади круглого кольца, равной $2\pi \cdot R \cdot s$, следующие силы:



Фиг. 21.



Фиг. 22.

- 1) от действующего внутреннего давления силу $\pi \cdot R^2 \cdot p$;
 - 2) сопротивление площади круглого кольца: $2\pi \cdot R \cdot s \cdot k_s$.
- Из равенства сил 1 и 2 следует:

$$s = \frac{R \cdot p}{2 \cdot k_s}.$$

Вместо степени надежности σ и временного сопротивления K_s , введшихся в формулах для стенок обечаек, берем здесь допускаемое напряжение k_s . Для последнего принимают:

k_s до 500 кг/см² для сварочной стали (железа)
 k_s „ 600 „ „ литой „

Отсюда следует, что

$$\sigma = \frac{K_z}{k_z}$$

для сварочной стали берется равным 6,6, а для литой стали 6, т. е. более высоким, чем для обечаек.

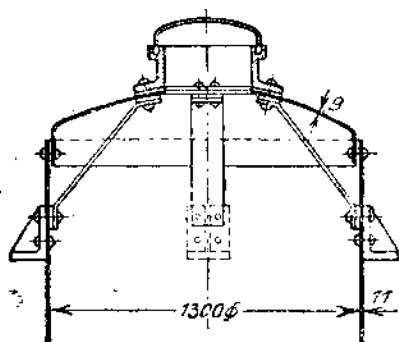
В табл. 25 и 26 даны толщины стенок цельных выпуклых днищ из литой стали для внутреннего избыточного давления, рассчитанные по формуле (4) с $k_z = 600 \text{ кг/см}^2$ и степенью надежности $\sigma = 6$. К данным этих таблиц должны быть сделаны прибавки на износ днищ от ржавления вследствие влияния содержимого пароприемников. В дальнейшем, как увидим, у днищ с горловинами или лазами, кроме этого, делается еще особая прибавка в толщине, по крайней мере, в 2 мм; в судовом же котлостроении принята обыкновенно прибавка в 3 мм.

Толщину так называемых диффузорных днищ берут на 1 мм толще, чем у обыкновенных выпуклых днищ.

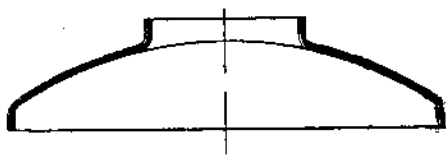
Пример. У пароприемника расчетная толщина диффузорного дна равна 10 мм; при этом оно содержит лаз, и, кроме того, должна быть предусмотрена прибавка в толщине на ржавление в 2 мм.

Отсюда общая толщина этого днища должна быть равна минимум:

$$10 + 1 \text{ (как у диффузорного дна)} + 2 \text{ (на лаз)} + 2 \text{ (на ржавление)} = 15 \text{ мм.}$$



Фиг. 23.



Фиг. 24.

Обычно придерживаются правила делать днище не слабее, чем обечайку сосуда. При этом, понятно, тратить лишний материал не следует, — особенно потому, что днища пароприемников, изготавливаемые обычно, например в Германии, машинным способом, требуют самого дорогого материала. Во всяком случае, указанное выше правило не совсем верно, потому что толщина листов обечайки зависит от значения φ , определяемого качеством продольного шва. Пароприемник с высококачественным продольным швом получит при этом более слабые днища, чем такой же сосуд с продольным швом более низкого качества. Исходя из указанного положения, в примере, приведенном на стр. 57, вместо 6-мм днища для цилиндрической бесшовной обечайки придется взять днище толщиной в 10—11 мм для такой же обечайки, имеющей продольный заклепочный, однорядный шов. Вообще толщины днищ либо каждый раз рассчитывают, либо берут по данным табл. 25 и 26 и определяют их окончательные рабочие размеры, сообразуясь также со всеми дополнительными особыми требованиями.

Таблица 25

Толщина стенок s в мм цельных выпуклых днищ из литой стали (железа) для внутреннего избыточного давления от 1 до 7 ат; $k_z = 600 \text{ кг/см}^2$

Радиус кривизны R мм	Внутреннее избыточное давление кг/см ²						
	1	2	3	4	5	6	7
300	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,5	1,75
400	0,33	0,67	1,00	1,33	1,67	2,0	2,33
500	0,42	0,83	1,25	1,67	2,08	2,5	2,92
600	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,0	3,50
700	0,58	1,17	1,75	2,33	2,92	3,5	4,08
800	0,67	1,33	2,00	2,67	3,33	4,0	4,67
900	0,75	1,50	2,25	3,00	3,75	4,5	5,25
1 000	0,83	1,67	2,50	3,33	4,17	5,0	5,83
1 100	0,92	1,83	2,75	3,67	4,58	5,5	6,42
1 200	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,0	7,00
1 300	1,08	2,17	3,25	4,33	5,42	6,5	7,58
1 400	1,17	2,33	3,50	4,67	5,83	7,0	8,17
1 500	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,5	8,75
1 600	1,33	2,67	4,00	5,33	6,67	8,0	9,33
1 700	1,42	2,83	4,25	5,67	7,08	8,5	9,92
1 800	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,0	10,50
1 900	1,58	3,17	4,75	6,33	7,92	9,5	11,08
2 000	1,67	3,33	5,00	6,67	8,33	10,0	11,67
2 100	1,75	3,50	5,25	7,00	8,75	10,5	12,25
2 200	1,83	3,67	5,50	7,33	9,17	11,0	12,83
2 300	1,92	3,83	5,75	7,67	9,58	11,5	13,42
2 400	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,0	14,00
2 500	2,08	4,17	6,25	8,33	10,42	12,5	14,58
2 600	2,17	4,33	6,50	8,67	10,83	13,0	14,17
2 700	2,25	4,50	6,75	9,00	11,25	13,5	14,75
2 800	2,33	4,67	7,00	9,33	11,67	14,0	15,33
2 900	2,42	4,83	7,25	9,67	12,08	14,5	15,92
3 000	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,0	16,50
3 100	2,58	5,17	7,75	10,33	12,92	15,5	17,08
3 200	2,67	5,33	8,00	10,67	13,33	16,0	17,67
3 300	2,75	5,50	8,25	11,00	13,75	16,5	18,25
3 400	2,83	5,67	8,50	11,33	14,17	17,0	18,83
3 500	2,92	5,83	8,75	11,67	14,58	17,5	19,42

Таблица 26

Толщина стенок s в мм цельных выпуклых днищ из литой стали (железа) для внутреннего избыточного давления от 8 до 20 ат; $k_s = 600 \text{ кг/см}^2$

Радиус кривизны R мм	Внутреннее избыточное давление кг/см^2						
	8	10	12	14	16	18	20
300	2,00	2,50	3	3,50	4,00	4,5	5,00
400	2,67	3,33	4	4,67	5,33	6,0	6,67
500	3,33	4,17	5	5,83	6,67	7,5	8,33
600	4,00	5,00	6	7,00	8,00	9,0	10,00
700	4,67	5,83	7	8,17	9,33	10,5	11,67
800	5,33	6,67	8	9,33	10,67	12,0	13,33
900	6,00	7,50	9	10,50	12,00	13,5	15,00
1 000	6,67	8,33	10	11,67	13,33	15,0	16,67
1 100	7,33	9,17	11	12,83	14,67	16,5	18,33
1 200	8,00	10,00	12	14,00	16,00	18,0	20,00
1 300	8,67	10,83	13	15,17	17,33	19,5	21,67
1 400	9,33	11,67	14	16,33	18,67	21,0	23,33
1 500	10,00	12,50	15	17,50	20,00	22,5	25,00
1 600	10,67	13,33	16	18,67	21,33	24,0	26,67
1 700	11,33	14,17	17	19,83	22,67	25,5	28,33
1 800	12,00	15,00	18	21,00	24,00	27,0	30,00
1 900	12,67	15,83	19	22,17	25,33	28,5	—
2 000	13,33	16,67	20	23,33	26,67	30,0	—
2 100	14,00	17,50	21	24,50	28,00	—	—
2 200	14,67	18,33	22	25,67	29,33	—	—
2 300	15,33	19,17	23	26,83	30,67	—	—
2 400	16,00	20,00	24	28,00	—	—	—
2 500	16,67	20,83	25	29,17	—	—	—
2 600	17,33	21,67	26	30,33	—	—	—
2 700	18,00	22,50	27	—	—	—	—
2 800	18,67	23,33	28	—	—	—	—
2 900	19,33	24,17	29	—	—	—	—
3 000	20,00	25,00	30	—	—	—	—
3 100	20,67	25,83	—	—	—	—	—
3 200	21,33	26,67	—	—	—	—	—
3 300	22,00	27,50	—	—	—	—	—
3 400	22,67	28,33	—	—	—	—	—
3 500	23,33	29,17	—	—	—	—	—

Там, где это осуществимо без затруднений, можно у клепаных пароприемников днища, имеющие лаз, укреплять связями, как это, например, показано на фиг. 23, где применены четыре плоских стальных анкера. Этот способ укрепления днищ посредством анкеров дает более надежную защиту против слишком высоких напряжений, чем прибавки, дающиеся к толщине листов днищ.

Вообще края отверстий должны обязательно укрепляться, если такое укрепление не достигается уже самим способом изготовления отверстий, как, например, штамповкой с отгибкой борта, как это показано на фиг. 24 или 25, и т. п.

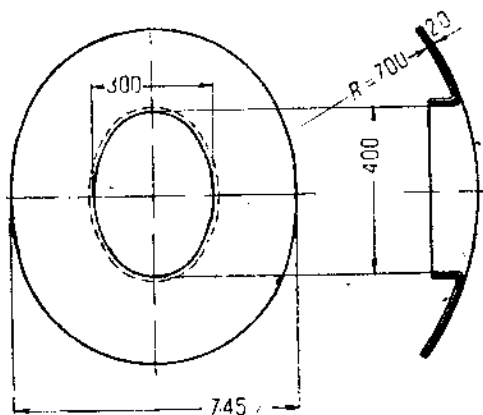
На фиг. 26 приведена конструкция аппарата, выполненного электросваркой.

Здесь, как видим, аппарат — железный, диаметром 1000 мм, предназначенный для рабочего давления в 5 ат. Два сферических днища приварены встык к обечайке аппарата. Люк, представляющий горловину, приваренную к кромкам выреза в верхнем днище, имеет по своей окружности 20 приварных ушков, способствующих приданию большей жесткости этому ослабленному отверстию днища.

Сферическая крышка люка, приварена к железному фланцу из полосового железа и закрепляется десятью откидными болтами. Все остальные подробности достаточно ясны из чертежа, взятого из практики. Обращает на себя внимание неправильная форма днищ, не имеющих бортов с закруглением.

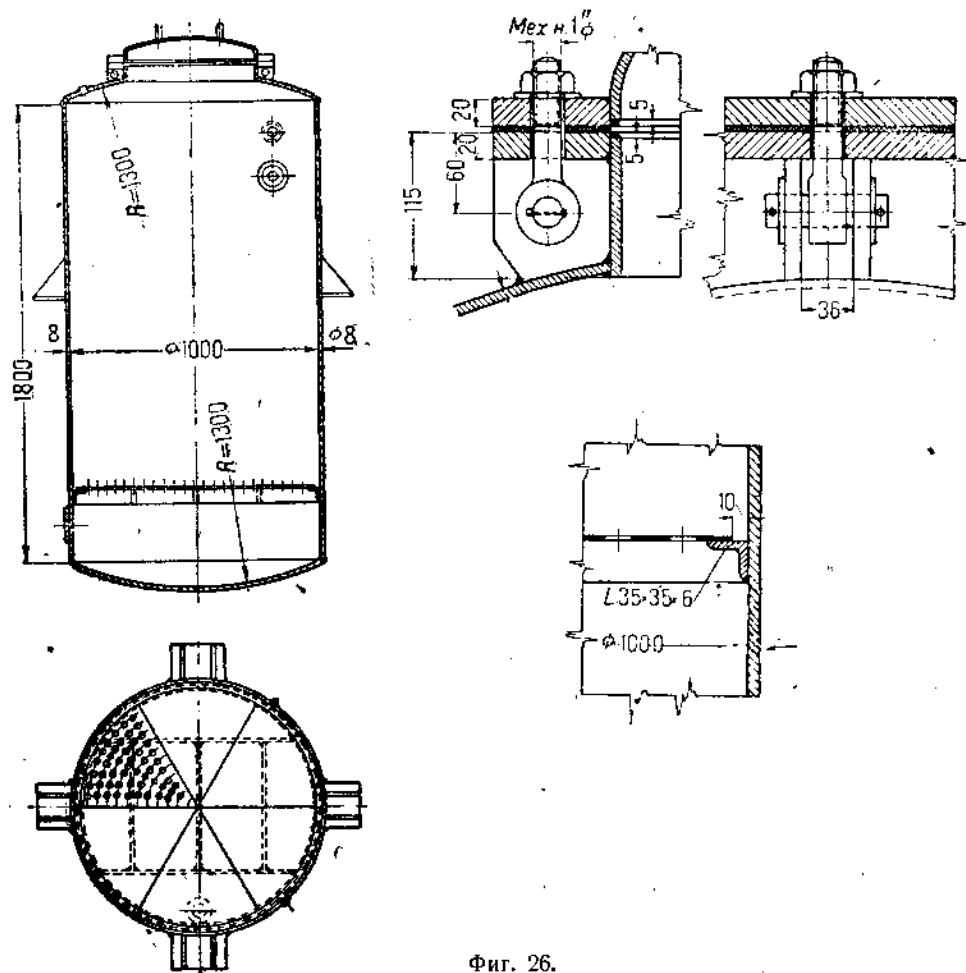
Самым слабым местом нагруженных изнутри выпуклых днищ является закругление борта, т. е. место перехода от шаровидной части дна к цилиндрической его части. Как видим, особенно опасными являются места А—А (фиг. 27), где проходит линия окружности, по которой все днище стремится выгнуться, т. е. как раз места перегиба от борта днища к сферической его части. Внутреннее избыточное давление действует так, чтобы приблизить форму сосуда к шару или к эллипсоиду; оно при этом как бы стремится углубить выпуклость дна, т. е. уменьшить радиус R и продлить закругление борта (увеличить радиус r). Следствием этого являются значительные напряжения на изгиб в точках А—А окружности. При этом напряжение будет тем благоприятнее, чем в самом начале меньше R и больше r .

Необходимо отметить, что применяющиеся до настоящего времени выпуклые днища, упоминаемые в табл. 14, 25, 26 и 29—34, не имеют достаточно благоприятной в этом смысле формы. Гораздо более соответствуют требованиям более новые формы днищ, для которых в качестве примера дана табл. 35 на стр. 90, вырабатываемые рейнскими сталелитейными заводами.



Фиг. 25.

Радиус R выпуклости у обыкновенных днищ больше, чем их диаметр D , и притом взят без всякого определенного соотношения между R и D . У вышеупомянутых же новых днищ всегда $R=D$. Это же условие соблюдается и у медных днищ (см. далее), для которых оно принято уже издавна. Радиус закругления r значительно увеличен против обыкновенных днищ, но все же взят в определенном соотношении к D и примерно может быть опре-



Фиг. 26.

делен как $r=0,1 D$, что нам кажется неверным. Строго говоря, при выборе r следовало бы принимать во внимание также и толщину стенки s . Но исполнение этого на практике при значительном росте количества штамповальных заводов могло бы нас завести слишком далеко в смысле разнообразия в конструктивном оформлении днищ.

Новые достижения в этой области, полученные благодаря работам Дигеля (Diegel)¹, должны рассматриваться как прямое продолжение

¹ Forschungsarbeiten auf dem gebiete des Ingenieurwesens. Ig. 1920, H. 2, S. 36 ff.

опытов Баха. Причем Дигель, производя свои опыты над целиком сваренными сосудами, нашел, что в сборниках для газов с большим диаметром, которые рассчитываются по правилам для изготовления паровых котлов и пароприемников, в закруглениях бортов днищ и в близлежащих к ним местах вызываемое от рабочего давления в материале напряжение достигает около 1800 кг/см^2 . Это напряжение настолько высоко, что оно находится очень близко к пределу пропорциональности (для литой мягкой стали $1800\text{--}2000 \text{ кг/см}^2$ и более), а также близко к пределу текучести и смятия (2500 кг/см^2).

Дигель считает допустимым как предел возникающее от рабочего давления напряжение в материале, равное 1200 кг/см^2 , если при этом пробное давление будет не более чем в $1\frac{1}{2}$ раза выше рабочего давления. Дигель обуславливает это необходимостью избежать остаточных деформаций в материале из-за пробного давления.

Обозначив допускаемое напряжение в борте днища через k_w (равное 1200 кг/см^2), Дигель установил следующую приближенную формулу:

$$s = \frac{p \cdot R}{2k_w} \left[1 + \left(0,18 + \frac{D_i^2}{550^2} \right) \sqrt{\frac{D_i - 2r}{0,03 D_i + r}} \right], \quad (5)$$

где D_i означает внутренний диаметр днища.

В обыкновенном котельном днище с наружным диаметром $D = 1300 \text{ мм}$, с радиусом выпуклости $R = 1600 \text{ мм}$ (табл. 31) и радиусом закругления $r = 55 \text{ мм}$ следует, что при $p = 6 \text{ кг/см}^2$, если вставить D вместо D_i :

$$1) s = \frac{6 \cdot 160}{2 \cdot 1200} \left[1 + \left(0,18 + \frac{130^2}{550^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{130 - 2 \cdot 5,5}{0,03 \cdot 130 + 5,5}} \right] = \\ = 0,4 \cdot 1,837 = 0,7348 \text{ см.}$$

Берется, конечно, $s = 8$, так что $D_i = 1284 \text{ мм}$. Перерасчет по такому дает:

$$2) s = 0,4 \cdot 1,8305 = 0,7322 \text{ см.}$$

Значение по первому выводу больше, но вследствие незначительной разницы расчет ведут всегда по наружному диаметру.

У пароприемников обыкновенный расчет дает для днища диаметром 1300 мм по табл. 25 (при $k_s = 600 \text{ кг/см}^2$) $s = 8,0 \text{ мм}$, а по Гаусбранду¹ (при $k_s = 650 \text{ кг/см}^2$) $s = 7,38 \text{ мм}$. Оба значения по формуле (4) выше, чем по формуле (5). Во всяком случае, примененное в последней напряжение $k_w = 1200 \text{ кг/см}^2$ для борта днища соответствует фактическому напряжению, в то время как оба k_s для формулы (4) соответствуют напряжению только в шаровой части.

¹ Hausbrand, Hilfsbuch f. d. Apparatebau, 1919, S. 13.

В табл. 27 *s* рассчитано для некоторого числа диаметров и внутренних избыточных давлений по равенствам (4) и (5); при этом во внимание принято следующее:

1) в графах от 2 до 5 и от 7 до 11 всюду $R=D$; здесь, таким образом, взяты более новые котельные днища; только графа 6 касается обыкновенного днища с $D=1500$ и $R=1800$, о котором приведены данные в табл. 31;

2) кроме граф 5, 6 и 8, всюду $r=0,1 D$. В графах 5, 6 и 8 $r=0,05 D$.

Вставив в знак радикала равенства (5) радиус закругления r как $f(D)$, получим значение этого радикала для каждого r как величину постоянную, и притом для $r=0,1 D$:

$$\sqrt{\frac{D-2r}{0,03D+r}} = \sqrt{\frac{D-0,2D}{0,03D+0,1D}} = 2,48 = \alpha.$$

Формула (5) принимает следующий вид:

$$s = \frac{p \cdot R}{2k_x} \left[1 + \left(0,18 + \frac{D^2}{550^2} \right) \cdot \alpha \right]. \quad (5a)$$

Таблица 27

Сравнение толщин стенок нагруженных изнутри котельных днищ

<i>D</i>	500	1000	1500			2000		2500	3000	3500
<i>R</i>	500	1000	1500			2000		2500	3000	3500
<i>r</i>	0,1 <i>D</i>	0,1 <i>D</i>	0,1 <i>D</i>	0,05 <i>D</i>	0,05 <i>D</i>	0,1 <i>D</i>	0,05 <i>D</i>	0,1 <i>D</i>	0,1 <i>D</i>	0,1 <i>D</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

кг/см²

Толщина стенки *s*
мм

Внутреннее избыточное давление	6	2,50	5,00	—	7,50	9,00	—	10,00	12,50	15,00	17,50
		1,84	3,82	6,13	6,47	8,75	8,89	9,70	12,27	16,42	21,49
	8	3,33	6,67	—	10,00	12,00	—	13,33	16,67	20,00	23,33
		2,45	5,10	8,17	8,63	11,66	11,85	12,94	16,35	21,88	28,65
	10	4,17	8,33	—	12,50	15,00	—	16,67	20,83	25,00	29,17
		3,06	6,38	10,21	10,79	14,58	14,81	16,17	20,44	27,35	35,81
	12	5,00	10,00	—	15,00	18,00	—	20,00	25,00	30,00	35,00
		3,67	7,66	12,25	12,94	17,50	17,78	19,41	24,53	32,83	42,97
	14	5,83	11,67	—	17,50	21,00	—	23,33	29,17	35,00	40,83
		4,29	8,93	14,30	15,10	20,41	20,74	22,64	28,62	38,30	50,13
	16	6,67	13,33	—	20,00	24,00	—	26,67	33,33	40,00	46,67
		4,90	10,21	16,34	17,26	23,33	23,70	25,88	32,71	43,77	57,30
	18	7,50	15,00	—	22,50	27,00	—	30,00	37,50	45,00	52,50
		5,51	11,48	18,38	19,42	26,24	26,67	29,11	36,80	49,24	64,46
	20	8,33	16,67	—	25,00	30,00	—	33,33	41,67	50,00	58,33
		6,12	12,76	20,42	21,67	29,16	29,63	32,35	40,89	54,71	71,62

При $r=0,05D$ получается $\alpha=3,712$. С понижением r соответственно возрастает α , а с ним и s .

Оговоренное в положении 1 к табл. 27 условие о равенстве $R=D$ позволяет в равенствах (5) и (5а) заменить диаметр D радиусом R ; тогда для

$$k_w = 1200 \text{ кг/см}^2 \text{ и } R=D$$

получаем:

$$s = p \cdot R \left(\frac{\alpha \cdot R^2 + 437\,536}{726\,000\,000} \right). \quad (5b)$$

Значения s по табл. 27, отпечатанные в таблице курсивом, рассчитаны по основной формуле Дигеля (5) или, что то же, по формулам (5а) и (5b). Как видим, в графах от 2 до 5 для диаметров до $D=1500 \text{ мм}$ и при $r=0,1D$, а также $r=0,05D$ значения s по формуле (4) значительно больше. Обыкновенное дно диаметром 1500 мм имеет $r \approx 0,05D \approx 75 \text{ мм}$; если принять во внимание его фактический радиус кривизны по графе 6, где $R=1800 \text{ мм}$, то значения s , вычисленные по формулам (4) и (5), до того оказываются близкими, что практически их можно считать равными. Для $D=2000 \text{ мм}$ эти значения при $R=D$ приблизительно равны, если $r=0,05D$. Для $D=2500 \text{ мм}$ толщины s по формулам (4) и (5) с $r=0,1D$ и при $R=D$ практически равны. Начиная отсюда, значения по формуле (5) становятся больше.

Как видим в графах 4 и 5 табл. 27, разница между курсивными числами меньше, чем разница для таких же чисел в графах 7 и 8. Объяснение следует искать в том, что с возрастанием диаметра растет в равенстве (5) и значение для радиуса закругления r . Все же близость курсивных чисел в графах 4 и 5 к соответствующим значениям графы 5, вычисленным по формуле (4), меньше, чем для этих же значений в графе 6; отсюда также видно, насколько в равенстве (5) значительно большее влияние на конечный результат оказывает радиус выпуклости R по сравнению с радиусом закругления r .

Фактически происходящие углубления шаровой части дна и выпучивание корпуса сосуда и являются причинами высоких напряжений, возникающих в закруглении борта.

Табл. 27 позволяет, с одной стороны, сделать важное указание о том, что при всех диаметрах свыше 1500 мм целесообразно делать контрольный расчет по формуле Дигеля, а с другой стороны, подчеркивает необходимость улучшения и усовершенствования размеров котельных днищ. Все данные относятся к цельным днищам.

У днищ же, ослабленных из-за выреза для лазов или горловин, Дигель предлагает на основании его опытов вводить множитель f , величина которого определяется из размера в свету m отверстия лаза по следующей приближенной формуле:

$$f = 1 + \frac{m^2}{D^2 - m^2}. \quad (6)$$

Поэтому указанное выше дно с диаметром 1300 мм при диа-

метре в свету отверстия для наполнения примерно в 522 мм должно иметь:

$$s_m = f \cdot s = \left(1 + \frac{52,2^2}{130^2 - 52,2^2}\right) \cdot 0,735 = 1,4112 \text{ см};$$

т. е. минимум 14 мм в толщине стенки.

У клепаных сосудов с надежными укреплениями днищ можно обойтись применявшимся до сих пор обычным способом расчета, по которому, учитывая дыру для лаза, получится от введения прибавки в 2 или 3 мм к толщине: $s_m = 10$ или $s = 11$ мм. Если же дно может быть надежно укреплено опорами, то тогда достаточно $s_m = 8$ мм, как и при цельном днище. Прибавку же на ржавление от действия загрузки сосудов следует делать особо во всех случаях. Некоторые наши котельные заводы стали в последнее время применять коробовую форму для днищ при изготовлении штампов¹. Указанная коробовая кривая, представляя собой приближенный эллипс, дает более благоприятный, чем у последнего, переход от выпуклой части днища к цилиндрической. Размеры R и r такого днища могут быть получены по глубине его выпуклости h_1 (фиг. 33) и внешнему диаметру D не только графическим, но и расчетным путем. Если примем, что у этой коробовой кривой $h_1 = b$ — малая полуось и $D = 2a$ — большая ось, то

$$R = \frac{a^2 + b^2(a-b)\sqrt{a^2 + b^2}}{2b}$$

$$r = a - (R - b) \frac{b}{a}.$$

Расчет толщины стенки ведется по формуле новых „Германских правил о материалах и конструкции стационарных паровых котлов“ следующего вида:

$$s = Dy \frac{p}{200 \frac{K_s}{x}} + c, \quad (6a)$$

- где s (мм) — толщина днища;
 p (атм или кг/см²) — наибольшее рабочее давление;
 K_s (кг/мм²) — временное сопротивление растяжению материала при рабочей температуре стенки днища;
 x — запас прочности; при этом $x = 3,5$ для днищ без лазов и вырезов и $x = 4,25$ для днищ с лазом;
 D (мм) — наружный диаметр днища;
 y — коэффициент, зависящий от соотношения $\frac{h_1}{D}$ (фиг. 33), т. е. от глубины днища;
 c — прибавка к толщине стенки днища; при этом $c = 2$ мм для целых днищ и днищ с вырезами, но без лазов, и $c = 3$ мм для днищ с лазом.

¹ Способ вычерчивания коробовой кривой см., например, Виноградов, Гордон и Николаев, „Техническое черчение“, стр. 37 („приближенный эллипс“).

Коэффициент y берется для принятых глубин котельных днищ из следующей таблицы:

$\frac{h_1}{D}$	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
y	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1	0,8	0,7	0,6	0,55

При этом для указанных соотношений получается, что в пределах реальных толщин днищ $R < D$ и $r_{\min} > 0,1 D$.

В результате целого ряда опытов над сосудами с днищами корытовой формы разной глубины швейцарский инж. Хён (Hoehn)¹ вывел выражение наимыгоднейшего и к тому же максимального соотношения между радиусами закруглений борта r и сферы R , т. е. $\frac{r}{R}$, при котором при определенной высоте выпуклости h_1 (фиг. 33) получается наилучшее распределение напряжений в стенке днища и самого аппарата. При этом создается возможность ставить наиболее выгодную, т. е. наименьшую, толщину стенки днища s .

Соотношение $\frac{r}{R} \max$ по Хёну получается равным:

$$\frac{r}{R} \max = \frac{\sqrt{k^2 + 1} - k}{\sqrt{k^2 + 1} - 1}, \quad (6b)$$

где k — коэффициент выпуклости днища, зависящий от его формы и равный $k = \frac{a}{h_1}$, где $a = \frac{D}{2}$, т. е. половине диаметра днища.

Хён нашел, что наимыгоднейшие условия работы днища в смысле распределения в его стенке напряжений получаются при $k = 2$ или 3.

При этом для сопоставления своих значений k со значениями y в германской формуле (6а) в зависимости от глубины выпуклости днища Хён приводит следующую таблицу:

$\frac{h_1}{D}$	0,18	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,3
y	2,8	2,3	2,0	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
k	2,78	2,68	2,5	2,27	2,08	2,0	1,92	1,78	1,67

¹ См. статью Hoehn, О расчете выпуклых днищ, подверженных внутреннему давлению, помещенную в журнале „Chaleur et Industrie“, № 123 за 1930 г., стр. 313—319.

В тех случаях когда применима формула (6b), Хён дает следующие формулы для определения в отдельности значений r и R :

$$\left. \begin{aligned} r &= a \frac{k^2 + 1 - k\sqrt{k^2 + 1}}{k^2 + k - k\sqrt{k^2 + 1}} \\ R &= a \frac{k^2 + 1 - \sqrt{k^2 + 1}}{k^2 + k - k\sqrt{k^2 + 1}} \end{aligned} \right\} \quad (6c)$$

В результате наиболее выгодная толщина стенки по Хёну находится из следующей формулы:

$$s = 1,65 \frac{k \cdot p \cdot a}{K_t Z} \text{ мм}, \quad (6d)$$

где W — множитель, учитывающий влияние отношения $\frac{r}{R}$ на распределение напряжений в закруглении и сфере и равный:

$$\frac{20 \frac{r}{R} + 3}{20 \frac{r}{R} + 1} \geq 1;$$

K_t (кг/см²) — временное сопротивление растяжению материала;

$$a = \frac{D}{2} \text{ (в мм)};$$

Z — коэффициент ослабления днища лазом; при этом для целого днища $Z=1$; при концентрическом лазе с бортом $Z=0,9$;

p (кг/см²) — наибольшее рабочее давление.

По указаниям Хёна, формула (6d) с успехом применяется им несколько лет в Швейцарии.

Между прочим, в Германии новые правила привели к тому, что котельные днища без связей, у которых $R > D$ и радиус закругления к борту $r < \frac{D}{10}$, в настоящее время вообще изымаются.

Выпуклые днища с отверстиями для жаровых труб относятся этими правилами к группе днищ со связями, хотя благодаря жаровым трубам в них и могут быть вызваны добавочные напряжения.

3. ВЫПУКЛЫЕ ДНИЩА ИЗ ЛИТОЙ СТАЛИ ПРИ НАРУЖНОМ ИЗБЫТОЧНОМ ДАВЛЕНИИ

Как у цилиндрических обечаек, нагруженных снаружи, так и у выпуклых днищ, находящихся под наружным избыточным давлением, имеется опасность вдавливания или вгибания стенки. Нагруженные снаружи днища также способны лучше сопротивляться при меньшем радиусе шаровой части дна в отношении диаметра сосуда и большем радиусе закругления борта.

Обозначим через:

R (мм) — радиус выпуклости днища,

s (мм) — толщину стенки днища,

p_0 (кг/см²) — наружное избыточное давление, при котором можно ожидать вдавливания.

Тогда при этом давлении наступает напряжение вдавливания:

$$\sigma_0 = \frac{p_0 \cdot R}{200 \cdot s}.$$

По опытам Баха¹ это напряжение можно определить по формуле:

$$\sigma_0 = A - B \sqrt{\frac{R}{s}},$$

причем:

а) для отожженных днищ литой стали из одного куска $A = 26$ и $B = 1,15$;

б) для днищ литой стали из отдельных сегментов, склепанных внахлестку, $A = 24,5$ и $B = 1,15$.

Пример. При радиусе выпуклости $R = 1000$ мм и толщине стенки $s = 10$ мм у выпуклого днища литой стали из одного куска получается $\sigma_0 = 14,5$ кг/мм²; отсюда:

$$p_0 = 29 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом вдавливания следует ожидать при 29 ат.

Чтобы, безусловно, избежать вдавливания, необходимо в равенстве, соответствующем формуле (4):

$$s = \frac{p \cdot R}{200 \cdot k}, \quad (7)$$

считать, что $k = 0,4 \sigma_0$, и иметь также в виду, что это допустимое напряжение у отожженной литой стали, во всяком случае, должно быть $k \leq 6,5$ кг/мм². В предыдущем примере получается:

$$k = 0,4 \cdot \sigma_0 = 5,8 \text{ кг/мм}^2.$$

Для расчета k пользуемся формулой:

$$k = 0,4 \left[A - \frac{4B}{p} (\sqrt{5A \cdot p + 100B^2} - 10B) \right].$$

Значения, данные в табл. 28, и определены по этой формуле².

В табл. 29 и 30 даны толщины стенок днищ из одного куска, получающиеся при значениях k , указанных в табл. 28. Рекомендуется не превосходить напряжения в 600 кг/см², т. е. для днищ литой стали из одного куска для давлений выше 13 ат и для днищ литой стали, склепанных внахлестку из сегментов друг с другом, для давлений выше 18 ат при расчетах принимают не более $k = 6$ кг/см².

¹ Z. V. d. I., 1902, S. 333 ff.

² Heinrich O. in H. Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau.

Таблица 28

Наивысшие значения для выпуклых днищ литой стали при наружном избыточном давлении

Избыточное давление P	Днища литой стали из		Избыточное давление P	Днища литой стали из		Избыточное давление P	Днища литой стали из	
	одного куска k	сегментов, склепанных внахлестку, k		одного куска k	сегментов, склепанных внахлестку, k		одного куска k	сегментов, склепанных внахлестку, k
1	1,7	1,7	10	5,6	5,1	19	6,5	6,1
2	2,7	2,5	11	5,8	5,3	20	6,5	6,2
3	3,4	3,1	12	5,9	5,4	21	6,5	6,2
4	3,9	3,6	13	6,0	5,5	22	6,5	6,3
5	4,3	4,0	14	6,1	5,6	23	6,5	6,4
6	4,6	4,3	15	6,2	5,7	24	6,5	6,4
7	4,9	4,6	16	6,3	5,8	25	6,5	6,5
8	5,2	4,8	17	6,4	5,9	и		
9	5,4	5,0	18	6,5	6,0	т. д.		

Таблица 29

Толщина стенок s в мм цельных, из одного куска, выпуклых днищ литой стали для наружного избыточного давления от 1 до 7 ат

Радиус выпуклости R мм	Наружное избыточное давление кг/см ²						
	1	2	3	4	5	6	7
300	0,88	1,11	1,32	1,54	1,74	1,96	2,14
400	1,18	1,48	1,76	2,05	2,33	2,61	2,86
500	1,47	1,85	2,21	2,56	2,91	3,26	3,57
600	1,76	2,22	2,65	3,08	3,49	3,91	4,29
700	2,06	2,59	3,09	3,59	4,07	4,57	5,00
800	2,35	2,96	3,53	4,10	4,65	5,22	5,71
900	2,65	3,33	3,97	4,62	5,23	5,87	6,43
1000	2,94	3,70	4,41	5,13	5,81	6,52	7,14
1100	3,24	4,07	4,85	5,64	6,40	7,17	7,85
1200	3,52	4,44	5,29	6,15	6,98	7,83	8,57
1300	3,82	4,81	5,74	6,67	7,56	8,48	9,28
1400	4,12	5,19	6,18	7,18	8,14	9,13	10,00
1500	4,41	5,56	6,62	7,69	8,72	9,78	10,71
1600	4,71	5,93	7,06	8,20	9,30	10,44	11,42
1700	5,00	6,30	7,50	8,72	9,88	11,09	12,14
1800	5,29	6,67	7,94	9,23	10,47	11,74	12,85
1900	5,59	7,04	8,38	9,74	11,05	12,39	13,58
2000	5,88	7,41	8,82	10,26	11,63	13,04	14,29
2100	6,18	7,78	9,27	10,77	12,21	13,70	15,00
2200	6,47	8,15	9,71	11,28	12,79	14,35	15,71
2300	6,76	8,52	10,15	11,80	12,87	15,00	16,42
2400	7,06	8,89	10,59	12,31	13,95	15,65	17,14
2500	7,35	9,26	11,03	12,82	14,54	16,30	17,85
2600	7,65	9,63	11,47	13,33	15,12	16,96	18,57
2700	7,94	10,00	11,91	13,85	15,70	17,61	19,28
2800	8,24	10,37	12,35	14,36	16,28	18,26	20,00
2900	8,52	10,74	12,80	14,87	16,86	18,91	20,71
3000	8,82	11,11	13,24	15,38	17,44	19,57	21,42
3100	9,12	11,48	13,68	15,90	18,02	20,22	22,13
3200	9,41	11,85	14,12	16,41	18,60	20,87	22,85
3300	9,71	12,22	14,56	16,93	19,19	21,52	23,57
3400	10,00	12,59	15,00	17,44	19,77	22,17	24,29
3500	10,29	12,96	15,44	17,96	20,35	22,83	25,00

Таблица 30

Толщина стенок s , в мм цельных, из одного куска, выпуклых днищ литой стали для наружного избыточного давления от 8 до 14 ат

Радиус выпуклости R мм	Наружное избыточное давление кг/см ²						
	8	9	10	11	12	13	14
300	2,31	2,50	2,68	2,84	3,05	3,25	3,44
400	3,08	3,33	3,57	3,79	4,07	4,33	4,59
500	3,85	4,17	4,46	4,74	5,08	5,42	5,74
600	4,62	5,00	5,36	5,69	6,10	6,50	6,89
700	5,38	5,83	6,25	6,64	7,12	7,58	8,03
800	6,15	6,67	7,14	7,58	8,14	8,67	9,18
900	6,92	7,50	8,04	8,53	9,15	9,75	10,33
1000	7,69	8,33	8,93	9,48	10,17	10,83	11,48
1100	8,46	9,16	9,82	10,43	11,19	11,92	12,62
1200	9,23	10,00	10,71	11,38	12,20	13,00	13,77
1300	10,00	10,83	11,61	12,32	13,22	14,08	14,92
1400	10,77	11,67	12,50	13,27	14,24	15,17	16,07
1500	11,54	12,50	13,39	14,22	15,25	16,25	17,21
1600	12,30	13,33	14,29	15,17	16,27	17,33	18,36
1700	13,07	14,16	15,18	16,12	17,29	18,42	19,51
1800	13,84	15,00	16,07	17,07	18,30	19,50	20,66
1900	14,61	15,83	16,97	18,01	19,32	20,58	21,80
2000	15,38	16,67	17,86	18,96	20,34	21,67	22,95
2100	16,15	17,50	18,75	19,91	21,36	22,75	24,10
2200	16,92	18,33	19,64	20,86	22,37	23,83	25,25
2300	17,69	19,17	20,54	21,80	23,39	24,92	26,39
2400	18,46	20,00	21,43	22,75	24,41	26,00	27,54
2500	19,23	20,83	22,32	23,71	25,42	27,08	28,69
2600	20,00	21,66	23,21	24,65	26,44	28,17	29,84
2700	20,76	22,50	24,11	25,60	27,46	29,25	30,98
2800	21,53	23,33	25,01	26,54	28,47	30,33	—
2900	22,30	24,16	25,89	27,50	29,49	—	—
3000	23,08	25,00	26,79	28,44	30,51	—	—
3100	23,85	25,83	27,68	29,39	—	—	—
3200	24,61	26,67	28,57	30,34	—	—	—
3300	25,38	27,50	29,47	—	—	—	—
3400	26,15	28,33	30,36	—	—	—	—
3500	26,92	29,17	—	—	—	—	—

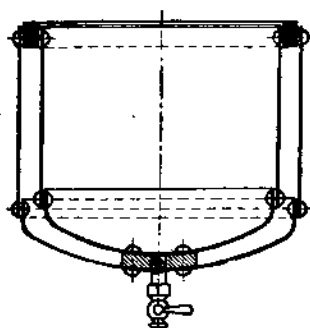
Прибавки — те же, что и у днищ для внутреннего избыточного давления.

В аппаратостроении прибегают к устройству целесообразных укреплений. На фиг. 28 показано такое укрепление. Между двумя днищами паровой рубашки укреплен промежуточный фланец, который служит вместе с тем для прикрепления спускного крана, связанного с внутренним пространством.

По поводу расчета толщины выпуклых днищ для наружного избыточного давления согласно новым германским правилам укажем следующее. Выпуклость днищ должна выполняться с максимальной осторожностью и быть по возможности точно выдержанной в своих размерах. В направлении радиуса днища не должны действовать напряжения растяжению больших значений, — как следствие закле-

почных соединений. Не должно быть вогнутых отдулин, которые благоприятствуют возникновению тепловых напряжений. При расчете должны особо приниматься во внимание вырезы для лазов, штуцеров и т. д.

По сравнению со старыми правилами новые германские „указания“ предлагают делать возможно больший радиус у закругления к борту, т. е. этот радиус должен быть настолько велик, чтобы переход от выпуклости днища к цилиндрической части его был насколько возможно более постепенным.



Фиг. 28.

6. РАЗМЕРЫ И ВЕСА ВЫПУКЛЫХ ДНИЩ

В табл. 31 приведены сведения об обыкновенных выпуклых котельных днищах, согласно фиг. 29, взятые по данным маннесмановского трубопрокатного завода. Размеры же по табл. 14 взяты по данным другого германского завода в Берлине. Сравнение материалов по этим двум источ-

никам показывает, что в табл. 31 приведены выпуклости днищ с радиусами большими примерно до 100 мм.

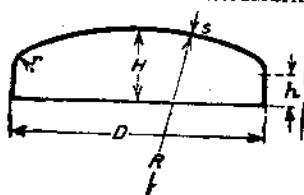
К данным этих таблиц весьма близки приводимые с целью сопоставления в табл. 32—34 размеры выпуклых котельных днищ литой стали, согласно фиг. 30—32, взятые по таблицам одного из наших заводов по производству штампованных днищ¹.

Табл. 35 содержит данные для новых форм котельных днищ рейнских сталелитейных заводов.

В табл. 35а даны в сводном виде сведения об изготовляемых в СССР, кроме перечисленных в табл. 32—34, штампованных котельных выпуклых днищах. Последние штампуются на котельных заводах, часть коих входила в объединение б. „Котлотурбина“, находящихся в Ленинграде, Москве и Таганроге².

Как видим, эти днища осуществляются по одной из следующих форм:

- 1) более старые днища сферической формы с $R > D$ и очень малым r , который, например, у некоторых днищ московского завода „Парострой“ берется по толщине стенки днища s , будучи равным или несколько более ее;
- 2) более новые днища сферической формы с $R = D$ и $r \approx 0,1D$, как, например, некоторые днища завода КЭС³;
- 3) днища коробовой формы или эллиптические, как, например,

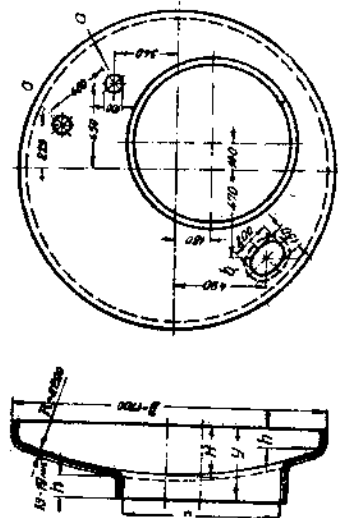


Фиг. 29.

¹ На юге, в Каменском. Цифры взяты по техническому сортаменту периода до империалистической войны.

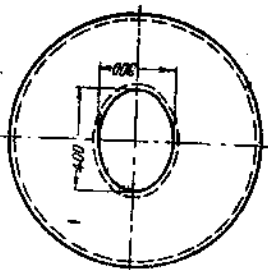
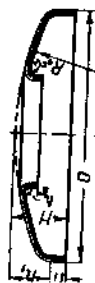
² Данные получены от Центрального котельно-конструкторского бюро Главэнергопрома в Ленинграде.

³ В Подольске, около Москвы.

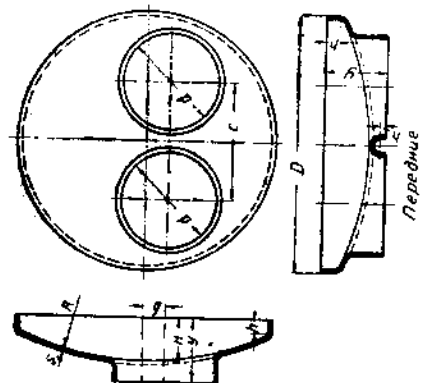


q - выступ для вкручивания стекла
d - люк

Фиг. 30.



Фиг. 32.

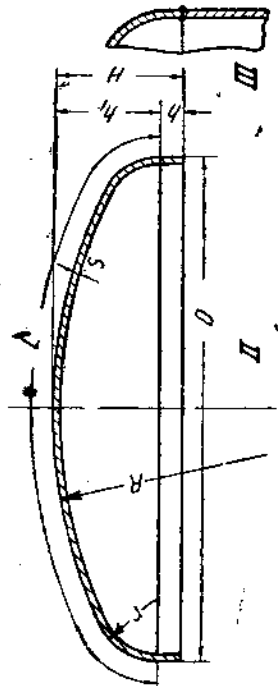


Передние

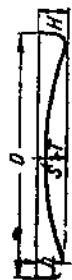
Фиг. 31.



Задние



Фиг. 33.



Фиг. 34.

Таблица 31

Размеры и веса обыкновенных выпуклых котельных днищ из литой стали (железа)

1) δ при толщине 6—8 мм берется ниже на 25 мм				Толщины стенок днищ, мм										
D	h	H	R	6 ¹⁾	8 ¹⁾	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Вес, кг														
300	65	110	400	8	11	13	17	20	24	—	—	—	—	—
350	65	115	500	10	13	16	21	24	29	—	—	—	—	—
400	65	120	550	12	16	20	25	29	35	—	—	—	—	—
450	65	125	600	14	19	24	30	35	41	—	—	—	—	—
500	65	135	650	17	22	28	35	41	48	—	—	—	—	—
550	65	135	700	20	26	32	40	48	55	—	—	—	—	—
600	65	160	750	23	30	38	47	55	66	—	—	—	—	—
650	65	175	800	26	34	43	54	63	75	84	97	107	117	127
700	65	175	850	29	39	48	60	70	84	94	109	120	130	141
750	65	175	900	33	43	54	67	78	93	105	121	133	145	157
800	70	185	950	36	48	60	76	89	104	117	134	147	161	174
850	70	185	1000	40	54	68	85	99	117	131	151	167	182	197
900	70	200	1100	45	60	75	93	109	128	144	167	182	200	216
950	70	205	1200	49	66	82	102	118	141	158	181	200	217	235
1000	70	205	1300	54	72	90	111	130	152	172	197	217	237	257
1050	70	215	1400	59	78	98	121	141	166	187	212	234	255	286
1100	70	220	1400	66	88	110	132	154	180	203	231	254	277	300
1150	70	225	1450	71	95	119	143	167	195	218	249	273	299	324
1200	75	230	1500	76	102	128	153	179	208	234	267	293	320	347
1250	75	240	1600	—	109	137	164	191	224	253	286	316	344	372
1300	75	245	1600	—	119	149	179	209	247	277	313	345	376	408
1350	75	255	1700	—	128	160	192	224	262	294	335	367	401	435
1400	75	270	1700	—	137	171	205	239	279	314	355	390	426	462
1450	80	280	1700	—	145	182	218	254	298	335	377	415	453	490
1500	80	280	1800	—	—	193	232	271	327	367	403	443	483	525
1550	80	280	1800	—	—	206	246	287	346	388	427	469	510	555
1600	80	290	2000	—	—	218	261	305	365	411	452	498	545	590
1650	80	295	2000	—	—	233	280	328	386	435	476	525	570	620
1700	80	300	2200	—	—	246	295	344	405	456	505	555	600	650
1750	80	300	2200	—	—	—	311	363	426	479	530	580	625	690
1800	80	310	2400	—	—	—	336	392	461	520	570	625	685	740
1850	85	310	2400	—	—	—	352	412	485	545	600	655	715	775
1900	85	315	2600	—	—	—	371	443	505	570	625	690	750	815
1950	85	315	2600	—	—	—	—	453	530	600	660	725	790	860
2000	90	320	2800	—	—	—	—	471	555	625	685	755	825	890
2100	90	325	3300	—	—	—	—	515	590	665	740	815	895	960
2200	90	330	3300	—	—	—	—	—	655	740	820	900	980	1065
2300	90	345	3300	—	—	—	—	—	710	800	885	975	1060	1150
2400	90	375	3300	—	—	—	—	—	765	860	960	1055	1150	1245
2500	90	395	3300	—	—	—	—	—	830	935	1035	1140	1250	1360
2600	90	410	3300	—	—	—	—	—	895	1010	1115	1230	1350	1465
2700	90	415	3500	—	—	—	—	—	960	1080	1200	1320	1490	1580
2800	90	435	3500	—	—	—	—	—	1060	1190	1320	1455	1595	1725
2900	90	455	3500	—	—	—	—	—	1135	1275	1415	1555	1710	1850
3000	90	480	3500	—	—	—	—	—	1210	1360	1510	1660	1830	1975
3100	100	490	3800	—	—	—	—	—	1270	1430	1585	1745	1905	2060
3200	100	495	3800	—	—	—	—	—	1370	1535	1710	1880	2050	2210
3300	100	500	3800	—	—	—	—	—	1425	1600	1780	1960	2140	2320
3400	100	525	3800	—	—	—	—	—	1500	1690	1880	2060	2250	2440
3500	100	550	4500	—	—	—	—	—	1575	1775	1970	2170	2360	2560

Таблица 32

Размеры и приближенные веса штампованных выпуклых днищ для паровых котлов с одной жаровой трубой (фиг. 30) по данным одного из южных заводов СССР

Размеры днищ, мм								Толщина, мм							
D	d	H	h	h ₁	y	a	R	13	14	15	16	17	18	19	20
								Вес, кг (приближенно)							

а) Для одного ряда заклепок

1400	700	230	80	70	380	210	1800	196	212	227	243	257	274	288	302
1500	750	250	80	75	400	215	1800	223	241	258	274	290	307	321	332
1600	800	270	80	75	420	225	2000	245	263	282	300	331	345	346	364
1700	850	285	80	75	435	235	2200	272	292	311	331	348	370	391	411
1700	900	285	80	75	435	235	2200	266	286	307	327	348	368	389	409
1800	900	275	80	75	425	250	2400	315	332	355	379	404	427	451	476

б) Для двух рядов заклепок

1400	700	265	115	70	415	210	1800	216	232	248	265	281	298	314	330
1500	750	285	115	75	435	215	1800	231	249	268	286	305	323	342	361
1600	800	305	115	75	455	225	2000	261	282	302	323	343	362	382	403
1700	850	315	120	75	470	235	2200	288	311	333	356	378	399	421	444
1700	900	315	120	75	470	235	2200	282	303	325	346	368	389	411	434
1800	900	310	120	75	460	250	2400	323	348	372	397	423	448	473	497

Таблица 33

Размеры и приблизительные веса штампованных выпуклых днищ для паровых котлов с двумя жаровыми трубами (фиг. 31) по данным завода СССР

Размеры днищ, мм										Толщина, мм					
D	d	H	h	h ₁	y	x	b	c	R	14	18	19	20	22	24
										Вес, кг (приближенно)					

а) Для одного ряда заклепок

1900	725	275	80	75	430	40	115	875	2600	—	470	497	524	577	628
1981	680	300	90	75	430	50	130	900	2800	409	511	540	569	—	—
2000	725	300	90	75	430	50	130	900	2800	—	526	554	585	642	700
2000	750	300	90	75	430	50	130	900	2800	—	520	548	576	632	688
2000	775	300	90	75	430	50	130	900	2800	—	516	544	572	628	684
2100	775	280	90	80	440	40	145	925	3300	—	573	604	635	697	759
2100	825	280	90	80	440	40	130	992	3300	—	551	582	613	675	737
2200	825	300	90	80	450	50	150	992	3300	—	618	653	688	758	828
2200	875	300	90	80	450	50	135	1040	3300	—	608	643	678	748	818
2300	875	315	90	80	—	65	175	1025	3300	—	689	712	753	831	905
2300	875	315	90	80	470	65	175	1025	3300	—	677	700	739	815	889
2300	925	315	90	80	470	65	140	1085	3300	—	655	688	729	801	875

б) Для двух рядов заклепок

1900	725	310	115	75	465	75	115	875	2600	—	513	542	571	629	687
1981	680	325	115	75	455	75	130	900	2800	432	542	573	604	—	—
2000	725	330	120	75	460	80	130	900	2800	—	559	590	621	683	745
2000	750	330	120	75	460	80	130	900	2800	—	551	582	613	675	737
2000	775	330	120	75	460	80	130	900	2800	—	547	578	609	671	733
2100	775	310	120	80	470	70	145	925	3300	—	595	628	661	727	793
2100	825	310	120	80	470	70	130	992	3300	—	585	618	651	717	783
2200	825	330	120	80	480	80	150	992	3300	—	651	688	725	799	873
2200	875	330	120	80	480	80	135	1040	3300	—	641	676	713	785	857
2300	775	345	120	80	—	95	175	1025	3300	—	715	756	795	875	955
2300	875	345	120	80	500	95	175	1025	3300	—	602	641	680	758	836
2300	925	345	120	80	500	95	140	1085	3300	—	692	731	770	848	926

Таблица 34

Выпуклые штампованные днища с отверстием для лаза по данным одного из южных заводов СССР (фиг. 32)

Размеры днищ мм				Толщина днища мм	
D	h	H	R	16	20
				Вес днища (приблизительно) кг	
700	65	110	850	66	—
750	65	175	900	76	—
800	68	195	950	87	—
850	68	185	1000	96	—
850	68	200	1200	115	—
900	68	205	1100	123	—
1 000	70	200	1300	134	—
1 300	73	230	1600	—	252

Таблица 35

Котельные днища с малым радиусом выпуклости и большим радиусом закругления (рейнские сталелитейные заводы) (фиг. 29)

Размеры днищ мм												
D	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
R	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
r	130	130	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
h	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
s	160	160	160	180	180	180	180	180	180	180	180	180
от	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
до	30	32	32	35	35	35	40	40	40	40	40	40
Вес в кг каждого днища толщиной в 1 мм приблизительно												
h	9,5	11,1	12,9	15,0	16,9	19,1	21,4	24,0	26,5	29,0	32,0	35,0
100	9,5	11,1	12,9	15,0	16,9	19,1	21,4	24,0	26,5	29,0	32,0	35,0
110	9,8	11,4	13,3	15,3	17,4	19,5	21,9	24,4	27,0	29,6	32,5	35,5
120	10,1	11,8	13,7	15,7	17,8	20,0	22,4	25,0	27,5	30,2	33,0	36,1
130	10,4	12,2	14,1	16,1	18,4	20,5	22,9	25,4	28,0	30,8	33,6	36,7
140	10,8	12,5	14,5	16,5	18,7	20,9	23,4	25,9	28,6	31,4	34,3	37,3
150	11,1	12,9	14,9	16,9	19,1	21,4	23,9	26,4	29,1	32,0	34,9	37,9
160	11,5	13,3	15,3	17,3	19,6	21,9	24,4	27,0	29,7	32,6	35,5	38,6
170	—	—	—	17,8	20,0	22,4	24,9	27,5	30,2	33,1	36,1	39,3
180	—	—	—	18,4	20,5	22,9	25,4	28,0	30,8	33,7	36,7	39,9

Таблица 35а

Штампованные днища литой стали, изготавливаемые в СССР

Завод „Красный котельщик“ в Таганроге (фиг. 32)

Наружный диаметр днища D	Толщина стенки днища s	Высота сферической части h_1	Высота цилиндрической части h	Общая высота H	Форма днища	Имеется ли концентрический овальный лаз и его размеры			
						ширина	длина	радиус закругления r_0	высота цилиндрического борта h_0
600	12	150	70	220	Эллиптич.	—	—	—	—
600	16	150	70	220	"	300	400	46	39
700	16	175	100	275	"	—	—	—	—
700	19	175	100	275	"	300	400	—	—
1067	15	267	120	387	"	—	—	—	—
1067	16	260	100	360	"	—	—	—	—
1067	17	267	120	387	"	325	425	—	—
1067	20	260	100	360	"	300	400	50	35
1200	16	300	115	415	"	—	—	—	—
1200	21	300	115	415	"	325	425	50	34
1300	16	325	118	443	"	—	—	—	—
1300	20	325	118	443	"	325	425	45	—
1300	25	325	165	490	"	—	—	—	—
1300	25	325	165	490	"	300	400	—	—
1400	19	350	150	500	"	—	—	—	—
1400	21	350	150	500	"	325	425	—	—
1400	23	350	150	500	"	—	—	—	—
1500	19	375	150	525	"	—	—	—	—
1500	21	375	150	525	"	325	425	50	—
1500	23	375	150	525	"	—	—	—	—

Завод „Парострой“ в Москве (фиг. 33)

Наружный диаметр днища D	Толщина стенки днища s	Радиус сферы R	Радиус закругления r	Высота цилиндрического борта h	Общая высота днища H	Имеется ли лаз и размеры его	
						ширина	длина
(435)	13	600	13	32	82	—	—
(460)	10	600	16	63	118	—	—
(640)	10	750	16	68	144	—	—
(640)	13	635	13	67	144	—	—
(640)	16	635	16	75	203	300	400
850	13	762	16	76	220	—	—
(952)	13	914	—	81	232	—	—
1010	10	990	46	76	230	—	—
1136	10	1143	22	76	236	—	—
1346	13	1168	19	85	310	—	—
(1346)	22	1168	22	132	320	—	—
1524	13	1524	—	85	305	—	—

Примечание. В скобки взяты днища тех котлов, которые в настоящее время не изготавливаются.

Крекинг-электровозный завод (КЭС)¹ в Подольске (около Москвы)
(фиг. 33)

<i>D</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>h</i>	<i>H</i>
370	5	400	35	25	95	850	10	860	85	70	240
482	4	550	50	50	140	866	10	—	—	—	250
790	4	1500	30	30	105	1034	9	1 000	100	—	—
824	4	1500	30	40	120	—	—	—	—	—	—

¹ Для крекингостроения и трубчатых установок завод КЭС и проектирующая организация „Крекинг-строй“ в Москве приняли едином форму дна табл. 37, остановившись только на следующем ряде диаметров *D*: 325, 375, 425, 475, 530, 530 мм и т. д., взятом применительно к наружным диаметрам труб по ОСТ 5100 на трубы.

Металлический завод в Ленинграде (фиг. 32)

мм

Наруж- ный диа- метр дныща <i>D</i>	Тол- щина стенки дныща <i>s</i>	Высота сферич- еской части <i>h₁</i>	Высота цилиндрич. части макс/норм <i>h</i>	Общая высота <i>H</i>	Форма дныща	Имеется ли концентрический оваль- ный лаз и его размеры			
						ширина	длина	радиус закруг- ления <i>r₀</i>	высота цилинд- рического борта <i>h₀</i>
500	13	125	200/160	325	Эллиптич.	—	—	—	—
500	24	125	200/160	325	„	—	—	—	—
500	32	125	200	325	„	—	—	—	—
650	16	162,5	225	387,5	„	300	400	66	30
650	32	162,5	225	387,5	„	—	—	—	—
700	19	175	200/80	375	„	300	400	69	30
700	26	175	210/160	385	„	—	—	—	—
760	14	190	200/160	390	„	300	400	64	30
760	17	190	200/160	390	„	300	400	67	30
760	19	190	200/160	390	„	300	400	69	30
915	17	229	210/160	439	„	300	400	67	30
915	25	229	210/160	439	„	—	—	—	—
1200	20	300	230	530	„	—	—	—	—
1200	23	300	230	530	„	300	400	—	—
1200	30	300	230	530	„	300	400	—	—

Невский машиностроительный завод в Ленинграде (фиг. 33)

<i>D</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>h₁</i>	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>r</i>	<i>D</i>	<i>s</i>	<i>R</i>	<i>h₁</i>	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>r</i>
1000	16	716	250	90	340	Нет	1250	20	1005	275	115	390	Нет
1000	19	716	250	90	340	дан- ных	1250	23	1010	275	140	415	дан- ных
1200	20	2 420	275	100	375	То же	2000	21	3021	275	145	420	То же
1250	18	1 005	250	115	365	То же	2400	26	3023	275	128	403	То же

таганрогского котельного завода, которые могут вычерчиваться либо общеизвестным способом построения так называемой коробовой кривой, либо путем построения эллипса по точкам.

Для расчета всех этих днищ можно воспользоваться формулами, данными в гл. 4 и 5.

Для заказа штампованного днища по табл. 35а для завода-изготовителя руководящими являются размеры наружного диаметра D и толщины стенки s , по которым он и подбирает из своего штампового хозяйства подходящие штампы днищ, с лазом или без него, и т. д.

Ограниченность выбора днищ по толщинам по табл. 35а усугубляется тем, что для некоторых из них, как видим, нет вообще всех необходимых данных. К тому же днища табл. 35а отличаются чрезвычайной пестротой в смысле их толщин, диаметров, глубин выпуклости и т. д. и не дают систематического материала, отражающего новейшие данные в этой области и нужного для выбора днищ конструктору по аппаратостроению.

В этом смысле могут принести пользу нормали днищ, составленные Экихимаш (см. стр. 94 и 96), которые мы и помещаем в табл. 36 и 37.

В основу указанных нормалей положена следующая классификация днищ литой стали, которые можно разделить на четыре группы¹:

1) днища низкие, сферические, для слабых давлений не выше 0,5 ат;

2) днища для низких давлений не выше 8—10 ат (с $R=D$ и $r=0,1D$);

3) днища для средних давлений не выше 30—35 ат (с $R=0,8D$ и $r=\frac{1}{6,5}D$);

4) днища полушаровые для высоких давлений выше 30—35 ат (с $R=r=0,5D$).

Если взять для днищ второго и третьего типов, как имеющих наибольшее применение в условиях работы аппаратов, на основе данных Хёна соответственно $k=2,5$ и $k=2$ (см. стр. 81), то получается:

у днищ для низких давлений $h_1=0,2D$;

у днищ для средних давлений $h_1=0,25D$.

При этом отношение $\frac{r}{R}$ и коэффициент W в формуле (6d) принимают вполне определенное значение, а именно:

$$\text{для днищ с } k=2,5 \dots \frac{r}{R}=0,113 \text{ и } W=1,61$$

$$\text{„ „ „ } k=2 \dots \frac{r}{R}=0,191 \text{ и } W=1,415$$

¹ См. ст. Геянике в журнале „Die Wärme“, № 7, 8 и 9 за февраль 1932 г. стр. 97, 118 и 136 „Об упрощении расчета, поверочном измерении и определении годности днищ с коробовой кривой“.

Таблица 36

Выпуклые штампованные днища литой стали под сварку и клепку для низких

D	Радиусы закруглений борта и сферы		Глубина выпуклости днища h_1	Длина наружного меридиана L (фиг. 33, 37)	Толщина													
	r	R			4	6	8	10	Высота									
					под сварку	под сварку и клепку	под сварку	под клепку	под сварку	под клепку	под сварку	под клепку						
													50	50	50	55	50	60
													Вес готового днища ¹	D_1 заготовки	Вес готового днища ¹	D_1 заготовки	Вес готового днища ¹	D_1 заготовки
500	65	560	100	576	10	670	15	680	20	681	21	690	—	—	—	—		
550	72	620	110	638	12	730	18	740	24	740	25	750	—	—	—	—		
600	78	670	120	690	14	790	21	790	28	790	29	810	—	—	—	—		
(650)	82	730	130	745	16	840	25	860	32	850	33	860	40	840	42	860		
700	90	790	140	808	18	890	29	930	38	920	38	920	47	910	48	920		
800	102	900	160	920	—	—	36	1030	48	1030	49	1040	59	1020	61	1040		
900	115	1010	180	1033	—	—	45	1140	59	1140	60	1150	74	1140	76	1150		
1000	128	1120	200	1148	—	—	54	1260	72	1260	73	1270	90	1260	92	1270		
1100	140	1230	220	1258	—	—	65	1380	87	1380	87	1380	107	1370	110	1390		
1200	155	1350	240	1384	—	—	78	1510	103	1500	104	1510	128	1490	131	1510		
1400	180	1560	280	1602	—	—	—	—	137	1720	137	1730	170	1710	173	1730		
1500	192	1680	300	1722	—	—	—	—	156	1830	158	1850	195	1830	199	1850		
1600	205	1790	320	1834	—	—	—	—	—	—	—	—	220	1940	224	1960		
(1700)	218	1900	340	1948	—	—	—	—	—	—	—	—	248	2060	252	2070		
1800	230	2030	360	2095	—	—	—	—	—	—	—	—	279	2180	285	2190		
2000	255	2240	400	2292	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2200	280	2450	440	2512	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2400	306	2680	480	2800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2600	332	2900	520	3025	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2800	355	3140	560	3211	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
(3000)	380	3360	600	3432	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
3200	410	3600	640	3684	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

 D_1 —диаметр заготовки днища.¹ Вес дан приблизительно.

на стенки с

9

Таблица 37

Выпуклые штампованные днища литой стали под сварку и клепку ($k=2$)

D	Радиусы закруглений борта и сферы		Глубина выпуклости днища k_1	Длина наружного меридиана L (фиг. 33, II)	Толщина								Высота			
	r	R			4	6	8		10		Высота					
					под сварку	под сварку и клепку	под сварку	под клепку	под сварку	под клепку						
40		50		50		55		50		60						
Вес готового днища ¹	D_1 заготовки	Вес готового днища ¹	D_1 заготовки	Вес готового днища ¹	D_1 заготовки	Вес готового днища ¹	D_1 заготовки	Вес готового днища ¹	D_1 заготовки	Вес готового днища ¹	D_1 заготовки					
500	85	450	125	592	11	690	16	700	—	—	—	—	—	—	—	
550	95	500	138	655	13	750	19	750	—	—	—	—	—	—	—	
600	105	550	150	728	15	820	23	830	30	820	31	830	—	—	—	
650	115	590	162	785	17	880	27	890	35	880	36	890	—	—	—	
700	125	640	175	852	20	950	31	960	41	960	41	980	—	—	—	
800	140	730	200	966	—	—	39	1060	52	1070	53	1060	64	1060	66	1080
900	155	820	225	1080	—	—	48	1180	64	1180	65	1180	80	1180	82	1200
1000	175	910	250	1206	—	—	59	1320	78	1310	79	1310	98	1310	100	1320
1100	190	990	275	1318	—	—	70	1420	93	1420	94	1430	115	1410	118	1440
1200	210	1090	300	1444	—	—	83	1550	111	1550	112	1560	138	1550	141	1570
1400	245	1270	350	1684	—	—	—	—	149	1790	150	1800	185	1780	189	1800
1500	260	1360	375	1797	—	—	—	—	169	1910	170	1910	212	1900	215	1920
1600	280	1450	400	1923	—	—	—	—	—	—	—	—	240	2020	244	2040
1700	295	1530	425	2028	—	—	—	—	—	—	—	—	267	2130	271	2150
1800	315	1630	450	2162	—	—	—	—	—	—	—	—	302	2270	306	2280
2000	350	1820	500	2410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2200	380	1990	550	2628	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2400	415	2170	600	2895	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2600	450	2365	650	3180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2800	485	2550	700	3376	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3000	520	2720	750	3595	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3200	560	2920	800	3860	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

¹ Вес дан приблизительно.

12	14	16	18	20

под сварку	под клепку	под сварку	под клепку	под сварку	под клепку	под сварку	под клепку	под сварку	под клепку

Зак. 2553, Гоманке

D	Толщина стенки s											
	22				24				26			
	Высота борта h											
	под сварку		под клепку		под сварку		под клепку		под сварку		под клепку	
	70		85		70		95		80		105	
	Вес готового днища 1	D ₁ заготовки	Вес готового днища 1	D ₁ заготовки	Вес готового днища 1	D ₁ заготовки	Вес готового днища 1	D ₁ заготовки	Вес готового днища 1	D ₁ заготовки	Вес готового днища 1	D ₁ заготовки
500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
(650)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1600	534	2050	547	2080	—	—	—	—	—	—	—	
(1700)	595	2170	608	2200	—	—	—	—	—	—	—	
1800	670	2270	685	2320	728	2290	755	2330	—	—	—	
2000	825	2540	842	2570	886	2540	925	2570	982	2580	1015	
2200	982	2780	1000	2790	1068	2780	1100	2790	1168	2760	1200	
2400	1255	3065	1275	3100	1364	3065	1400	3115	1490	3085	1540	
2600	1410	3320	1430	3350	1520	3320	1540	3370	1630	3340	1660	
2800	1580	3500	1600	3520	1720	3510	1760	3540	1865	3480	1920	
(3000)	1800	3740	1820	3760	1960	3740	2000	3770	2210	3720	2190	
3200	2070	4000	2095	4020	2250	4000	2300	4030	2450	3970	2500	

1 Вес дан приблизительно.

Наружные диаметры бортов днищ взяты согласно табл. 6, помещенной на стр. 38, для размеров от 500 до 3200 мм включительно. Стенки взяты толщиной, начиная от 4—6 мм через каждые 2 мм, так как промежуточные размеры могут быть рационально заменены ближайшим соседним значением. Наибольшая толщина равна 26 мм, так как она приблизительно соответствует давлению в 20 ат, принятому за предельное для химического машиностроения. По примеру других стран форма днищ взята по коробовой кривой, близкой к эллипсису.

Каждое из днищ имеет, в свою очередь, две различные высоты бортов h , а именно: под сварку и клепку.

Значения r и R найдены по формулам (6с) с некоторым их округлением в большую сторону, так как точная их величина относится к меридиану, проходящему через средний слой стенки, для которого r и R в зависимости от D получаются для днищ с $k=2,5$ и для днищ с $k=2$ следующие:

$$r=0,128 D \text{ и } R=1,125 D; \quad (6e)$$

$$r=0,173 D \text{ и } R=0,905 D. \quad (6f)$$

Отметим, что размеры R , r и h_1 и длины меридиана L (фиг. 33) в табл. 36 и 37 отнесены к наружным волокнам стенки; это должно представлять большее удобство в пользовании этими днищами, а также при их штамповке. Веса днищ определены по поверхности середины толщины их стенок, для чего необходимо знать углы α и β , которые образуются прямой, проходящей через центры радиусов r и R , с вертикальной и горизонтальной осями¹. Этот угол определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{D}{2} - r}{R - h_1} = \frac{a - r}{R - h_1}.$$

При этом имеем:

$$\begin{aligned} \text{при } k=2,5 \dots \alpha &= 22^\circ; \quad \beta = 68^\circ \\ \text{„ } k=2 \dots \alpha &= 26,5^\circ; \quad \beta = 63,5^\circ \end{aligned}$$

В практике некоторых котельных заводов считают диаметр заготовки днища равным развертке такового по нейтральной линии по главному сечению, с учетом и цилиндрической части, минус 2,3 · s и плюс около 25 мм на обрезку.

Для определения максимальных внутренних рабочих давлений, которые могут быть допущены для днищ по табл. 36 и 37, можно воспользоваться вышеприведенными формулами. В табл. 38 даются в сводном виде формулы, выведенные из формулы (6d) Хёна и из формулы (6a) германских правил по котлостроению.

¹ Ст. Геннике в журнале „Die Wärme“, № 7, 8 и 9 за 1932 г.

Вопрос о том, по какой из этих двух формул следует вести расчет для установления максимальных внутренних давлений для днищ по табл. 36 и 37,

Таблица 38

Формулы для определения максимальных внутренних рабочих давлений p кг/см², которые могут быть допущены для днищ по табл. 36 и 37

По формуле (6d) Хёна	По формуле (6a) германских правил по котлостроению
При $K_z = 3400$ кг/см ²	При $K_z = 35$ кг/мм ²
для днищ с $k = 2,5$ или $y = 2$	
при $z = 1$	при $x = 3,5$
$p = \frac{s}{0,00195 \cdot a}$	$p = 971,4 \cdot \frac{s}{D}$
при $z = 0,9$	при $x = 4,25$
$p = \frac{s}{0,00216 \cdot a}$	$p = 800 \cdot \frac{s}{D}$
для днищ с $k = 2$ или $y = 1,3$	
при $z = 1$	при $x = 3,5$
$p = \frac{s}{0,00137 \cdot a}$	$p = 1494,5 \cdot \frac{s}{D}$
при $z = 0,9$	при $x = 4,25$
$p = \frac{s}{0,00152 \cdot a}$	$p = 1230,0 \cdot \frac{s}{D}$

ни в какой мере не отрицает всех достоинств этих днищ, коробовая форма которых выполнена на основе интереснейших данных Хёна. И если на стороне формулы (6a) имеется то преимущество, что на нее распространяется авторитет германских правил по котлостроению, то расчет по формуле (6d), ведя к некоторой экономии металла, должен быть, безусловно, подвергнут серьезнейшей проверке и согласованию с органами охраны труда, чтобы извлечь из этого всевозможные выгоды.

При использовании днищ по табл. 36 и 37 следует еще иметь в виду, что высота борта h может оказаться пригодной только для одно-

рядного заклепочного шва. Поэтому, в тех случаях когда проверочный расчет ориентировочно по формуле $\frac{D \cdot p}{2}$ дает число большее 1100¹ и заклепочный поперечный шов должен быть двухрядным, следует увеличивать высоту борта h до размеров, пригодных для такого шва.

В заключение необходимо отметить, что если у днищ по табл. 36 при округлении размеров R последние оказались несколько более размеров D , что как будто противоречит высказанным выше соображениям о форме новых днищ, то все же это обстоятельство здесь компенсируется более благоприятными величинами r и соотношением $\frac{r}{R}$, чем, например, у днищ по табл. 31, где $r = 0,1 D$,

$R = D$ и $\frac{r}{D} = 0,1$. У днищ же по табл. 36 отношение $\frac{r}{R} \approx 0,114$.

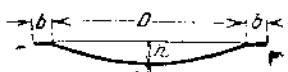
Табл. 39 дает главные размеры диффузорных днищ по фиг. 34 по заводу Шульца (Германия). Веса таковых с малыми толщинами

¹) См. Hütte, т. II, стр. 404, 1931.

стенок приблизительно на 10%, со средними приблизительно на 9% и с большими приблизительно на 8% легче, чем у обыкновенных выпуклых днищ согласно табл. 31 при тех же диаметрах.

У обоих родов днищ имеется в виду: для $s=6-8$ мм прямой участок борта h , а отсюда, следовательно, и размер H на 25 мм ниже, чем при $s \geq 9$. При двухрядном заклепочном шве увеличенный размер h повышает вес на 10%. При приварке же днищ размер h может быть соответственно уменьшен. Те днища в табл. 31, для которых веса не указаны, приняты как ненормальные; поэтому, например в Германии, эти днища изготавливаются только при дополнительной надбавке к обычной их стоимости.

На фиг. 35 представлены так называемые тарельчатые днища, идущие в качестве крышек. В Германии они обычно изготавливаются штампованными (всех размеров). При этом они выполняются с такой же выпуклостью, как и обыкновенные сферические котельные днища, согласно табл. 31, при ширине края $b \leq 150$ мм, которая принимается в таком виде как нормаль.



фиг. 35.

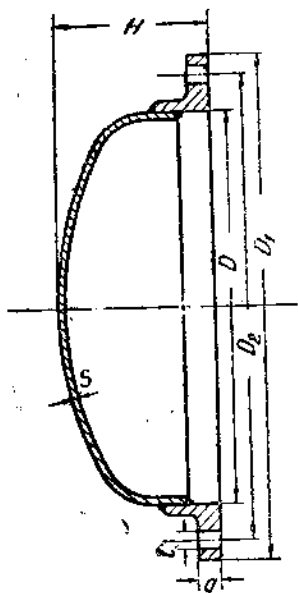
Таблица 39

Размеры (в мм) диффузорных днищ литой стали (днищ бродильных котлов) из одного куска. Толщины стенок от 6 до 26 мм

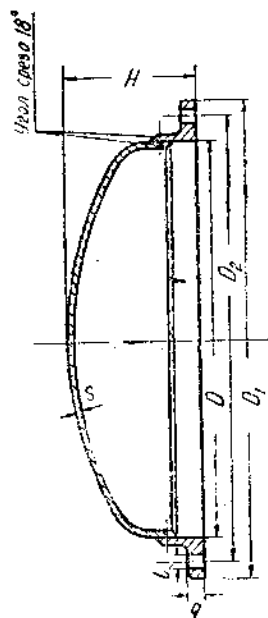
D	h	H	T	D	h	H	T	D	h	H	T
350	65	100	50	1250	70	135	75	2150	90	155	100
400	65	100	50	1300	75	140	80	2200	90	155	100
450	65	110	50	1350	75	140	80	2250	90	155	100
500	65	110	50	1400	75	140	80	2300	90	155	100
550	65	120	55	1450	75	140	80	2350	90	155	100
600	65	120	55	1500	80	145	85	2400	90	155	100
650	65	120	55	1550	80	145	85	2450	90	160	110
700	65	120	60	1600	80	145	85	2500	90	160	110
750	65	120	60	1650	80	145	85	2550	90	160	110
800	70	130	60	1700	80	145	90	2600	90	160	110
850	70	130	60	1750	80	145	90	2650	90	160	110
900	70	130	65	1800	80	145	90	2700	90	160	110
950	70	130	65	1850	85	150	90	2750	90	160	110
1000	70	135	70	1900	85	150	90	2800	90	160	110
1050	70	135	70	1950	85	150	90	2850	90	160	110
1100	70	135	70	2000	90	155	100	2900	90	160	110
1150	70	135	75	2050	90	155	100	2950	90	160	110
1200	70	135	75	2100	90	155	100	3000	90	160	110

Обычно крышки приходится применять там, где необходимо периодически открывать сосуды или аппараты для их чистки, загрузки, выгрузки, ремонта внутренних механизмов и т. д.

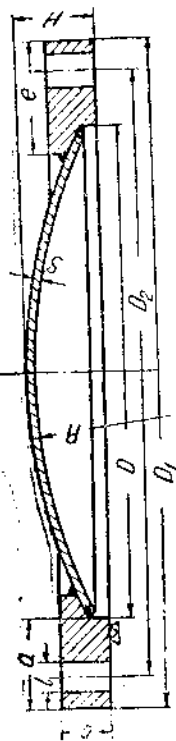
Так как крышки, подобные изображенной на фиг. 35, требуют для своего изготовления специальных штампов и к тому же невыгодны по использованию в них листового материала, то стремление к такой конструкции крышки, где бы можно было применить целое или неполное штампованное днище из тех, которые нами



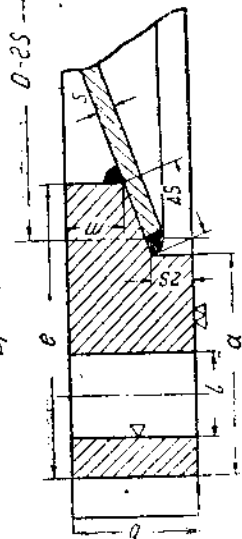
Фиг. 36.



Фиг. 37.



Фиг. 38.



Фиг. 39.

уже были рассмотрены выше, нужно считать, безусловно, правильным. Примерами решения этой задачи могут служить фиг. 36—39¹.

На фиг. 36 изображена крышка, состоящая из выпуклого штампованного днища с приваренным к нему фланцем углового железа. Фиг. 37 дает такую же крышку с приклепанным фланцем, предназначенную для тех случаев, где неприменим сварной шов из-за коррозии или по каким-либо другим причинам. При этом отмечаем, что в обоих указанных случаях необходимо иметь в виду применение фланца углового профиля с полками неравной толщины¹. На фиг. 38 изображена крышка, состоящая также из штампованного днища и приваренного фланца полосового железа; при этом здесь имеются два варианта: на фиг. 38, I — с приваренным фланцем в конце днища и на фиг. 38, II — с фланцем, приваренным в зависимости от толщины днища на расстоянии от 10 до 20 мм от края днища для образования уплотняющего бортика. Фиг. 39 дает крышку, состоящую из сферической штампованной части такого же радиуса R , как и у выпуклых днищ, и из приваренного фланца полосового железа со скошенным и расточенным отверстием. Для такой крышки имеется в виду применение днищ низких или средних давлений с использованием для каждого данного случая тех из них, у которых вес меньше.

С таким же успехом штампованные днища могут быть использованы и для крышек с откидными болтами.

7. ПЛОСКИЕ КОТЕЛЬНЫЕ ДНИЩА ЛИТОЙ СТАЛИ

При расчете прочности плоских котельных днищ, имеющих отбортованный край, также имеет значение радиус закругления r воротника (борта). Табл. 40 содержит размеры и веса плоских днищ и, как видно из нее, для $r = H - h$ минимально получающийся внутренний радиус закругления равен 25 мм; далее следуют 30, 40, 45 и 50 мм. В табл. 41 для определения толщин стенок взяты: $r = 25$ мм для $D = 300$ и 400 мм, $r = 30$ мм для $D = 500$ и 600 мм и $r = 40$ мм для всех остальных диаметров.

Вообще для большей прочности днищ желательны наибольшие значения r . В то же время необходимо отметить, что употребление днищ в виде трубных плит (решеток) и т. п. требует в них по возможности большей плоской части.

Все то, что имело место у обыкновенных выпуклых днищ (согласно табл. 31) в отношении размера высоты h при двухрядном заклепочно-шве для толщин s от 6 до 8 мм, относится также и к этим днищам.

Плоские котельные днища изготавливаются, например в Германии, как нормальные диаметром до 3500 мм.

Для расчета прочности плоских днищ служит следующая формула Баха (фиг. 40):

$$s = \sqrt{\frac{3}{8} \cdot \frac{p}{K_c} \left[D_i - r \left(1 + \frac{2r}{D_i} \right) \right]}, \quad (8)$$

¹ См. ниже.

Таблица 40

Размеры и веса вытянутых машинным способом плоских днищ литой стали (фиг. 40)

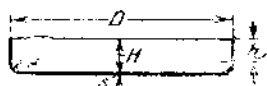
1) h — при толщине 6—8 мм берется ниже на 25 мм. Веса днищ для нечетных значений s определяются интерполированием				Толщина стенок, мм										
				6)	8)	10	12	14	16	18	20	22	24	26
D	h	H	r	Вес кг										
300	65	90	25	7	10	12	16	19	23	—	—	—	—	—
350	65	90	25	9	12	15	20	23	28	—	—	—	—	—
400	65	90	25	11	15	19	24	28	35	—	—	—	—	—
450	65	95	30	14	18	23	29	33	39	—	—	—	—	—
500	65	95	30	16	21	27	34	39	46	—	—	—	—	—
550	65	105	40	18	25	31	39	45	53	—	—	—	—	—
600	65	105	40	21	29	36	45	52	63	—	—	—	—	—
650	65	105	40	24	32	41	51	60	71	80	93	102	111	120
700	65	105	40	28	37	46	57	67	79	89	103	114	124	134
750	65	105	40	31	41	51	64	75	88	100	114	126	138	150
800	70	110	40	34	46	57	71	83	98	110	128	140	153	166
850	70	110	40	39	52	65	81	95	111	126	144	160	174	188
900	70	110	40	43	58	72	88	103	124	139	159	175	191	207
950	70	110	40	48	64	79	98	114	136	152	173	191	208	226
1 000	70	110	40	52	69	86	107	125	146	166	188	208	227	246
1 050	70	110	40	57	75	94	116	134	160	180	206	226	246	266
1 100	70	115	45	63	83	104	125	146	172	194	221	243	267	289
1 150	70	115	45	68	90	113	136	159	185	208	237	263	286	310
1 200	75	115	40	73	98	122	146	172	200	226	258	283	308	335
1 250	75	115	40	—	105	131	157	184	224	252	274	303	331	357
1 300	75	115	40	—	112	140	168	196	240	270	294	325	355	384
1 350	75	120	45	—	123	153	184	215	261	294	320	352	384	416
1 400	75	120	45	—	130	163	196	229	278	313	340	374	409	443
1 450	80	125	45	—	139	174	209	244	297	333	363	400	436	472
1 500	80	125	45	—	—	185	222	259	315	353	385	423	462	500
1 550	80	125	45	—	—	195	236	275	332	372	409	440	489	530
1 600	80	125	45	—	—	207	249	291	350	394	431	476	520	560
1 650	80	125	45	—	—	224	268	313	369	417	455	500	545	590
1 700	80	125	45	—	—	236	283	321	389	438	480	530	575	620
1 750	80	130	50	—	—	—	300	350	412	462	500	555	605	655
1 800	80	130	50	—	—	—	314	366	430	484	530	585	640	690
1 850	85	130	45	—	—	—	339	397	462	520	575	635	695	750
1 900	85	130	45	—	—	—	354	413	488	550	605	670	730	785
1 950	85	130	45	—	—	—	—	438	510	575	630	695	755	820
2 000	90	130	40	—	—	—	—	455	535	600	660	730	795	865
2 100	90	130	40	—	—	—	—	495	585	655	725	795	865	935
2 200	90	130	40	—	—	—	—	550	630	710	785	865	945	1 030
2 300	90	130	40	—	—	—	—	—	685	765	855	940	1 025	1 110
2 400	90	130	40	—	—	—	—	—	740	830	920	1 015	1 110	1 200
2 500	90	130	40	—	—	—	—	—	800	900	1 000	1 100	1 215	1 320
2 600	90	130	40	—	—	—	—	—	860	965	1 075	1 180	1 300	1 405
2 700	90	130	40	—	—	—	—	—	950	1 070	1 190	1 305	1 425	1 540
2 800	90	130	40	—	—	—	—	—	1 035	1 165	1 295	1 425	1 555	1 690
2 900	90	130	40	—	—	—	—	—	1 105	1 240	1 380	1 520	1 660	1 800
3 000	90	130	40	—	—	—	—	—	1 150	1 300	1 440	1 595	1 730	1 875

где s (см) — толщина стенки днища;
 r (см) — радиус закругления;
 D_i (см) — внутренний диаметр днища;
 p (кг/см²) — наибольшее рабочее давление;
 K_2 (кг/см²) — временное сопротивление растяжению материала.

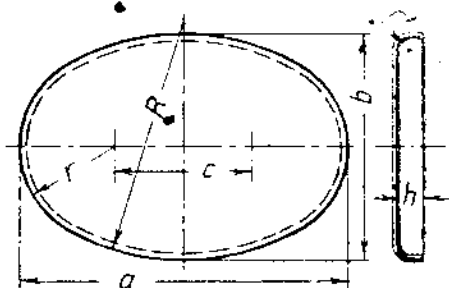
Для днищ пароприемников из литой стали с $K_2 = 3600$ кг/см² получается:

$$s = \frac{1}{98} \left[D_i - r \left(1 + \frac{2r}{D_i} \right) \right] \cdot \sqrt{p}. \quad (8a)$$

Как видим, для расчета должен употребляться размер внутреннего диаметра; но так как изготавливаться будет днище с округленным размером наружного диаметра, то таковой и можно без ошибки вставлять в расчет¹. Преобразованием формулы (8a) получаем более удобный вид ее:



Фиг. 40.



Фиг. 41.

$$s = \left(\frac{D^2 - r \cdot D - 2r^2}{98 \cdot D} \right) \cdot \sqrt{p}. \quad (8b)$$

В табл. 41 даны толщины стенок плоских днищ литой стали для избыточного давления от 1 до 12 ат и для толщины листов в пределах до 30 мм. Как видим из содержания табл. 41, плоских днищ без укрепления их опорами или связями, как правило, следует избегать вследствие нерационального расходования на них количественно материала.

На фиг. 41 приводим пример плоского овального днища по данным завода СССР (см. стр. 86), размеры и приблизительные веса которого даны в табл. 42. Здесь, как видим, радиус закругления равен 40 мм.

В табл. 43 и 44 приводим нормали для плоских штампованных днищ литой стали, составленные Экихимаш (см. стр. 38), с диаметрами от 500 до 3200 мм, с толщиной стенок от 4 до 26 мм через каждые 2 мм и полной высотой от 74 до 176 мм.

Эти плоские днища толщиной не ниже 10—12 мм имеются в виду, главным образом, для решеток к трубчатым теплообменным аппаратам.

Более тонкие днища этого рода предполагаются иногда в качестве донышек, крышек или перегородок в аппаратах с не-

¹ Ср. расчет прочности выпуклых днищ по Diegel (Дигелю).

Таблица 41

Толщины стенок s в мм плоских днищ литой стали для избыточного, давления от 1 до 12 ат

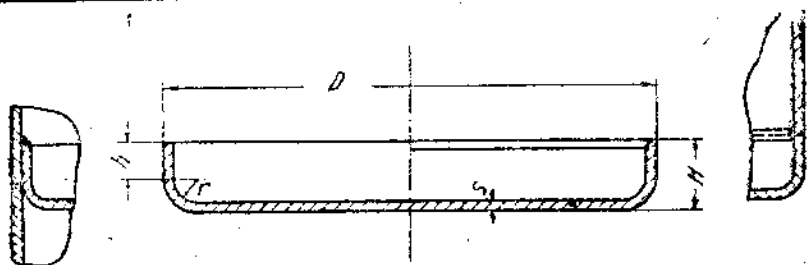
Диаметр в свету мм	Избыточное давление, кг/см ²											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300	2,76	3,89	4,77	5,52	6,18	6,76	7,31	7,81	8,28	8,72	9,16	9,55
400	3,79	5,34	6,56	7,58	8,49	9,29	10,04	10,73	11,37	11,98	12,58	13,11
500	4,86	6,85	8,41	9,72	10,89	11,91	12,88	13,75	14,58	15,36	16,14	16,82
600	5,78	8,15	10,00	11,56	12,95	14,16	15,32	16,36	17,34	18,26	19,19	20,00
700	6,68	9,42	11,56	13,36	14,96	16,37	17,70	18,93	20,04	21,11	22,18	23,11
800	7,71	10,87	13,34	15,42	17,27	18,89	20,43	21,82	23,13	24,36	25,60	26,68
900	8,73	12,31	15,10	17,46	19,56	21,39	23,13	24,71	26,19	27,59	28,98	30,21
1 000	9,76	13,76	16,88	19,52	21,86	23,91	25,86	27,62	29,28	30,84	32,40	—
1 100	10,68	15,07	18,50	21,36	23,95	26,22	28,36	30,22	32,04	—	—	—
1 200	11,80	16,64	20,41	23,60	26,43	28,67	31,27	—	—	—	—	—
1 300	12,82	18,05	21,14	25,64	28,67	31,40	—	—	—	—	—	—
1 400	13,85	19,47	23,90	27,70	30,95	—	—	—	—	—	—	—
1 500	14,88	21,00	25,76	29,76	—	—	—	—	—	—	—	—
1 600	15,90	22,42	27,51	31,80	—	—	—	—	—	—	—	—
1 700	16,92	23,83	29,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 800	17,95	25,26	31,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 900	18,97	26,77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 000	19,98	28,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 100	21,01	29,62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 200	22,03	32,51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 300	23,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 400	24,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 500	25,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 600	26,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 700	27,14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 800	28,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 900	29,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 000	30,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

значительным давлением. В свою очередь, в нормальных плоские днища распадаются на две группы по высоте борта: под сварку (фиг. 42) и под клепку (фиг. 43), которые взяты в зависимости от толщины стенки днища; причем для клепки — больше, чем для сварки, из расчета необходимой по толщине листа заклепки.

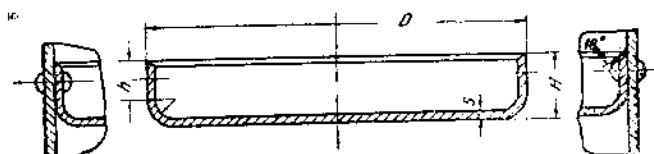
Таблица 42

Овальные плоские днища для паровых котлов по данным завода СССР (фиг. 41)

a	b	c	R	r	r'	h	Толщина днища, мм	
							20	24
							Вес днища, кг	
1950	1350	800	1425	575	40	120	336	418



Фиг. 42.



Фиг. 43.

С целью ограничения сортамента этих днищ, сообразно технологическому процессу их изготовления и максимальному давлению в 20 ат, для которого им придется служить, при диаметре трубок в 50 мм для днищ меньших размеров, взяты следующие предельные толшины:

Для наименьшей величины	$s = 4$ мм	...	$D = 700$ мм
"	$s = 6$ "	...	$D = 1200$ "
"	$s = 8$ "	...	$D = 1500$ "
"	$s = 10$ "	...	$D = 1700$ "
"	$s = 12$ "	...	$D = 2000$ "
"	$s = 14$ "	...	$D = 2500$ "
"	$s = 16-26$ "	...	$D = 3200$ "

Наибольшее же значение:

$s = 16$ мм	...	$D = 500$ мм
$s = 18$ "	...	$D = 550$ "
$s = 20$ "	...	$D = 600$ "

Таблица 43

Плоские штампованные днища под сварку литой стали

$r = 35$										$r = 40$										$r = 45$									
Толщина стенки днища s																													
Высота днища H																													
Высота борта h																													

Таблица 44

Плоские штампованные днища под клепку литой стали

$r = 30$										$r = 35$										$r = 40$										$r = 45$										
Толщина стенки днища δ										Толщина стенки днища δ										Толщина стенки днища δ										Толщина стенки днища δ										
Высота днища H										Высота днища H										Высота днища H										Высота днища H										
Высота борта h										Высота борта h										Высота борта h										Высота борта h										
D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	D	Вс. гото- Вото днища	
530	14	660	19	670	25	680	31	710	36	710	41	710	46	710	51	710	56	710	61	710	66	710	71	710	76	710	81	710	86	710	91	710	96	710	101	710	106	710	111	710
550	17	710	23	720	29	730	36	760	42	810	47	860	52	910	57	960	62	1010	67	1060	72	1110	77	1160	82	1210	87	1260	92	1310	97	1360	102	1410	107	1460	112	1510	117	1560
600	19	760	26	770	33	780	40	810	47	860	54	910	61	960	68	1010	75	1060	82	1110	89	1160	96	1210	103	1260	110	1310	117	1360	124	1410	131	1460	138	1510	145	1560	152	1610
(650)	22	810	30	820	38	830	47	860	56	860	64	860	72	910	80	910	88	910	96	910	104	910	112	910	120	910	128	910	136	910	144	910	152	910	160	910	168	910	176	910
700	25	860	34	870	43	880	54	910	63	910	72	910	81	910	90	910	100	910	110	910	120	910	130	910	140	910	150	910	160	910	170	910	180	910	190	910	200	910	210	910
800	32	960	43	970	54	980	68	1010	79	1010	90	1010	101	1010	112	1010	123	1010	134	1010	145	1010	156	1010	167	1010	178	1010	189	1010	200	1010	211	1010	222	1010	233	1010	244	1010
900	39	1060	52	1070	66	1080	83	1110	97	1110	110	1110	123	1110	136	1110	149	1110	162	1110	175	1110	188	1110	201	1110	214	1110	227	1110	240	1110	253	1110	266	1110	279	1110	292	1110
1000	47	1160	63	1170	80	1180	99	1210	116	1210	132	1210	148	1210	164	1210	180	1210	196	1210	212	1210	228	1210	244	1210	260	1210	276	1210	292	1210	308	1210	324	1210	340	1210	356	1210
1100	55	1260	75	1270	95	1280	117	1310	137	1310	156	1310	175	1310	194	1310	213	1310	232	1310	251	1310	270	1310	289	1310	308	1310	327	1310	346	1310	365	1310	384	1310	403	1310	422	1310
1200	65	1360	88	1370	111	1380	139	1410	161	1410	182	1410	204	1410	226	1410	248	1410	270	1410	292	1410	314	1410	336	1410	358	1410	380	1410	402	1410	424	1410	446	1410	468	1410	490	1410
1300	77	1460	102	1470	130	1480	166	1510	197	1510	229	1510	261	1510	293	1510	325	1510	357	1510	389	1510	421	1510	453	1510	485	1510	517	1510	549	1510	581	1510	613	1510	645	1510	677	1510
(1500)	92	1560	120	1570	159	1580	204	1610	239	1610	273	1610	307	1610	341	1610	375	1610	409	1610	443	1610	477	1610	511	1610	545	1610	579	1610	613	1610	647	1610	681	1610	715	1610	749	1610
1600	107	1660	140	1670	188	1680	239	1710	283	1710	327	1710	371	1710	415	1710	459	1710	503	1710	547	1710	591	1710	635	1710	679	1710	723	1710	767	1710	811	1710	855	1710	899	1710	943	1710
(1700)	122	1760	157	1770	210	1780	261	1810	305	1810	349	1810	393	1810	437	1810	481	1810	525	1810	569	1810	613	1810	657	1810	701	1810	745	1810	789	1810	833	1810	877	1810	921	1810	965	1810
1800	137	1860	174	1870	230	1880	283	1910	337	1910	391	1910	445	1910	499	1910	553	1910	607	1910	661	1910	715	1910	769	1910	823	1910	877	1910	931	1910	985	1910	1039	1910	1093	1910	1147	1910
2000	152	1960	199	1970	260	1980	321	2010	381	2010	441	2010	501	2010	561	2010	621	2010	681	2010	741	2010	801	2010	861	2010	921	2010	981	2010	1041	2010	1101	2010	1161	2010	1221	2010	1281	2010
2200	167	2060	228	2070	291	2080	353	2110	413	2110	473	2110	533	2110	593	2110	653	2110	713	2110	773	2110	833	2110	893	2110	953	2110	1013	2110	1073	2110	1133	2110	1193	2110	1253	2110	1313	2110
2400	182	2160	265	2170	334	2180	405	2210	465	2210	525	2210	585	2210	645	2210	705	2210	765	2210	825	2210	885	2210	945	2210	1005	2210	1065	2210	1125	2210	1185	2210	1245	2210	1305	2210	1365	2210
2600	197	2260	300	2270	373	2280	445	2310	505	2310	565	2310	625	2310	685	2310	745	2310	805	2310	865	2310	925	2310	985	2310	1045	2310	1105	2310	1165	2310	1225	2310	1285	2310	1345	2310	1405	2310
2800	212	2360	335	2370	416	2380	487	2410	547	2410	607	2410	667	2410	727	2410	787	2410	847	2410	907	2410	967	2410	1027	2410	1087	2410	1147	2410	1207	2410	1267	2410	1327	2410	1387	2410	1447	2410
3000	227	2460	370	2470	461	2480	533	2510	593	2510	653	2510	713	2510	773	2510	833	2510	893	2510	953	2510	1013	2510	1073	2510	1133	2510	1193	2510	1253	2510	1313	2510	1373	2510	1433	2510	1493	2510
3200	242	2560	405	2570	506	2580	577	2610	637	2610	697	2610	757	2610	817	2610	877	2610	937	2610	997	2610	1057	2610	1117	2610	1177	2610	1237	2610	1297	2610	1357	2610	1417	2610	1477	2610	1537	2610

Далее, начиная с $D = 650$ до 3200 мм, толщины s взяты до 26 мм включительно.

Под клепку и под сварку делается скос согласно помещенным ниже данным о заклепочных и сварочных швах.

Радиус закругления r взят равным $2-2,5 \cdot s$ для внутренней поверхности, т. е. по толщине стенки. Наименьший $r = 30$, а наибольший $r = 45$ мм.

Все размеры в указанных таблицах даны в мм, а веса в кг.

В табл. 45 даны максимальные допускаемые давления для этих плоских днищ, работающих без укреплений, которые подсчитаны по формуле (8), где $D_1 = D - 2s$.

Таблица 45

Максимальное давление для плоских штампованных днищ литой стали ¹

$D \backslash s$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
500	0,7	1,6	2,8	4,5	6,8	9,5	12,5	—	—	—	—	—
550	0,6	1,3	2,3	3,6	5,5	7,5	10,0	14,0	—	—	—	—
600	0,5	1,1	1,9	3,0	4,5	6,2	8,2	10,5	13,5	—	—	—
650	0,4	0,9	1,6	2,5	3,8	5,0	7,0	9,5	11,5	14,0	17,0	20,5
700	0,3	0,8	1,4	2,2	3,2	4,5	5,8	8,0	9,5	12,0	14,5	17,5
800	—	0,6	1,0	1,6	2,5	3,2	4,2	6,0	7,0	9,0	10,5	12,5
900	—	0,4	0,8	1,4	2,2	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	8,0	9,5
1000	—	0,3	0,6	1,0	1,8	2,0	2,8	4,0	4,5	5,0	6,5	7,5
1100	—	0,2	0,6	0,8	1,2	1,8	2,2	3,0	3,5	4,5	5,0	6,0
1200	—	0,2	0,4	0,7	1,0	1,2	1,8	2,5	3,0	3,5	4,5	3,5
1400	—	—	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	2,0	2,0	2,5	3,5	3,0
(1500)	—	—	0,3	0,4	0,5	1,0	1,2	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
1600	—	—	—	0,4	0,5	0,8	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5
(1700)	—	—	—	0,3	0,5	0,8	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0	2,0
1800	—	—	—	—	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0
2000	—	—	—	—	0,2	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5
2200	—	—	—	—	—	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
2400	—	—	—	—	—	—	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8
2600	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3
2800	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,5	0,5	1,0	1,0
(3000)	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5
3200	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5

¹ В скобки всюду взяты нереконструируемые диаметры.

Имея в виду, что днища должны изготовляться из стали марки Ст. 3 или Ст. 2 и взяв расчетное $k_s = 3400$ кг/см², получим:

$$s = \frac{1}{95} \left[D_1 - r \left(1 + \frac{2r}{D_1} \right) \right] \sqrt{p},$$

откуда давление

$$p = \left(\frac{95 \cdot s \cdot D_1}{D_1^2 - r D_1 - 2r^2} \right)^2.$$

Веса даны приблизительно для готовых, обработанных, днищ, а диаметры заготовок D_1 с припусками на обработку определены по формуле:

$$D_1 = D + 2(r + h).$$

3. ПЛОСКИЕ СТЕНКИ, УКРЕПЛЕННЫЕ СВЯЗЯМИ, ДВОЙНЫЕ ПЛИТЫ, ТРУБНЫЕ ПЛИТЫ (РЕШЕТКИ) ИЗ ЛИТОЙ СТАЛИ

При плоских стенках пароприемников, которые скрепляются помощью круглых связей, следует различать: а) случай равномерно распределенных связей (анкеров); б) случай неравномерно распределенных анкеров.

а) Равномерно распределенные анкера (фиг. 44).

Принимаем, что:

s (см) — толщина листа;

a (см) — расстояние между анкерами, расположенными в одном ряду;

b (см) — расстояние между рядами анкеров;



Фиг. 44.

p (кг/см²) — наибольшее рабочее давление;

c — постоянный множитель и притом:

$c = 0,017$ — у плоских, омываемых горячими газами и водой, стенок, у которых распорные анкерные болты завинчиваются и расклевываются;

$c = 0,015$ — если эти стенки с горячими газами не соприкасаются;

$c = 0,0155$ — для плоских, соприкасающихся с горячими газами и водой, стенок, в которые завинчиваются распорные или анкерные болты с наружными гайками или точеными головками;

$c = 0,0135$ — если вышеуказанные плоские стенки с горячими газами не соприкасаются;

$c = 0,014$ — для стенок, взаимно скрепленных только трубами.

У стенок, имеющих анкера, снабженные гайками и скрепляющими шайбами:

$c = 0,013$ — если диаметр наружной скрепляющей шайбы равен $\frac{2}{3}$ расстояния между анкерами и толщина шайбы равна $\frac{2}{3}$ толщины стенки;

$c = 0,012$ — если диаметр наружной скрепляющей шайбы равен $\frac{3}{5}$ расстояния между анкерами и толщина шайбы равна $\frac{5}{6}$ толщины стенки;

$c = 0,011$ — если диаметр наружной скрепляющей шайбы равен $\frac{4}{5}$ расстояния между анкерами и если шайба, толщина которой равна толщине стенки, приклепана к этой последней.

Тогда для плоских стенок литой стали берем:

$$s = c \sqrt{p(a^2 + b^2)}. \quad (9a)$$

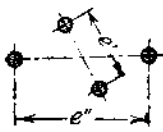
Постоянный множитель c берется для случаев равномерно и неравномерно распределенных анкеров в пароприемниках и для двойных плит, плоских стенок открытых сосудов и т. п.

б) Неравномерно распределенные анкера (фиг. 45).

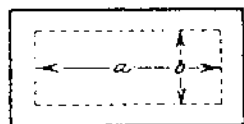
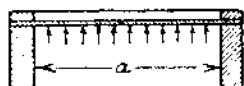
Верхние обозначения сохраняются, но вместо a и b вставляются как расстояния между анкерами: e' и e'' . Таким образом

$$s = c \frac{e' + e''}{2} \cdot \sqrt{p}. \quad (9b)$$

Прямоугольные плиты (фиг. 46), укрепленные по периметру; s и p имеют те же значения, что и выше;
 a равно большей стороне { находящегося под избыточным
 b равно меньшей стороне { давлением прямоугольника в см;
 k_s равно допускаемому напряжению на растяжение листа в кг/см²
 (до $\frac{1}{4}$ применяющегося для расчетов временного сопротивления).



Фиг. 45.

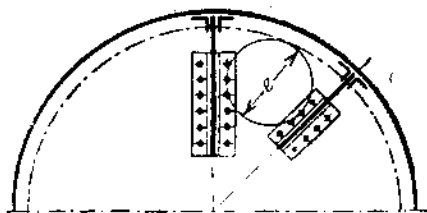


Фиг. 46.

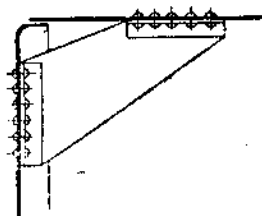
По правилам изготовления пароприемников имеем:

$$s = 0,53 b \sqrt{\frac{p}{k_s \cdot \left[1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2\right]}} \quad (9c)$$

Плоские котельные днища, укрепленные пластинчатыми опорами или анкерами. В том случае когда проведенная на плоской части днища окружность (согласно фиг. 47),



Фиг. 47.



касающаяся двух средних линий заклепочных рядов скреплений опор и периметра плоской части дна, имеет диаметр e , толщина стенки s рассчитывается по формуле ¹:

$$s = 0,017 e \cdot \sqrt{p} \quad (10)$$

Возьмем так называемые двойные плиты для целей сушки (фиг. 48). Как видим, они удерживаются здесь вместе, будучи по краям плотно склепанными с применением полосовой стали; кроме того они скреплены распорными болтами или другими опо-

¹ Если в формуле (19), приводимой ниже, взять напряжение $k_b \approx 660$ кг/см², то мы и получим формулу (10).

рами, прикрепленными на расклепанных головках и отстоящими друг от друга на расстоянии e .

Здесь формула (9a) при $a=b=e$ дает: $s=1,4142 \cdot c \cdot e \cdot \sqrt{p}$; формула (9b) при $e'=e''=e$ дает: $s=c \cdot e \cdot \sqrt{p}$. Равенство (9a) дает наибольшие значения. Так как плиты не соприкасаются с отопительными газами, то можно брать $c=0,015$. Таким образом из формулы (9a) для двойных стальных плит для пара получается:

$$s=0,0212 \cdot e \cdot \sqrt{p}. \quad (11)$$

На этом основании и рассчитаны приведенные в табл. 46 данные для толщин листов подобных плит. Диаметр распорных болтов или анкеров для них рассчитывается по формуле (26a), приведенной ниже на стр. 213. Расстояния между распорными болтами или анкерами e не рекомендуется допускать более 500 мм. Для того чтобы пути, по которому идет горячий пар, придать зигзагообразную форму, часто вводят промежуточные куски полосового железа (стали), которые, повышая скорость пара, увеличивают тем самым его теплопередачу (фиг. 49).

Таблица 46

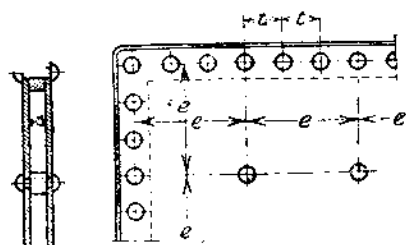
Толщина листов двойных плит литой стали (железа) для давлений от 1 до 8 ат при $e=100$ до 500 мм

Расстояние e мм	Внутреннее избыточное давление, кг/см ²							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Толщина листов s , мм							
100	2,12	2,99	3,67	4,24	4,74	5,19	5,61	6,00
150	3,18	4,48	5,50	7,36	7,11	7,79	8,42	8,99
200	4,24	5,98	7,34	8,48	9,48	10,39	11,22	11,99
250	5,30	7,46	9,17	10,60	11,85	12,99	14,03	14,99
300	6,36	8,97	11,00	12,72	14,22	15,58	16,83	17,99
350	7,42	10,46	12,84	14,84	16,59	18,18	19,64	20,99
400	8,48	11,96	14,67	16,96	18,96	20,78	22,44	23,98
450	9,54	13,45	16,50	18,08	21,33	23,37	25,25	26,98
500	10,60	14,95	18,34	21,20	23,70	25,97	28,05	29,98

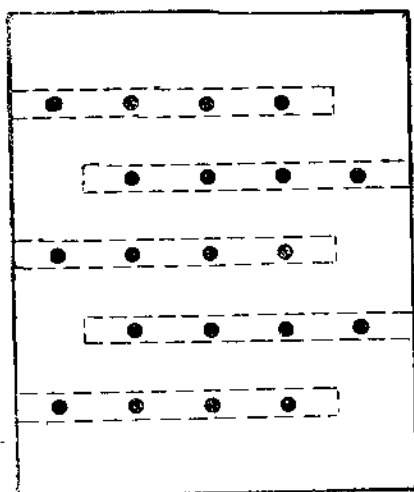
На фиг. 50 изображена плита для этой же цели, но целиком сваренная. При этом здесь у ее листов края отогнуты и сварены. Полосовая сталь во внутренней полости сначала прихвачена сваркой к нижнему листу, а затем приварена к верхнему листу пробочным электросварочным соединением („электрические заклепки“) (фиг. 50). Отметим, что эта конструкция плит на практике не оправдала себя, так как при сварке плиты коробились, а электрические заклепки при пробе срывались.

Эти же плиты могут быть соединены приваркой по краям к четырем крайним полосам железа, вложенным внутрь плит, как показано на фиг. 51. Остальные же внутренние полосы железа склепаны с плитами, как на фиг. 49.

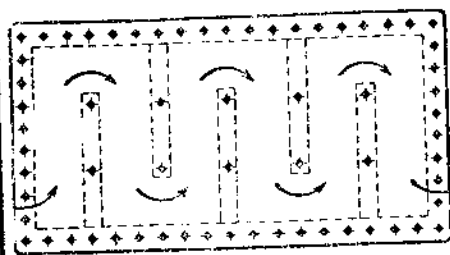
На фиг. 52 показан, между прочим, простой способ приварки к подобной плите скошенного края конца трубы, подводящей пар,



Фиг. 48.



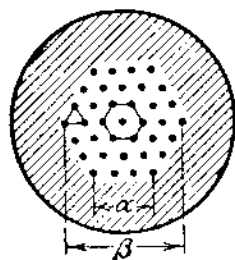
Фиг. 50.



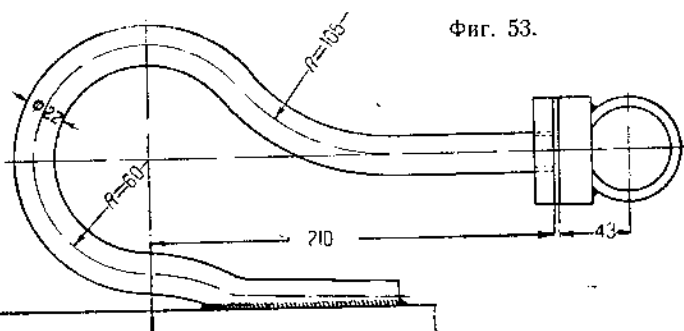
Фиг. 49.



Фиг. 51.



Фиг. 53.



Фиг. 52.

которая, как видим, изогнута для возможности пружинения всего соединения в момент пуска пара.

Плиты (решетки) для труб. Расчет стенки вне пучка труб, т. е. в части заштрихованной поверхности на фиг. 53, производится согласно приведенным выше данным для определения плоских стенок, а именно — по формулам (8), (8a) и (8b).

Большой частью в таких случаях в аппаратостроении трубы располагаются по вершинам правильных многоугольников, как-то: равносторонних треугольников или шестиугольников. На фиг. 53 это показано соответствующими линиями. Если здесь α — число труб, расположенное по одной стороне шестиугольника, β — число труб, помещающееся на одной диагонали шестиугольника, и Σ — сумма всех труб в шестиугольном пучке, то получаем:

$$\beta = 2\alpha - 1;$$

$$\Sigma = 3\alpha(\alpha - 1) + 1.$$

Табл. 47 содержит α , β и Σ для 28 случаев первоначальных чисел труб в сторонах шестиугольных пучков.

Таблица 47

Число труб в шестиугольниках

α	β	Σ	α	β	Σ	α	β	Σ	α	β	Σ
1	1	1	8	15	169	15	29	631	22	43	1387
2	3	7	9	17	217	16	31	721	23	45	1519
3	5	19	10	19	271	17	33	817	24	47	1657
4	7	37	11	21	331	18	35	919	25	49	1831
5	9	61	12	23	397	19	37	1027	26	51	1951
6	11	91	13	25	469	20	39	1141	27	53	2107
7	13	127	14	27	547	21	41	1261	28	55	2269

Толщина плит (решеток) литой стали внутри пучка труб определяется следующим образом.

а) Когда трубы в решетках литой стали просто развальцованы и вместе с тем имеются еще отдельные анкера или насаженные на резьбе скрепляющие связные трубы, то применяются формулы (9a) и (9b), и притом все же для большей надежности крепления развальцованных труб в стенке толщина последней должна быть:

$$s \geq \frac{d}{8} + 5 \text{ (мм)}, \quad (12)$$

для труб с наружным диаметром d от 38 до 100 мм. Далее, наименьшее поперечное сечение простенка между двумя трубными отверстиями должно быть равно 180 мм² при $d = 38$ мм, увеличиваясь приблизительно в 2,5 раза, т. е. достигая 450 мм² при $d \approx 100$ мм.

б) Если трубные решетки не имеют специальных креплений, а трубы при этом отбортованы или развальцованы на обоих кон-

цах в конических, расширяющихся наружу отверстиях, то давление на площадку, согласно фиг. 54, деленное на периметр одной трубы, не должно превосходить 25 кг, т. е.

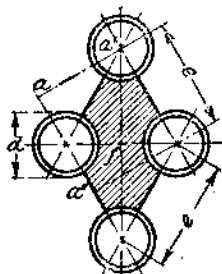
$$\sigma = \frac{p \cdot f}{\pi \cdot d} \leq 25 \text{ кг.} \quad (13)$$

Если трубные решетки не имеют самостоятельных анкерных креплений и трубы развальцованы в цилиндрических отверстиях, то при рабочем давлении до 7 ат также может быть допущено $\sigma = 25$. При более высоком давлении пара величина σ не должна быть, однако, более 15 кг.

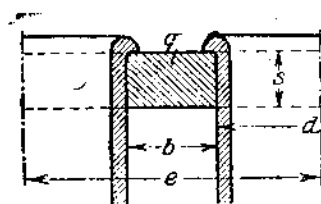
В сомнительных случаях ведется проверка по формуле:

$$p = 360 \left(1 - 0,7 \cdot \frac{d}{e} \right) \left(\frac{s}{e} \right)^2 \cdot k_b,$$

где e равно стороне квадратного поля (в мм), которое образовано



Фиг. 54.



Фиг. 55.

четырьмя трубами или равно среднему арифметическому из сторон прямоугольника, определяемого этими четырьмя трубами, т. е. по фиг. 54;

$$\frac{aa' + aa''}{2}$$

k_b равно напряжению на изгиб материала стенки, которое допускается до величины, равной $1\frac{4}{5}$ сопротивления на разрыв. Значения остальных букв те же, что и выше.

Если p слишком мало или получаемое по уравнению напряжение σ слишком велико и превосходит приведенные выше величины, то появляется необходимость установления анкерных тяг или связанных труб.

В графе 2 табл. 48 даются наименьшие поперечные сечения q простенков для труб с наружным диаметром от 20 до 100 мм; далее, в графах 3 и 4 приведены наименьшие размеры для толщины s междутрубных простенков, согласно формуле: $s = \frac{d}{8} + 5$, и ширины

простенка в округленном виде $b = \frac{q_{\min}}{s_{\min}}$ (фиг. 55). Графа 5 дает шаг труб: $e = d + b$. Площадь f , согласно фиг. 54, равна:

$$f = \frac{e^2}{2} \cdot \sqrt{3} - \frac{\pi d^2}{2} = 0,866 e^2 - \frac{\pi d^2}{4}.$$

Таблица 48

Размеры простенков и других данных для трубных плит (решеток) литой стали

Наружные диаметры труб d мм	Простенок			Шаги труб e мм	Поверхности f см ²	$\frac{f}{\pi \cdot d}$	При σ		Простенок	
	$q_{\min}$ мм ²	$s_{\min}$ мм	$b_{\min}$ мм				25	15	s мм	q мм ²
							приблизит. до ат			
							8	9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	102	7,50	14	34	6,87	1,09	22	13	10	140
25	123	8,13	16	41	9,65	1,23	20	12	10	160
30	145	8,75	17	47	12,08	1,28	19	11	10	170
35	167	9,38	18	53	14,70	1,34	18	11	11	198
40	189	10,00	19	59	17,58	1,40	17	10	12	228
45	210	10,63	20	65	20,68	1,46	17	10	12	240
50	232	11,25	21	71	24,02	1,53	16	9	13	273
55	254	11,88	22	77	27,59	1,60	15	9	13	286
60	276	12,50	23	83	31,38	1,66	14	9	14	322
65	297	13,13	23	88	33,88	1,66	14	9	15	345
70	319	13,75	24	94	38,04	1,73	14	8	15	360
75	341	14,38	24	99	40,70	1,72	14	8	16	384
80	363	15,00	25	105	45,21	1,80	13	8	16	400
85	384	15,63	25	110	48,04	1,81	13	8	17	425
90	406	16,25	25	115	50,91	1,80	13	8	18	450
95	428	16,88	26	121	55,91	1,87	13	8	18	468
100	450	17,50	26	126	58,95	1,88	13	8	19	494

Из частного графы 7 получаются максимальные избыточные давления в графах 8 и 9, для которых при $\sigma = 25$ и $\sigma = 15$ значения s и b в графах 3 и 4 являются достаточными. В графе 10 приведены округленные в большую сторону размеры s ; для этих последних и при значениях $b_{\min}$ (в графе 4) и даны в графе 11 величины q .

Если в формулу $\sigma = \frac{f \cdot p}{\pi \cdot d}$ вставим приведенное выше выражение для f , то получим, имея в виду, что d и e в см:

$$e = \sqrt{\frac{1}{0,866} \cdot \left(\sigma \frac{\pi \cdot d}{p} + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)}. \quad (14)$$

Это уравнение дает $e_{\max}$ для определенных d и p , равно как $b_{\max} = e_{\max} - d$. Приводимая табл. 49 значений e и b взята по табл. 55 по книге Гаусбранда¹ и дополнена до давлений $p = 22 \text{ кг/см}^2$. При отсутствии особенных анкерных креплений у трубных решеток значения e и b не должны быть выше указанных. В остальных случаях можно, конечно, эти трубы ставить как угодно далеко, если только вводят крепление анкерами, имея в виду, что расчеты и исполнение производятся по формулам и условиям для укрепленных анкерами решеток.

Напечатанные курсивом числа в графах для 13, 15, 20 и 22 ат (табл. 49) соответствуют $\sigma \leq 25$ по формуле (13); при этом $s_{\min}$ по

¹) Hilfsbuch f. d. Apparatebau, 1919, S. 112.

Таблица 49

Наибольшие шаги труб e и ширина простенков b (в мм) для пучков труб при $\sigma = \frac{f \cdot p}{\pi \cdot d} = 25$

Наружный диаметр труб мм	Избыточное давление кг/см ²															
	1		3		5		7		9		11		13		15	
	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>b</i>
20	136	116	80	60	64	44	54	34	50	30	45	25	42	22	40	20
25	152	127	90	65	71	46	62	37	55	30	51	26	47	22	46	21
30	166	136	99	69	79	49	69	39	62	32	57	27	53	23	51	21
35	181	146	105	70	86	51	75	40	67	32	62	27	59	24	56	21
40	194	154	116	76	90	53	81	41	74	34	68	28	65	25	62	22
45	206	161	124	79	100	55	87	42	79	34	74	29	70	25	67	22
50	224	174	131	81	105	56	90	43	84	34	80	30	75	25	72	22
55	230	175	138	83	112	57	98	43	91	36	85	30	80	25	77	22
60	249	180	146	86	118	58	104	44	96	36	90	30	85	25	82	22
65	250	185	153	88	124	59	110	45	101	36	95	30	90	25	87	22
70	262	192	160	90	131	60	120	45	107	37	100	30	95	25	92	22
75	270	195	166	91	136	61	121	43	112	37	105	30	100	25	97	22
80	279	199	172	92	141	61	126	46	117	37	110	30	105	25	102	22
85	288	203	179	94	147	62	131	46	122	37	115	30	110	25	107	22
90	298	208	185	95	153	63	136	46	127	37	120	30	115	25	112	22
95	306	211	191	96	158	63	142	47	132	37	125	30	120	25	117	22
100	315	215	197	97	162	63	147	47	137	37	130	30	125	25	122	22

формуле (12) не больше, чем это необходимо для получения $q_{\min}$, что можно видеть из сравнения b по табл. 49 с соответствующими $b_{\min}$ по табл. 48. Не рекомендуется допускать меньше указанных минимальных поперечные сечения простенков по: а) для трубных решеток, скрепленных особыми анкерами, и по б) для решеток, не скрепленных таковыми. Поэтому у отпечатанных курсивом e и b толщины решеток s должны быть достаточно увеличены.

В каждом случае, когда избранные размеры отклоняются от указанных в табл. 48 и 49, должно быть твердо установлено, будет ли q достаточно велико и s достаточно мало. У крайних труб следует проверять, не вышла ли нагрузка за допускаемые пределы. При отрицательном результате часть из них должна быть введена как связанные трубы или же должно быть сделано какое-либо анкерное укрепление.

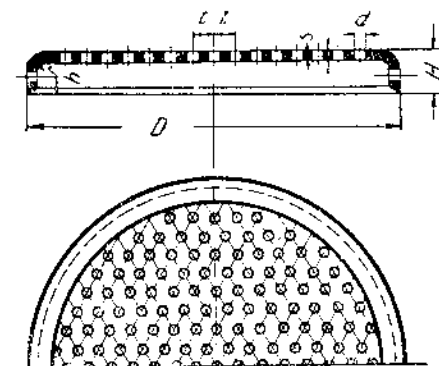
Табл. 50 взята по данным Экихимаши и содержит нормальные размеры для отдельных элементов трубных решеток. Имеется при этом в виду, что размер D для штампованных решеток, согласно фиг. 56, берется по наружным краям бортов, а для плоских решеток, по фиг. 57, он соответствует условному диаметру обечайки в свету. Кроме того предусматривается использование для указанных трубных решеток плоских штампованных днищ, рассмотренных выше.

Шаг t между трубками взят равным 1,3 диаметрам трубок с некоторым увеличением его для трубок диаметрами 17, 22, 25 и 32 мм

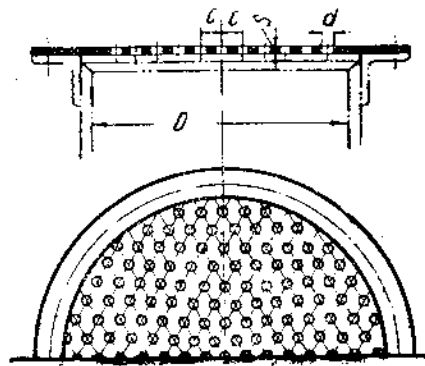
и некоторым уменьшением шага для трубок с диаметрами 76, 89 и 108 мм.

Толщина решеток взята по допускаемому поперечному сечению между стенками труб с проверкой на давление в 25 ат при полном заполнении решетки трубками по формулам (13) и (13а).

Размеры r , h и H для решеток по фиг. 56 см. выше по табл. 43 и 44.



Фиг. 56.



Фиг. 57.

Имеется в виду, что решетки предназначаются для случаев, когда они неподвижно закреплены и давление в межтрубном пространстве превышает или равно таковому в трубках и не более 25 ат,

Таблица 50

Трубные решетки литой стали в мм

D												
	300				800				1600			
	400				1000				1800			
	500				1200				2000			
	600				1400				2200			
	—				—				—			
d диаметр труб	17	22	25	32	38	44,5	51	57	63,5	76	89	108
t шаг	27	32	35	44	50	58	66	74	81	93	109	132
s толщина решетки	16		18		20			22		24		

или для случаев с плавающей, т. е. подвижной головкой (при высоких температурах, вызывающих значительное удлинение трубок) при равных давлениях в трубках и межтрубном пространстве. При этом в межтрубном пространстве циркулируют агенты, не загряз-

няющие поверхности трубок и не пригорающие к ним, как, например, пар, чистая вода и другие жидкости, не выделяющие смол и не дающие механических примесей.

В новых германских правилах расчет плоских плит неизменен, но при применении листов II сорта (т. е. при $K_s = 41$ до 50 кг/мм²) толщина таковых может быть определена по формулам (9a), (9b) и (10), но с уменьшением ее округленно на 6%

(произведение с коэффициентом $\sqrt{\frac{36}{41}} \approx 0,94$).

Вообще расчет трубных плит (решеток) неизменен; но для надежности рассчитываемой силы сцепления заметно увеличено значение σ , на основе того положения, что, во всяком случае, качество материала должно соответствовать своему назначению и что выполнение работ должно быть произведено с надлежащей степенью доброкачественности. Таким образом здесь нагрузка, падающая на 1 см периметра труб, должна быть:

$\sigma_{\max} = 40$ кг для концов труб, развальцованных в цилиндрических дырах гладких или с канавками;

$\sigma_{\max} = 50$ кг для концов труб, развальцованных в цилиндрических дырах и отбортованных;

$\sigma_{\max} = 70$ кг для труб, у которых оба конца отбортованы.

Относительно допущения такого облегчения невольно приходится констатировать, что вряд ли следовало бы рекомендовать практически допускать применение максимальных пределов. Слишком относительно может быть истолковано понятие доброкачественного исполнения работы поставщиком, вследствие чего в лучшем случае при изготовлении пароприемников может идти речь о применении только чисел в пределах $\frac{2}{3}$ указанных выше значений.

Ранее в сомнительных случаях рекомендовалась дополнительная проверка напряжения на изгиб в поле между четырьмя трубами (фиг. 54). Теперь же, по новым правилам, она предписывается всегда (см. стр. 116).

Кроме того нужно указать, что имеющиеся в более новых германских правилах данные предназначены для отдельных встречающихся плоских частей стен без дыр, соединительных патрубков и т. д.

Для частей котлов с большим числом плоских стенок, чем у четырехугольных труб, или с дырами с этим обстоятельством в расчетах приходится считаться¹.

Значения для глухой посадки развальцованных труб относятся к плоским стенкам. Что же касается других случаев, то здесь необходимо производить расчет (см. также Ph. Orpenheimer относительно развальцовки труб в стенках котлов)².

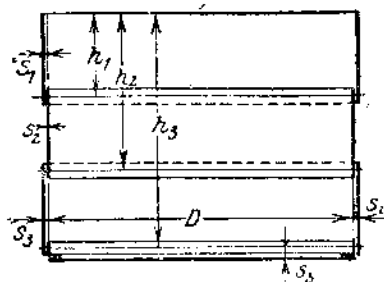
В расчете толщины котельных днищ без укрепления таковых анкерами при внутреннем избыточном давлении имеются в виду целые днища, т. е. без вырезов (для лазов и т. д.).

¹ См. R. Fischer, Относительно прочности четырехугольных, имеющих трубчатую форму, сосудов с внутренним избыточным давлением в Ztschr. „Die Wärme“, Ig. 1926, S. 821 ff.

² Ztschr. d. Bayer. Rev.-Ver., Ig. 1926, S. 167 ff.

9. ОТКРЫТЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ ПОД НАЛИВ ИЗ КОВКОЙ СТАЛИ

У круглых резервуаров толщина стенки обичайки рассчитывается точно так же, как и у пароприемников. Вместо временного сопротивления растяжению K_z и степени надежности σ применяется допускаемое напряжение и притом: $k_z = 500 \text{ кг/см}^2$. На коэффициент прочности φ внимания не обращается, но взамен этого дается прибавка на ржавление и т. д. в четыре раза большая, а именно — равная 0,4¹. Вместо избыточного давления пара p принимается во внимание высота жидкости h ($h_1, h_2, \dots$ на фиг. 58), измеряемая от верхнего края сосуда до середины нижнего ряда заклепочного шва обозначенного пояса.



Фиг. 58.

Так как давление 10 м водяного столба равно давлению 1 кг/см^2 , то, согласно формуле (1), если D выражено в см и h в м, получается:

$$s = \frac{D \cdot h}{2 \cdot k_z} + 0,4 \text{ см.} \quad (15)$$

Если же диаметр D и высоту h выразить в м, то тогда при $k_z = 500 \text{ кг/см}^2$ получается:

$$s = 0,01 D \cdot h + 0,4 \text{ см.} \quad (15a)$$

На этом основании и подсчитана табл. 51. Округленные по ОСТ на 0,5 мм толщины стенок приведены курсивов в подходящем для исполнения виде. Прибавки к приведенным в таблице числам не требуются.

Пример 1. Резервуар диаметром в 7 м с общей высотой около 8 м имеет четыре пояса высотой в 2 м. Тогда толщины стенок содержат в самом верхнем поясе 5 мм, во втором поясе — 7 мм, в третьем — 8 мм и в самом нижнем — 10 мм.

Плоские днища резервуаров поддерживаются по возможности по всей поверхности. При этом делают:

$$s_b = s_u + 0,1 \text{ см,}$$

где s_b равно толщине дна;

s_u равно толщине стенки самого нижнего пояса.

Большие резервуары круглой формы бывают с выпуклыми или вогнутыми днищами, которые рассчитываются так же, как и днища пароприемников, нагруженных внутренним или наружным давлением, но только с заменой p на $\frac{h}{10}$. Берут k_z от 300 до 400 кг/см^2 и делают, как правило, прибавку, как и у стенок, в 0,4 см. При

¹ См. часть J — „Заключительные замечания“.

Таблица 51

Толщина листов для открытых круглых резервуаров, где h — высота резервуаров (или положение высот $h_1, h_2, h_3, \dots$ обозначенных поясов)

h м	Диаметры сосудов м									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Толщина стенок мм									
2	4,2 4,0	4,4 4,0	4,6 5,0	4,8 5,0	5,0 5,0	5,2 5,0	5,4 5,0	5,6 6,0	5,8 6,0	6,0 6,0
3	4,3 4,0	4,6 5,0	4,9 5,0	5,2 5,0	5,5 6,0	5,8 6,0	6,1 6,0	6,4 6,0	6,7 7,0	7,0 7,0
4	4,4 4,0	4,8 5,0	5,2 5,0	5,6 6,0	6,0 6,0	6,4 6,0	6,8 7,0	7,2 7,0	7,6 8,0	8,0 8,0
5	4,5 5,0	5,0 5,0	5,5 6,0	6,0 6,0	6,5 7,0	7,0 7,0	7,5 8,0	8,0 8,0	8,5 9,0	9,0 9,0
6	4,6 5,0	5,2 5,0	5,8 6,0	6,4 6,0	7,0 7,0	7,6 8,0	8,2 8,0	8,8 9,0	9,4 9,0	10,0 10,0
7	—	5,4 5,0	6,1 6,0	6,3 7,0	7,5 8,0	8,2 8,0	8,9 9,0	9,6 10,0	10,3 10,0	11,0 11,0
8	—	5,6 6,0	6,4 6,0	7,2 7,0	8,0 8,0	8,8 9,0	9,6 10,0	10,4 10,0	11,2 11,0	12,0 12,0
9	—	—	6,7 7,0	7,6 8,0	8,5 9,0	9,4 9,0	10,3 10,0	11,2 11,0	12,1 12,0	13,0 13,0
10	—	—	7,0 7,0	8,0 8,0	9,0 9,0	10,0 10,0	11,0 11,0	12,0 12,0	13,0 13,0	14,0 14,0

$R > D$ пользуются $k_z = 300 \text{ кг/см}^2$ и определяют толщину днищ по формуле:

$$s = 0,017 R \cdot h + 0,4 \text{ см.} \quad (15b)$$

При $R = D$ принимают $k_z = 400 \text{ кг/см}^2$ и тогда

$$s = 0,013 R \cdot h + 0,4 \text{ см.} \quad (15c)$$

В формулах (15b) и (15c) радиус выпуклости R и высота h выражены в м.

В целях избежания бокового смещения опорного или поддерживающего кольца следует по Intze таковое вдвигать внутрь настолько, чтобы делить поверхность дна на две равные части, а именно: диаметр опорного кольца $D' = 0,709 D$, т. е. диаметра резервуара.

Резервуары с плоскими стенками снабжаются на верхнем крае скрепляющей рамой углового сечения и при высоте $h \geq 1,5 \text{ м}$ — внутри еще связями. Боковые стенки малых сосудов без связей рассчитываются по формуле (9с), так же как и укрепленные по периметру прямоугольные плиты. Вставляя вместо a и b (где a — большая, а b — меньшая сторона прямоугольника) общие размеры стенки и не обращая внимания на укрепление ее угловыми соединениями, можно, приняв $k_z = 400 \text{ кг/см}^2$, не делать никак прибавок. Вместо p берется $\frac{h}{10}$ м; далее, принимая a, b и h

в м, получаем:

$$s = 0,84b \cdot \sqrt{\frac{a^2 \cdot h}{a^2 + b^2}} \text{ см.} \quad (16)$$

Для расчета толщины скрепленных стенок резервуара пригодна формула (9b), как при правильно, так и при неправильно распределенных анкерах. Вместо p вводится $\frac{h}{10}$; при этом берут $c = 0,015$. Таким образом для h , e' и e'' , выраженных в м, получается:

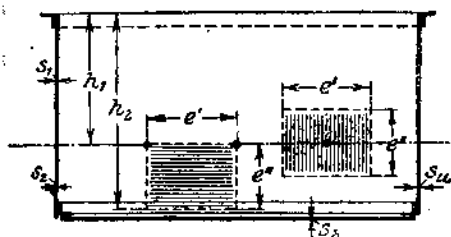
$$s \approx 0,24(e' + e'') \cdot \sqrt{h} \text{ см.} \quad (16a)$$

Плоские днища подпирают чем-либо соответствующим анкерам и тогда, как и при круглых резервуарах, принимают:

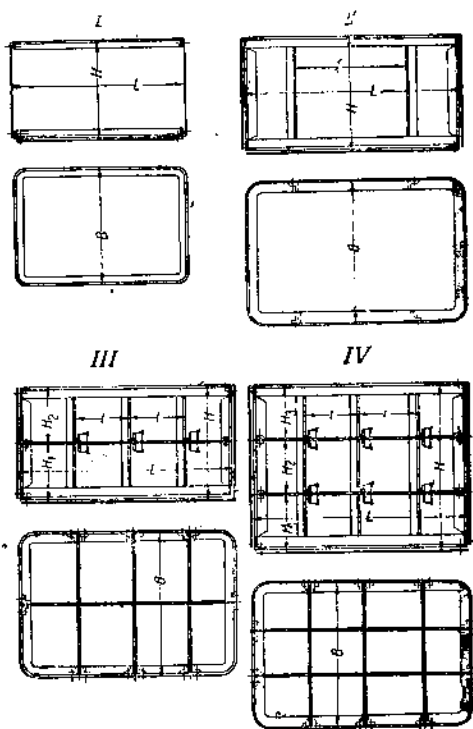
$$s_s = s_u + 0,1 \text{ см.}$$

При одном ряде связей этот ряд принимается как середина давления, и при этом $h_1 = \frac{2}{3} h_2$ (согласно фиг. 59); при большем же количестве рядов делят высоту большей частью на равные части. Связь получает напряжение растяжения:

$$P = 0,1h \cdot e' \cdot e'' \text{ кг,}$$



Фиг. 59.



Фиг. 60.

где h выражено в м, а e' и e'' — в см. Поперечное сечение связей берется:

$$q = \frac{P}{k_s} \text{ см}^2,$$

где k_s может быть взято равным 1000 кг/см^2 . Места, в которых круглые стальные (железные) связи проходят через стенки, должны быть уплотнены. Но вообще следует отдавать предпочтение плоским стальным связям, склепанным или сваренным с угольниками.

Высоты h измеряются согласно фиг. 59. Для расчета толщины стенки принимается заштрихованная слева поверхность, где $h = h_2$; для расчета же связи берется поле, заштрихованное справа, где $h = h_1$.

Баки стальные (железные) прямоугольной формы с плоскими стенками и днищем (фиг. 60) (размеры в мм)

Емкость бака		Внутренние размеры			Толщина железа		Профиль углового железа			Диаметр крутного железа	Количество стоек		Расстояние крайних стоек от углов бака		H ₁	H ₂	H ₃	Тип бака
		длина	ширина	высота	боковых стенок	дна	крышки	верхней рамы	нижней рамы		вертикаль-ных уголков	по ширине бака	по длине	по ширине бака				
номинальная	теоретическая	м ³	в ведрах															
1	0,96	80	1400	1000	1700	3	4	3	45×45×6	45×45×6	—	—	—	—	—	—	—	I
2	2	160	1600	1250	1000	3	4	3	45×45×6	45×45×6	40×40×5	—	2	300	625	1000	—	II
3	3	240	1950	1550	1000	3	4	3	50×50×6	50×50×6	40×40×5	—	2	475	275	1000	—	II
4	4,5	360	2720	1550	1000	3	4	3	50×50×6	50×50×6	40×40×5	—	3	360	325	1000	—	II
6	5,6	460	2900	2000	1000	3	4	3	50×50×6	50×50×6	40×40×5	—	3	450	500	1000	—	II
8	7,5	610	2800	2000	1300	4	5	3	60×60×8	60×60×8	50×50×6	19	3	450	500	1000	650	III
10	9,75	790	3000	2000	1300	4	5	3	60×60×8	60×60×8	50×50×6	19	4	450	500	1000	650	III
15	15	2 100	4000	2500	1500	5	6	3	60×60×8	60×60×8	50×50×6	19	4	500	250	1000	750	III
20	20	1 600	4450	3000	1500	5	6	3	60×60×8	60×60×8	60×60×8	19	5	225	500	1000	750	III
40	40	3 200	5730	3500	2000	6	7	3	60×60×8	60×60×8	60×60×8	22	6	365	250	1000	750	IV
60	60	4 800	6250	4000	2400	6	7	3	60×60×8	60×60×8	60×60×8	22	6	625	500	1000	900	IV
100	100	8 000	7400	4500	3000	6	7	3	65×65×10	65×65×10	60×60×8	22	9	500	250	800	1125	IV
150	150	12 000	9150	5300	3100	6	7	3	65×65×10	65×65×10	60×60×8	22	11	575	250	800	1175	IV
200	185	15 000	9950	6000	3100	6	7	3	75×75×10	75×75×10	60×60×8	22	12	575	200	800	1175	IV

Клепанные резервуары изготавливаются почти исключительно с одно-рядными и односрезными швами; при этом нужно, однако, иметь в виду необходимость полного перехода здесь на сварку, оставляя клепку только там, где есть опасность разъедания сварного шва содержимым резервуара.

Ниже приведены следующие минимальные размеры углового железа, которые употребляются для соединений в углах для листов приблизительно от 3 до 10 мм:

Толщина стенки мм	Угловое железо мм	Толщина стенки мм	Угловое железо мм
3	35 × 35 × 5	7	60 × 60 × 8
4	40 × 40 × 5	8	65 × 65 × 8
5	45 × 45 × 7	9	65 × 65 × 10
6	50 × 50 × 7	10	75 × 75 × 12

Все изделия, как-то: открытые резервуары, аппараты и т. д., должны изготавливаться, понятно, только из листов стандартной толщины. Доли половинок миллиметра должны по возможности приниматься во внимание.

В пароприемниках, подлежащих приемке по обязательным нормам, для стенок и их частей должны применяться только те листы, которые подвергались испытанию.

Вообще нужно отметить, что, поскольку в расчете таких изделий, как резервуары, громадное влияние на окончательные конструктивные размеры отдельных элементов, как, например, толщин стенок, связей и т. д., оказывают всякого рода прибавки, делаемые к расчетным данным с целью придания резервуарам большей прочности против влияния коррозии, то у многих заводов выработаны свои нормалы таких резервуаров с принятием в основу своих прибавок, выработанных практикой.

Примером подобных нормальных резервуаров прямоугольной формы с плоскими стенками и днищем (фиг. 60), взятых из практики одного из наших заводов, могут служить данные, приводимые в табл. 52.

10. ЧАСТИ СТЕНОК И СОСУДОВ ИЗ ЧУГУНА И СТАЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Чугунные детали пароприемников, которые могут рассматриваться как части стенок, должны, как правило, по крайней мере, соответствовать требованиям, предъявляемым к чугуну высокой прочности. При этом, при пробе прочности на изгиб у испытываемого образца с диаметром 30 мм, с размерной длиной 600 мм и общей длиной отливки в 650 мм, прочность на изгиб должна быть не меньше 28 кг/см² при ломающей нагрузке в 495 кг и стрелке прогиба не ниже 7 мм.

Из чугуна высокой прочности (с подтверждением этого соответствующим удостоверением и номером плавки завода) должны изготавливаться пароприемники, которые служат для подъема жид-

костей, или подобные приборы и аппараты, как-то: отводчики конденсационной воды, монжю и т. д. Установлено, что диаметр их не должен превышать 600 мм и емкость — 400 л.

Относительно допускаемого напряжения не существует определенных правил. Обыкновенный серый чугун имеет сопротивление на разрыв: $K_s \cong 2200 \text{ кг/см}^2$; машинный чугун высокой прочности: $K_s \cong 2800 \text{ кг/см}^2$. Расчет ведут, исходя из положения, что

$$k_i = k_d = k_s = 200 \text{ кг/см}^2,$$

и делают постоянную прибавку:

$$c = 0,4 - 0,7 \text{ см.}$$

Здесь k_d — допускаемое напряжение сжатия.

По Баху у цилиндра с внутренним избыточным давлением p :

$$R_a \cong R_i \sqrt{\frac{k_s + 0,4 \cdot p_i}{k_s - 1,3 \cdot p_i}},$$

где R_a обозначает наружный, а R_i — внутренний радиус стенки. При этом, когда $k_s = 1,3p_i$, наружный радиус $R_a = \infty$. Поэтому всегда $1,3p_i < k_s$. Стенка испытывает напряжения в осевом, радиальном и касательном направлениях. Максимум этого напряжения появляется на внутренней поверхности при $m = \frac{10}{3}$:

$$\max \sigma_i = \frac{p_i}{R_a^2 - R_i^2} \left(\frac{m-2}{m} \cdot R_i^2 + \frac{m+1}{m} R_a^2 \right).$$

По мере возрастания толщины стенки все более увеличивается и напряжение на внутренней поверхности ее.

Только для толщины стенок, которые по сравнению с радиусом незначительны, можно принять приблизительно равное напряжение. Для этих случаев служит достаточно точно для определения толщины стенки s следующая формула:

$$s = R_i \cdot \frac{p_i}{k_s}, \quad (17)$$

Но расчет ведется с прибавкой, а именно:

$$s = R_i \frac{p_i}{k_s} + C. \quad (17a)$$

У цилиндра при внешнем избыточном давлении p_a с относительно незначительной толщиной стенки и без опасности изгибаания получаем:

$$s = R_a \frac{p_a}{k_s} + C. \quad (17b)$$

Далее, при полых шарах:

$$s = \frac{R_i \cdot p_i}{2 \cdot k_s} + C \quad (18a)$$

и

$$s = \frac{R_a \cdot p_a}{2 \cdot k_a} + C \quad (18b)$$

(ср. с выпуклыми котельными днищами).

У плоской круглой плиты, опирающейся по периметру радиусом R и нагруженной по поверхности πR^2 давлением жидкости p , получаем:

$$s = R \cdot \sqrt{\mu \frac{p}{k_b}} + C, \quad (19)$$

где $\mu = \frac{4}{5}$ при свободном лежании и до $\mu = \frac{6}{5}$ при приближении к укрепленному положению; оба эти значения — для чугуновой плиты.

Для прямоугольной лежащей свободно плиты, у которой по периметру длинная сторона равна a , а короткая — b (в см), при нагрузке ее поверхности ab давлением жидкости p , получаем:

$$s = \frac{b}{2} \cdot \sqrt{\frac{2}{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2} \cdot \mu \frac{p}{k_b}} + C \quad (20a)$$

и для квадратной плиты при $a = b$ имеем:

$$s = \frac{a}{2} \cdot \sqrt{\mu \frac{p}{k_b}} + C, \quad (20b)$$

где $\mu = \frac{2}{3} - \frac{9}{8}$ для чугуна.

При сосудах стального литья считают $\mu = 1$,

$$k_z = k_a = 500 \text{ кг/см}^2$$

и

$$k_b = 400 \text{ кг/см}^2,$$

и прибавляют также постоянную величину C , равную от 0,4 до 0,5 см.

1. ЗАКЛЕПОЧНЫЕ ШВЫ В СТАЛИ (ЖЕЛЕЗЕ)

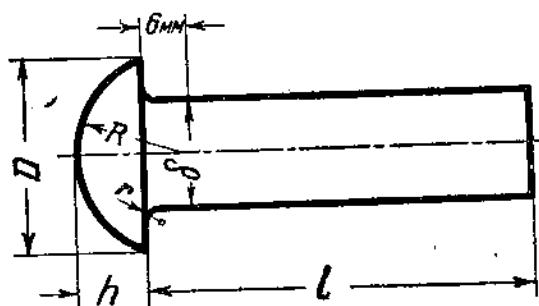
Заклепки диаметром до 8 мм клеятся в резервуарах и других изделиях в холодном виде. В соединениях, которые претерпевают толчки или воздействие силы, меняющей свое направление, рекомендуется иногда также и для заклепок большего диаметра производить клепку в холодном виде, употребляя для этого, однако, точно пригнанные заклепки.

В паровых котлах и пароприемниках применяется клепка в горячем виде.

Дыры, проходящие через два или несколько листов, должны быть после рассверловки совершенно чистыми, не имеющими ни выступов, ни впадин, для того чтобы в них можно было быстро вставлять раскаленные заклепки, увеличенные в диаметре против своих размеров (при нормальной температуре) на 0,5, 1 и даже до 1,5 мм. При давленных же дырах, а также при давленных и рассверленных дырах следует в расчетах толщины листов, как показано далее, увеличивать степень надежности. Ручная клепка воз-

можна с заклепками диаметром до 26 мм, в крайнем случае, — до 27 мм. Следовательно, в заклепках по ОСТ она допустима только для заклепок диаметром не более 25 мм. В общем предпочтительнее машинная клепка.

На фиг. 61 показана стальная заклепка с полукруглой головкой, применяющаяся для прочно-плотных швов. В этом от-



Фиг. 61.

ношении ОСТ, собственно говоря, не делит заклепок на разновидности, так как одни и те же заклепки идут для прочных, плотных и прочно-плотных швов. В табл. 53 приведены размеры заклепок, согласно ОСТ 301, с полукруглой головкой диаметром от 9,5 до 37 мм, а также диаметры отверстий под заклепку.

Как видим из фиг 61, подголовок у заклепки делается в виде закругления радиуса r . Сверленная дыра под заклепку раззенковывается на глубину u (фиг. 62), равную около $\frac{1}{8}$ диаметра дыры, на конус в 45° . Но так как у крупных заклепок глубина раззенковки получалась бы слишком большой, то здесь следует этот раз-

Таблица 53

Заклепки с полукруглой головкой диаметром от 9,5 до 37 мм (фиг. 61)

(в мм)

ОСТ 301

Диаметр непоставленной заклепки		9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
Допускаемые отклонения в диаметре заклепки	наиб.	9,6	11,6	13,6	16,6	19,4	22,4	25,4	28,4	31,4	34,4	37,4
	наим.	9,3	11,3	13,3	16,3	18,9	21,9	24,9	27,9	30,9	33,6	36,6
Размеры головки	D	17	21	24	29	34	39	44	50	55	60	65
	A	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
	R	9	11	12,5	15,5	18	20,5	23	26	29	32	34
	$r \leq$	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5
Диаметр отверстия под заклепку		10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Длина заклепки l	16	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	—
	18	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	26	—	—	—	—	—	—
	22	22	22	22	22	28	—	—	—	—	—	—
	24	24	24	24	24	30	—	—	—	—	—	—
	26	26	26	26	26	32	—	—	—	—	—	—
	28	28	28	28	28	35	—	—	—	—	—	—
	30	30	30	30	30	38	38	—	—	—	—	—
	32	32	32	32	32	40	40	—	—	—	—	—
	35	35	35	35	35	42	42	—	—	—	—	—
	38	38	38	38	38	45	45	—	—	—	—	—
	40	40	40	40	40	48	48	—	—	—	—	—
	42	42	42	42	42	50	50	—	—	—	—	—
	45	45	45	45	45	52	52	52	—	—	—	—
	48	48	48	48	48	55	55	55	—	—	—	—
	50	50	50	50	50	58	58	58	—	—	—	—
	52	52	52	52	52	60	60	60	60	—	—	—
	55	55	55	55	55	65	65	65	65	65	—	—
	58	58	58	58	58	70	70	70	70	70	70	—
	60	60	60	60	60	75	75	75	75	75	75	75
	65	65	65	65	65	80	80	80	80	80	80	80
	70	70	70	70	70	85	85	85	85	85	85	85
	75	75	75	75	75	90	90	90	90	90	90	90
	80	80	80	80	80	95	95	95	95	95	95	95
	85	85	85	85	85	100	100	100	100	100	100	100
	—	—	—	90	90	110	110	110	110	110	110	110
	—	—	—	95	95	120	120	120	120	120	120	120
	—	—	—	100	100	130	130	130	130	130	130	130
	—	—	—	—	—	140	140	140	140	140	140	140
	—	—	—	—	—	150	150	150	150	150	150	150
	—	—	—	—	—	—	160	160	160	160	160	160
	—	—	—	—	—	—	170	170	170	170	170	170
	—	—	—	—	—	—	180	180	180	180	180	180
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	190	190
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	200

Таблица 54

Заклепки с потайной головкой диаметром от 9,5 до 37 мм (фиг. 63)
(в мм)

ОСТ 302

Диаметр непоставленной заклепки	δ	9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
Размеры головки	α	75°			60°				45°			
	D	15,2	18,5	22	25	30	35	39,5	39,6	44	48	52,5
	h	3,8	4,6	5,4	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
Диаметр отверстия под заклепку		10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Длина заклепки l	26	26	26	26	48	—	—	—	—	—	—	—
	28	28	28	28	50	—	—	—	—	—	—	—
	30	30	30	30	52	—	—	—	—	—	—	—
	32	32	32	32	55	55	—	—	—	—	—	—
	35	35	35	35	58	58	—	—	—	—	—	—
	38	38	38	38	60	60	60	—	—	—	—	—
	40	40	40	40	65	65	65	—	—	—	—	—
	42	42	42	42	70	70	70	—	—	—	—	—
	45	45	45	45	75	75	75	75	—	—	—	—
	48	48	48	48	80	80	80	80	80	—	—	—
	50	50	50	50	85	85	85	85	85	85	—	—
	52	52	52	52	90	90	90	90	90	90	90	90
	55	55	55	55	95	95	95	95	95	95	95	95
	58	58	58	58	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	60	60	60	110	110	110	110	110	110	110	110
	65	65	65	65	120	120	120	120	120	120	120	120
	70	70	70	70	130	130	130	130	130	130	130	130
	75	75	75	75	140	140	140	140	140	140	140	140
	—	—	80	80	150	150	150	150	150	150	150	150
	—	—	85	85	—	160	160	160	160	160	160	160
	—	—	90	90	—	170	170	170	170	170	170	170
	—	—	95	95	—	180	180	180	180	180	180	180
	—	—	100	100	—	—	—	—	—	—	190	190
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	200

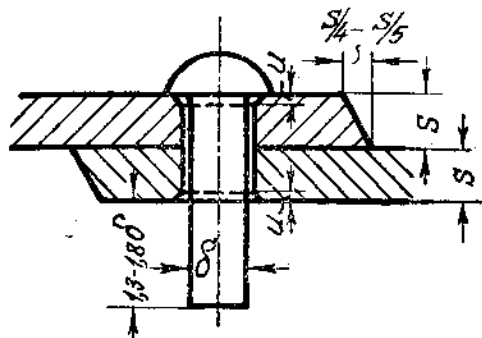
мер делать равным, по крайней мере, $\frac{1}{16}$ диаметра дыры. В общем, в зависимости от диаметра заклепки, достаточно делать и по фиг. 62 равным от 1 до 2 мм. Приблизительные веса заклепочных головок, согласно фиг. 61, даны в табл. 55.

Таблица 55

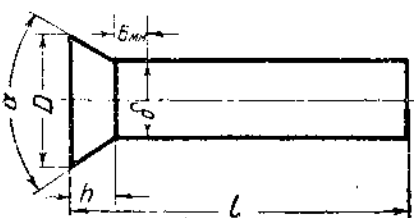
Приблизительные веса 1000 заклепочных головок

ϕ мм	9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
G кг	6	10,5	17	31	47	74	101	150	208	275	365

На фиг. 63 показана заклепка с потайной головкой. В табл. 54 даны размеры стальных заклепок, согласно ОСТ 302, с потайной головкой диаметром от 9,5 до 37 мм, а также диаметры дыр под эти заклепки. Раззенковка отверстия под потайную заклепку соответствует по своей



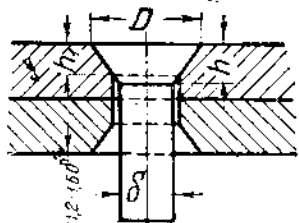
Фиг. 62.



Фиг. 63.

форме потайной головке этой заклепки, т. е. размеры α и D точно совпадают (фиг. 64), а глубина h у раззенковки несколько меньше размера h у заклепки, что вызывается некоторым увеличением диаметра дыры сравнительно с диаметром стержня заклепки.

Длина стержня заклепки, необходимая для получения расклепываемой головки, зависит также от того, насколько велика игра заклепки в дыре. Из приблизительных данных фиг. 62 и 64 меньшие значения относятся к ручной, а большие — к машинной клепке. Во всяком случае, для предохранения листов от повреждения предпочтительно делать стержень длиннее. При гидравлической же клепке давление не должно быть слишком высоким, чтобы можно было избежать изменения структуры стенки около заклепочной дыры.



Фиг. 64.

В листах железа (стали) толщиной менее 5 мм чеканка не применяется; здесь плотность достигается при помощи промежуточ-

ных прокладок, как-то: шнура, полотна, пропитанного свинцовым суриком, и т. д.

В швах пароприемников плотность достигается не с помощью особых промежуточных прокладок, а исключительно чеканкой. Необходимый скос края листа для чеканки обычно достигается строжкой его с размером, равным приблизительно от $\frac{s}{4}$ до $\frac{s}{5}$, как это показано на фиг. 62.

Открытые сосуды клеятся большей частью однорядным швом. Принимают (фиг. 65):

$$\begin{array}{lll} \text{диаметр заклепки} & \text{шаг} & \text{перекрышка} \\ \delta = \sqrt{0,5s} - 0,4 \text{ см} & t = 3\delta \pm 0,5 \text{ см} & u = 3\delta \end{array}$$

Отсюда и определены размеры для листов толщиной от 3 до 10 мм, приведенные в табл. 56.

Таблица 56

Заклепочные швы в резервуарах

Толщина листов s	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр заклепки δ	8	10	12	13	15	16	17	18
Шаг t	29	35	40	44	50	53	56	59
Перекрышка u	24	30	36	39	45	48	51	54

Вообще, как известно, для клепки открытых сосудов существует много различных, выработанных практикой соотношений и размеров для элементов заклепочных швов. Как пример можно привести табл. 57 с однорядными и табл. 58 с двухрядными заклепочными швами внахлестку для баков и резервуаров, применительно к заклепкам по ОСТ 301.

Таблица 57

Однорядные швы резервуаров для заклепок по ОСТ (размеры в мм)

Толщина листа s	Диаметр заклепки δ	Шаг шва t	Расстояние от края a	Кромка для зачеканки
3	9,5	32	16	—
4	9,5	32	16	—
5	13,5	40	22	1,5
6	13,5	40	22	2
7	16,5	50	28	2
8	16,5	50	28	2,5
10	19	56	32	3
13	22	66	36	4

Таблица 58

Двухрядные швы резервуаров для заклепок по ОСТ
(размеры в мм)

Толщина листа s	Диаметр заклепки δ	Шаг шва t	Расстояние между рядами a_1	Расстояние от края a	Кромка для зачеканки
3	9,5	45	25	16	—
4	9,5	45	25	16	—
5	13,5	58	29	22	1,5
6	13,5	58	29	22	2
7	16,5	67	33	28	2
8	16,5	67	33	28	2,5
10	19	76	36	32	3
13	22	82	42	36	4

Паровые котлы и пароприемники могут иметь однорядные и многорядные заклепочные швы внахлестку или встык с накладками. Диаметр заклепки определяют по одной из формул, которые в сводном виде даны в табл. 59.

Таблица 59

Формулы для расчета диаметров заклепок стальных пароприемников

Род заклепочного шва	По Баху	Практически достаточно точно
	s и δ в см	s и δ в см
Заклепочные швы внахлестку и с одной накладкой (одно- срезные)	$\delta = \sqrt{0,5s} - 0,4$	$\delta = s + 0,8$
Швы с двумя накладками { (двухсрезные) {	Однорядные	$\delta = \sqrt{0,5s} - 0,5$
	Двухрядные	$\delta = \sqrt{0,5s} - 0,6$
	Трехрядные	$\delta = \sqrt{0,5s} - 0,7$
		$\delta = s + 0,5$

Вставленная в горячем виде заклепка несколько сокращается при охлаждении и стремится, таким образом, не совсем заполнить отверстие шва в радиальном направлении.

В то же время заклепочные головки вследствие сокращения заклепок в осевом направлении прочно притягивают листы друг к другу.

В результате между листами образуется высокое сопротивление трения, т. е. сопротивление скольжению, которое и воспринимает на себя нагрузку. И лишь тогда, когда листы могут скользить друг относительно друга, выступает сопротивление срезыванию заклепок.

Обозначим через:

s (см) — толщину листа;

s' (см) — толщину накладки;

δ (см) — диаметр заклепки;

q (см²) — площадь поперечного сечения заклепки (в таблицах не округлена);

t (см) — шаг;

a (см) — расстояние от края листа;

a' (см) — расстояние между рядами заклепок;

u (см) — перекрышку

b (см) — ширину накладки $\left. \begin{array}{l} u \\ b \end{array} \right\} = \Sigma a + \Sigma a'$;

n — число поперечных сечений заклепок каждого шага;

k_G — предельное удельное сопротивление скольжению или наивысшую нагрузку в кг, которая допускается на 1 см² поперечного сечения заклепки, чтобы воспрепятствовать скольжению листов;

φ — соотношение ослабленного заклепкой поперечного сечения листа к поперечному сечению цельного листа $\left(\frac{t-\delta}{t}, \text{ т. е. прочность или коэффициент прочности шва} \right)$.

Таким образом определение размеров заклепочных швов у паровых котлов и пароприемников, согласно фиг. 65—70, ведется по данным табл. 60.

Таблица 60

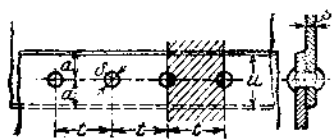
Шаг, расстояние от края и т. п. для швов пароприемников

Род шва	s'	t	a	a'	n	k_G кг	φ
1. Односрезовые:							
а) однорядные	$\frac{9}{8}s$	$2\delta + 0,8$	$1,5\delta$	—	1	700	0,56
б) двухрядные	$\frac{9}{8}s$	$2,6\delta + 1,5$	$1,5\delta$	$0,6t$	2	650	0,70
в) трехрядные	$\frac{9}{8}s$	$3\delta + 2,2$	$1,5\delta$	$0,5t$	3	600	0,75
2. Двухсрезовые:							
а) однорядные	$\frac{2}{3}s$	$2,6\delta + 1$	$1,5\delta$	—	2	600	0,67
б) двухрядные	$\frac{2}{3}s$	$3,5\delta + 1,5$	$1,5\delta$	$0,5t$	4	575	0,75
в) трехрядные	$0,8s$	$6\delta + 2$	$1,5\delta$	$\frac{3}{8}t$	10	550	0,85

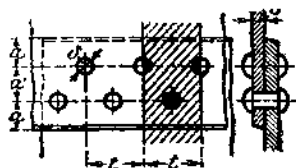
У двух- и трехрядных швов с накладками как предельное расстояние заклепок от края накладок вместо a берут только $0,9a$.

На фиг. 65—70 заштриховано поле каждого шага, благодаря чему легко видеть, как воспринимается действующая сила заключающимся на этом участке числом n поперечных сечений заклепок и самим листом.

В швах с двумя накладками принимают также, что сопротивление скольжению распределено как бы в двух плоскостях, т. е. считают, что n равно числу заклепок, умноженному на 2.



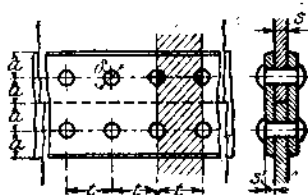
Фиг. 65.



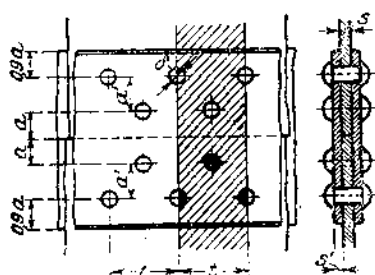
Фиг. 66.



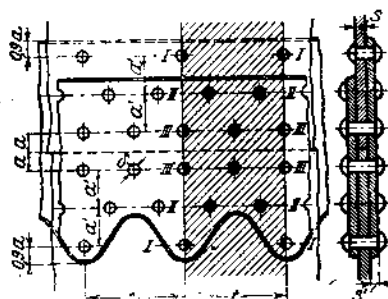
Фиг. 67.



Фиг. 68.



Фиг. 69.



Фиг. 70.

Вышеуказанные значения k_G как удельные сопротивления скольжению установлены Бахом, опыты которого дали фактически величины от 1000 до 1500 кг/см². Чем далее в многорядных швах отстоит рассматриваемый ряд от края листа, тем меньшее он принимает участие в восприятии нагрузки. Поэтому с возрастанием числа рядов k_G становится меньше. В швах трехрядных или имеющих большее количество рядов можно ставить в ряду тем меньше заклепок, чем дальше таковой отстоит от края листа (фиг. 70). Для удобства чеканки расстояние между заклепками, расположенными около чеканенного края, не должно быть более $8s$. Благодаря вырезыванию краев чеканка делается более удобной.

Значения для ϕ из табл. 60 относятся к непотайным заклепкам и служат основанием для расчета толщин листов.

Во всех заклепочных соединениях внахлестку, равно как и в одно- и двухрядных швах с накладками, шаги во всех рядах одинаковы. Здесь вводят только определенный коэффициент

$\varphi = \frac{t-\delta}{t}$, который уже и принимают во внимание, что действующая сила, приходящаяся на один шаг (P —см. ниже), распределяется равномерно между всеми рядами заклепочных швов. Напротив, при трехрядных или с большим количеством рядов швах с двумя накладками шаги наружных рядов бывают большей частью неодинаковы, а именно: у тех рядов, которые отстоят дальше от края листа, они делаются больше. Если в отношении φ поступить так же, то получится одинаковая картина; например, при $\delta = 25$ мм и $t = 170$ мм для фиг. 70, где у верхней и у нижней половин чертежа соответственно числа заклепок равны $n = 9$ и $n = 10$, будем иметь:

в ряду I:

$$\varphi_I = \frac{t-\delta}{t} = \frac{17-2,5}{17} = 0,853 \approx 0,85;$$

в ряду II:

$$\varphi_{II} = \frac{t-2\delta}{t} = \frac{17-5}{17} = 0,706 \approx 0,70;$$

в ряду III:

$$\varphi_{III} = \varphi_{II} \approx 0,70.$$

То, что коэффициент φ у внутренних рядов должен быть меньше, чем у двухрядных швов с двумя накладками, понятно, не соответствует действительности. Наиболее правильно считать, что каждый ряд в зависимости от числа действующих в нем поперечных сечений заклепок воспринимает одну часть от силы P , которая на ближайший следующий ряд больше уже не действует. На фиг. 70, ряд I сверху с одной односрезной заклепкой при $n = 9$ воспринимает $\frac{1}{9}P$, так что ряд II уже нагружен только $\frac{8}{9}P$ и φ_{II} должно было бы быть равным $\frac{9}{8} \cdot \frac{t-2\delta}{t}$.

На той же фиг. 70 ряд I снизу с одной двухсрезной заклепкой при $n = 10$ воспринимает $\frac{2}{10}P$; тогда нагрузка для ряда II равна $\frac{8}{10}P = \frac{4}{5}P$ и $\varphi_{II} = \frac{5}{4} \cdot \frac{t-2\delta}{t}$.

При этом для $\varphi = 25$ мм и $t = 170$ мм получилось бы: по фиг. 70 сверху:

$$\varphi_I = 0,85, \varphi_{II} = 0,79 \text{ и } \varphi_{III} = 1,27;$$

по фиг. 70 снизу:

$$\varphi_I = 0,85, \varphi_{II} = 0,88 \text{ и } \varphi_{III} = 1,41.$$

Так как получаются различные значения, то необходимо с целью единого способа расчета толщин листов для коэффициента φ оста-

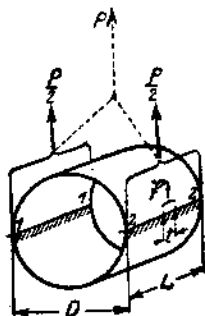
новиться на одном определенном ряде. При всех предположениях, однако, коэффициент прочности φ_1 остается неизменным и поэтому берется для основного расчета толщины листа.

После этого нужно устанавливать, какой ряд заклепок больше всего нагружен, для того чтобы на этом основании, в случае необходимости, вносить соответствующие изменения. Этот вопрос — отыскание коэффициента прочности — освещен на главе „Заклепочные швы с постоянным φ “.

При потайных заклепках (фиг. 63) берется приблизительно $\varphi' = 0,85\varphi$. Помимо того что делаются прибавки и т. п., а толщина s , благодаря введению коэффициента φ , получается при расчете почти в 1,2 раза большей, все же для расчета толщины листа для потайных заклепок необходимо применять указанный коэффициент φ' .

После твердого определения всех размеров шва необходимо еще выяснить, соответствует ли указанный коэффициент φ требуемому. Если он не подходит, то следует избрать другие размеры или другой род шва.

Табл. 61—66 дают размеры для заклепочных швов, выведенные для фиг. 65—70. При изготовлении паровых котлов следует избегать в швах односторонних накладок, так как при этом появляются из-за внутреннего избыточного давления, так же как и при швах внахлестку, напряжения на изгиб. Поэтому



Фиг. 71.

$$s' = \frac{9}{8} s.$$

В пароприемниках все же из-за наличия мешалок и т. п. применение в швах односторонних накладок часто неизбежно. Но наилучшим выходом, конечно, здесь является сварка.

В табл. 61—66 размер заклепки δ дан с интервалом через каждые 2 мм, причем, как видим, приведены также нечетные диаметры.

После твердого определения рода шва и его измерений следует еще проверить, обеспечено ли необходимое сопротивление скольжению, т. е. взято ли достаточное поперечное сечение заклепки таким образом, чтобы каждый кв. сантиметр его площади воспринимал необходимое сопротивление от общего трения между листами не больше чем k_g кг.

Согласно фиг. 71 в продольных сечениях двух половин кожуха действует сила:

$$P = D \cdot L \cdot p,$$

где: D (см) — диаметр обичайки;

L (см) — длина обичайки;

p (кг/см²) — внутреннее избыточное давление.

P действует на два продольных разреза листа: 1—1 и 2—2. На

Таблица 61

Однорядные швы внахлестку или с односторонней накладкой

s мм	s' мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	a^1 мм	w_t кг	φ
7, 8	8, 9	15	1,76	38	23	46	1232	0,61
9, 10	10, 11	17	2,26	42	26	52	1582	0,60
11, 12	13, 14	19	2,83	46	29	58	1981	0,59
13, 14	15, 16	21	3,46	50	32	64	2422	0,58
15, 16	17, 18	23	4,15	54	35	70	2905	0,57
17, 18	19, 20	25	4,90	58	38	76	3430	0,57
19, 20	22, 23	27	5,72	62	41	82	4004	0,56

Таблица 62

Двухрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой

s мм	s' мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	a' мм	u_2 мм	w_t кг	φ
8, 9, 10	9, 10, 11	17	2,26	59	26	35	87	2938	0,71
11, 12	13, 14	19	2,83	64	29	38	96	3679	0,70
13, 14	15, 16	21	3,46	70	32	42	106	4498	0,70
15, 16	17, 18	23	4,15	75	35	45	115	5395	0,70
17, 18	19, 20	25	4,90	80	38	48	124	6370	0,69
19, 20	22, 23	27	5,72	85	41	52	132	7436	0,69
21, 22, 23	24, 25, 26	29	6,60	90	44	55	143	8580	0,68
24, 25, 26	27, 28, 29	31	7,54	96	47	58	152	9802	0,68

Таблица 63

Трехрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой

s мм	s' мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	a' мм	u^3 мм	w_t кг	φ
14, 15	16, 17	23	4,15	91	35	45	160	7 470	0,74
16, 17, 18	18, 19, 20	25	4,90	97	38	48	172	8 820	0,74
19, 20	22, 23	27	5,72	103	41	51	184	10 296	0,73
21, 22, 23	24, 25, 26	29	6,60	109	44	54	196	11 880	0,73
24, 25, 26	27, 28, 29	31	7,54	115	47	57	208	13 572	0,73
27, 28, 29	30, 32, 33	33	8,55	121	50	60	220	15 390	0,73
30, 31, 32	34, 35, 36	35	9,62	128	53	63	232	17 316	0,72

Размер u (табл. 61—63) относится только к швам внахлестку. При односторонних накладках в заклепочных швах берут в качестве ширины накладок:

для u^1 : $b = 4a = 2u$;

для u^2 : $b = 2(a + a' + 0,9a) = 3,8a + 2a'$ (фиг. 69);

для u^3 : $b = 2(a + 2a' + 0,9a) = 3,8a + 4a'$ (фиг. 70).

Таблица 64

Однорядные швы с двумя накладками

s мм	s' мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	b мм	w_t кг	φ
7, 8, 9	5, 6, 6	15	1,76	49	23	92	2112	0,70
10, 11	7, 8	17	2,26	54	26	101	2712	0,69
12	8	19	2,83	59	29	116	3396	0,68
13, 14	9, 10	21	3,46	65	32	128	4152	0,68
15, 16, 17	10, 11, 12	23	4,15	70	35	140	4980	0,67
18, 19	12, 13	25	4,90	75	38	152	5880	0,67
20, 21, 22	14, 14, 15	27	5,72	80	41	164	6864	0,66

Таблица 65

Двухрядные швы с двумя накладками

s мм	s' мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	a' мм	b мм	w_t кг	φ
13, 14, 15	9, 10, 10	21	3,46	88	32	44	210	7 958	0,76
16, 17, 18	11, 12, 12	23	4,15	95	35	47	227	9 545	0,76
19, 20	13, 14	25	4,90	102	38	51	246	11 270	0,76
21, 22, 23	14, 15, 16	27	5,72	109	41	54	263	13 156	0,75
24, 25, 26	16, 17, 18	29	6,60	116	44	58	282	15 180	0,75
27, 28, 29	18, 19, 20	31	7,54	123	47	61	299	17 342	0,75

Таблица 66

Трехрядные швы с двумя накладками

s мм	s' мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	a' мм	b мм	w_t в кг		φ
								1	2	
20, 21, 22	16, 17, 18	25	4,90	170	38	64	400	24 255	26 950	0,85
23, 24	18, 19	27	5,72	182	41	69	432	28 314	31 460	0,85
25, 26, 27	20, 21, 22	29	6,60	191	44	74	463	32 670	36 300	0,85
28, 29, 30	22, 23, 24	31	7,54	206	47	78	491	37 323	41 470	0,85
31, 32, 33	25, 26, 26	33	8,55	218	50	82	518	42 322	47 025	0,85
34, 35, 36	27, 28, 29	35	9,62	230	53	86	545	47 619	52 910	0,85

¹ Относится к полной ширине накладки по фиг. 70 внизу; для случая по фиг. 70 сверху берется для наружной накладки: $b = 3,8a + 2a'$.

² Графа 1 относится к верхней половине фиг. 70 с $n = 9$, графа 2 относится к нижней половине фиг. 70 с $n = 10$.

один разрез, или на один продольный шов, падает, таким образом:

$$\frac{1}{2} P = \frac{1}{2} D \cdot L \cdot p,$$

а на один шаг t приходится сила:

$$P = \frac{D \cdot t \cdot p}{2}. \quad (21)$$

Так как в каждом шаге n поперечных сечений заклепок принимают эту силу P , то на каждую заклепку приходится $\frac{1}{n}$ часть силы P ; и так как каждая заклепка имеет площадь поперечного сечения $q = \frac{\pi \cdot \delta^2}{4}$, то на каждый кв. сантиметр поперечного сечения приходится q -я часть от $\frac{1}{n} \cdot P$. От каждого необходимого общего сопротивления скольжению падает, таким образом, на 1 см² поперечного сечения заклепки:

$$\frac{D \cdot t \cdot p}{2n \cdot q} = \frac{D \cdot t \cdot p}{2n \cdot \frac{\pi \cdot \delta^2}{4}}.$$

Это частное должно быть не больше k_G .

Для того чтобы в каждом отдельном случае не приходилось вычислять эти величины k_G , действующие в шве, в табл. 61—66 для каждого рода шва и каждого δ , t и т. д. дано значение w_t . Последнее показывает сопротивление скольжению каждого шага t , которое соответствует указанной нагрузке k_G . В табл. 66 w_t в графе 1 относится к случаю, когда наружная накладка заклепана только двумя рядами ($n=9$), а в графе 2 относится к накладкам, заклепанным с двух сторон тремя рядами ($n=10$).

Таким образом остается только определить силу P и сравнить ее с указанными в таблицах w_t . Из табл. 66 можно легко установить, нужно ли наружную ширину накладки сделать равной внутренней. Если шов не совпадает с тем, что дано в табл. 61—66 (например, пусть взят больший размер δ при неизменном t для получения большего w_t), то в таких случаях необходима проверка

числа
$$\frac{D \cdot t \cdot p}{2 \cdot n \cdot q}.$$

Практически для надежности клепки в смысле сопротивления скольжению при заводском исполнении обязательно требуется, чтобы клепящее давление было прекращено не ранее, чем заклепка успеет охладиться, дабы последняя не могла более заметно удлиняться.

Пример 1. Имеется пароприемник с диаметром в свету $D = 1300$ мм для избыточного давления 6 ат; клепка — машинная. Для однорядного продольного шва внахлестку толщина листа по формуле (1) будет:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot K_z \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{130 \cdot 6 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,56} + 0,1 = 0,97 \approx 1 \text{ см} = 10 \text{ мм}.$$

По табл. 61 при $s = 10$ мм получаются:

$\delta = 17$ мм; $t = 42$ мм; $\varphi = 0,60$ (более благоприятный, чем взятый нами).

Далее, на каждый шаг приходится нагрузка:

$$P = \frac{D \cdot t \cdot p}{2} = \frac{130 \cdot 42 \cdot 6}{2} = 1638 \text{ кг},$$

т. е. больше w_t (1582 кг).

Таким образом P слишком высоко. Кроме уже введенной в расчетную формулу прибавки на ржавление в 0,1 см, сделаем еще дальнейшую прибавку такой же величины против воздействия на стенку загрузки сосуда.

Тогда $s = 11$ мм и, таким образом, согласно табл. 61:

$\delta = 19$ мм; $t = 46$ мм; $\varphi = 0,59$ (также благоприятное).

Отсюда вытекает, что

$$P = \frac{D \cdot t \cdot p}{2} = \frac{130 \cdot 46 \cdot 6}{2} = 1794 \text{ кг},$$

т. е. меньше w_t (1981 кг).

Таким образом путем увеличения толщины листа достигнуто одновременно и достаточное $w_t > P$. Кроме того, мы видим, что достаточен однорядный шов внахлестку.

Пример 2. Имеем тот же пароприемник, но для 12 ат избыточного давления; клепка — машинная.

Для однорядного продольного шва внахлестку по формуле (1) получаются:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot K_z \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{130 \cdot 12 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,56} + 0,1 = 1,84 \text{ см} \approx 19 \text{ мм};$$

$\delta = 27$ мм; $t = 62$ мм; $\varphi = 0,56$ (как предположено);

$$P = \frac{D \cdot t \cdot p}{2} = \frac{130 \cdot 62 \cdot 12}{2} = 4836 \text{ кг},$$

т. е. больше w_t (4004 кг).

Для двухрядного шва внахлестку получаются:

$$s = \frac{130 \cdot 12 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,70} + 0,1 = 1,5 \text{ см} = 15 \text{ мм};$$

$\delta = 23$ мм; $t = 75$ мм; $\varphi = 0,70$ (как принято);

$$P = \frac{130 \cdot 75 \cdot 12}{2} = 5850 \text{ кг},$$

т. е. больше w_t (5395 кг).

Для трехрядного шва внахлестку получаются:

$$s = \frac{130 \cdot 12 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,75} + 0,1 = 1,4 \text{ см} = 14 \text{ мм};$$

$\delta = 23$ мм; $t = 91$ мм; $\varphi = 0,74$ (в достаточной степени соответствует предположенному);

$$P = \frac{130 \cdot 91 \cdot 12}{2} = 7098 \text{ кг},$$

т. е. меньше w_t (7470 кг).

Пароприемник должен, таким образом, иметь трехрядный шов. Благодаря такой замене однорядного шва трехрядным берегаются 5 мм в толщине листа.

Пример 3. Горизонтальный пароприемник с диаметром $D = 800$ мм и для избыточного внутреннего давления, равного 6 ат, снабжен до половины паровой рубашкой длиной $L = 1$ м, в которой действует избыточное давление в 6 ат. Это избыточное давление действует, когда внутри преобладает атмосферное давление.

Из-за мешалки продольный шов, если он не сварен, должен быть выполнен с односторонней накладкой машинной клепкой.

Внутреннее давление будет требовать по формуле (1):

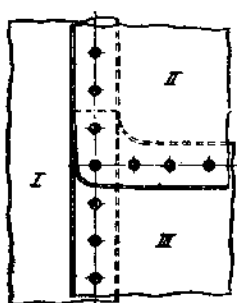
$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot K_z \cdot \varphi} + 0,1 = \frac{80 \cdot 6 \cdot 4,5}{2 \cdot 3600 \cdot 0,56} + 0,1 = 0,535 \text{ см.}$$

Напротив, наружное давление требует по формуле (2):

$$s = \frac{p \cdot D}{2400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \cdot \frac{L}{L + D}} \right) + 0,2 =$$

$$= \frac{6 \cdot 80}{2400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{100}{6} \cdot \frac{100}{100 + 80}} \right) + 0,2 = 1,04 \text{ см} \approx 11 \text{ мм.}$$

Продольный шов половины кожуха, лежащей вне паровой рубашки, будет таким образом, нагружен только внутренним избыточным давлением. Избирают $s' = s$, так как s уже вдвое толще, чем это требуется при внутреннем давлении. Поэтому не может быть никаких сомнений и относительно помещения внутри потайной заклепки.



Фиг. 72.



Фиг. 73.

По табл. 61 при $s = 11 \text{ мм}$ имеем:

$$\delta = 19 \text{ мм}; \quad t = 46 \text{ мм.}$$

Далее, получается:

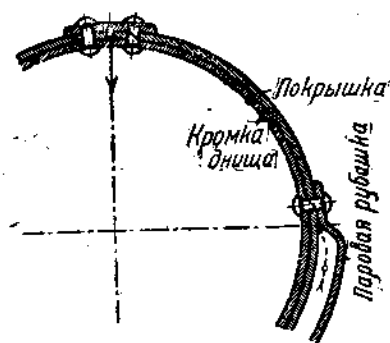
$$P = \frac{D \cdot t \cdot p}{2} = \frac{80 \cdot 4,6 \cdot 6}{2} = 1104 \text{ кг,}$$

т. е. меньше w_t (1981 кг).

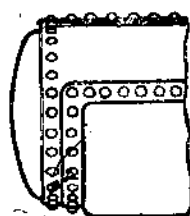
Необходимо также обращать внимание на правильное расположение швов. В местах, где сталкиваются три листа, как на фиг. 72, угол одного из них (III) оттягивается и притом до середины следующего шага. Сопряжения четырех листов необходимо избегать; продольные швы следует передвигать соответствующим образом. При такой встрече трех листов у швов с накладками оттягивается продольная из них и притом целиком под всю поперечную накладку.

Совмещение круглого шва паровой рубашки с круглым швом днища (фиг. 73) требует сварки продольного шва внутреннего кожуха, так как при подобном накладывании этих частей (фиг. 74) пар может проникнуть из паровой рубашки во внутреннее пространство пароприемника по пути, показанному пунктиром. Поэтому необходимо оба шва помещать так друг около друга, как это показано на фиг. 75.

Двойные днища, составленные из штампованных, т. е. изготовленных машинным способом, котельных днищ, выполняются таким образом, что между двумя прямыми бортами их вклепывается кольцо a (фиг. 76). Это всегда хорошо удается выполнить,



Фиг. 74.



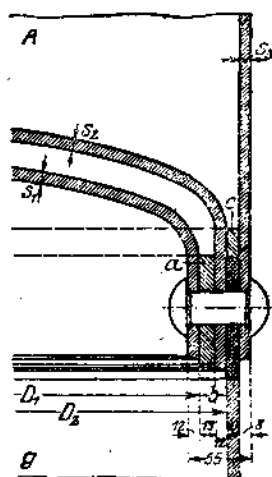
Фиг. 75.

так как в этом случае берутся, конечно, днища с различающимися друг от друга диаметрами на 50 мм, т. е. $D_2 - D_1 = 50$ мм; $b = 25$ мм. Толщина кольца $a = b - s_2$ (в данном случае 13 мм).

Если мы вынуждены приспособить такого рода двойное днище под какой-нибудь сосуд, загрузочное пространство A которого лежит на выпуклой стороне днища, то должно быть вставлено еще кольцо c , так как иначе шов между днищем s_2 и обычной s_3 не сможет быть зачеканен. При этом кольцо c делается не толще, чем это требуется как раз для того, чтобы его хватило для подчеканки, ибо чем больше конструктивных деталей, и особенно корпусных колец, требующих склепки, тем труднее выполнение шва. Таких скоплений соединяемых деталей следует вообще, конечно, избегать.

Если же загрузочное пространство B лежит на вогнутой стороне днища (фиг. 76 в перевернутом виде с пунктирными линиями), то тогда все края подчеканиваются на вогнутой стороне днища; кольцо c отпадает.

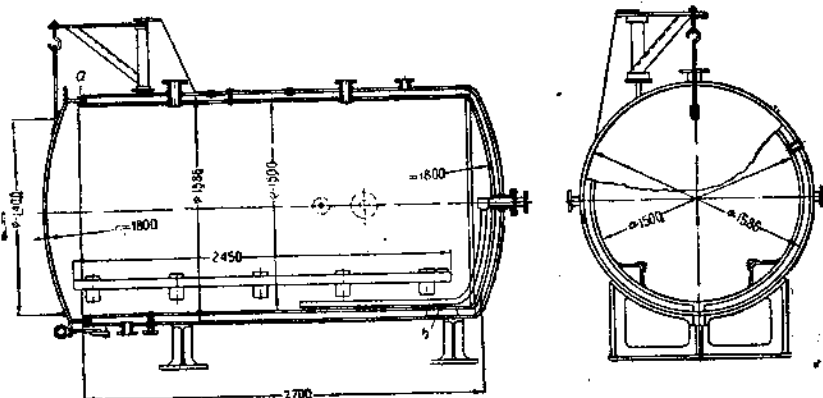
Точно так же жесткими скреплениями снабжены внутренняя стенка и наружная паровая рубашка корпуса с днищами, целиком сваренного электричеством железного аппарата (стерилизатора), изображенного на фиг. 77. Здесь назначение жестких скреплений выполняют кольцо a и четыре подкладки b . Примерный рабочий чертеж и расположение последних даны на фиг. 78, где две под-



Фиг. 76.

кладки—внизу и по одной—по бокам. Пробное давление внутри аппарата и в паровой рубашке его равно 6 ат.

Слишком длинные заклепки могут в некоторых случаях обрываться при охлаждении. Как правило, следует считать, что сумма всех совместно склепанных частей не должна быть больше 4 δ .



Фиг. 77.

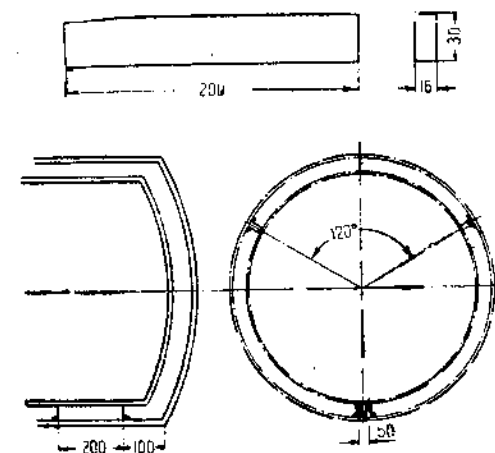
Для указанных на фиг. 76 днищ, когда их толщины $s_1 = s_2 = 12$ мм, заклепка должна быть с $\delta = 19$ мм.

Все склепанные части во взятом примере должны быть толщиной 55 мм и, таким образом, равны приблизительно 3 δ ; следовательно, достаточно было бы, согласно указанному выше правилу, чтобы $\delta = 19$ мм. Предпочтительнее все же взять как склепываемую расчетную толщину листа для определения δ примерно равной:

$$\frac{1}{2}(s_1 + s_2 + s_3) = \frac{32}{2} = 16 \text{ мм},$$

которой и соответствует $\delta = 23$ мм (тогда $55 \approx 2,4\delta$); на этом размере $\delta = 23$ мм, который округляем по ОСТ до 22 мм, и следует остановиться.

Если речь идет о пароприемнике, у которого, например, в двойном корпусе или двойном днище имеется рабочее давление около 6 ат, а в грузочном пространстве около 4 ат,



Фиг. 78.

то не следует в таких случаях при расчетах на прочность принимать во внимание разность как нагрузку. (Так, для фиг. 76 днище s_2 не для $6 - 4 = 2$ кг/см².) Так как может случиться, что одно пространство будет находиться под полным рабочим давлением, а другое —

под атмосферным давлением, то следует разделяющую стенку рассчитывать отдельно на каждое давление и брать ее таким образом, чтобы она допускала более неблагоприятную одностороннюю нагрузку.

Прочные заклепочные соединения в аппаратостроении встречаются во вспомогательных устройствах из железных (стальных) конструкций. В таких случаях диаметр заклепки избирается:

$$\delta = s + 1,0 \text{ см},$$

где s — толщина листа, простенка, полки уголка и т. д.

Если, далее, обозначить через:

P (кг) — действующую силу,

b (см) — требуемую ширину поперечного сечения,

x — требуемое число заклепок,

q (см²) — поперечное сечение заклепки,

n — число срезаемых поверхностей (при односрезном заклепочном шве $n=1$, при двухсрезном шве $n=2$),

k_s (кг/см²) — допускаемое напряжение растяжения,

k_s (кг/см²) — допускаемое напряжение на срез,

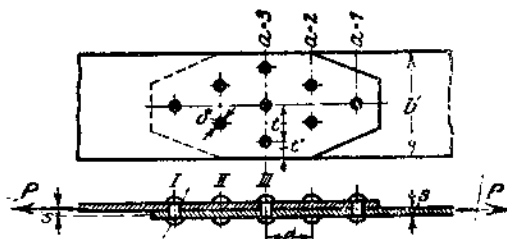
k (кг/см²) — допускаемое напряжение на смятие дыры (давление на проекцию стенки заклепочной дыры),

то из условия: $P = b \cdot s \cdot k_s$, принимая во внимание ослабления от заклепочных дыр (число таковых равно a в каждом ряду заклепок, как-то: I, II и т. д. на фиг. 79), получается:

$$b' = \frac{P}{s \cdot k_s} + a \cdot \delta.$$

Требуемое число заклепок:

$$x = \frac{P}{q \cdot n \cdot k_s}$$



Фиг. 79.

и фактическое давление смятия в дырах:

$$p = \frac{P}{s \cdot \delta \cdot x}.$$

Должно быть

$$p \leq k.$$

Наивысшее допускаемое напряжение растяжения:

$$k_s = 1200 \text{ кг/см}^2;$$

наивысшее допускаемое напряжение на срез:

$$k_s = 1000 \text{ кг/см}^2;$$

наивысшее допускаемое давление смятия в дыре:

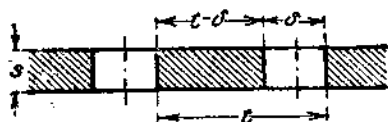
$$k = 2k_s = 2000 \text{ кг/см}^2.$$

В практике различают большей частью эти значения весьма ощутительно.

Избирают приблизительно: шаг заклепок t — от 3 до 4δ , где расстояние от края t' — от 1,5 до 2δ , расстояние между рядами заклепок — от 1,5 до $2t$; распределяют заклепки согласно фиг. 79 или подобным образом; ширина полосы или пластины делается соответственно суженной. Напряжений на изгиб в заклепочных швах (момент $P \cdot s$ по фиг. 79) избегают благодаря применению двойных накладок.

2. ЗАКЛЕПОЧНЫЕ ШВЫ С ПОСТОЯННЫМ КОЭФИЦИЕНТОМ ПРОЧНОСТИ ϕ

Установленные Бахом основные законы и формулы для расчета отдельных размеров заклепочных соединений в первоначальном своем виде строились на условиях срезывания заклепок, при которых, по мере возможности, должно быть соблюдено следующее:



фиг. 80.

прочность заклепки на срез равна прочности поперечного сечения листа между двумя заклепками на разрыв.

Если взять как наивысшие допускаемые нагрузки: $k_N = 700 \text{ кг/см}^2$ для заклепок на срез и $k_B = 800 \text{ кг/см}^2$ для листа на растяжение, то

при односрезных швах поперечное сечение листа равно $7/8$ поперечного сечения заклепки. Если взять $t = x \cdot \delta$ (фиг. 80), то получится:

$$t = x \cdot \delta + \delta = \delta(x + 1);$$

из равенства $(\delta \cdot x) s \cdot k_B = \frac{\pi \cdot \delta^2}{4} \cdot k_N$ получается:

$$x \approx 0,7 \frac{\delta}{s}.$$

Таким образом

$$t = \left(0,7 \cdot \frac{\delta}{s} + 1 \right) \delta.$$

Эти шаги будут в общем слишком малы. Бах добился в своих формулах более благоприятных результатов, например для однорядных швов внахлестку, где $t = 2\delta + 0,8 \text{ см}$. Табл. 67 дает шаги для s равного от 3 до 20 мм в графах 3—5 по формуле на срез и в графах 6—8 по формуле Баха.

В графе 4 коэффициент прочности ϕ снижается до 0,5, в то время как в графе 7 — только до 0,562. Отношения $\frac{t}{s}$ в графе 5 лежат между 13 и 2,8 а в графе 8 — между 10 и 3,2. Значения t и ϕ в графах 6 и 7 соответствуют гораздо лучше практическим требованиям, чем эти же данные в графах 3 и 4.

Таблица 67

Сравнение шагов для однорядного шва внахлестку

Толщина листа s мм	Диаметр заклепки δ мм	$t = \left(0,7 \cdot \frac{\delta}{s} + 1\right) \delta$			$t = 2\delta + 0,8$			$t = 2,5 \delta$		
		t мм	φ	$\frac{t}{s}$	t мм	φ	$\frac{t}{s}$	t мм	φ	$\frac{t}{s}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	11	39	0,718	13,00	30	0,634	10,00	27,5	0,60	9,16
4	12	37	0,676	9,25	32	0,625	8,00	30	0,60	7,50
5	13	37	0,649	7,40	34	0,618	6,80	32,5	0,60	6,50
6	14	37	0,622	6,17	36	0,612	6,00	35	0,60	5,83
7	15	38	0,606	5,43	38	0,606	5,43	37,5	0,60	5,36
8	16	39	0,591	4,87	40	0,601	5,00	40	0,60	5,00
9	17	40	0,575	4,44	42	0,595	4,67	42,5	0,60	4,73
10	18	41	0,562	4,10	44	0,591	4,40	45	0,60	4,50
11	19	42	0,548	3,82	46	0,587	4,18	47,5	0,60	4,32
12	20	44	0,546	3,67	48	0,583	4,00	50	0,60	4,16
13	21	45	0,534	3,46	50	0,580	3,85	52,5	0,60	4,03
14	22	47	0,532	3,36	52	0,577	3,71	55	0,60	3,93
15	23	48	0,522	3,20	54	0,574	3,60	57,5	0,60	3,83
16	24	50	0,520	3,13	56	0,572	3,50	60	0,60	3,75
17	25	51	0,510	3,00	58	0,569	3,41	62,5	0,60	3,68
18	26	53	0,510	2,94	60	0,566	3,33	65	0,60	3,61
19	27	54	0,500	2,84	62	0,564	3,26	67,5	0,60	3,55
20	28	56	0,500	2,80	64	0,562	3,20	70	0,60	3,50

Можно, однако, сделать все измерения шва и соотношения между t и δ более простыми и благоприятными, если φ принять величиной постоянной, т. е.

$$\varphi = \text{const.}$$

Коэффициент φ в однорядных швах внахлестку у пароприемников для листов железа (стали), начиная с толщины 7 мм и больше, колеблется между 0,61 и 0,56. Для этого рода шва можно считать постоянным коэффициентом $\varphi = 0,6$. Тогда получается:

$$\varphi = \frac{t - \delta}{t} = 0,6$$

и шаг

$$t = 2,5\delta.$$

Таким образом и подсчитаны графы от 9 до 11 в табл. 67. Отношения $\frac{t}{s}$ в графе 11 растут при таких условиях только до 9,16 и падают до 3,5. Другими словами, швы одного и того же рода делаются при постоянном φ более закономерными. При $s = 4$ мм отношение $\frac{t}{s} = 7,5$, т. е. $t < 8 \cdot s$. Так как необходимым условием для возможности чеканки должно быть $t \leq 8 \cdot s$, то в швах, размеры которых отпечатаны в табл. 67 курсивом, чеканка не может быть произведена (листы с толщиной менее 5 мм).

Как у однорядных швов внахлестку, так и у других швов можно коэффициент прочности φ сделать постоянным. Ниже предложены соответствующие формулы.

Швы внахлестку и с одной простой накладкой с постоянным φ :

однорядные заклепочные швы	$t = 2,5\delta$; $\varphi = 0,60$	} $\delta = s + 0,8$
двухрядные " "	$t = 3\delta$; $\varphi = 0,667$	
трехрядные " "	$t = 4\delta$; $\varphi = 0,75$	

Швы с двойными накладками с постоянными φ :

однорядные заклепочные швы	$t = 3\delta$; $\varphi = 0,667$	$\delta = s + 0,7$
двухрядные " "	$t = 4\delta$; $\varphi = 0,75$	$\delta = s + 0,6$
трехрядные " "	$t = 7\delta$; $\varphi = 0,857$	} $\delta = s + 0,5$
четырёхрядные " "	$t = 10\delta$; $\varphi = 0,90$	

Табл. 68 дает сравнительный обзор между значениями для продольного шва по Баху и по вышеуказанным формулам. Цифры эти относятся к пароприемнику литой стали (железа) с диаметром 3000 мм, при внутреннем избыточном давлении 10 кг/см², $k_s = 3600$ кг/см² и $\sigma = 4,5$. Результаты в обоих случаях одинаковы: трехрядный шов с двумя накладками ($n = 10$) необходим.

При $\varphi = \text{const}$ при нахождении значений шва требуется шов с большим числом рядов несколько ранее, чем это было до сих пор. Таким образом нет никакой ошибки в том, чтобы ради хорошей плотности шва, в тех случаях когда полученные результаты близки к предельным, избирать более сильный шов, чем найденный по расчету. Это и рекомендуется в таких случаях делать. Если при $\varphi = \text{const}$ не округлять t (вниз), то последующая проверка значения φ и выбор новых s , t и δ никогда не явятся необходимыми из-за боязни некоторого отступления φ от заранее принятых его значений. Вообще конструкцию гораздо легче ориентироваться в коэффициентах прочности швов, когда каждому роду шва соответствует неизменяющийся φ .

Определение коэффициента прочности, понятно, одинаково, — будет ли таковой постоянен или нет. При многорядных швах вначале на φ для внутренних рядов заклепок (для расчета s) внимания не обращают. Основанием для этого служит φ наружного ряда (I по фиг. 81); у внутренних же рядов этот коэффициент φ все же определяют для того, чтобы знать, в каком заклепочном ряду лист сильнее всего нагружен (ср. со стр. 136).

Таким образом при $P = \frac{D \cdot t \cdot p}{2}$ получаем:

$$\sigma = \frac{P}{s \cdot t},$$

т. е. удельную нагрузку цельного листа. Для вышеприведенного примера, согласно последней графе табл. 68, получается:

$$\sigma = \frac{29400}{2,3 \cdot 19,6} = 653 \text{ кг.}$$

Если принять, что вся сила P действует на уменьшенное закле-

Таблица 68

Сравнительные данные для продольного заклепочного шва пароприемника с диаметром $D = 3000$ мм и $p = 10$ атм

Измерения	Заклепочные швы анамнесту и с односторонней накладкой						Заклепочные швы с двумя накладками					
	По Баху			С $\varphi = \text{const}$			По Баху			С $\varphi = \text{const}$		
	одно-	двух-	трех-	одно-	двух-	трех-	одно-	двух-	трех-	одно-	двух-	трех-
	рядный шов			рядный шов			рядный шов			рядный шов		
s_1	3,5	2,8	2,6	3,3	2,9	2,6	2,9	2,6	2,3	2,9	2,6	2,3
δ_1	4,3	3,6	3,4	4,1	3,7	3,4	3,6	3,2	2,8	3,6	3,2	2,8
t_1	9,40	10,90	12,40	10,45	11,10	13,6	10,36	12,7	18,8	10,8	12,8	19,6
φ_1	0,542	0,67	0,726	0,60	0,667	0,75	0,652	0,749	0,85	0,667	0,75	0,857
φ_a	0,56	0,70	0,75	0,60	0,667	0,75	0,67	0,75	0,85	0,667	0,75	0,857
s_2	3,6	2,9	2,7	—	—	—	3,0	—	—	—	—	—
δ_2	4,4	3,7	3,5	—	—	—	3,7	—	—	—	—	—
t_2	9,6	11,12	12,7	—	—	—	10,62	—	—	—	—	—
φ_2	0,542	0,667	0,724	—	—	—	0,651	—	—	—	—	—
P	14 400	16 680	19 050	15 675	16 650	20 400	15 930	19 050	28 200	16 200	19 200	23 400
τ_N	947	776	660	1 188	774	750	741	594	459	797	598	479
k_G	600—700	550—650	500—600	600—700	550—650	500—600	500—600	475—575	450—550	500—600	475—575	450—550
n	1	2	3	1	2	3	2	4	10	2	4	4

$\varphi_1 = \frac{t_1 - \delta_1}{t_1}$; φ_a — при расчете δ_1 и заранее взятом φ ; $\varphi_2 = \frac{t_2 - \delta_2}{t_2}$; P — сила, приходящаяся на один шаг $\frac{D \cdot p \cdot t}{2}$; τ_N — сопротивление скользящему, рассматриваемое как нагрузка каждого кв. сантиметра поперечного сечения заклепки, равная $\frac{P}{n \cdot q}$ кг; k_G — допускаемое удельное сопротивление скользящему в кг.

почной дырой поперечное сечение, то в ряду *I* лист будет нагружен:

$$\sigma_I = \frac{P}{s(t-\delta)};$$

в нашем примере нагрузка равна 761 кг/см^2 .

Таким образом получается:

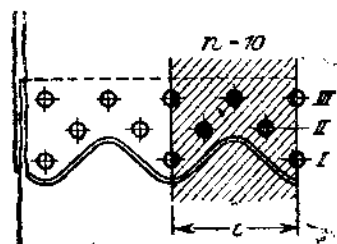
$$\varphi_I = \frac{\sigma}{\sigma_I} \left(= \frac{t-\delta}{t} \right) = \frac{653}{761} = 0,857;$$

этот φ и кладется в основание расчета толщины s . Если принять, что и в ряду *II* вся сила P распространяется на уменьшенное поперечное сечение листа, то получится:

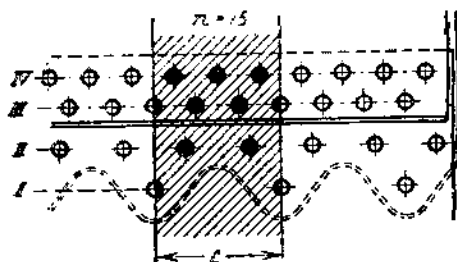
$$\sigma_{II} = \frac{P}{s(t-2\delta)},$$

в нашем примере нагрузка равна 913 кг/см^2 и

$$\varphi_{II} = \frac{\sigma}{\sigma_{II}} \left(= \frac{t-2\delta}{t} \right) = \frac{653}{913} = 0,715.$$



Фиг. 81.



Фиг. 82.

Это значение φ_{II} было бы слишком низко; в то время как наивысшее допустимое напряжение $\frac{K_s}{\sigma}$ может быть равно 800 кг/см^2 , значение, полученное в нашем примере, превосходит даже это наибольшее напряжение более чем на 14% . В ряду *III* получается $\sigma_{III} = \sigma_{II}$ и $\varphi_{III} = \varphi_{II}$.

Практически же уменьшенное поперечное сечение листа не воспринимает полной силы P . Благодаря существованию сопротивления скольжению заклепки переносят, в зависимости от их поперечных сечений, некоторую часть силы P .

Для ряда *II*, согласно фиг. 81, предполагаем, что заклепка в ряду *I* нагружена с допустимым удельным напряжением k_g . Тогда, в случае двухсрезной заклепки в ряду *I* нашего примера, получим:

$$P' = P - 2q \cdot 550 = 29\,400 - 2 \cdot 6,15 \cdot 550 = 22\,635 \text{ кг};$$

Допускаемое сопротивление скольжению становится меньше, начиная с внутреннего ряда IV к наружному ряду I, и действительная нагрузка согласно этому должна быть точно так же распределена. Разница между двумя соседними рядами должна быть принята равной приблизительно от 5 до 10% среднего значения. Тогда можно для швов с накладками привести, примерно, следующее:

трехрядный

$$\text{в рядах} \left\{ \begin{array}{l} I: \sigma_N - 5\% \\ II: \sigma_N \\ III: \sigma_N + 5\% \end{array} \right\} \text{ кг/см}^2;$$

четырёхрядный

$$\text{в рядах} \left\{ \begin{array}{l} I: \sigma_N - 10\% \\ II: \sigma_N - 5\% \\ III: \sigma_N + 5\% \\ IV: \sigma_N + 10\% \end{array} \right\} \text{ кг/см}^2.$$

В примере (фиг. 82) получаются, таким образом, для каждой заклепки:

$$\text{в рядах} \left\{ \begin{array}{l} I: \sigma_{NI} = 473 - \frac{473 \cdot 10}{100} = 426 \\ II: \sigma_{NII} = 473 - \frac{473 \cdot 5}{100} = 450 \\ III: \sigma_{NIII} = 473 + \frac{473 \cdot 5}{100} = 496 \\ IV: \sigma_{NIV} = 473 + \frac{473 \cdot 10}{100} = 520 \end{array} \right\} \text{ кг/см}^2,$$

и далее

$$\begin{aligned} P_I &= P - 1q \cdot \sigma_{NI} = 40\,500 - 5,72 \cdot 426 = 38\,063 \text{ кг}, \\ P_{II} &= P - 2q \cdot \sigma_{NII} = 40\,500 - 2 \cdot 5,72 \cdot 450 = 35\,352 \text{ кг}, \\ P_{III} &= P - 2 \cdot 3q \cdot \sigma_{NIII} = 40\,500 - 6 \cdot 5,72 \cdot 496 = 25\,478 \text{ кг}, \\ P_{IV} &= P - 2 \cdot 3q \cdot \sigma_{NIV} = 40\,500 - 6 \cdot 5,72 \cdot 520 = 22\,656 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Удельная нагрузка цельного листа равна:

$$\sigma = \frac{P}{s \cdot t} = \frac{40\,500}{2,2 \cdot 27} = 682 \text{ кг};$$

отсюда получаем:

$$\sigma_I = \frac{P_I}{s \cdot (t - \delta)} = \frac{38\,063}{2,2 \cdot (27 - 2,7)} = 712 \text{ кг/см}^2.$$

$$\varphi_I = \frac{682}{712} = 0,958;$$

$$\sigma_{II} = \frac{P_{II}}{s \cdot (t - 2\delta)} = \frac{35\,352}{2,2 \cdot (27 - 2 \cdot 2,7)} = 744 \text{ кг/см}^2;$$

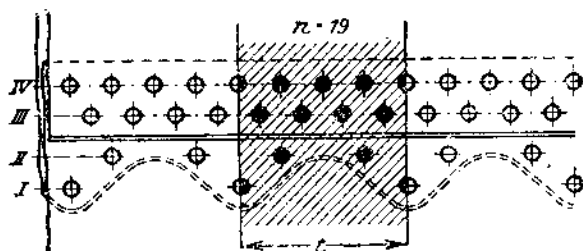
$$\varphi_{II} = \frac{682}{744} = 0,917;$$

$$\sigma_{III} = \frac{P_{III}}{s \cdot (t - 2\delta)} = \frac{25\,478}{2,2 \cdot (27 - 3 \cdot 2,7)} = 613 \text{ кг/см}^2;$$

$$\varphi_{III} = \frac{682}{613} = 1,113;$$

$$\sigma_{IV} = \frac{P_{IV}}{s \cdot (t - 2\delta)} = \frac{22\,656}{2,2 \cdot (27 - 3 \cdot 2,7)} = 545 \text{ кг/см}^2;$$

$$\varphi_{IV} = \frac{682}{545} = 1,251.$$



Фиг. 83.

В ряду II заклепок лист нагружен сильнее всего. При желании уменьшить напряжения заклепок еще более можно было бы выбрать расположение заклепок, согласно фиг. 83, с $n = 19$ или, согласно фиг. 84, с $n = 21$.

При этом находятся для нашего примера:

при $n = 19$ (фиг. 83):

$$\sigma_N = 373 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{NI} = 336 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{NII} = 355 \text{ "}$$

$$\sigma_{NIII} = 392 \text{ "}$$

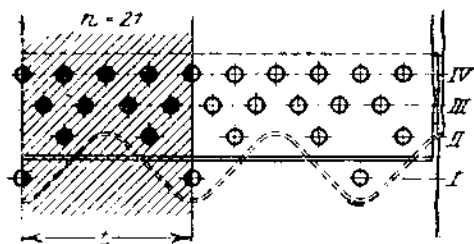
$$\sigma_{NIV} = 411 \text{ "}$$

$$P_I = 38\,518 \text{ кг}$$

$$P_{II} = 36\,438 \text{ "}$$

$$P_{III} = 22\,563 \text{ "}$$

$$P_{IV} = 21\,693 \text{ "}$$



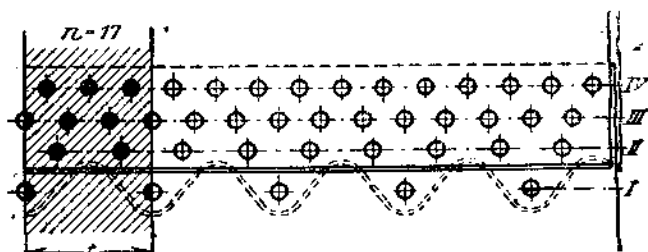
Фиг. 84.

$\sigma_I = 721 \text{ кг/см}^2$	$\varphi_I = 0,946$
$\sigma_{II} = 767 \text{ "}$	$\varphi_{II} = 0,889$
$\sigma_{III} = 679 \text{ "}$	$\varphi_{III} = 1,004$
$\sigma_{IV} = 653 \text{ "}$	$\varphi_{IV} = 1,044$

при $n = 21$ (фиг. 84):

$\sigma_N = 338 \text{ кг/см}^2;$	
$\sigma_{NI} = 305 \text{ кг/см}^2$	$P_I = 38\,755 \text{ кг}$
$\sigma_{NII} = 322 \text{ "}$	$P_{II} = 33\,136 \text{ "}$
$\sigma_{NIII} = 355 \text{ "}$	$P_{III} = 24\,260 \text{ "}$
$\sigma_{NIV} = 372 \text{ "}$	$P_{IV} = 23\,477 \text{ "}$
$\sigma_I = 725 \text{ кг/см}^2$	$\varphi_I = 0,941$
$\sigma_{II} = 698 \text{ "}$	$\varphi_{II} = 0,977$
$\sigma_{III} = 730 \text{ "}$	$\varphi_{III} = 0,934$
$\sigma_{IV} = 706 \text{ "}$	$\varphi_{IV} = 0,966$

С уменьшением нагрузки на заклепки возрастает нагрузка на лист. Напряжение для листа было допущено доходящее до $\frac{K_s}{\sigma} = 800 \text{ кг}$, хотя таковое все же нигде не достигается. Благодаря



Фиг. 85.

этому можно считать все швы достаточно прочно рассчитанными. Однако всегда можно считать напряжения распределенными таким образом, что у внутренних швов они больше, чем у наружных. Но дорогие швы по фиг. 83 и 84 все же не превосходят шва по фиг. 82. Если допустить, что у последнего наружная накладка распространяется также и на ряд II, то получается:

при $n = 17$ (фиг. 85):

$\sigma_N = 417 \text{ кг/см}^2;$	
$\sigma_{NI} = 376 \text{ кг/см}^2$	$P_I = 38\,349 \text{ кг}$
$\sigma_{NII} = 397 \text{ "}$	$P_{II} = 31\,416 \text{ "}$
$\sigma_{NIII} = 438 \text{ "}$	$P_{III} = 25\,468 \text{ "}$
$\sigma_{NIV} = 459 \text{ "}$	$P_{IV} = 24\,747 \text{ "}$
$\sigma_I = 717 \text{ кг/см}^2$	$\varphi_I = 0,951$
$\sigma_{II} = 661 \text{ "}$	$\varphi_{II} = 1,032$
$\sigma_{III} = 673 \text{ "}$	$\varphi_{III} = 1,013$
$\sigma_{IV} = 655 \text{ "}$	$\varphi_{IV} = 1,041$

У шва на фиг. 85 последующая проверка коэффициента прочности φ для всех толщин листов не требуется, когда размеры определены с $\varphi = \text{const}$. При $\varphi = \text{const}$ соотношения изменяются только с изменением n . Из этого примера видно, что увеличение числа заклепок n в каждом шаге t еще не означает, как следствие, увеличения прочности шва.

Если придерживаться условия $\varphi = \text{const}$, то получается возможность делать сравнительный обзор различных комбинаций распределения заклепок.

Следует еще упомянуть, что у заклепочных швов с двумя накладками целесообразно делать равными наружные и внутренние накладки. Каждый раз при чеканке существует опасность повреждения листа вдоль края, подвергающегося чеканке. Поэтому следует избегать по возможности того, чтобы внутренний и наружный чеканенные края лежали друг над другом.

Если φ_I получается больше того значения, которое было взято для расчета s , то можно s пересчитать и уменьшить значение φ . При изготовлении пароприемников это не принято, а для паровых котлов, где приходится часто иметь дело с большими водяными пространствами со значительным влиянием веса, такие перерасчеты имеют место.

При этом поступают так. В формуле:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{2 \cdot K_z \cdot \varphi} + 0,1$$

большой частью φ заменяют $\frac{t - \delta}{t}$; тогда

$$s = \frac{\frac{D \cdot p \cdot t}{2}}{\frac{K_z}{\sigma} \cdot (t - \delta)} + 0,1 = \frac{P}{\frac{K_z}{\sigma} \cdot (t - \delta)} + 0,1,$$

куда затем вместо P вставляют P_I .

Коэффициент прочности φ_x любого ряда шва может быть найден непосредственно, без предварительного определения σ , т. е.

$$\varphi_x = \left(\frac{P}{P_x} \right) \left(\frac{t - v \cdot \delta}{t} \right).$$

Табл. 69—74 дают размеры для стальных (железных) заклепочных швов от одно- до трехрядных с $\varphi = \text{const}$.

Если зажимающая длина (т. е. общая толщина склепанных вместе кусков), обозначенная через λ , больше двух толщин листа, то рекомендуется часто брать несколько больший диаметр заклепки δ .

На выбор диаметра заклепки шага и других данных способ клепки, как известно, не влияет. Изложенные ниже данные для заклепок по ОСТ относятся к ручной, пневматической и гидравлической клепке с основной полукруглой головкой.

Таблица 69

Однорядные заклепочные швы внахлестку (и с односторонней накладкой) с

$$\varphi = \text{const} = 0,6.$$

$$\delta = s + 0,8 \text{ см}; \quad t = 2,5\delta; \quad u = 2a; \quad w_t = 1 \cdot q \cdot 700$$

s мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	u мм	w_t кг
7	15	1,76	37,5	22,5	45	1232
8	16	2,01	40	24	48	1407
9	17	2,26	42,5	25,5	51	1582
10	18	2,54	45	27	54	1778
11	19	2,84	47,5	28,5	57	1981
12	20	3,14	50	30	60	2198
13	21	3,46	52,5	31,5	63	2428
14	22	3,80	55	33	66	2660
15	23	4,15	57,5	34,5	69	2905
16	24	4,52	60	37	72	3164
17	25	4,90	62,5	37,5	75	3430
18	26	5,30	65	39	78	3710
19	27	5,72	67,5	40,5	81	4004
20	28	6,15	70	42	84	4305

Таблица 70

Двухрядные заклепочные швы внахлестку (и с односторонней накладкой) с

$$\varphi = \text{const} = 0,667.$$

$$\delta = s + 0,8 \text{ см}; \quad a = 1,5\delta; \quad u = 2a + a';$$

$$t = 3\delta; \quad a' = 0,6t; \quad w_t = 2q \cdot 650$$

s мм	δ мм	q см ²	t мм	a мм	a' мм	u мм	w_t кг
8	16	2,01	48	24	29	77	2 613
9	17	2,26	51	25,5	31	82	2 938
10	18	2,54	54	27	33	87	3 302
11	19	2,83	57	28,5	35	92	3 679
12	20	3,14	60	30	36	96	4 082
13	21	3,46	63	31,5	38	101	4 498
14	22	3,80	66	33	40	106	4 940
15	23	4,15	69	34,5	42	111	5 395
16	24	4,52	72	36	44	116	5 876
17	25	4,90	75	37,5	45	120	6 370
18	26	5,30	78	39	47	125	6 890
19	27	5,72	81	40,5	49	130	7 436
20	28	6,15	84	42	51	135	7 995
21	29	6,60	87	43,5	53	140	8 580
22	30	7,06	90	45	54	144	9 178
23	31	7,54	93	46,5	56	149	9 802
24	32	8,04	96	48	58	154	10 452
25	33	8,55	99	49,5	60	159	11 115
26	34	9,07	102	51	62	164	11 791

Таблица 71

Трехрядные заклепочные швы в нахлестку (и с односторонней накладкой) с

$$\varphi = \text{const} = 0,70.$$

$$\delta = s + 0,8 \text{ см}; \quad a = 1,5\delta; \quad u = 2 \cdot (a + a'); \\ t = 4\delta; \quad a' = 0,5t; \quad w_t = 3 \cdot q \cdot 600$$

s мм	δ мм	q см²	t мм	a мм	a' мм	u мм	w _t кг
16	24	4,52	96	36	48	168	8 138
17	25	4,90	100	37,5	50	175	8 828
18	26	5,30	104	39	52	182	9 580
19	27	5,72	108	40,5	54	189	10 296
20	28	6,15	112	42	56	196	11 070
21	29	6,60	116	43,5	58	203	11 880
22	30	7,06	120	45	60	210	12 708
23	31	7,54	124	46,5	62	217	13 572
24	32	8,04	128	48	64	224	14 472
25	33	8,55	132	49,5	66	231	15 390
26	34	9,07	136	51	68	238	16 326
27	35	9,62	140	52,5	70	245	17 316
28	36	10,17	144	54	72	252	18 306
29	37	10,75	148	55,5	74	259	19 350
30	38	11,34	152	57	76	266	20 412

Таблица 72

Однорядные заклепочные швы с двумя накладками с

$$\varphi = \text{const} = 0,667.$$

$$\delta = s + 0,7 \text{ см}; \quad a = 1,5\delta; \\ t = 3\delta; \quad u = 4a; \quad w_t = 2 \cdot q \cdot 600$$

s мм	δ мм	q см²	t мм	a мм	u мм	w _t кг
9	16	2,01	48	24	96	2412
10	17	2,26	51	25,5	102	2712
11	18	2,54	54	27	108	3048
12	19	2,83	57	28,5	114	3396
13	20	3,14	60	30	120	3768
14	21	3,46	63	31,5	126	4152
15	22	3,80	66	33	132	4560
16	23	4,15	69	34,5	138	4980
17	24	4,52	72	36	144	5424
18	25	4,90	75	37,5	150	5880
19	26	5,30	78	39	156	6360
20	27	5,72	81	40,5	162	6864
21	28	6,15	84	42	168	7380
22	29	6,60	87	43,5	174	7920

Таблица 73

Двухрядные заклепочные швы с двумя накладками с

$$\varphi = \text{const} = 0,75.$$

$$\delta = s + 0,6 \text{ см}; \quad a = 1,5\delta; \quad u = 2 \cdot (1,9a + a')$$

$$t = 4\delta; \quad a' = 0,5t; \quad w_t = 4 \cdot q \cdot 575$$

s мм	δ мм	q см²	t мм	a мм	0,9a мм	a' мм	u мм	w _t кг
13	19	2,83	76	28,5	26	38	185	6 509
14	20	3,14	80	30	27	40	194	7 222
15	21	3,46	84	31,5	29	42	205	7 958
16	22	3,80	88	33	30	44	214	8 740
17	23	4,15	92	34,5	31	46	223	9 545
18	24	4,52	96	36	33	48	234	10 396
19	25	4,90	100	37,5	34	50	243	11 270
20	26	5,30	104	39	36	52	254	12 190
21	27	5,72	108	40,5	37	54	263	13 156
22	28	6,15	112	42	38	56	272	14 145
23	29	6,60	116	43,5	40	58	285	15 180
24	30	7,06	120	45	41	60	292	16 238
25	31	7,54	124	46,5	42	62	301	17 342
26	32	8,04	128	48	44	64	312	18 492
27	33	8,55	132	49,5	45	66	321	19 665
28	34	9,07	136	51	46	68	330	20 861

Таблица 74

Трехрядные заклепочные швы с двумя накладками с

$$\varphi = \text{const} = 0,857.$$

$$\delta = s + 0,5 \text{ см}; \quad a = 1,5\delta; \quad u = 2 \cdot (1,9a + 2a');$$

$$t = 7\delta; \quad a' = \frac{3}{8} t;$$

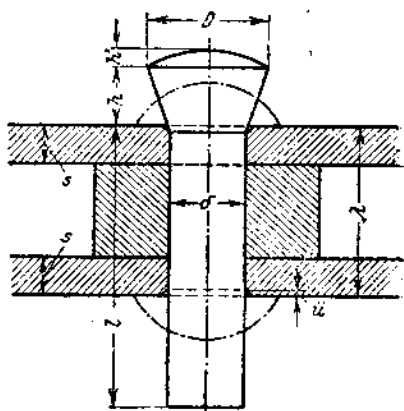
$$w_{t_1} = 12q \cdot 550;$$

$$w_{t_2} = 10q \cdot 550$$

s мм	δ мм	q см²	t мм	a мм	0,9a мм	a' мм	u мм	w _t кг	
								n = 12	n = 10
20	25	4,90	175	37,5	34	66	407	32 340	26 950
21	26	5,30	182	39	36	69	426	34 980	29 150
22	27	5,72	189	40,5	37	71	439	37 752	31 460
23	28	6,15	196	42	38	74	456	40 590	33 825
24	29	6,60	203	43,5	40	77	485	43 560	36 300
25	30	7,06	210	45	41	79	488	46 596	38 830
26	31	7,54	217	46,5	42	82	505	49 767	41 470
27	32	8,04	224	48	44	85	524	53 064	44 220
28	33	8,55	231	49,5	45	87	537	56 430	47 025
29	34	9,07	238	51	46	90	554	59 862	49 885
30	35	9,62	245	52,5	47	92	567	63 492	52 910
31	36	10,17	252	54	49	95	586	67 122	55 935
32	37	10,75	259	55,5	50	98	603	70 950	59 125

Некоторый интерес представляют появившиеся в Германии заклепки со стержнем системы Jöllenbeck-Schuch¹. Клепка таких подробно описана в журнале Chem. App. 1924, S. 121 ff.

На стержне этой заклепки, изображенной на фиг. 86, вместо обыкновенной основной полной головки сидит неполная, которая имеет форму конуса с линзообразной верхушкой. Лишь под давлением поддержки при клепке она принимает форму обыкновенной полукруглой головки. В подобной заклепке системы Schömbach предварительная форма этого стержня представляет собой гладкий кусок заклепочной стали, на котором заклепочная машина выжимает одновременно на обоих концах готовые заклепочные головки. При обыкновенной основной головке, несмотря на предварительную зачистку ее, все же остается большая часть окалины под готовой основной головкой, которая препятствует тесному примыканию заклепки к склепываемому материалу. Стержень заклепки совершенно не нуждается в освобождении его от окалины, так как таковая отскакивает сама в процессе проталкивания стержня в отверстие. При наличии у заклепки основной головки материал заклепки вжимается только с одной стороны в заклепочную дыру, в то время как на основную головку действует исключительно в виде противовеса поддержка. У стержневой же заклепки (без основной головки) стержень подвергается расклепке одновременно с обеих сторон, вследствие чего материал лучше и равномернее течет в заклепочную дыру и заполняет ее более совершенно.



Фиг. 86.

В стержневых заклепках системы Schömbach затрудняется только установка их посредине обжимок, вследствие чего головки часто получаются криво сидящими.

Далее, такие гладкие заклепочные стержни часто передвигаются в осевом направлении, вследствие чего головки получаются различных размеров. Эти недостатки устранены в стержне заклепки системы Jöllenbeck-Schuch: наполовину как бы готовая с линзообразной верхушкой головка заклепки препятствует осевому передвижению, а ее наибольший диаметр D , только несколько меньший такового у готовой круглой головки заклепки, облегчает установку поддержки как раз посредине.

Клепка подобным образом в настоящее время дает такие результаты, благодаря которым, за малым исключением, устраняется необходимость в чеканке, так как и без таковой получается достаточная плотность. Что же касается сопротивления скольжению, то оно достигает больших пределов, чем это было до сих пор.

¹ Г. Гензике, дополнение к Handbuch zum Dampffass und Apparatebau, вышедшее особым изданием позднее.

Клепка заклепками этой системы представляет значительный шаг вперед не только в области котло- и аппаратостроения, но также и для прочных швов, поскольку она и там находит значительное применение.

Не исключается, что в котло- и аппаратостроении для таких заклепок может быть допущено даже некоторое увеличение удельного сопротивления скольжению, поскольку имеющиеся в распоряжении опытные данные позволяют это сделать. Пока же и здесь следует пользоваться при расчетах числами, данными Бахом, для обыкновенных заклепок, и притом рекомендуется — в целях системности при расчетах швов — за основу брать также диаметр сырой заклепки (δ_N).

Размеры таких стержневых заклепок даны в нормах DIN (123, лист 1). По последним данным владельца патента эти размеры, в противоположность ранее сообщенным, несколько изменены.

Табл. 75 дает размеры стержневых заклепок при интервалах между диаметрами заклепок в 1 мм. Цифры для заклепок с нормальными диаметрами (сырых заклепок) отпечатаны курсивом.

Таблица 75

Размеры в мм для стержневых заклепок системы Jöllenbeck-Schuh (фиг. 86)

Диаметр		Высота выпуклости <i>h'</i>	При клепке с раззенкованным углублением		При клепке без раззенкованного углубления	
заклепки δ	головки <i>D</i>		длина стержня <i>l</i>	высота конуса <i>h</i>	длина стержня <i>l</i>	высота конуса <i>h</i>
16	28	2	$\lambda + 28$	15	$\lambda + 26$	13
17	29	2	$\lambda + 29$	16	$\lambda + 27$	14
18	31	2	$\lambda + 30$	17	$\lambda + 28$	15
19	33	2	$\lambda + 31$	17	$\lambda + 29$	15
20	35	3	$\lambda + 32$	18	$\lambda + 30$	16
21	36	3	$\lambda + 34$	19	$\lambda + 32$	17
22	38	3	$\lambda + 35$	20	$\lambda + 33$	18
23	39	3	$\lambda + 36$	21	$\lambda + 34$	19
24	41	3	$\lambda + 37$	21	$\lambda + 35$	19
25	43	3	$\lambda + 38$	22	$\lambda + 36$	20
26	44	4	$\lambda + 39$	22	$\lambda + 37$	20
27	46	4	$\lambda + 40$	23	$\lambda + 38$	21
28	48	4	$\lambda + 41$	23	$\lambda + 39$	21
29	50	4	$\lambda + 42$	24	$\lambda + 40$	22
30	52	5	$\lambda + 43$	24	$\lambda + 41$	22
31	53	5	$\lambda + 44$	25	$\lambda + 42$	23
32	54	5	$\lambda + 45$	26	$\lambda + 43$	24
33	56	5	$\lambda + 46$	26	$\lambda + 44$	24
34	58	5	$\lambda + 47$	27	$\lambda + 45$	25
35	60	5	$\lambda + 48$	27	$\lambda + 46$	25

Размеры раззенкованного углубления для заклепки (см. й, фиг. 86) в месте перехода конуса в стержень, которые прежде рассматривались как ненужные и даже вредные, теперь с полным правом оставлены в соответствующих германских нормах.

3. ЗАКЛЕПКИ ПО ОСТ ДЛЯ КОТЛО И АППАРАТОСТРОЕНИЯ И РАЗМЕРЫ ДЛЯ ЗАКЛЕПОЧНЫХ ШВОВ

Нормы по ОСТ различают диаметры для заклепок сырых и готовых, расклепанных, т. е. поставленных на место, или, другими словами, диаметры дыр под заклепки. Применяющиеся, согласно этим нормам, в котлостроении заклепки имеют сырой диаметр в пределах от 9,5 до 37 мм, а для готовых заклепок, или, другими словами, для дыр под заклепки, эти нормы предусматривают диаметры от 10 до 38 мм.

Размеры диаметров сырых заклепок приближаются к размерам, выраженным в английских дюймах, то совпадая с ними, то незначительно отступая от них, как-то: 9,5; 11,5; 13,5; 16; 19, ... или 10; 12; 14; 17; 20 мм; как видим, градация—вначале через каждые 2, а затем в среднем через каждые 3 мм.

Как известно, расчетный диаметр заклепки находится в определенном соотношении к толщине листа и притом для односторонних заклепочных швов (одно-, двух- и трехрядных внахлестку или с односторонней заклепочной накладкой) определяется либо по формуле Баха:

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ см}, \quad (21a)$$

либо при помощи применяющейся в области котлостроения эмпирической формулы, в зависимости от толщины листа, в следующем виде:

$$\delta = s + 0,8 \text{ см}, \quad (21b)$$

где δ — диаметр заклепки и s — толщина листа; причем все выражается в см.

Округляя толщину листа до целого миллиметра, мы невольно получаем округление и диаметра заклепки также до 1 мм. Точно так же и до нормализации этого вопроса в котло- и аппарато-строении было принято брать ближайший больший округленный диаметр. Чтобы не получался слишком большой запас в заклепках, употребляли либо только заклепки с диаметрами, примерно близкими к четному ряду чисел миллиметров, как-то: 10 мм, 12, 14, ... либо только ряд заклепок с диаметрами приблизительно: 11 мм, 13, 15, ..., благодаря чему могло иметь место либо точное соответствие расчетного диаметра фактическому диаметру заклепки, либо в других случаях такого точного совпадения не было.

Заводы, изготавливающие заклепки, до сих пор выпускали такие всех диаметров с градацией в размерах их приблизительно через каждый миллиметр. При этом для котло-, мосто- и судостроения они, как правило, на складах держали готовые заклепки, которые при переводе их дюймовых размеров в миллиметровые выражались приблизительно диаметрами: 10 мм, 13, 16, 19, 20, ...

При существующей теперь градации через каждые 2 и 3 мм получается, что каждый раз либо один, либо два промежуточных расчетных размера заклепок не будут соответствовать установленным стандартам для заклепок. Для введения в размеры швов, по возможности большей равномерности, следует считать целесообразным установление постоянных диаметров заклепок для каждой

данной толщины листа, мирясь при этом с отклонениями, которые могут быть в отдельных случаях.

На табл. 76 в графе 2 даны диаметры заклепок δ в мм, определенные по формуле (21a) Баха, и в графе 3 — разность $\delta - s$ в см. При этом из последней можно видеть, насколько эти результаты совпадают с теми, которые получаются при пользовании эмпирической формулой (21b). В графе 4 той же таблицы даны диаметры заклепок δ' , обыкновенно применявшиеся до сих пор. Как видим, стоящие в графах 2 и 4 ряды диаметров заклепок почти совпадают, с той лишь разницей, что в графе 4 взяты только четные диаметры и притом расположенные так, что каждый из них имеет соответствующий диаметр δ по Баху, а в графе 5 даны разности $\delta' - s$.

Таблица 76

Диаметры заклепок для односрезных швов, которые существовали до сего времени

Толщина листа s мм	По Баху		Ранее существовавшие		Толщина листа s мм	По Баху		Ранее существовавшие	
	диаметр заклепки δ мм	$\delta - s$ см	диаметр заклепки δ' в переломе в мм	$\delta' - s$ см		диаметр заклепки δ мм	$\delta - s$ см	диаметр заклепки δ' в переломе в мм	$\delta' - s$ см
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	6	0,4	6	0,4	23	30	0,7	30	0,7
3	8	0,5	8	0,5	24	31	0,7	30	0,6
4	10	0,6	10	0,6	25	31	0,6	30	0,5
5	12	0,7	12	0,7	26	32	0,6	32	0,6
6	13	0,7	14	0,8	27	33	0,6	32	0,5
7	15	0,8	14	0,7	28	33	0,5	32	0,4
8	16	0,8	16	0,8	29	34	0,5	34	0,5
9	17	0,8	16	0,7	30	35	0,5	34	0,4
10	18	0,8	18	0,8	31	35	0,4	34	0,3
11	19	0,8	18	0,7	32	36	0,4	36	0,4
12	20	0,8	20	0,8	33	37	0,4	36	0,3
13	21	0,8	20	0,7	34	37	0,3	36	0,2
14	22	0,8	22	0,8	35	38	0,3	38	0,3
15	23	0,8	22	0,7	36	39	0,3	38	0,2
16	24	0,8	24	0,8	37	39	0,2	38	0,1
17	25	0,8	24	0,7	38	40	0,2	40	0,2
18	26	0,8	26	0,8	39	41	0,2	40	0,1
19	27	0,8	26	0,7	40	41	0,1	40	0
20	28	0,8	28	0,8	41	42	0,1	42	0,0
21	28	0,7	28	0,7	42	42	0,0	42	0,1
22	29	0,7	28	0,6	43	43	0,0	42	0,0

Табл. 76 составлена для толщин с максимальным $s = 43$ мм, хотя самые большие толщины листов не имелись в виду для односрезных заклепок. При толщине листа s , равной 42 мм, как видим, и $\delta = 42$ мм, а $\delta - s = 0$. Рекомендуется при толстых листах увеличи-

вать соответственно и диаметры заклепок, для того чтобы одновременно была возможность использования этих заклепок и для заклепочных швов с двойными накладками.

Табл. 77 дает примерно подходящие расчетные диаметры заклепок δ применительно к толщинам листов и разбивку диаметров заклепок по ОСТ. Расчетный диаметр δ в графе 3 для $s \leq 6$ мм дан по формуле (21a) Баха и для $s \geq 7$ мм по эмпирической измененной формуле (21b), имеющий следующий вид:

$$\delta = s + \alpha \text{ см.} \quad (21c)$$

Для α согласно графе 2 можно взять при:

$s = 7-22$ мм	$\alpha = 0,8$ см
$s = 23-28$ "	$\alpha = 0,7$ "
$s = 29-34$ "	$\alpha = 0,6$ "
$s = 35-40$ "	$\alpha = 0,5$ "

Приведенные в графах 4 и 5 диаметры заклепок взяты так, что диаметры сырых, непоставленных заклепок по ОСТ, т. е. δ_N , соответствуют рассчитанным диаметрам δ , как, например, $s = 11$ мм, $\delta = 19$ мм и $\delta_N = 19$ мм. В большинстве случаев одна заклепка по ОСТ соответствует группе примерно трех применяющихся толщин листов. При установлении разбивки диаметр поставленной на место заклепки по ОСТ, т. е. диаметр дыры δ_L , соответствует примерно средней из толщин листов каждой группы, объединяемой одной заклепкой, как, например, для $s = 12$ мм, $\delta = 20$ мм и $\delta_L = 20$ мм.

До сих пор (см. графу 5 табл. 76) для средней толщины листа разность $\delta' - s = 0,8$ и $0,7$ см; теперь же (табл. 77, графа 6) разность $\delta_N - s = 0,8$ либо $0,7$, либо $0,6$ см. Не обращая внимания на некоторое несоответствие между диаметрами заклепок и толщинами листов, а сравнивая только разности $\delta' - s$ и $\delta_N - s$, мы видим, что в каждой группе третьей толщине листа теперь соответствует заклепка на 1 мм слабее, чем было до сих пор, т. е. приблизительно для $\frac{1}{3}$ всех толщин листов в дальнейшем будут применяться заклепки меньшего диаметра.

Диаметры заклепок для двухсрезных заклепочных швов (с двумя накладками) определялись до сих пор следующим образом:

	по Баху	по эмпирической формуле
а) для однорядного шва . . .	$\delta = \sqrt{5s} - 0,5$ см	$\delta = s + 0,7$ см
б) " двухрядного " . . .	$\delta = \sqrt{5s} - 0,6$ "	$\delta = s + 0,6$ "
в) " трехрядного " . . .	$\delta = \sqrt{5s} - 0,7$ "	$\delta = s + 0,5$ "

На этом основании диаметры заклепок для швов с двумя накладками брались соответственно:

для случая а . . .	на 1 мм
" " б . . .	" 2 "
" " в . . .	" 3 "

Таблица 77

Диаметры заклепок по ОСТ для односрезных швов

Толщина листа s мм	Расчетные		Заклепки по ОСТ			
	$\delta - s = a$ см	диаметр заклепки δ мм	диаметр заклепки δ_N мм	диаметр дыры δ_L мм	$\delta_N - s$ см	$\delta_L - s$ см
1	2	3	4	5	6	7
2	0,4	6	—	—	—	—
3	0,5	8	—	—	—	—
4	0,6	10	9,5	10	0,55	0,6
5	0,7	12	11,5	12	0,6	0,65
6	0,7	13	13,5	14	0,7	0,75
7	0,8	15	13,5	14	0,6	0,65
8	0,8	16	16,5	17	0,85	0,90
9	0,8	17	16,5	17	0,75	0,80
10	0,8	18	16,5	17	0,6	0,65
11	0,8	19	19	20	0,8	0,9
12	0,8	20	19	20	0,7	0,8
13	0,8	21	19	20	0,6	0,7
14	0,8	22	22	23	0,8	0,9
15	0,8	23	22	23	0,7	0,8
16	0,8	24	22	23	0,6	0,7
17	0,8	25	25	26	0,8	0,9
18	0,8	26	25	26	0,7	0,8
19	0,8	27	25	26	0,6	0,7
20	0,8	28	28	29	0,8	0,9
21	0,8	29	28	29	0,7	0,8
22	0,8	30	28	29	0,6	0,7
23	0,7	30	28	29	0,5	0,6
24	0,7	31	31	32	0,7	0,8
25	0,7	32	30	32	0,6	0,7
26	0,7	33	30	32	0,5	0,6
27	0,7	34	34	35	0,7	0,8
28	0,7	35	30	35	0,6	0,7
29	0,6	35	30	35	0,5	0,6
30	0,6	36	30	35	0,4	0,5
31	0,6	37	37	38	0,6	0,7
32	0,6	38	37	38	0,5	0,6
33	0,6	39	37	38	0,4	0,5
34	0,6	40	40 ¹	41	0,6	0,7
35	0,5	40	40 ¹	41	0,5	0,6
36	0,5	41	40 ¹	41	0,4	0,5
37	0,5	42	40 ¹	41	0,3	0,4
38	0,5	43	43 ¹	44	0,5	0,6
39	0,5	41	43 ¹	44	0,4	0,5
40	0,5	45	43 ¹	44	0,3	0,4

¹ Этих диаметров в ОСТ нет, так как максимальный диаметр равен 37 мм.

ниже, чем диаметры заклепок для швов внахлестку. Вследствие того что теперь, как нами уже было установлено выше, для $\frac{1}{8}$ толщины листов заклепки берутся диаметрами на 1 мм меньшие, чем до сих пор, то следует указанное уменьшение для случаев a , b и c (у швов с двумя накладками) не применять в полном объеме. Следовало бы считать целесообразным применять для расчета диаметра заклепки при двухсрезах заклепочных швах следующие формулы:

однорядный шов	$\delta_1 = \delta \text{ см}$
двухрядный "	$\delta_2 = \delta - 0,1 \text{ см}$
трехрядный "	$\delta_3 = \delta - 0,2 \text{ "}$

где δ равно расчетному диаметру заклепки шва внахлестку.

Эти расчетные диаметры δ_1 , δ_2 и δ_3 следовало бы использовать также для диаметров по ОСТ, что и сделано в табл. 77 для швов внахлестку.

Четырехрядные заклепочные швы применяются в котло- и аппаратостроении редко, и если таковые понадобятся бы, то диаметры заклепок можно было бы применить такие же, как и для трехрядных швов.

По нормам, например DIN, у заклепочных швов диаметр заклепки должен приниматься по диаметру уже поставленной на место заклепки, т. е. по диаметру дыры под заклепку δ_d , а поэтому, как следствие, удельное сопротивление скольжению должно быть относительно не к поперечному сечению заклепки, а к поперечному сечению дыры. Швы с нормальными заклепками все же должны быть не слабее, чем швы, применявшиеся до сих пор.

Теория Баха относительно сопротивления скольжению исходит как раз из того положения, что поставленная на место заклепка не заполняет полностью дыры. При этом в котельном заклепочном шве дает перевес действующая в осевом направлении остывшей заклепки сила, которая вызывает сцепление стянутых вместе листов, создавая этим самым сопротивление скольжению. Результаты опытов Баха относятся не к диаметру дыры, а к диаметру заклепки. Хотя отступления были бы весьма незначительны, если бы известные до сих пор удельные сопротивления скольжению были пересчитаны на диаметры дыр, но это было бы непоследовательно, так как на основании опытов нет уверенности в том, что такой воображаемый диаметр установленной заклепки существует, на самом деле, и что, возможно, он имеет вообще какой-то неопределенный, неизвестный нам, размер. Поэтому можно считать, что расчет свободен от ошибок, если он ведется, как это делалось до сих пор, по диаметру сырой заклепки.

В правильности же расчета шага по диаметру дыры нет никакого сомнения. Если, с одной стороны, признать правильным, что сопротивление скольжению должно приниматься по диаметру заклепки δ_n и, с другой стороны, что разбивка диаметров заклепок по толщинам листов, согласно табл. 77, приемлема, то в этом случае шаги были бы одинаковы единственно лишь для тех диаметров заклепок по табл. 77, у которых старые и новые диаметры

заклепок по указанной таблице совпадают. Но для простоты следует и шаги также отнести к диаметрам сырых заклепок.

В конце концов расчет шва не есть, собственно говоря, вопрос, связанный с нормализацией заклепки, и конструктор не впадет в большую ошибку, если он в расчетах шва будет придерживаться диаметра сырой заклепки. Благодаря этому отпадает необходимость называть в чертеже и спецификации два различных диаметра, что никак нельзя было бы назвать упрощением. В конце концов остается предоставить конструктору или производству выбирать только диаметр дыр. Нужно только останавливаться на выборе самой разницы между диаметрами каждой дыры и соответствующей заклепки, для того чтобы было по возможности удобнее вставлять горячую заклепку в отверстие, и притом придерживаясь выработанных практикой пределов от 0,5 до 1,5 мм. Оставление одинаковой разницы в 1 мм может оказаться для тонких заклепок чрезмерно большим, так как при этом может иметь место недостаточное заполнение дыры заклепкой, и, наоборот, для очень толстых заклепок она может оказаться слишком малой, так как быстрая установка горячей заклепки может быть в этом случае затруднена.

Будет в конце концов целесообразным остановиться на таком положении, которое сможет оказать влияние на число рядов заклепок по ОСТ.

На табл. 78 и 79 можно видеть обзор примерных случаев для давления пара в 8 кг/см² и для швов, взятых внахлестку. Все шаги для одинакового коэффициента прочности шва φ определяются следующим образом:

- а) для однорядного шва $t = 2,5\delta$ $\varphi = 0,60$
 б) " двухрядного " $t = 3\delta$ $\varphi = 0,667$
 в) " трехрядного " $t = 4\delta$ $\varphi = 0,75$

Указанные шаги не соответствуют целиком принятым до сих пор; это подтверждается нижеследующим сравнением на примере с заклепкой диаметром в 22 мм:
 по Баху:

- а) $t = 2\delta + 0,8 \text{ см} = 2 \cdot 2,2 + 0,8 = 5,2 \text{ см}$
 б) $t = 2,6\delta + 1,5 \text{ " } = 2,6 \cdot 2,2 + 1,5 = 7,22 \text{ "}$
 в) $t = 3\delta + 2,2 \text{ " } = 3 \cdot 2,2 + 2,2 = 8,8 \text{ "}$

с постоянным φ :

- а) $t = 2,5\delta = 2,5 \cdot 2,2 = 5,5 \text{ см}$
 б) $t = 3\delta = 3 \cdot 2,2 = 6,6 \text{ см}$
 в) $t = 4\delta = 4 \cdot 2,2 = 8,8 \text{ "}$

Как видим, t (при $\varphi = \text{const}$) для однорядного шва несколько больше, а для двухрядного шва несколько меньше, чем по Баху; шаг же для трехрядного шва соответствует тому шагу, который был для этого шва до сих пор.

Эти отклонения приняты для того, чтобы расширить применение особенно рекомендуемого в котло- и аппаратостроении двухрядного шва.

Значения w_i сопротивлений скольжению относятся к каждому шагу. Если обозначим через:

k_G (кг) — удельное или проходящееся на каждый кв. сантиметр поперечного сечения заклепки сопротивление скольжению,

n — число действующих поперечных сечений заклепок, которые воспринимает силу в одном шаге, при этом равное: для односрезных заклепок единице, умноженной на число заклепок, для двухсрезных заклепок — двойке, умноженной на число заклепок, и т. д.,

q_N — площадь поперечного сечения каждой заклепки в $см^2$.
то получим:

$$w_i = n \cdot q_N \cdot k_G.$$

Значения w_i , показанные в табл. 61—66 и 69—74, отнесены к каждому шагу. Этим упрощается проверка на сопротивление скольжению, которое обыкновенно обозначается через w_i и с которым сравнивают значение напряжения:

$$P = \frac{D \cdot t \cdot p}{2},$$

падающее на один шаг; при этом должно быть $P < w_i$ и, во всяком случае, максимум: $P = w_i$.

В табл. 78 и 79 взяты те же диаметры D пароприемников, для которых даны в табл. 17 и 18 толщины стен для давлений от 1 до 20 ат, рассчитанные со степенью надежности $s=4,5$, с временным сопротивлением растяжению $K_s=3600$ кг/см² (для литой стали) и для коэффициента прочности шва $\varphi=0,56$. Данные там для 8 ат толщины стен s в мм, здесь, в табл. 78, приведены для коэффициента $\varphi=0,6$ на основании формулы (см. стр. 60):

$$s' = 0,93 s + 0,07 \text{ мм}$$

и для коэффициента $\varphi=0,667$ (табл. 79) по формуле:

$$s' = 0,84 s + 0,16 \text{ мм},$$

где все значения округлены в большую сторону до целого миллиметра. Особых прибавок при этом не сделано.

Все напечатанные курсивом в графах 6, 10 и 14 значения P превосходят соответствующие им w_i .

Согласно графам 3—6 табл. 78, сосуд с диаметром в 950 мм при давлении в 8 ат может еще при указанных интервалах для диаметров заклепок в 1 мм иметь однорядный продольный шов; для диаметров же, начиная с 1000 мм, продольный шов должен быть уже двухрядным. Согласно графам 7—10 той же таблицы, при градации в диаметрах заклепок через каждые 2 мм, первый сосуд, который должен иметь двухрядный продольный шов, будет с диаметром 900 мм. В случае изменения заклепки возможно применение здесь однорядного продольного шва и для сосуда диаметром 950 мм. Согласно графам 11—14, при заклепках по ОСТ, все сосуды, начиная с диаметра 950 мм, требуют двухрядного продольного шва.

Таблица 78

Обзор сопротивлений скольжению

Рабочее давление: 8 ат, постоянный $\varphi = 0,6$ (однорядный шов внахлестку), $t = 2,5\%$

Диаметр дыра D мм	Толщина листа s мм	Расчет				Старая градация заклепок				Заклепки по ОСТ			
		диаметр за- клепки δ_N мм	шаг t мм	σ мм	P мм	диаметр за- клепки δ_N мм	шаг t мм	σ мм	P мм	диаметр за- клепки δ_N/L мм	шаг t мм	σ мм	P мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
300	4	10	25	550	300	10	25	550	300	9,5/10	25	497	300
350	4	10	25	550	350	10	25	550	350	9,5/10	25	497	350
400	5	12	30	791	480	12	30	791	480	11,5/12	29	727	464
450	5	12	30	791	540	12	30	791	540	11,5/12	29	727	522
500	6	13	32,5	930	650	14	35	1077	700	13,5/14	34	1002	680
550	6	13	32,5	930	715	14	35	1077	770	13,5/14	34	1002	726
600	6	13	32,5	930	780	14	35	1077	840	13,5/14	34	1002	816
650	7	15	37,5	1232	975	14	35	1077	910	13,5/14	34	1002	884
700	7	15	37,5	1232	1050	14	35	1077	980	13,5/14	34	1002	952
750	8	16	40	1407	1200	16	40	1407	1200	16,5/17	41	1496	1230
800	8	16	40	1407	1280	16	40	1407	1280	16,5/17	41	1496	1312
850	9	17	42,5	1582	1445	16	40	1407	1360	16,5/17	41	1496	1394
900	9	17	42,5	1582	1530	16	40	1407	1440	16,5/17	41	1496	1476
950	10	18	45	1778	1710	18	45	1778	1710	16,5/17	41	1496	1558
1000	10	18	45	1778	1800	18	45	1778	1800	16,5/17	41	1496	1640
1100	11	19	47,5	1981	2090	18	45	1778	1980	19/20	47,5	1981	2090
1200	11	19	47,5	1981	2280	18	45	1778	2160	19/20	47,5	1981	2280
1300	12	20	50	2198	2600	20	50	2198	2600	19/20	47,5	1981	2470
1400	13	21	52,5	2428	2940	20	50	2198	2800	19/20	47,5	1981	2640
1500	14	22	55	2660	3300	22	55	2660	3300	22/23	55	2660	3300
1600	15	23	57,5	2905	3680	22	55	2660	3520	22/23	55	2660	3520
1700	16	24	60	3164	4080	24	60	3164	4080	22/23	55	2660	3740
1800	16	24	60	3164	4320	24	60	3164	4320	22/23	55	2660	3960
1900	17	25	62,5	3430	4750	24	60	3164	4560	25/26	62,5	3430	4750
0200	18	26	65	3710	5200	26	65	3710	5200	25/26	62,5	3430	5000

Если же сопротивления скольжению каждого шага σ , указанные для диаметров заклепок δ_N , отнесем к диаметрам дыр для них δ_L , то продольный двухрядный шов будет требоваться при давлении в 8 ат уже для диаметра $D = 600$ мм; если же $D = 650$ и 700 мм, то можно обойтись однорядным продольным швом, и только, начиная с диаметра $D = 950$ мм, будет опять требоваться двухрядный продольный шов внахлестку.

Табл. 79 начинается с $D = 700$ мм. Первый диаметр, для которого будет являться необходимым двухрядный продольный шов внахлестку, будет: при градации заклепок через каждый 1 мм, т. е. в графах 3—6 для $D = 2300$ мм; при градации заклепок через каждые 2 мм, т. е. в графах 7—10 для $D = 2100$ мм; при градации заклепок через каждые 3 мм, т. е. в графах 11—14 для заклепок по ОСТ для $D = 1900$ мм.

Как видим, приводимый пример для давления в 8 ат ничего особенно резко бросающегося в глаза в вопросе о числе рядов

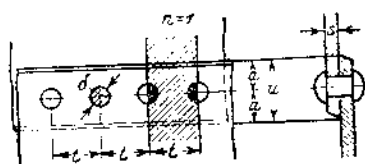
Таблица 79

Обзор сопротивлений скольжению

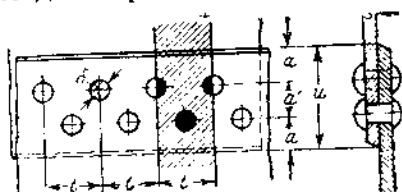
Рабочее давление: 8 ат, $\varphi = 667$ (двухрядный шов внахлестку), $t = 38^\circ$

Диаметр котла D мм	Толщина листа s мм	Расчет				Старая градация заклепок				Заклепки по ОСТ			
		диаметр за- клепки δ мм	шаг t мм	φ кг	P кг	диаметр за- клепки δ мм	шаг t мм	φ кг	P кг	диаметр за- клепки δ мм	шаг t мм	φ кг	P кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
700	7	15	45	2297	1260	14	42	2000	1175	13,5/14	40	1860	1120
750	7	15	45	2297	1350	14	42	2000	1260	13,5/14	40	1860	1200
800	7	15	45	2297	1440	14	42	2000	1345	13,5/14	40	1860	1280
850	8	16	48	2613	1635	16	48	2613	1635	16,5/17	49	2770	1666
900	8	16	48	2613	1730	16	48	2613	1730	16,5/17	49	2770	1764
950	9	17	51	2938	1940	16	48	2613	1825	16,5/17	49	2770	1862
1000	9	17	51	2938	2040	16	48	2613	1920	16,5/17	49	2770	1960
1100	10	18	54	3302	2290	18	54	3302	2380	16,5/17	49	2770	2156
1200	10	18	54	3302	2500	18	54	3302	2595	16,5/17	49	2770	2352
1300	11	19	57	3679	2970	18	54	3302	2810	19/20	57	3679	2944
1400	12	20	60	4082	3360	20	60	4082	3360	19/20	57	3679	3192
1500	13	21	63	4498	3790	20	60	4082	3360	19/20	57	3679	3420
1600	13	21	63	4498	4030	20	60	4082	3840	19/20	57	3679	3648
1700	14	22	66	4940	4490	22	66	4940	4490	22/23	66	4940	4488
1800	15	23	69	5395	4970	22	66	4940	4760	22/23	66	4940	4760
1900	16	24	72	5876	5475	24	72	5876	5475	22/23	66	4940	5020
2000	16	24	72	5876	5770	24	72	5876	5760	22/23	66	4940	5280
2100	17	25	75	6370	6300	24	72	5876	6050	25/26	75	6370	6300
2200	18	26	78	6890	6870	26	78	6890	6870	25/26	75	6370	6600
2300	19	27	81	7436	7460	26	78	6890	7180	25/26	75	6370	6900
2400	19	27	81	7436	7780	26	78	6890	7500	25/26	75	6370	7200
2500	20	28	84	7995	8400	28	84	7995	8400	28/29	84	7995	8100
2600	21	29	87	8580	9060	28	84	7995	8740	28/29	84	7995	8750
2700	22	30	90	9178	9730	28	84	7995	9070	28/29	84	7995	9180
2800	22	30	90	9178	10090	28	84	7995	9410	28/29	84	7995	9420
2900	23	31	93	9802	10790	30	90	9178	10420	28/29	84	7995	10800
3000	24	32	96	10452	11520	30	90	9178	10800	31/32	93	9802	11150

заклепок нам не дает, поскольку для определения сопротивления скольжению и шага за основу взят диаметр заклепки δ_N . Все же



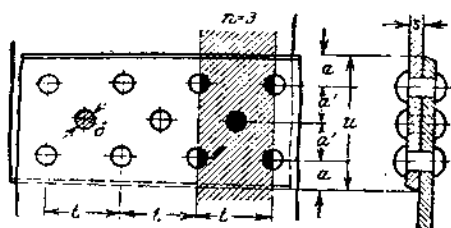
Фиг. 87.



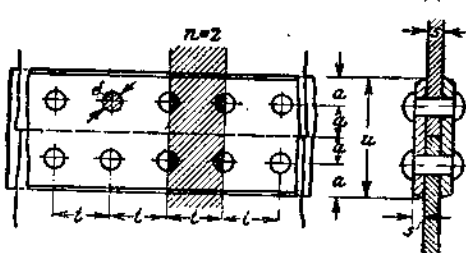
Фиг. 88.

табл. 79 показывает заметную разницу в значениях при сравнении диаметров, отличающихся на 200 мм. Для трехрядных швов внахлестку имеется уже очень мало подходящих P или φ . При напряжениях, которые требуют более чем двухрядного шва внахлестку, в общем предпочитается шов с двумя накладками.

Таблицы, начиная с 80 по 85, составлены на основе следующих соображений: они содержат все размеры для швов от одно- до

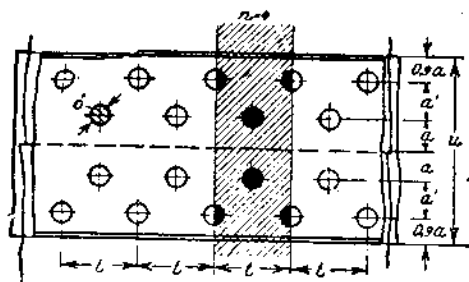


Фиг. 89.



Фиг. 90.

трехрядных внахлестку или с одной накладкой (табл. 80—82) и для соединений с двумя накладками, также при этом начиная

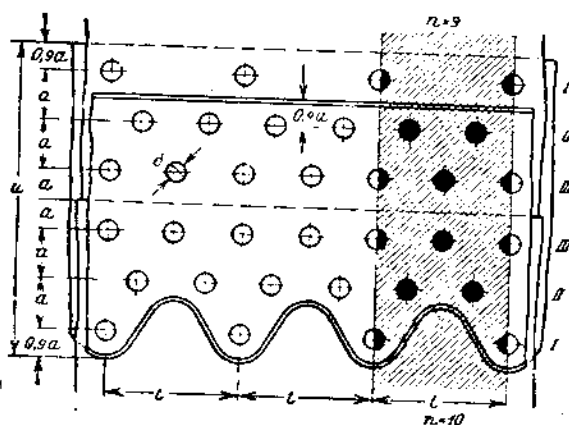


Фиг. 91.



с одно- и кончая трехрядными швами (табл. 83—85). Все шаги относятся к показанным числам рядов, но с принятием для каждого из них одного общего коэффициента прочности шва ϕ . Все швы соответственно представлены на фиг. 87—92.

Расстояния между заклепочными рядами 'a' взяты наиболее употребительные. Расстояния от краев a взяты на 1 мм больше, чем это принято обыкновенно.



Фиг. 92.



Последние графы дают сопротивления скольжению каждого шага (или допускаемую нагрузку каждого шага) w , в кг. Во всех фигурах сила, воспринимаемая поперечным сечением заклепок каждого

шага, выделена заштрихованной площадкой. Фиг. 92 показывает для трехрядного шва с двумя накладками два возможных решения. В верхней половине проходит внутренняя накладка через три ряда заклепок и наружная — только через два ряда. В нижней же половине обе накладки проходят через все три ряда заклепок, где края накладок ради возможности чеканки срезаны.

4. ВЫРЕЗЫ И ЛАЗЫ

Вырезы для загрузочных и выгрузочных отверстий, лазов и т. д. должны быть по краю усилены, для того чтобы таким путем возместить происходящее при этом ослабление стенки.

Дыры для лазов и ручных люков делаются эллиптической формы и притом обычно для первых с размерами 300×400 мм и лишь, в крайнем случае, при недостатке места — 280×380 мм. Большая ось эллипса должна располагаться перпендикулярно оси цилиндра (см. „Расчет обичайки“), так как мы знаем, что круглый шов нагружен только в половинном размере против продольного шва. Выполнение же и уплотнение дыр для лазов, однако, легче, когда большая ось параллельна оси цилиндра.

Для укрепления края отверстия на него накладывают кольцо, вырезанное в виде фланца из листа. Согласно фиг. 93, должно, таким образом, быть: $2b \cdot c = a \cdot s$. Так как здесь толщина листа s благодаря коэффициенту прочности φ берется большая, чем это необходимо для цельного сечения листа, то кольцо, если к его ширине прибавляют толщину заклепки, должно быть равно:

$$b \cdot c = \frac{a \cdot s \cdot \varphi}{2}. \quad (22)$$

Шов, укрепляющий это кольцо, должен иметь требуемое сопротивление скольжению. При продольном шве обичайки таковое рассчитывается для одного шага.

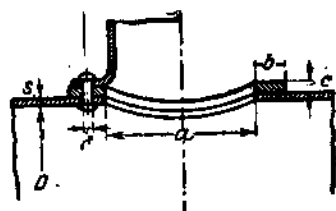
Здесь берут вырез целиком и считают, учитывая неравномерное восприятие силы заклепками, удельное сопротивление скольжению только с $k_G = 500$ кг/см²; получаем:

$$\frac{D \cdot a \cdot p}{2n \frac{\delta^2 \cdot \pi}{4}} = 500,$$

и отсюда вытекает

$$n = \frac{D \cdot a \cdot p}{1000 \frac{\delta^2 \cdot \pi}{4}}, \quad (23)$$

т. е. число необходимых заклепок для каждого кольца.



Фиг. 93.

Таблица 80

Однорядный шов внахлестку или с односторонней накладкой для заклепок по ОСТ при $\varphi = \text{const} = 0,6$ (фиг. 87)

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ см и } \delta = s + \alpha; t = 2,5\delta_N; u = 2a; a = 1,5\delta_N + 0,1 \text{ см; } w_t = 1 \cdot q_N \cdot 700; q_N = \frac{\pi \cdot \delta_N}{4}$$

Толщина листов s мм	Диаметр заклепки по ОСТ δ_N/L мм	Поперечное сечение заклепки q_N см ²	Шаг t мм	Расстояние от края a мм	Перекрышка и мм	w_t кг
1	2	3	4	5	6	7
4	9,5/10	0,710	24	16	32	497
5	11,5/12	1,038	29	19	38	727
6	13,5/14	1,431	34	21	42	1 002
7	13,5/14	1,431	34	21	42	1 002
8	16,5/17	2,138	41	25	50	1 496
9	16,5/17	2,138	41	25	50	1 496
10	16,5/17	2,138	41	25	50	1 496
11	19/20	2,835	47,5	31	62	1 981
12	19/20	2,835	47,5	31	62	1 981
13	19/20	2,835	47,5	31	62	1 981
14	22/23	3,801	55	34	68	2 660
15	22/23	3,801	55	34	68	2 660
16	22/23	3,801	55	34	68	2 660
17	25/26	4,908	62,5	39	78	3 430
18	25/26	4,908	62,5	39	78	3 430
19	25/26	4,908	62,5	39	78	3 430
20	28/29	6,157	70	43	86	4 305
22	28/29	6,157	70	43	86	4 305

Таблица 81

Двухрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой для заклепок по ОСТ при $\varphi = \text{const} = 0,667$ (фиг. 88)

$$\delta = s + \alpha; a = 1,5\delta_N + 0,1 \text{ см; } u = 2(a + a'); t = 4\delta_N; a' = 0,5t; w_t = 3 \cdot q \cdot 600$$

Толщина листов s мм	Диаметр заклепки по ОСТ δ_N/L мм	Поперечное сечение заклепки q_N см ²	Шаг t мм	Расстояние от края a мм	Расстояние между рядами a' мм	Перекрышка и мм	w_t кг
1	2	3	4	5	5а	6	7
6	13,5/14	1,431	40	21	24	66	1 860
7	13,5/14	1,431	40	21	24	66	1 860
8	16,5/17	2,138	49	25	29	79	2 770
9	16,5/17	2,138	49	25	29	79	2 770
10	16,5/17	2,138	49	25	29	79	2 770
11	19/20	2,835	57	31	35	97	3 679
12	19/20	2,835	57	31	35	97	3 679
13	19/20	2,835	57	31	35	97	3 679
14	22/23	3,801	66	34	40	108	4 940
15	22/23	3,801	66	34	40	108	4 940
16	22/23	3,801	66	34	40	108	4 940
17	25/26	4,908	75	39	45	123	6 370
18	25/26	4,908	75	39	45	123	6 370
19	25/26	4,908	75	39	45	123	6 370
20	28/29	6,157	84	43	51	137	7 995
22	28/29	6,157	84	43	51	137	7 995
24	31/32	7,547	93	48	56	152	9 802
26	31/32	7,547	93	48	56	152	9 802

Таблица 82

Трехрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой для заклепок по ОСТ при $\varphi = \text{const} = 0,75$ (фиг. 89)

$$\delta = s + a; a = 1,5\delta_N + 0,1 \text{ см}; u = 2a + a'; t = 3\delta_N; a' = 0,6t; w_t = 2 \cdot q_N \cdot 650$$

Толщина листов s мм	Диаметр заклепки по ОСТ $\delta_N, L, \text{мм}$	Поперечное сечение заклепки $q_N, \text{см}^2$	Шаг t мм	Расстояние от края a мм	Расстояние между двумя рядами a' , мм	Перекрышка u мм	w_t кг
1	2	3	4	5	6	7	8
14	22/23	3,801	88	34	44	156	6 841
15	22/23	3,801	88	34	44	156	6 841
16	22/23	3,801	88	34	44	156	6 841
17	25/26	4,908	100	39	50	178	8 828
18	25/26	4,908	100	39	50	178	8 828
19	25/26	4,908	100	39	50	178	8 828
20	28/29	6,157	112	43	56	198	11 070
22	28/29	6,157	112	43	56	198	11 070
24	31/32	7,547	124	48	62	220	13 572
26	31/32	7,547	124	48	62	220	13 572
28	34/35	9,079	136	52	68	240	16 326
30	34/35	9,079	136	52	68	240	16 326
32	37/38	10,752	148	57	74	262	19 350
34	40/41 ¹	12,566	160	61	80	282	22 618
36	40/41 ¹	12,566	160	61	80	282	22 618

¹ Этих заклепок в ОСТ нет, так как максимальный диаметр равен 37 мм.

Таблица 83

Однорядные швы с двойными накладками для заклепок по ОСТ при $\varphi = \text{const} = 0,667$ (фиг. 90)

$$\delta_1 = \delta; a = 1,5\delta_N + 0,1 \text{ см}; t = 3\delta_N; u = 4a; w_t = 2 \cdot q_N \cdot 600$$

Толщина листов s мм	Диаметр заклепки по ОСТ $\delta_N, L, \text{мм}$	Поперечное сечение заклепки $q_N, \text{см}^2$	Шаг t мм	Расстояние от края a мм	Ширина накладки u мм	w_t кг
1	2	3	4	5	6	7
8	16,5/17	2,138	49	25	100	2 560
9	16,5/17	2,138	49	25	100	2 560
10	16,5/17	2,138	49	25	100	2 560
11	19/20	2,835	57	31	124	3 396
12	19/20	2,835	57	31	124	3 396
13	19/20	2,835	57	31	124	3 396
14	22/23	3,801	66	34	136	4 560
15	22/23	3,801	66	34	136	4 560
16	22/23	3,801	66	34	136	4 560
17	25/26	4,908	75	39	156	5 880
18	25/26	4,908	75	39	156	5 880
19	25/26	4,908	75	39	156	5 880
20	28/29	6,157	84	43	172	7 380
22	28/29	6,157	84	43	172	7 380
24	31/32	7,547	93	48	192	9 056
26	31/32	7,547	93	48	192	9 056
28	34/35	9,079	102	52	208	10 894
30	34/35	9,079	102	52	208	10 894

Таблица 84

Двухрядные швы с двумя накладками для заклепок по ОСТ при $\varphi = \text{const} = 0,75$ (фиг. 91)

$$\delta_2 = \delta - 0,1 \text{ см}; \quad a = 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ см}; \quad u = 2 \cdot (1,9 a + a'); \\ t = 4 \delta_N; \quad a' = 0,5 t; \quad w_t = 4 \cdot q \cdot 575$$

Толщина листов s мм	Диаметр заклепки по ОСТ δ_N/L мм	Поперечное сечение заклепки qN см ²	Шаг t мм	Расстояние от края		Расстояние между рядами a' мм	Ширина накладки u мм	w_t кг
				a мм	$0,9 a$ мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	19/20	2,835	76	31	28	38	194	6 509
13	19/20	2,835	76	31	28	38	194	6 509
14	19/20	2,835	76	31	28	38	194	6 509
15	22/23	3,801	88	34	31	44	218	8 740
16	22/23	3,801	88	34	31	44	218	8 740
17	22/23	3,801	88	34	31	44	218	8 740
18	25/26	4,908	100	39	35	50	248	11 270
19	25/26	4,908	100	39	35	50	248	11 270
20	25/26	4,908	100	39	35	50	248	11 270
22	28/29	6,157	112	43	39	56	276	11 445
24	28/29	6,157	112	43	39	56	276	11 445
26	31/32	7,547	124	48	43	62	306	17 342
28	34/35	9,079	136	52	47	68	334	20 861
30	34/35	9,079	136	52	47	68	334	20 861
32	37/38	10,752	148	57	51	74	364	24 730
34	37/38	10,752	148	57	51	74	364	24 730

Таблица 85

Трехрядные швы с двумя накладками для заклепок по ОСТ при $\varphi = \text{const} = 0,857$ (фиг. 92)

$$\delta_3 = \delta - 0,2 \text{ см}; \quad a = 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ см}; \quad t = 7 \delta_N; \quad a' = 3/8 t; \quad u = 2 \cdot (1,9 a + 2 a'); \\ w_t = 9 \cdot q_N \cdot 550; \quad w_b = 10 \cdot q_N \cdot 550$$

Толщина листов s мм	Диаметр заклепки по ОСТ δ_N/L мм	Поперечное сечение заклепки qN см ²	Шаг t мм	Расстояние от края		Расстояние между рядами a' мм	Ширина накладки u мм	w_t кг	
				a мм	$0,9 a$ мм			1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	22/23	3,801	154	34	31	58	362	18 815	20 905
17	22/23	3,801	154	34	31	58	362	18 815	20 905
18	22/23	3,801	154	34	31	58	362	18 815	20 905
19	25/26	4,908	175	39	35	66	412	24 260	26 950
20	25/26	4,908	175	39	35	66	412	24 260	26 950
22	28/29	6,157	196	43	39	74	460	30 445	33 825
24	28/29	6,157	196	43	39	74	460	30 445	33 825
26	31/32	7,547	217	48	43	82	510	37 325	41 470
28	31/32	7,547	217	48	43	82	510	37 325	41 470
30	34/35	9,079	238	52	47	90	558	44 895	49 885
32	34/35	9,079	238	52	47	90	558	44 895	49 885
34	37/38	10,752	259	57	51	98	608	53 210	59 125
36	37/38	10,752	259	57	51	98	608	53 210	59 125
38	40/41 ¹	12,566	280	61	55	105	652	62 200	69 113

¹ В ОСТ этого диаметра заклепки уже нет; там максимум диаметр заклепки равен 37 мм.

² Нагрузка w_t каждого шага относится:

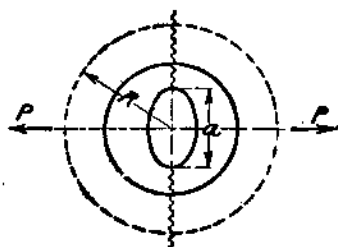
в графе 9 к верхней половине фиг. 92 с $n = 9$;
в графе 10 к нижней половине фиг. 92 с $n = 10$.

Соединительный шов между колпаками, наполнительными люками и т. д. с цилиндрическим котлом (фиг. 93, слева) делают обычно однорядным для давлений до 9 ат и двухрядным для более высоких давлений.

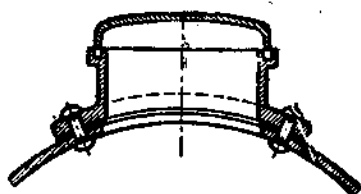
Для выреза в выпуклом днище размеры укрепляющего кольца определяют по формуле:

$$b \cdot c = \frac{1}{2} \cdot a \cdot s;$$

здесь s имеется в виду взятым без особых прибавок.



Фиг. 94.



Фиг. 95.

Представляют себе дно с его радиусом выпуклости R как часть, которая образуется из шара (фиг. 94).

Тогда

$$P = \pi \cdot R^2 \cdot p;$$

откуда на вырез приходится:

$$\frac{1}{2} \cdot R \cdot p \cdot a.$$

Расчет необходимых заклепок для сопротивления скольжению шва кольца ведется следующим образом:

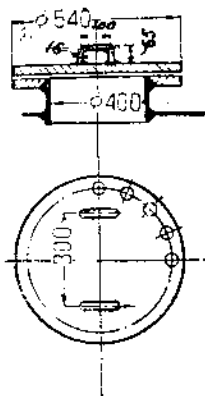
$$k_G = \frac{R \cdot a \cdot p}{2n \frac{\pi \cdot \delta^2}{4}} = 500 \quad \text{и} \quad n = \frac{R \cdot a \cdot p}{1000 \frac{\pi \cdot \delta^2}{4}}. \quad (23a)$$

Крышки для люков обычно доставляются заводами, которые выполняют их машинной штамповкой. В выпуклых днищах непосредственно выпрессовывается шейка с плоской поверхностью для уплотнения. Цилиндрическая обечайка может быть снабжена пригнанным к ней изогнутым фланцем с выштампованной плоской поверхностью на нем для уплотнения, который прикрепляют или приваривают к обечайке пароприемника.

У прикрепляемых частей гарнитуры из стального литья (фиг. 95) в общем достаточен сильный фланец, под который, кроме того, для укрепления выреза и возможности подчеканки подкладывается шайба толщиной около 5 мм.

Приводим в дополнениях фигуры с конструктивными размерами лазов для проникновения внутрь аппаратов для их осмотра,

ремонта и очистки: круглые диаметром 400 мм и овальные с размерами 400 × 300 мм¹.



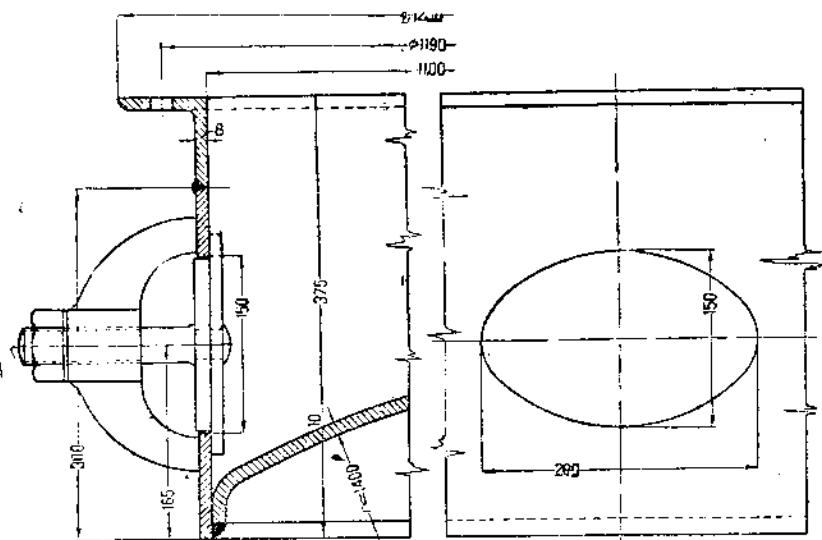
Фиг. 96.

На фиг. 380 даны стальной сварной лаз со скобой для сосудов и аппаратов под налив и вакуум диаметром 400 мм в свету. Он состоит из горловины, сферической крышки, откидывающейся с помощью стальной скобы, один конец которой вращается шарнирно на валике в проушинах, приваренных к горловине. Другой конец скобы притягивается откидным болтом, благодаря чему крышка лаза, соединенная в центре сферы с валиком скобы помощью приварных проушин, прижимается к горловине.

На фиг. 381 дан сварной стальной лаз для условных давлений до 6 и от 6 до 10 ат диаметром 400 мм, накрытый сверху откидывающейся на петлях сферической крышкой, притягиваемой к горловине восемью откидными болтами.

На фиг. 382 изображен лаз для сосудов и аппаратов под налив диаметром 400 мм, состоящий из горловины с приваренным к ней фланцем и с плоской крышкой на глухих болтах.

На фиг. 383 дан сварной лаз диаметром 400 мм, стальной, на глухих болтах, такой же как и в предыдущем случае, но со сфери-



Фиг. 97.

ческой крышкой и предназначенный для условных давлений до 6 и от 6 до 10 ат.

На фиг. 384 дана конструкция лаза, чугунного, литого диаметром 400 мм, предназначенного под налив или вакуум. Здесь горловина

¹ Взято по чертежам Экихимаш.

лаза является приливом в самом корпусе или днище крышка лаза — из того же материала, что и аппарат.

На фиг. 385 дан такой же лаз, но со сферической крышкой для условного давления до 6 ат.

На фиг. 386 изображены овальные лазы размерами 400×300 мм, сварные и клепаные для условных давлений до 6 и от 10 до 16 ат. Лаз состоит из штампованного воротника, который в одном случае приваривается, а в другом приклепывается. Изнутри аппарата к этому воротнику посредством шарнирно установленных болтов, опирающихся на две штампованных скобы, расположенных снаружи аппарата, притягивается сферическая штампованная крышка.

Сварной лаз применяется там, где на швы и материал не действует загрузка аппарата; клепаный же — там, где имеется опасность разъедания материала лаза.

Точно так же сварной круглый стальной люк диаметром 400 мм с двумя приваренными к плоской крышке ручками изображен на фиг. 96.

На фиг. 97 показана часть аппарата с ручным лючком в стенке размером 150×200 мм¹.

5. СВАРНЫЕ ШВЫ И СВАРКА

В последнее время в аппаратостроении с большим успехом применяется сварка, как для соединения отдельных частей, так и для изготовления целиком сварных пароприемников и аппаратов.

Сварка признается правильно выполненной лишь тогда, когда металл в месте сварки получается однородным с остальным металлом изделия.

Наиболее часто при изготовлении пароприемников и аппаратов употребляются газовая и электрическая сварки.

Газовая сварка по сравнению с клепкой настолько удобнее и дешевле, что она чрезвычайно выгодна для применения в котлостроении и для изготовления пароприемников и аппаратов.

При газовой сварке смесь горючего с кислородом воспламеняется у выходного отверстия так называемой сварочной горелки и образует ударное пламя высокой температуры, вызывающее местное расплавление кромок соединяемых частей. Газовая сварка пригодна для железа, меди, алюминия и т. д.; притом для сварки таких металлов, как медь, алюминий и т. д., применяют разные средства, играющие роль флюсов. Необходимость флюсов обусловливается тем, что у этих металлов температура плавления их окислов выше температур плавления самих металлов.

Для сварки железа, меди и толстых листов алюминия предпочтительно применение ацетилено-кислородного или водородно-кислородного пламени, а для сварки тонких листов алюминия — смесь светильного газа с кислородом.

¹ Перечисленные люки для вакуума и для давлений с успехом могут применяться для температур приблизительно до 200°C. Крекинг-строём — Нефтепроектом в Москве разработана конструкция сварных люков для нефтеперегонной аппаратуры для температур до 450°C, отличающаяся особыми способами крепления горловины люка к обечайке и фланца люка к его обечайке.

Наиболее распространена ацетилено-кислородная сварка, так как при ней получается пламя наиболее узкое и притом наиболее горячее. Следует отметить, что кислородный баллон содержит около 40 л при давлении около 150 кг/см², а 1 кг карбида дает приблизительно 300 л ацетилена; рабочее давление: ацетилена около 0,01—0,02 кг/см², кислорода — от 0,3 до 2,5 кг/см².

В табл. 86 мы приводим данные проф. Шимпке о производительности и расходе газа при ацетилено-кислородной сварке железных листов.

Таблица 86

Ацетилено-кислородная сварка

Толщина листа мм	Производи- тельность сварщика м/час	Расход газа			
		л/час		л/роз. м	
		ацетилена	кислорода	ацетилена	кислорода
От 5 до 10	5—3	750	1000	250	296
10 " 15	3—1,5	1200	1500	480	580
" 15 " 20	1,5—0,8	1750	2050	1170	1320
" 20 " 25	0,8—0,5	2250	2650	1920	2290
" 25 " 30	0,5—0,3	2800	3600	3100	4000

Газовой сварке хорошо поддаются листы железа толщиной от 1 до 3 мм.

При сварке же листов большей и меньшей толщины от сварщика требуется большая опытность. Листы толщиной от 1 до 3 мм сваривают обыкновенно по способу, указанному на фиг. 98, В. Свариваемые листы располагаются встык с зазором в $\frac{1}{4}$ толщины листа. Листы толщиной менее 1 мм можно сваривать таким же путем; но рекомендуется, где только возможно, производить соединение свариваемых мест загнутыми краями (фиг. 98, А); при этом не требуется присадочного материала, так как его роль выполняет материал кромок, который расплавляется до поверхности листов.

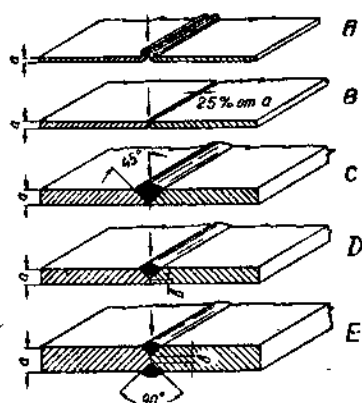
Кроме того при таком способе работ тонкие листы под влиянием пламени не так сильно коробятся. Высота кромок равна 1—1,5 мм.

Следует считать неправильным взгляд, что тонкие листы нужно сначала фальцовать, а затем сваривать, так как такие швы редко имеют достаточную плотность; при этом внешний вид получается неаккуратным, а самая сварка тела легко коробится.

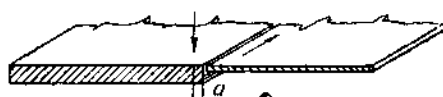
Листы толщиной выше 3 мм свариваются по преимуществу способом, указанным на фиг. 98, С, т. е. кромки соединяемых листов скашиваются под углом 45°, так что грани обоих скосов образуют угол в 90°. Получающийся треугольник впадин играет роль приемника для наплавленного металла, связывающего соединяемые грани стыка. Для устранения сильного перегрева нижних острых краев листа с опасностью пережога металла кромки листа скашивают не по всей его толщине, а приблизительно лишь на три четверти, остальная четверть (b) остается прямой (фиг. 98, D).

При сварке листов толщиной выше 15 мм скашивание кромок производится, как показано на фиг. 98, E, с обеих сторон с образованием X-образной двухсторонней впадины; при этом следует, где это только возможно, такой шов сваривать одновременно двумя горелками с обеих сторон.

Следует считать, безусловно, нежелательной газовую сварку внахлестку при помощи сварочной горелки. Это соединение возможно лишь при сварке голым огнем, водяным газом и отчасти при электросварке. При пользовании же ацетиленовым пламенем в этом случае вблизи шва образуется настолько значительное напряжение



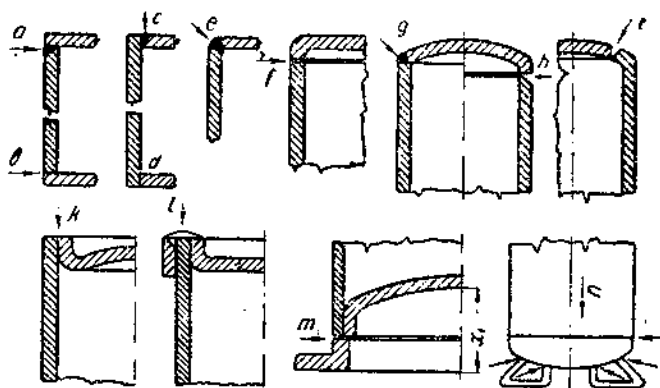
Фиг. 98.



Фиг. 99.

в материале, что следует ожидать появления трещин и изломов и почти неизбежного коробления.

При сварке листов разной толщины или более тонких листов с более толстым профильным железом пламя горелки должно направляться на более толстую кромку на некотором расстоянии от

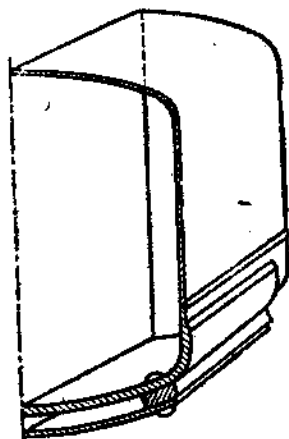


Фиг. 100.

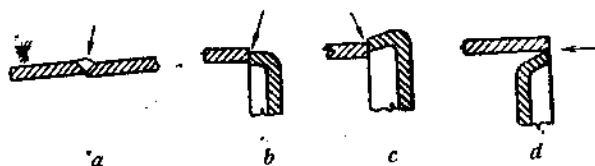
стыка *a* (фиг. 99), которое возрастает с увеличением разницы толщины свариваемых частей. С точки зрения технической прочности очень важно, чтобы сварной шов был расположен вне линии наибольшего напряжения материала в сосуде. Фиг. 100 дает представление о наиболее важных конструктивных случаях сварки днищ и сосудов.

Днища сосудов независимо от их формы, как-то: плоские, сферические и эллиптические, при отсутствии внутреннего избыточного давления (т. е. под налив), свариваются одним из способов, приведенным на фиг. 100, *a, c, e*. При тонких листах, края которых не скашиваются, сварка производится непосредственно встык, как показано на фиг. 100, *b* и *d*. Если сосуд рассчитан для внутреннего давления, то сварка по типу *a, b, c, d* и *e* (фиг. 100) ненадежна, так как под влиянием давления подобные швы могут легко надорваться, а иногда дно может быть целиком выдавлено. То же относится и к днищам типа *g*. Только в сосудах умеренной емкости и свободных от избыточного давления допустима сварка по этому последнему способу. Правильной же считается сварка,

исполненная по одному из видов *f, h* и *i*. В сосудах для умеренного и более высокого давления днища привариваются по типу *f* или, еще лучше, по типу *h* или *i*. Вместо штампованных днищ с загнутыми краями типа *f*, правда, очень редко, бывают днища с конструкцией *i*, где к несколько загнутому нижнему краю цилиндрического корпуса приваривается встык пригнанное немного меньшего диаметра выпуклое днище.



Фиг. 101.



Фиг. 102.

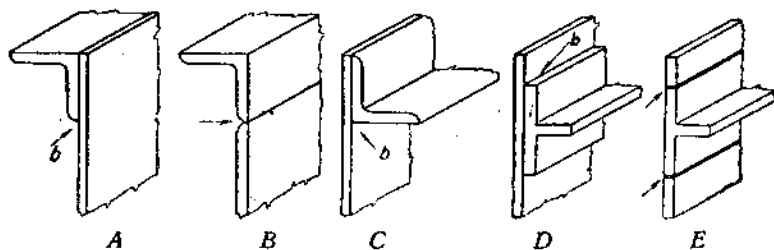
Края, подвергающиеся соединению при помощи сварки, должны быть по мере возможности обязательно равными.

При значительной разнице в толщине свариваемых листов получается неравномерный прогрев и хорошего шва ожидать нельзя. Согласно фиг. 101, можно добиться успеха в таких случаях тем, что край толстого куска обстругать до толщины тонкого куска.

При сварке днищ необходимо обращать внимание на соответствие их диаметров диаметрам края корпуса. В этом смысле будет, конечно, неправильным смещение их стыков внутрь и наружу, как показано на фиг. 102, *a, b* и *c*.

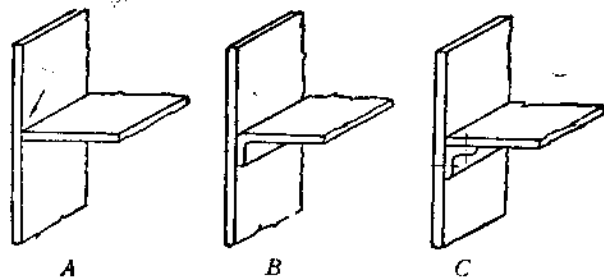
Иногда насаждение днищ выполняется по типу фиг. 100, *k, l* и *m*. Выпуклые или вогнутые днища несколько большей толщины, чем боковые стенки, пригоняются к внутреннему диаметру корпуса и свариваются краями. Для увеличения надежности соединения по фиг. 100, *l* надевают в горячем состоянии скрепляющее кольцо из плоского, углового, швеллерного или таврового железа и сваривают все три кромки как одно целое. Надо иметь при этом в виду необходимость скашивания кромок у листов более или менее значительной толщины; недопустимо также применение днищ меньшего диаметра, как показано на фиг. 102, *d*. Когда не-

обходимо увеличение высоты x_1 (фиг. 100, m) или если сосуд должен стоять вертикально, или должен быть прикреплен к фундаменту, приваривают 3, 4 или большее количество лап или кольцо из углового железа (фиг. 100, m и n).

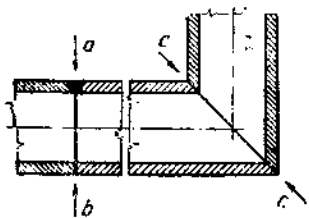


Фиг. 103.

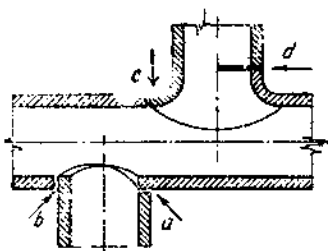
Газовую сварку следует вести встык, но не внахлестку. Нежелательной потому будет сварка по типу $A-b$, $C-b$ и $D-b$ (фиг. 103), так как при недостаточной прочности может последовать искривление сосуда. Правильной будет сварка углового железа встык, показанная на фиг. 103, B и E . Следует также избегать сварки под углом одного листа к плоскости другого листа или профильной стали к плоской листовой стали, как это показано на фиг. 104, A , B и C и фиг. 103, D . В частности, по этой же причине при ремонтных работах лапки не следует ставить внахлестку, а только встык.



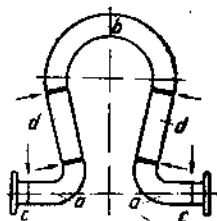
Фиг. 104.



Фиг. 105.



Фиг. 106.

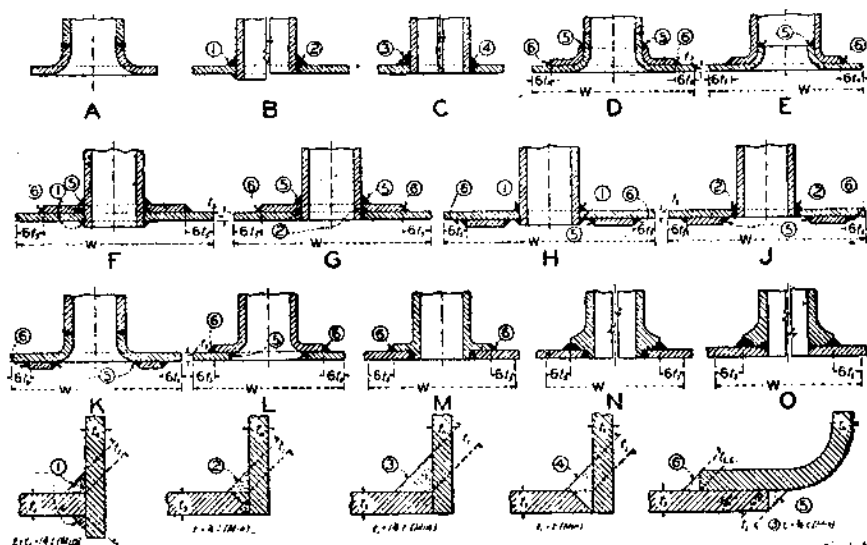


Фиг. 107.

Сварку газовых труб встык или под углом или приварку патрубков можно производить, как это показано на фиг. 105 и 106. При этом в последнем случае показана сварка патрубка с таким же внутренним диаметром, как и у главной трубы; здесь отверстие часто выжигается сварочной горелкой и зачищается напильником.

Вид *b* (фиг. 106) заслуживает предпочтения. В этом случае необходимо при сварке следить, чтобы капли металла не забивали внутреннего прохода. Наилучшими будут способы соединения *c* и *d*. На фиг. 107 показана сварка компенсатора.

На фиг. 107а представлены различные способы приварки с наплавом патрубков к вырезам в стенках сосудов, работающих под давлением¹. При этом отверстия в корпусе сосуда с диаметром, превышающим максимальный некомпенсированный вырез, снабжены усилением. Вырезы усиленного типа в данном случае состоят из одного или нескольких укрепляющих колец или фланцев, приклепанных, приваренных или припаянных либо к обечайке, либо



Фиг. 107а.

к трубе или к ее расширению, либо к фланцу, приваренному к корпусу.

Когда диаметр корпуса более 600 мм, то для соединения по способу *C* диаметр трубы должен быть не более 100 мм.

Цифры от 1 до 6, обведенные кружками, обозначают виды наплава, которые представлены в нижней части фиг. 107а. Кроме того здесь нужно иметь в виду, что по типу 2 сварка выполняется с обеих сторон, а по типу 4—с одной стороны.

На всех видах с 1 до 6 нижней части фиг. 107а предполагается, что приведенные коэффициенты являются минимальными, а t —минимальная толщина соединяемых частей t_s или t_n .

Поперечный разрез шва толстых листов имеет обыкновенно профиль, подобный указанному на фиг. 108, *I, c*, где шов получается более широким и плоским по сравнению с видом *I, a* (фиг. 108) для листов с толщиной до 3 мм. Продольный разрез шва, ввиду чешуйчатого его строения, имеет вид не прямой, а зазубренной

¹ См. „Journal of the American Welding S-ty“, февраль, 1933 г., стр. 13.

линии (фиг. 108, II). При этом заслуживает предпочтение шов по типу I, а, усиленный на высоту зубцов; менее удовлетворителен шов е и совсем плох шов б. Равномерный отжиг полезен при сварке не только стали, но и других металлов; однако этот процесс затрудняется, а в некоторых случаях становится даже невозможным из-за значительных размеров свариваемых изделий. Отжиг ведется при температуре около 800° в течение одного или двух часов.

Приобретение металлом хрупкости после сварки имеет меньше значения для стали, чем для других металлов (медь, бронза, алюминий).

Хорошим внешним признаком правильно выполненного шва могут служить побежалые оттенки по обеим сторонам шва, которые должны иметь вид параллельной цветной полосы ширины х (фиг. 108, III). Расширение где-либо этой побежалости свидетельствует о чрезмерной задержке пламени в этом месте (фиг. 108, III, а) Наоборот, сужение (фиг. 108, III, б) говорит о недостаточной проварке шва.

При хорошо исполненном газовой сваркой шве с обратной стороны должен иметься слегка выпуклый гладкий гребешок, что указывает на достаточное расплавление кромок шва при сварке. С лицевой же стороны должно быть небольшое возвышение, постепенно снижающееся по краям в местах соединения со свариваемым предметом, как это показано на фиг. 109. Поверхность этого возвышения на всем протяжении должна быть равномерно гладкой, без шероховатостей и выбоин. Неполная проварка шва (фиг. 110—112) или малейшие зарождающиеся трещины (фиг. 113) легко могут привести к образованию большой трещины, особенно при изгибе свариваемого предмета (фиг. 114). Образование пустот и раковин внутри шва особенно характерно для случаев недостаточного расплавления металла. Если металл сверху застывает сразу, а не постепенно, то он вздувается под давлением выходящих газов, что обычно наблюдается при сварке меди, ковкого чугуна, стального литья и чугуна, при быстром отведении сварщиком горелки от свариваемого места.

В швах, подвергающихся нагрузке на изгиб, сварка вообще не должна допускаться. Если же в исключительном случае сварка будет допущена, то сваренный кусок в дальнейшем должен быть в целом подвергнут отжигу.

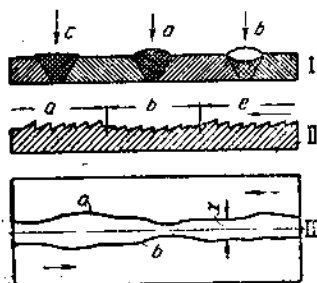
У длинных швов во время работы происходит перекрывание свариваемых краев шва от стягивания их при охлаждении вплавленного материала. Поэтому перед началом сварки необходимо устанавливать края таким образом, чтобы шов от начала до конца его был несколько расширен (часто даже на несколько сантиметров), или же прихватывать края шва отдельными участками, промежутки между которыми бывают от 10 до 150 мм в зависимости от толщины металла.

Рабочий кусок целесообразно класть наискось под углом от 10 до 30° так, чтобы горелка могла свободно подходить к шву и, вместе с тем, чтобы получающиеся при сварке капли металла не могли попадать на недостаточно прогретые части края.

Работу в одном шве не следует прерывать посередине; если же это неизбежно, то тогда нужно обязательно проварить снова

последние 4—6 см шва и только после этого можно продолжать сварку дальше.

При газовой сварке можно, как и вообще при всех видах сварки плавлением, повысить без затруднений прочность шва соответствующим наплавлением количества материала в шве. Но так как это, собственно говоря, является уже не сваркой, а только лишь операцией, при которой материал подвергается приплавке, то доброкачественность такого наплавления весьма ограничена. Наплавленный шов, будучи, кроме того, по существу литым, слабее прокатанной или прокованной стали из-за пористости и других причин. Поэтому в аппаратостроении необходимы, кроме того, применение ударов молотком по шву и отжиг последнего.



Фиг. 108.



Фиг. 109.



Фиг. 111.



Фиг. 110.



Фиг. 112.



Фиг. 113.



Фиг. 114.

На фиг. 115 показана рекомендуемая сварка для сосудов и пароприемников с применением горновой сварки коксовым пламенем или, еще лучше, водяным газом.

Резка происходит при помощи прогревания до яркокрасного пламени с температурой отрезаемого или продырявливаемого места приблизительно около 1000° , для чего существуют особые горелки; затем последними вдвигается самостоятельно кислород, который и прожигает железо. Ширина мест разреза колеблется приблизительно между 2—6 мм. Можно также резать болванки диаметром до 1 м.

Табл. 87 указывает некоторые данные относительно производительности резки и расхода водорода и кислорода для 1 пог. м разреза помощью водородно-кислородной горелки.

Электросварка. При изготовлении железной аппаратуры у нас в последнее время наибольшее распространение получила дуговая электросварка металлическим электродом. Наилучший результат работы получается при длине вольтовой дуги в 2—3 мм; длинная и неустойчивая дуга дает плохой шов. При сварке электродом должны описываться легкие колебательные движения, полу-

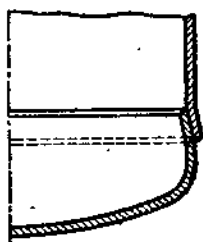
круговые или петель, чтобы этим препятствовать прониканию газов, образующихся вследствие присутствия углерода в металле свариваемого предмета и самого электрода; при этом расплавленный металл дольше остается в этом состоянии, чем облегчается выход из него газов, способствующих образованию пузырей в шве; наконец, этим же движением сглаживают шов. При

Таблица 37

Автогенная резка

Толщина пласт., мм	Расход л		Время резания, минуты
	водорода	кислорода	
10	100	140	от 5 до 6
50	125	650	" 6 " 7
100	325	1400	" 8 " 9
200	425	3300	" 10 " 12

перегреве отдельных мест электродом металл может сгореть. В этом случае сварщик обязан зубилом вырубить прогар. Короткое замыкание, получающееся при прилипании электрода во время сварки к предмету, может также вызвать прогар, и в этом случае прогар нужно, конечно, вырубить и очистить это место стальной щеткой.



Фиг. 115.



Фиг. 116.

Свариваемый предмет должен быть чист от грязи, ржавчины, окалины, смазки и т. д. Электрод следует держать так, чтобы наклон был в направлении, обратном движению дуги и не более 15° от вертикали. Скорость движения электрода по шву должна быть такова, чтобы впереди его (3—5 мм) металл свариваемого шва был темновышневого цвета. Но надо иметь в виду, что слишком медленное движение дает прогар металла, а слишком быстрое — непровар или слабое проникание.

Прочный шов получается тогда, когда путь электрода имеет последовательное легкое колебательное движение петель поперек двухгранного угла, кроме первых слоев, ведомых по дну шва свариваемого предмета.

При установлении порядка расположения слоев наплавляемого металла следует руководиться примерно следующим: первый слой *a* (фиг. 116) — проварка дна скоса; последующие слои *b*, *c*,

d, *e* и *f* — для перекрытия на непроницаемость; последний слой *g* — усиливающий. Слои *a*, *b*, *c* накладываются вдоль скоса, остальные — поперек скоса.

Необходимо иметь в виду, что температура положительного полюса дуги выше температуры отрицательного полюса и тепла на положительном полюсе выделяется больше, чем на отрицательном. Поэтому при сварке соединяют положительный полюс машины со свариваемым предметом, как имеющим большую массу, а отрицательный — с электрододержателем. При этом нужно помнить, что при соединении тонкого материала с положительным полюсом материал может быть легко прожжен. При сварке марганцевистой стали и бронзы следует осуществлять обратную полярность. При подобной сварке чугунных изделий необходимо соединение свариваемого предмета с отрицательным полюсом.

При соединении электрододержателя с положительным полюсом электрод плавится быстрее, вследствие чего происходит и более быстрое заполнение шва.

При работе графитовым электродом, на последнем должен быть всегда отрицательный полюс.

При сварке крупных деталей кабель от сварочной машины присоединяется непосредственно к детали.

Необходимо следить за тем, чтобы во всех соединениях имелся хороший контакт.

При плохом расплавлении основного металла надо увеличить силу тока; если это невозможно, следует взять электрод большего диаметра или более тугоплавкий.

Сварщик должен следить, чтобы металл электрода ложился равномерно и нетолстым слоем.

Каждому электроду соответствует определенная нормальная сила тока.

При выборе электрода необходимо обращать внимание на однородность металла электрода с основным металлом изделия. Целым рядом опытов установлено, что наиболее подходящим диаметром электрода является равный 4—5 мм.

Угольные и графитовые электроды идут для резки металла и сварки красной меди, латуни, алюминия или чугуна в тех местах, где внешний вид не имеет значения.

Для сварки чугуна рекомендуется электрод специального состава: Ni — 67%, Cu — 25,2%, Al — 1,4%, Fe — 3,1%, Si — 0,14%, P — следы (монель)¹.

Для обычных работ, не являющихся особо важными и ответственными, при сварке мягкой стали употребляется проволока такого же металла, причем в этом случае изготовление электродов поручается самим сварщикам.

С целью придания устойчивости дуге служит обмазка электродов, как, например: известь, мел, стекло, желтая соль, уголь и др. Применение обмазки электродов, а также флюсов, ограждает металл от вредного влияния кислорода воздуха в процессе сварки. Например, в атмосфере водорода вольтова дуга дает возможность

¹ Взято у Кутузова Ю. М., Практическое руководство по электросварке.

сваривать специальные сорта стали, красной меди и алюминия, что чрезвычайно затруднительно в обычных условиях.

Абсолютная чистота шва металла является важнейшим условием надежности сварки.

Необходимыми также являются достаточная вязкость и плотность шва, которые определяются рубкой зубилом или крейцмейселем.

Если при этом стружка получается короткой, сухой, похожей на стружку чугуна, то это будет свидетельствовать, что наплавленный металл пережжен из-за избытка силы тока или окислен длинной дугой. Такой шов, конечно, легко рвется при нагрузке или при изгибе.

Одним из практических способов для обнаружения наличия незаметных для невооруженного глаза капиллярных трещин в шве служит применение керосина, который, пройдя по этим трещинам на другую сторону, обнаружит дефекты шва.

Практически правильность выбора тока определяется тем, что перед сваркой наплавляют на предмет небольшой шов, затем его срубают и судят о результате.

Если при этом:

- 1) шов срубается легко или отскакивает, то это значит, что имеется непровар или плохое проникание, т. е. сила тока мала;
- 2) шов пористый, крошится при рубке или имеет боковой непровар, — значит, сила тока велика и имеется пережог металла;
- 3) шов срубается вместе с основным металлом и получается чистая гладкая поверхность без пузырей, пор и т. д., как указано выше, — это значит, что металл наплава хорош и сила тока взята правильно.

Необходимо отметить, что особенно ответственной является работа сварщика в котле или пароприемнике.

Здесь требуется не только высокая квалификация сварщика как непосредственного исполнителя работы, но и знание устройства самого свариваемого изделия, свойств его металла и особенно требований, предъявляемых к последнему. Здесь необходима самая добросовестная, бережная и внимательная очистка поверхности свариваемого места и вообще — тщательнейшая подготовка его к сварке. И при этом, при обнаружении в металле изделия в процессе подготовительных операций всякого рода таких дефектов, как, например, внутренних трещин, прослоек в металле, крупнозернистой структуры, хрупкости, различия в толщине стенок и т. д., необходимо немедленно сообщать об этом представителям котлонадзора или лицу, руководящему сварочными работами. Из наружных дефектов металла особенно должно быть обращено внимание на наличие мелких, иногда заметных только в лупу, трещин, которые чаще возникают в местах загибов, на кромках и у заклепочных швов котлов и пароприемников.

Причинами возникновения здесь этих трещин могут быть: коррозия, механические причины при обработке металла и хрупкость металла.

В общем хорошие и надежные сварные швы, а следовательно, и изделия в целом, получаются, с одной стороны, при правильном подборе конструктором отдельных конструктивных элементов шва,

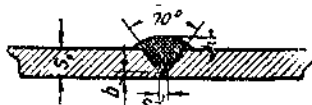
как-то: углов раскоса, перемычек и т. д. и с другой стороны, — при надлежащем режиме самого процесса электросварки, т. е. при подходящем применении силы тока, диаметра электрода, при надлежащей подготовке места сварки, скорости сварки и т. д.

И хотя дать универсальные, подходящие для всех случаев работ, сведения подобного рода почти невозможно, все же имеется уже много материалов, основанных на относительно хорошо проверенных практических данных, которыми можно пользоваться для производственных целей.

Примером подобных материалов могут служить приводимые ниже табл. 88—101, взятые из практики завода „Компрессор“ (б. „Котлоаппарат“), дающие указания о подготовке элементов швов и режиме электросварки. В эти таблицы включены, между прочим, и технико-нормировочные данные, которые должны, конечно, рассматриваться как одна из попыток нормализации в этой области на основе сочетания научных и практических данных. Эти таблицы с успехом находят себе пока применение в приводимом виде. Дальнейшее покажет, где и в какой степени они должны быть исправлены.

Таблица 88

Электросварные непрерывные односторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 117)



Фиг. 117.

Толщина свариваемого металла δ , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва см^3	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт·ч	Угол скоса α°	Высота перемычки b , мм	Зазор δ , мм	Высота усиления h , мм
			шт.	кг								
5	1-й слой 3,5	31	12	0,32	120	20	0,41	0,96	70	2	1,5	1,5
6	1-й " 4	40	12	0,43	140	22	0,47	1,45	70	2	1,5	1,5
7	1-й " 3,5	62	8	0,21	115	20	0,64	2,26	70	2	2	2
	2-й " 5		8	0,42	180	25						
8	1-й " 3,5	75	8	0,21	120	20	0,73	2,8	70	2	2	2
	2-й " 5		10	0,55	185	25						
10	1-й " 4	124	12	0,48	145	22	1,15	4,99	70	2	2,5	2,5
	2-й " 5		16	0,89	195	26						
13	1-й " 4	200	12	0,48	145	22	1,96	7,8	70	2	2,5	3,25
	2-й " 4		18	0,64	145	22						
	3-й " 5		19	1,05	195	26						

Таблица 89

Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 118)



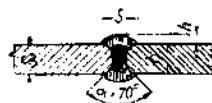
Фиг. 118.

Толщина свариваемого металла δ , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 лог. м шва см^3	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 лог. м шва, часы	Расход электроэнергии на 1 лог. м шва, кВт	Угол скоса α°	Высота перемычки b , мм	Зазор s , мм	Высота усиления h , мм
			шт.	кг								
5	1-й слой 3,5 подв. 2-й ст. ¹ 3,5	40	12	0,32	120	20	0,54	1,27	70	2	1,5	1,5
			4	0,10	120	20						
6	подв. 2-й ст. 4	49	12	0,43	140	22	0,58	70	2	1,5	1,5	1,5
			3	0,10	140	22						
7	1-й слой 3,5	78	8	0,21	115	20	0,83	2,87	70	2	2	2
	2-й " 5		8	0,42	180	25						
	подв. 2-й ст. 4		5	0,18	145	22						
8	1-й слой 5,5	91	8	0,21	120	20	0,92	3,41	70	2	2	2
	2-й " 5		16	0,55	185	25						
	подв. 2-й ст. 4		5	0,18	145	22						
10	1-й слой 4	146	12	0,42	145	22	1,36	5,84	70	2	2,5	2,5
	2-й " 5		16	0,89	195	26						
	подв. 2-й ст. 5		4	0,22	190	25						
13	1-й слой 4	232	12	0,42	145	22	2,22	9,12	70	2	2,5	2,25
	2-й " 4		18	0,64	145	22						
	3-й " 5		19	1,05	195	26						
	подв. 2-й ст. 5		6	0,33	195	26						
16	1-й слой 4	348	12	0,42	150	24	2,88	13,83	70	2	2	4
	2-й " 5		20	1,1	185	25						
	3-й " 5		28	1,54	195	26						
	подв. 2-й ст. 5		9	0,50	195	26						

¹ Означает сокращенно „подварка 2-й стороны“.

Таблица 90

Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные Х-образные швы (фиг. 119)

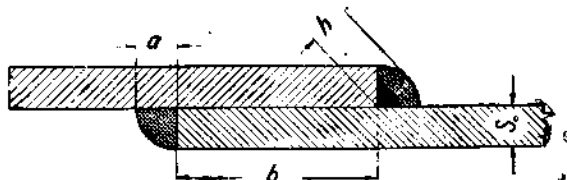


Фиг. 119.

Толщина свариваемого металла δ , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва см ³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электродов на 1 пог. м шва кВт	Угол скоса α°	Высота перемычки b , мм	Зазор δ , мм	Высота усиления h , мм
			шт.	кг								
13	1-й слой 4	104	11	0,35	145	22	0,95	3,94	70	2	2,5	2,6
	2-й " 5		13	0,72	190	25						
16	1-й " 4	158	17	0,64	150	23	1,44	6,08	70	2	3	3,2
	2-й " 5		19	0,99	185	25						
19	1-й " 4	230	20	0,71	150	23	1,86	9,77	70	2	3	3,8
	2-й " 6		21	1,68	230	28						
22	1-й " 4	371	33	1,17	150	23	2,95	16,25	70	2	3,5	4,4
	2-й " 6		34	2,70	240	29						
25	1-й " 5	466	20	1,11	185	25	3,60	20,55	70	2	3,5	5
	2-й " 5		26	1,44	195	26						
	3-й " 6		29	2,3	250	30						

Таблица 91

Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные швы внахлестку (фиг. 120)

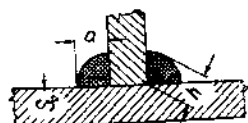


Фиг. 120.

Толщина свариваемого металла δ , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва с одной стороны см ³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электродов на 1 пог. м шва кВт	Ширина нахлестки $b = 3\delta + 8$ мм	Ширина наплава a мм	Высота наплава $h = 0,9 a$, мм
			шт.	кг							
3	3	10	6	0,12	100	18	0,18	0,32	17	3	3
4	3,5	13	6	0,16	115	20	0,21	0,48	20	4	4
5	4	20	6	0,21	140	22	0,23	0,71	23	5	5
6	4	28	9	0,32	145	22	0,34	1,09	26	6	5,5
7	5	38	7	0,40	180	25	0,34	1,58	29	7	6,5
8	5	50	10	0,55	185	25	0,46	2,12	32	8	7
10	1-й слой 4	79	8	0,28	145	22	0,76	3,12	38	10	9
	2-й " 5		10	0,55	185	25					
13	1-й " 4	135	13	0,46	145	22	1,08	4,56	47	13	12
	2-й " 5		17	0,94	185	25					
16	1-й " 4	209	15	0,53	145	22	1,80	7,85	56	16	14
	2-й " 5		12	0,66	185	25					
	3-й " 5		16	0,88	195	26					
19	1-й " 5	282	13	0,72	185	22	2,2	11,85	65	19	17
	2-й " 5		16	0,89	195	26					
	3-й " 6		17	1,35	230	28					

Таблица 92

Электросварные непрерывные, Т-образные, двух-
сторонние, усиленные швы (фиг. 121)

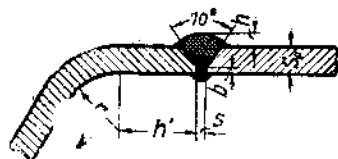


Фиг. 121.

Толщина свариваемого металла b , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва с одной стороны V , см ³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва с одной стороны t , часы	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт/ч	Ширина наплава a , мм	Высота наплава h , мм
			шт.	кг						
4	3,5	13	6	0,16	115	20	0,21	0,48	4	3
5	4	20	6	0,21	140	22	0,23	0,71	5	4
6	4	28	9	0,32	145	22	0,34	1,09	6	5,5
7	5	38	7	0,40	180	25	0,34	1,58	7	6,5
8	5	50	10	0,55	185	25	0,46	2,12	8	7
10	{ 1-й слой 4 2-й " 5 }	79	{ 8 10 }	{ 0,28 0,55 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	0,76	3,12	10	9
13	{ 1-й " 4 2-й " 5 }	135	{ 13 17 }	{ 0,46 0,94 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	1,08	4,56	13	12
16	{ 1-й " 4 2-й " 5 3-й " 5 }	200	{ 15 12 16 }	{ 0,53 0,66 0,88 }	{ 145 185 195 }	{ 22 25 26 }	1,80	7,85	16	14
19	{ 1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6 }	282	{ 13 16 17 }	{ 0,72 0,89 1,35 }	{ 185 195 230 }	{ 25 26 28 }	2,2	12,24	19	19
22	{ 1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6 }	380	{ 18 21 23 }	{ 1,00 1,17 1,83 }	{ 185 195 240 }	{ 25 26 29 }	2,92	16,68	22	20
25	{ 1-й " 5 2-й " 6 3-й " 6 }	490	{ 23 19 29 }	{ 1,28 1,51 2,31 }	{ 195 240 250 }	{ 26 29 30 }	3,39	21,9	25	22

Таблица 93

Электросварные непрерывные, двухсторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 122) для соединения сферических днищ встык с обечайками



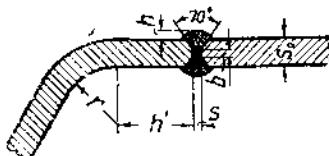
Фиг. 122.

Толщина свариваемого металла a , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва, см ³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы ¹	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт·ч	Высота перемычки b , мм	Зазор s , мм	Высота наплавки h , мм	h' , мм	r , мм
			шт.	кг									
5	{ 1-й слой 3,5 подв. 2-й стор. 3,5 ¹ }	40	{ 12 4 }	{ 0,32 0,10 }	{ 120 120 }	{ 20 20 }	0,54	1,27	2	1,5	1,5		
6	{ 1-й слой 4 подв. 2-й стор. 4 }	49	{ 12 3 }	{ 0,43 0,10 }	{ 140 140 }	{ 22 22 }	0,58	1,79	2	1,5	1,5		
7	{ 1-й слой 3,5 2-й . 5 подв. 2-й стор. 4 }	78	{ 8 8 5 }	{ 0,21 0,42 0,18 }	{ 115 180 145 }	{ 20 25 22 }	0,83	2,87	2	2	2		
8	{ 1-й слой 3,5 2-й . 5 подв. 2-й стор. 4 }	91	{ 8 10 5 }	{ 0,21 0,55 0,18 }	{ 120 185 145 }	{ 20 25 22 }	0,92	3,41	2	2	2		
10	{ 1-й слой 4 2-й . 5 подв. 2-й стор. 5 }	146	{ 12 16 4 }	{ 0,42 0,89 0,22 }	{ 145 195 180 }	{ 22 26 25 }	1,36	5,84	2	2,5	2,5	по нормам	по нормам
13	{ 1-й слой 4 2-й . 4 3-й . 5 подв. 2-й стор. 5 }	232	{ 12 18 19 6 }	{ 0,42 0,64 1,05 0,33 }	{ 145 145 195 195 }	{ 22 22 26 26 }	2,22	9,12	2	2,5	3		
16	{ 1-й слой 4 2-й . 5 3-й . 5 подв. 2-й стор. 5 }	348	{ 12 20 28 9 }	{ 0,42 1,10 1,54 0,50 }	{ 150 185 195 195 }	{ 24 25 26 26 }	2,88	13,83	2	3	4		

¹ Означает сокращенно „подварка 2-й стороны“.

Таблица 94

Электросварные непрерывные, двухсторонние, усиленные X-образные швы (фиг. 123) для соединения сферических днищ встык с обечайками

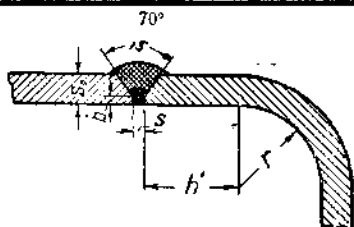


Фиг. 123.

Толщина свариваемого металла S , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва, см³ с двух сторон, см³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт·ч	Высота перемычки b , мм	Зазор S , мм	Высота наплавки h , мм	h' , мм	r , мм
			шт.	кг									
13	1-й слой 4	104	11	0,35	145	22	0,92	3,94	2	2,5	2,5		
	2-й " 5	158	13	0,72	185	25							
16	1-й " 4	230	17	0,64	150	23	1,40	6,08	2	3	3,2		
	2-й " 5		19	0,99	185	25							
19	1-й " 4	371	20	0,71	150	23	1,32	9,77	2	3	3,8		
	2-й " 5		21	1,68	230	28							
22	1-й " 4	450	33	1,11	150	23	2,90	16,25	2	3,5	4,4		
	2-й " 6		34	2,70	240	29							
24	1-й " 5		19	1,05	185	25	3,50	20,55	2	3,5	5		
	2-й " 5		25	1,35	195	26							
	3-й " 6		28	2,20	250	30							

Таблица 95

Электросварные непрерывные, односторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 124) для соединения плоских днищ встык с обечайками

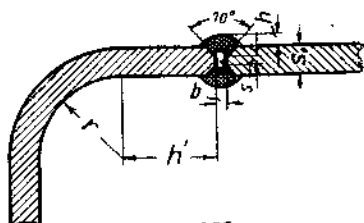


Фиг. 124.

Толщина свариваемого металла S , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва, см³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт·ч	Высота перемычки b , мм	Зазор S , мм	Высота наплавки h , мм	h' , мм	r , мм
			шт.	кг									
5	3,5	31	12	0,32	120	20	0,41	0,96	2	1,5	1,5		
6	4	40	12	0,43	140	22	0,47	1,45	2	1,5	1,5		
7	1-й слой 3,5	62	8	0,21	115	20	0,64	2,26	2	2	2		
	2-й " 5		8	0,42	180	25							
8	1-й " 3,5	75	8	0,21	120	20	0,73	2,8	2	2	2		
	2-й " 5		10	0,55	185	25							
10	1-й " 4	124	12	0,42	145	22	1,15	4,99	2	2,5	2,5		
	2-й " 5		16	0,89	195	26							
13	1-й " 4	200	12	0,42	145	22	1,96	7,8	2	2,5	2,5		
	2-й " 4		18	0,64	145	22							
16	3-й " 5		19	1,05	195	26	2,56	12,2	2	3	3		
	1-й " 4		12	0,42	150	24							
	2-й " 5		20	1,1	185	25							
	3-й " 5		28	1,54	195	26							

Таблица 98

Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные Х-образные швы (фиг. 125) для соединения встык плоских днщ с обечайками



Фиг. 125.

Толщина свариваемо- го металла s_0 , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва, см ³	Количе- ство электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления ме- талла на 1 пог. м шва, часы	Расход электроэнер- гии на 1 пог. м, шва кВт	Высота перемячки b , мм	Зазор δ , мм	Высота усиления h , мм	h' , мм	r , мм
			шт.	кг									
13	1-й слой 4 2-й " 5	104	11 13	0,36 0,72	145 185	22 25	0,95	3,94	2	2,5	2,6		
16	1-й " 4 2-й " 5	158	17 19	0,64 0,99	150 190	23 25	1,44	6,08	2	3	3,2		
19	1-й " 4 2-й " 6	230	20 21	0,71 1,68	150 230	23 28	1,86	9,77	2	3	3,8		
22	1-й " 4 2-й " 6	371	33 34	1,17 2,70	150 240	23 29	2,95	16,25	2	3,5	4,4		
24	1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6	466	20 26 29	1,11 1,44 2,30	185 195 250	25 26 30	3,60	20,55	2	3,5	5	по нормам	по нормам

Таблица 97

Электросварные, непрерывные, угловые усиленные швы (фиг. 128) для соединения днщ и крышек впритык для неотвественных из-
делий (под налив)



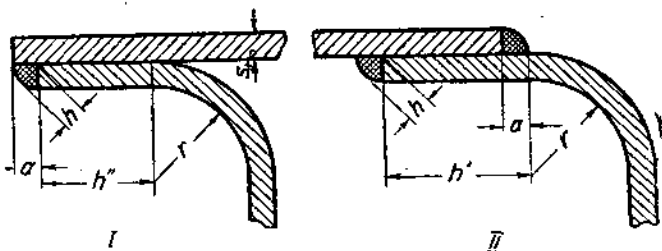
Фиг. 126.

Толщина свариваемо- го металла s_0 , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва с двух сторон, см ³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электроэнер- гии на 1 пог. м, кВт	h мм
			шт.	кг					
3	3	20	12	0,24	100	18	0,36	0,64	3
4	3,5	26	12	0,32	115	20	0,42	0,96	4
5	4	40	12	0,42	140	22	0,46	1,42	5
6	4	56	18	0,64	145	22	0,68	2,18	5,5
7	5	76	14	0,80	180	25	0,68	3,16	6,5
8	5	100	20	1,10	185	25	0,92	4,24	7
10	1-й слой 4 2-й " 5	158	16 20	0,56 1,10	145 185	22 25	1,52	6,24	9
13	1-й " 4 2-й " 5	270	26 34	0,92 1,88	145 185	22 25	2,72	10,42	12

Примечание. Сварка обязательна с двух сторон.

Таблица 98

Электросварные, непрерывные усиленные швы (фиг. 126) для соединения внахлестку плоских днщ с обичайками



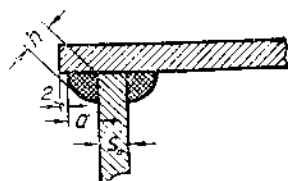
Фиг. 127.

Толщина свариваемого металла s , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва с одной стороны, см ³	Количество электродов		Сила тока I , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт/ч	Ширина наплыва a , мм	Высота наплыва h , мм	h' и h'' , мм	r , мм
			шт.	кг								
3	3	10	6	0,12	100	18	0,18	0,32	3	3		
4	3,5	13	6	0,16	115	20	0,21	0,48	4	4		
5	4	20	6	0,21	140	22	0,23	0,71	5	5		
6	4	28	9	0,32	145	22	0,34	1,09	6	5,5		
7	5	38	7	0,40	180	25	0,34	1,58	7	6,5		
8	5	50	10	0,55	185	25	0,46	2,12	8	7		
10	{ 1-й слой 4 2-й " 5 }	79	{ 8 10 }	{ 0,28 0,55 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	0,76	3,12	10	9		
13	{ 1-й " 4 2-й " 5 }	135	{ 13 17 }	{ 0,46 0,94 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	1,36	5,21	13	12		
16	{ 1-й " 4 2-й " 5 3-й " 5 }	200	{ 15 12 16 }	{ 0,53 0,66 0,88 }	{ 145 185 195 }	{ 22 25 26 }	1,80	7,85	16	14		
19	{ 1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6 }	282	{ 13 16 17 }	{ 0,72 0,89 1,35 }	{ 185 195 230 }	{ 25 26 28 }	2,2	12,24	19	17		
22	{ 1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6 }	380	{ 18 21 23 }	{ 1,00 1,17 1,83 }	{ 185 195 240 }	{ 25 26 29 }	2,92	16,68	22	20		
24	{ 1-й " 5 2-й " 6 3-й " 6 }	470	{ 22 18 29 }	{ 1,25 1,46 2,26 }	{ 195 240 250 }	{ 26 29 30 }	3,28	21	24	22		

Примечание. Днище по виду I фиг. 125 сварено выпуклостью внутрь, а днище по виду II сварено выпуклостью наружу.

Таблица 99

Электросварные, непрерывные, усиленные
Т-образные швы (фиг. 127) для соединения
плоских днщ с обичайками

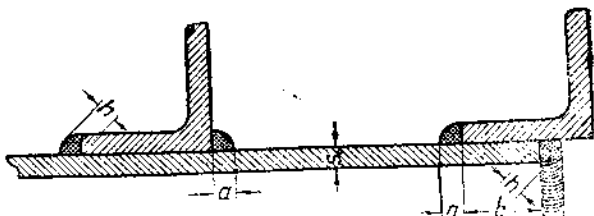


Фиг. 128.

Толщина свариваемого металла S_p , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва с одной стороны, см ³	Количе- ство элект- родов		Сила тока i , амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, часы	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт·ч	Ширина шва a , мм	Высота шва h , мм
			шт.	кг						
3	3	10	6	0,12	100	18	0,18	0,32	3	3
4	3,5	13	6	0,16	115	20	0,21	0,48	4	3
5	4	20	6	0,21	140	22	0,23	0,71	5	4
6	4	28	9	0,32	145	22	0,34	1,09	6	5,5
7	5	38	7	0,40	180	25	0,34	1,58	7	6,5
8	5	50	10	0,55	185	25	0,46	2,12	8	7
10	{ 1-й слой 4 2-й " 5 }	79	{ 8 10 }	{ 0,28 0,55 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	0,76	3,12	10	9
13	{ 1-й " 4 2-й " 5 }	135	{ 13 17 }	{ 0,46 0,94 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	1,36	5,21	13	12
16	{ 1-й " 4 2-й " 5 3-й " 5 }	200	{ 15 12 16 }	{ 0,53 0,66 0,88 }	{ 145 185 195 }	{ 22 25 26 }	1,80	7,85	16	14
19	{ 1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6 }	282	{ 13 16 17 }	{ 0,72 0,89 1,35 }	{ 185 195 230 }	{ 25 26 28 }	2,20	12,24	19	17
22	{ 1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6 }	380	{ 18 21 23 }	{ 1 1,17 1,83 }	{ 185 195 240 }	{ 25 26 29 }	2,92	16,68	22	20
24	{ 1-й " 5 2-й " 5 3-й " 6 }	470	{ 22 18 28 }	{ 1,25 1,46 2,26 }	{ 195 240 250 }	{ 26 29 30 }	3,28	21	24	22

Таблица 100

Электросварные, непрерывные, усиленные швы (фиг. 129) для соединения угловой стали с листовой



Фиг. 129.

Толщина листа s_0 , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 лог. м шва с одной стороны см^3	Количество электродов		Сила тока i амперы	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 лог. м шва, часы	Расход электроэнергии на 1 лог. м шва, кВт	Ширина наплава a , мм	Высота наплава b , мм	Ширина нахлестки b , мм
			шт.	кг							
3	3	10	6	0,12	100	18	0,18	0,32	3	3	b равно не менее $3s_0 + 8$
4	3,5	13	6	0,16	115	20	0,21	0,48	4	4	
5	4	20	6	0,21	140	22	0,23	0,71	5	5	
6	4	28	6	0,32	145	22	0,34	1,09	6	5,5	
7	5	38	7	0,40	180	25	0,34	1,58	7	6,5	
8	5	50	10	0,55	185	25	0,46	2,12	8	7	
10	{ 1-й слой 4 2-й " 5 }	79	{ 8 10 }	{ 0,28 0,55 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	{ 0,76 3,12 }	{ 10 9 }			
12	{ 1-й " 4 2-й " 5 }	132	{ 14 16 }	{ 0,49 0,89 }	{ 145 185 }	{ 22 25 }	{ 1,26 5,10 }	{ 12 11 }			
14	{ 1-й " 4 2-й " 4 3-й " 5 }	168	{ 12 15 14 }	{ 0,42 0,53 0,77 }	{ 145 145 185 }	{ 22 22 25 }	{ 1,66 6,73 }	{ 14 13 }			

Во всех указанных табл. 88—101 сила тока i определяется в зависимости от диаметра электрода по формуле, предложенной французским инж. Морисом Лебреном в результате его многочисленных исследований¹, но с введением в его формулу, учитывая особенности цеховой обстановки, как-то: плохого контакта в соединениях влияния ветра или тока воздуха и т. д., дополнительной постоянной прибавки, равной 20, а именно:

$$i = \left(k - \frac{d}{10} \right) (d^2 + 4d) + 20,$$

где k — числовой коэффициент, зависящий от материала электрода, и равный для литой стали (железа) 4,1;
 d — диаметр электрода в мм.

¹ Сварочный сборник, вып. 121, Научно-исследовательского сектора НКПС, по трудам I Общепромышленного совещания по сварке. Изд. Транспечати НКПС, стр. 11, 1930 г.

Таблица 101

Электросварные, непрерывные, усиленные швы для тонких листов (фиг. 130)



Фиг. 130.

Толщина свариваемого металла S_0 , мм	Диаметр электрода d , мм	Объем сварки на 1 пог. м шва, см ³	Количество электродов		Сила тока, I ампера	Напряжение тока E , вольты	Время сплавления металла на 1 пог. м шва, час	Расход электроэнергии на 1 пог. м шва, кВт	Зазор между стыками листов δ , мм	Высота наплава усиления шва h , мм
			шт.	№						
2	2	13,5	17	0,15	65	16	0,36	0,37	1	1,5
2,5	2	15,7	21	0,19	70	16	0,42	0,47	1	1,5
3	3	20,0	12	0,23	95	18	0,38	0,65	1,5	1,5
3,5	3	23,3	14	0,27	100	18	0,41	0,74	1,5	2
4	3	26,7	16	0,31	105	18	0,45	0,85	2	2

● Примечание. При односторонней усиленной сварке нормировочные данные уменьшаются на 20—25%.

Напряжение тока E также определено по эмпирической формуле, предложенной тем же Лебреном, а именно:

$$E = k' + l + \left(\frac{d}{10} \cdot \frac{i}{s} \right),$$

где k' — числовой коэффициент, зависящий от материала электрода и равный для литой стали (железа) 12;

l — длина дуги, равная 3 мм;

$\frac{i}{s}$ — плотность тока;

d — (мм) диаметр электрода.

Основное правило хорошей подготовки сводится прежде всего к доступности к каждой точке свариваемого предмета, так как оставление прозоров или неспаянных мест значительно понижает прочность шва и потому недопустимо. Выбор рода шва, X-образного или V-образного, должен быть рационален и соответствовать работе изделия или части его. При этом нужно иметь в виду, что если данная часть изделия работает на сжатие, то выбор шва безразличен; если же — на разрыв, то предпочтительно останавливаться на X-образном шве, т. е. делать двойную вырубку. Все конструкции следует стремиться выбирать так, чтобы сварочный шов совпадал с нейтральным слоем при изгибе или чтобы он подвергался только напряжениям растяжения вместо изгиба.

По опытным данным Шимпке и Горна крепость на разрыв сварного шва на практике колеблется от 70 до 100%, а коэффициент

удлинения — в пределах от 20 до 90% от тех же величин для основного материала; это свидетельствует о достаточной удовлетворительности шва в крепости его на разрыв, но оставляет желать много лучшего в смысле способности его к удлинению.

При этом необходимо отметить, что громадную роль в придании шву эластичности играет обмазка электрода.

Коэффициенты для сварных швов. Дигель¹ своими опытами доказал, что коэффициент прочности хорошо выполненных водяным газом сварных швов внахлестку:

$$\varphi = 0,8.$$

В общем же, на основании существующих правил, нужно в этом случае φ считать равным 0,7.

Тонкие листы теряют при обжигании их во время сварки больше, чем более толстые; поэтому при листах с расчетной толщиной ниже 10 мм должна делаться особая прибавка и притом по германским; например, правилам изготовления пароприемников равная: 0,25 (10 — s). По Дигелю же, если

толщина листа мм	прибавка равна мм
9—10	0,5
8—9	1
5—8	1,5

Согласно более новым германским правилам об изготовлении паровых котлов по поводу коэффициентов прочности для сварных швов могут быть указаны следующие опытные данные, которые относятся к средней работе, выполняемой при хорошем руководстве. Если оправдываются высшие значения, то можно с согласия поставщика и получателя котлов, при условии утверждения этого соответствующим специалистом, доходить в допустимой границе до максимальных значений $\varphi_{\max}$.

Стыковая, клиновая и тому подобные огневые или горновые сварки (при этом напряжение на изгиб недопустимо):

$$\varphi = 0,3 \text{ и } \varphi_{\max} = 0,6.$$

Горновая сварка внахлестку (с соединением в тестообразном состоянии под давлением ударов молота или нажима прессы) коксовым огнем или пламенем водяного газа:

$$\varphi = 0,7;$$

при наличии специальных приспособлений для достижения совершеннейшего качества работы и при доказанности опытным путем способности к соответствующей нагрузке:

сварка коксовым огнем	$\varphi_{\max} = 0,8$
„ водяным газом	$\varphi_{\max} = 0,9$

Сварка плавлением (газовая или электрическая):

$$\varphi = 0,5;$$

¹ Forsch.-Arb. Ing., Heft 2, Januar 1920.

в исключительных случаях для новых котлов

$$\varphi = 0,55$$

и в особых случаях при работе по исправлениям с предварительного согласия имеющего отношение к данному делу специалиста:

$$\varphi_{\max} = 1,0.$$

Для сварного шва плавлением с улучшенным качеством его благодаря хорошей проковке при повторном нагреве до красного каления:

$$\varphi = 0,65$$

и в особых случаях, как выше:

$$\varphi_{\max} = 1,0;$$

эти швы не должны подвергаться напряжениям на изгиб.

Электрическая сварка встык чистым методом сопротивления или способом плавления является до настоящего времени неравноценной всем остальным видам сварки. Значения их коэффициентов предоставляются всецело усмотрению соответствующих специалистов.

Если небольшие недоступные пароприемники должны быть целиком сварены, то улучшение качества, по крайней мере, последнего круглого шва, делается неосуществимым из-за невозможности установления опоры, на которой шов мог бы подвергнуться проковке ударами молотка. Очевидно, более новые германские правила предусмотрели этот случай, так как они дают для улучшенного качества сваренного плавлением шва коэффициент: $\varphi = 0,65$ и $\varphi_{\max} = 1,0$, как бы в противовес такому же шву, но худшего качества, с $\varphi = 0,5$ или $\varphi = 0,55$ и $\varphi_{\max} = 1,0$. Последний круглый шов целиком сваренного и недоступного котла под давлением, само собой разумеется, должен иметь также надежную накладку, которая, понятно, не приклепана, а только приварена. Этому шву дают значение $\varphi = 0,5$, из которого, таким образом, на шов обичайки и на накладку падает по половине, т. е. по $\varphi = 0,25$ с соответствующим напряжением. Это дает возможность считать шов достаточно надежным даже в тех случаях, когда таковой неулучшенного качества, как-то: неотожжен и т. д.; особенно это применимо к тем случаям, где речь идет о круглом шве.

Там где шов может быть улучшен, он, безусловно, должен этому подвергнуться.

Этими же германскими правилами рекомендуется при сварке листов с расчетной толщиной, меньшей 10 мм, увеличивать такую прибавкой: $0,25(10 - s_0)$, где s_0 — толщина, полученная по расчету. Однако отмечаем, что здесь речь идет не о требуемом, а о рекомендуемом правиле, которое основано, во всяком случае, на опытах по сварке внахлестку тонких листов, при которых отмечалось явление ослабления.

Таким образом вместо расчетной, толщины стен при сварке рекомендуется (поскольку $s_0 < 10$ мм) определять по следующей окончательной формуле:

$$s = s_0 + 0,25(10 - s_0)$$

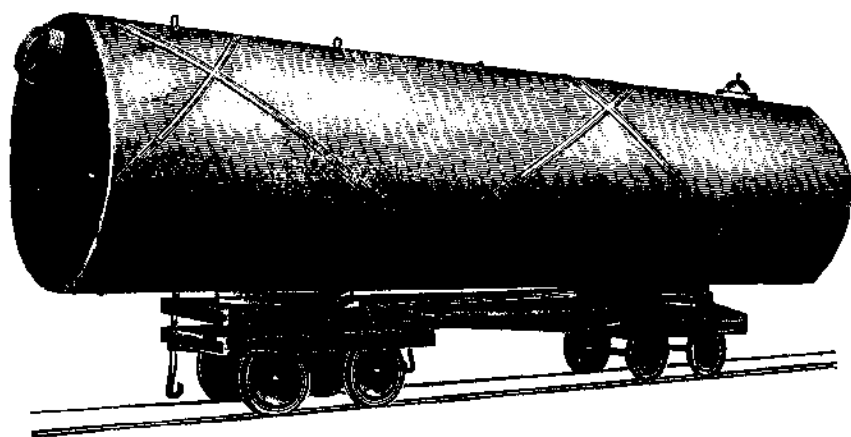
или

$$s = 0,75 s_0 \div 2,5.$$

Приняв, например, в расчете $s_0 = 6,5$ мм, нужно взять для каждого рода сварки не $s = 7$ мм, а $s = 0,75 \cdot 6,5 \div 2,5 = 7,38$ или округленно $s = 7,5$ мм.

В Швейцарии, где без ограничений применяют оба способа сварки, т. е. газовую и дуговую, и где разработаны для этого соответствующие правила, при газовой сварке для швов, не дающих уверенности в совершенном проваре, коэффициент крепости соединений принят только в 0,55—0,60 от временного сопротивления основного металла K_z .

В случае же если шов поддается проварке с обеих сторон, коэффициент крепости может повышаться до 0,75. При дуговой



Фиг. 131.

сварке здесь, как правило, шов должен исполняться с утолщением и должен быть доступен осмотру с обеих сторон.

У нас для производственных целей обычно при расчете толщин листов при сварных швах вводят для всех видов — сварки плавлением, газовой и электрической, — коэффициент прочности $\varphi = 0,7$.

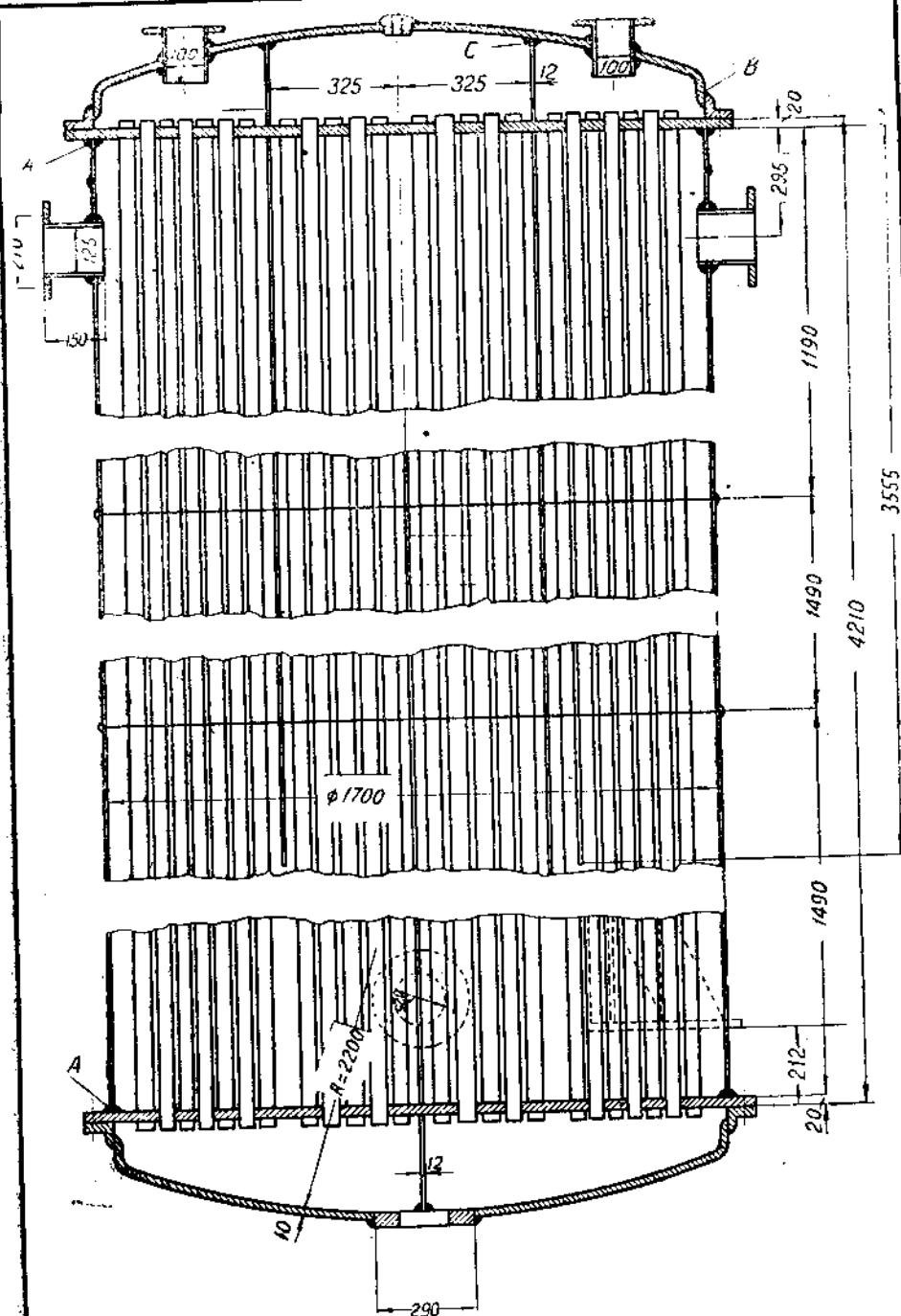
В этом смысле необходимо, конечно, отметить, что указанный вопрос должен стать объектом самого глубокого и всестороннего изучения научно-исследовательских институтов, как в отношении различных видов швов и сварки, так и в отношении различных условий работы этих швов, в частности, — и рассматриваемой нами области.

По данным проф. М. Роша¹ при сварке котлов представляется выгодным располагать швы не вдоль и поперек корпуса котла, а по диагоналям, так как тогда напряжения в шве оказываются более однородными.

Фиг. 131 дает представление о котле, изготовленном подобным образом фирмой бр. Зульцер.

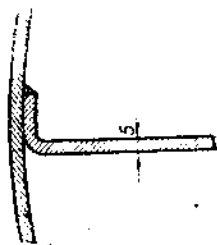
В заключение на фиг. 132 дан железный теплообменник диа-

¹ Сварочный сборник НКПС, вып. 121, стр. 57, 1930 г.

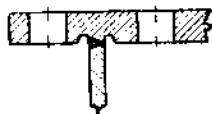


Фиг. 132.

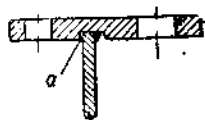
метром 1700×4210 мм, состоящий из цилиндрического корпуса с двумя приваренными по концам круглыми железными плитами (решетками), в цилиндрических отверстиях которых развальцованы стальные дымогарные трубы. В межтрубном пространстве к стенкам корпуса приварены отогнутыми бортами железные перегородки, как показано на фиг. 133. Решетки в узлах А приварены к стенкам обичайки так, как изображено на фиг. 127, т. е.



Фиг. 133.



Фиг. 134.



Фиг. 135.

Т-образным соединением. При этом выступающие края решеток служат одновременно и фланцами, к которым прикреплены крышки аппарата. С точки зрения возможности осуществления самой сварки, лучшим в данном случае следует считать соединение, изображенное на фиг. 134, где необходимый выступ с толщиной, одинаковой с таковой у обичайки, может быть получен путем обточки решетки, как показано на фигуре. Нужно отметить, что этот способ присоединения решеток к стенкам аппаратов встречает затруднения в процессе сборки, когда, особенно у аппаратов больших диаметров, чрезвычайно трудно добиться полного совпадения выточенных кольцевых выступов у решеток и краев стенок корпуса, вследствие присущих котельным работам подобного рода допусков на неточность, овальность и т. д. В этом смысле для осуществления наплава при сварке и большей легкости при сборке несколько лучшим является способ присоединения решеток подобного рода к стенкам аппаратов, показанный на фиг. 135. Здесь в решетке вытачи-

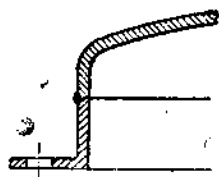
вается канавка α , при помощи которой решетка при сборке как бы надевается на край обичайки. Но качество сварного шва здесь, конечно, уступает тому, который получается на фиг. 134.

Приварка сферических крышек аппарата к фланцам углового железа, т. е. для узла В по фиг. 132, показана на фиг. 136. Лучшим, конечно, с точки зрения рациональности сварки, является соединение по фиг. 137. Приварка перегородок к крышкам для узла С фиг. 132 дана на фиг. 138; обичайка сварена по фиг. 118 и, наконец, бабышка приварена по фиг. 139. Другой способ конструктивного выполнения сварной крышки дан на фиг. 140. При

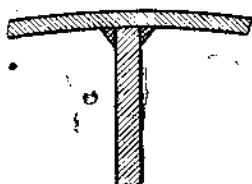
Фиг. 136: A cross-sectional diagram showing a vertical cylindrical wall with a horizontal flange or plate attached to its side. The flange has a small protrusion on its outer edge.

Фиг. 136.

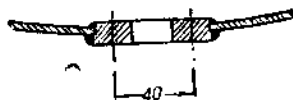
этом необходимо отметить, что для аппаратов, у которых таким крышкам приходится воспринимать избыточные давления, выполнение приварки сферического днища к фланцу углового железа



Фиг. 137.

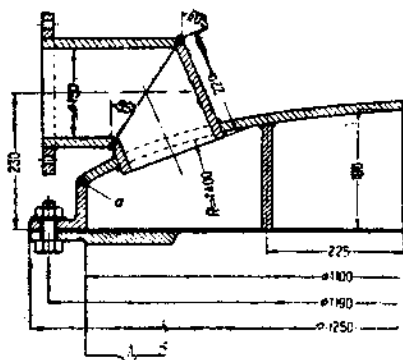


Фиг. 138.



Фиг. 139.

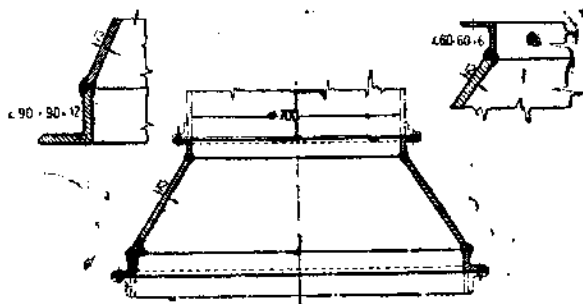
недопустимо в таком виде, как показано на фиг. 140 (см. а), из-за напряжений на изгиб в шве, а может осуществляться так, как это изображено, например, на фиг. 136. На фиг. 141 показана сварка железной конической царги с фланцами углового железа. На фиг. 142 в качестве примера приведена цистерна, сваренная электродугой.



Фиг. 140.

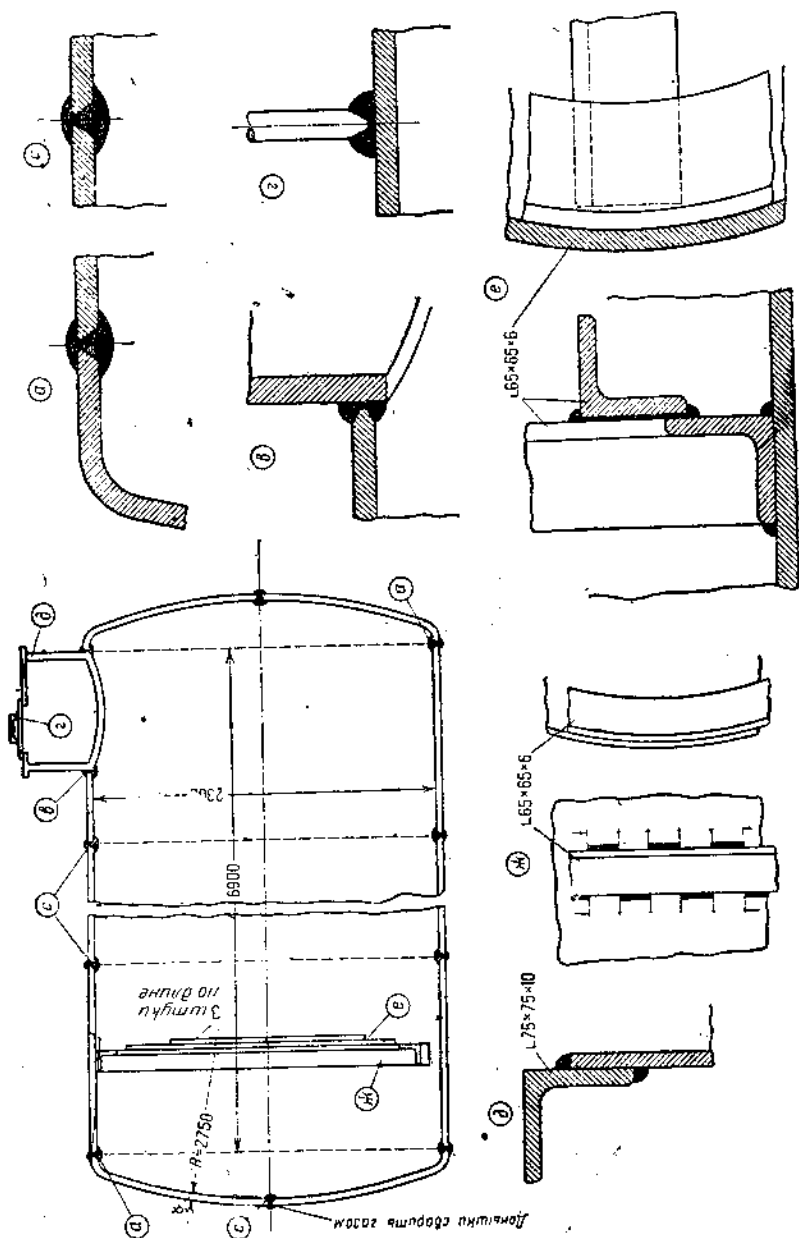
Для того чтобы судить (не считая экономии в металле и создания лучших условий работы вследствие устранения шума и т. д.), какая экономия получается во времени и в рабочей силе при сварке, можно привести хотя бы пример с постройкой на Дальнем Востоке бака для бензина емкостью в 300 т. Эта работа должна была производиться в 2000 км от Владивостока, в захолустье (станция Б. Невер),

не имевшем даже электрического тока. Установка бака, произведенная по способу проф. Вологодина, настолько интересна не только по части сварки, но и по новым методам, которые были применены



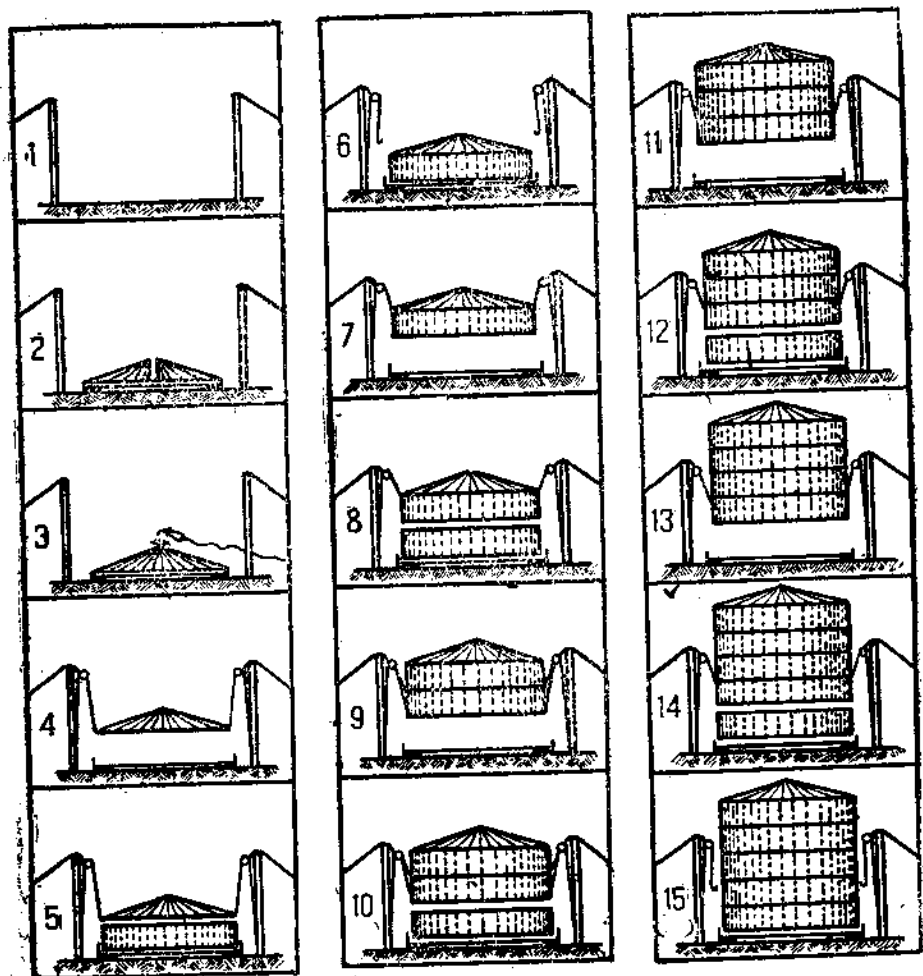
Фиг. 141.

при постройке бака, что на ней следует остановиться несколько подробнее, имея в виду возможность использования этих методов и в аппаратостроении.



Фиг. 142.

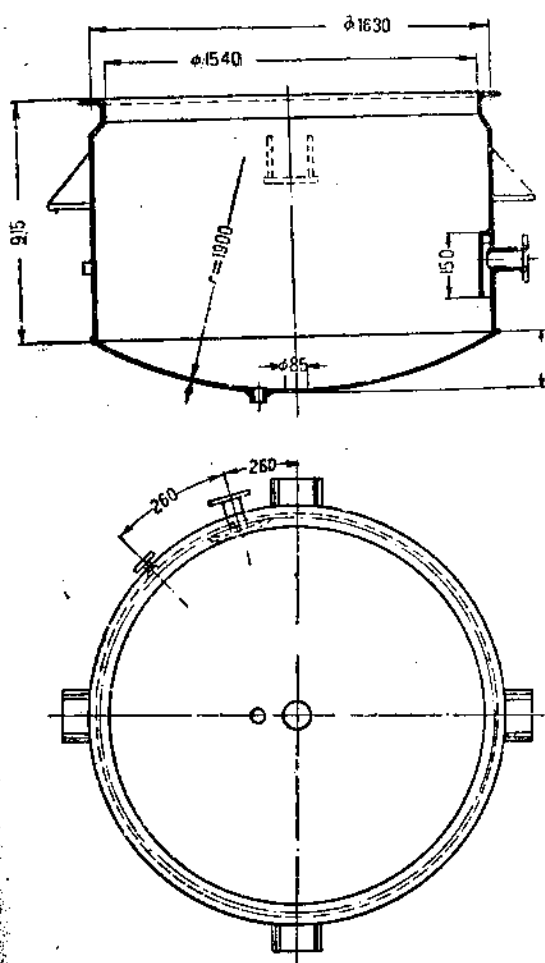
Для этой работы дальневосточным университетом был изготовлен специальный сварочный агрегат, включивший в себя и генератор тока, приводившийся в движение 24-сильным локомотивом Ленца. Во Владивостоке были заготовлены и части для бака.



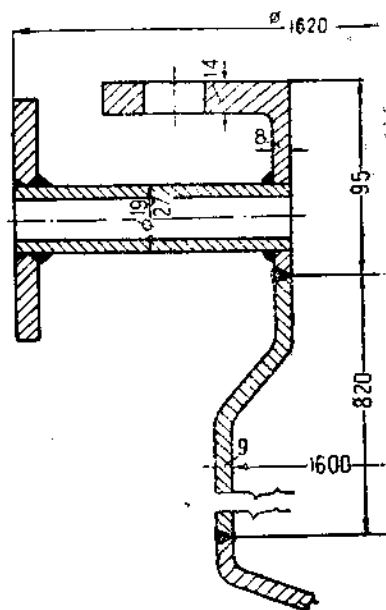
Фиг. 143.

Дно диаметром 7,7 м и толщиной в 7 мм, разделенное пополам, и коническая крышка толщиной в 4 мм были сварены внахлестку во Владивостоке. Там же из листового материала толщиной в 5—7 мм были сварены встык пять (по числу поясов бака) лент длиной по 24 м каждая. Все это было отправлено по железной дороге на станцию Б. Невер, где и было приступлено к сборке бака. Для этого сначала выровняли площадку и поставили вокруг нее четыре пятиметровых столба, заканчивающихся трехтонными таями. На площадку положили две половинки днища и соединили

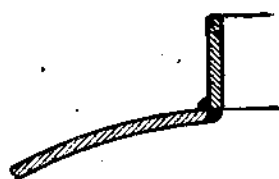
их сваркой. Затем на это днище поставили обе половинки конической кровли, которую и сварили вместе, приварив заодно к ней четыре ушка, за которые она была приподнята талыми над землей. Под приподнятую кровлю на днище поставили верхний пояс бака,



Фиг. 144.



Фиг. 145.



Фиг. 145а.

выровняли его по окружности днища и сварили вертикальный шов. Вслед за этим на образовавшийся цилиндр была опущена кровля, которую и приварили к нему сплошным швом. Закончив эту работу, кровлю с приваренным к ней верхним поясом снова подняли талыми над землей, а на днище поставили второй пояс, с которым проделали то же самое, приварив его затем к первому, и на уровне образовавшегося шва приварили четыре новых ушка. За эти ушки кровля с двумя верхними поясами была поднята над

землей и на днище поставлен третий пояс. Все дальнейшее ясно из фиг. 143.

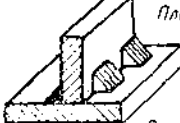
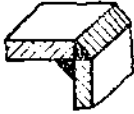
В результате, вместо постройки этого бака старыми клепальными методами в течение 120 рабочих дней (по урочному положению) при участии разметчика, сверловщика и нескольких клепальщиков, таковая была выполнена, благодаря электрической сварке, всего в 36 дней при одном сварщике, одном инженере и одном резчике, причем последний пробыл на работе только 17 дней.

На фиг. 144 изображена железная, целиком сваренная, рубашка для парового пространства аппарата, а на фиг. 145 показан в увеличенном виде способ приварки к корпусу этой рубашки верхнего фланца из углового железа.

Лучшим с точки зрения качества сварного шва следовало бы считать присоединение горловины к верхнему днищу не так, как изображено на фиг. 26, а как показано на фиг. 145а. Но здесь, конечно, возникает затруднение в пригонке краев привариваемой горловины к краям стенки днища. При малых диаметрах это затруднение еще можно преодолеть. При больших же диаметрах подобная сварка возможна при массовом производстве с применением штампованных днищ с вырезами и т. д.

Отметим, что с целью упрощения выполнения чертежей имеется разработанный проект ОСТ условных обозначений различных способов сварки. Этот проект и система тех же обозначений проф. Вологодина приведены на фиг. 146.

Необходимо указать, что большей простотой, особенно в отношении мелких сварных деталей, отличается система обозначений проф. Вологодина.

Вид шва	Проекты ОСТ	Проф. В. П. Вологодина
 План  Разрез 		
 План  Разрез 		
 План  Разрез 		
 План  Разрез 		
 План  Разрез 		
 План  Разрез 		

Фиг. 146.

8. БОЛТЫ И ФЛАНЦЫ

Если обозначим через:

- P (кг) — полную нагрузку, воспринимаемую всеми болтами,
 P' (кг) — приходящуюся на один болт часть от P ,
 d_0 (мм) — диаметр стержня болта,
 q (мм²) — площадь поперечного сечения стержня болта,
 k (кг/мм²) — напряжение стержня болта, то будем иметь:

$$k = \frac{P'}{q} = \frac{P'}{\pi \cdot d_0^2} = 1,27 \cdot \frac{P'}{d_0^2}.$$

Для анкерных и распорных болтов k не должно превосходить следующих значений:

	Сварочная сталь (железо)	Литая сталь (железо)
При сваренных анкерах	3,5 кг/мм ²	—
„ несваренных анкерах	5 „	6 кг/мм ²

Уплотняющие болты определяются следующим образом:

а) $d_0 = 0,45 \sqrt{P'} + 5$ для хороших болтов, при хорошо обработанных уплотняющих поверхностях и при мягком уплотняющем материале;

б) $d_0 = 0,55 \sqrt{P'} + 5$ при не вполне удовлетворительно выполненных условиях, которые приведены в п. „а“;

с) $d_0 = 0,40 \sqrt{P'} + 5$, если будет представлено доказательство, что материал болтов удовлетворяет условиям, установленным инструкцией о материалах для стационарных котлов, в отношении заклепочной стали.

В табл. 102, взятой из германских правил об изготовлении пароприемников, даны сведения для болтов с добавлением поперечных сечений стержней болтов q , числа ниток на 1", высот гаек и головок и размеров растворов ключей.

Табл. 103 дает веса каждых 100 мм длины болтов, одной шестигранной гайки и одной шестигранной головки для стальных болтов с механической нарезкой Витворта диаметром от $\frac{1}{2}$ до 3".

Болты литой стали должны иметь не острую, а по возможности закругленную нарезку. Сильно нагруженные и слишком часто разъединяемые гайки следовало бы делать выше, чем для случаев обыкновенных, скрепляющих и связывающих болтов. Закаливающаяся сталь как материал для болтов пароприемников недопустима.

Если есть опасность возникновения значительных напряжений на изгиб, то следует соответствующим образом усиливать болты в их диаметре. Болты с $d = \frac{1}{2}$ " недопустимы; вообще следует по возможности избегать болтов с диаметром меньше $\frac{5}{8}$ ".

Примем для болтов фланцев, служащих для укрепления плит прямоугольной или эллиптической формы (согласно фиг. 147 и 148), обозначения:

r (мм) — наименьшее расстояние болта от центра тяжести нагруженной поверхности,

t (мм) — расстояние между болтами.

Таблица 102

Болты с механической нарезной Витворта для пароприемников¹

Болты с механической резьбой										
Диаметр болта <i>d</i>		Стержень		Допускаемая нагрузка <i>P₁</i> кг			Число ныток на 1"	Обыкновен- ная высота гайки по ОСТ 147	Высота го- ловки по ОСТ 133	Раствор ключа по ОСТ 95-в
дюймы	мм	диа- метр <i>d₀</i> мм	Площадь попереч- ного сече- ния <i>q</i> мм ²	коэффициент						
				0,40	0,45	0,55				
1/2	12,70	9,98	78,2	155	122	82	12	10	9	22
5/8	15,88	12,92	131,3	393	310	208	11	12	12	27
3/4	19,05	15,80	196,0	729	576	386	10	16	14	32
7/8	22,23	18,62	272,3	1 159	916	613	9	18	16	36
1	25,40	21,34	357,6	1 669	1 318	883	8	20	18	41
1 1/8	28,57	23,93	449,7	2 440	1 770	1 185	7	25	20	46
1 1/4	31,75	27,10	576,8	3 053	2 412	1 614	7	25	22	50
1 1/2	38,10	32,69	839,3	4 792	3 786	2 535	6	35	26	60
1 3/4	44,45	37,95	1131,1	6 785	5 361	3 589	5	35	28	70
2	50,80	43,59	1492,3	9 308	7 355	4 922	4 1/2	40	32	80
(2 1/4) 2	57,15	49,02	1887,2	12 111	9 569	6 406	4	(57)	(40)	(85)
(2 1/2) 2	63,50	55,37	2407,9	15 857	12 528	8 387	4	(64)	(45)	(94)
(2 3/4) 2	69,85	60,55	2879,5	19 286	15 237	10 201	3 1/2	(70)	(49)	(103)
(3) 2	76,20	66,90	3515,1	32 947	18 923	12 667	3 1/2	(76)	(54)	(112)

¹ Приведенные у Геннике в этой таблице данные, помимо общего изменения их с целью увязки с ОСТ, в части болтов диаметрами $1\frac{1}{8}$, $1\frac{1}{4}$ и $1\frac{1}{2}$ нами изъяты вовсе, так как этих диаметров в ОСТ нет.

² Размеры, взятые в скобки, пока у нас не охвачены существующими ОСТ болтовых изделий и поэтому они оставлены без изменений, согласно оригиналу, хотя и они, безусловно, ждут у нас своей нормализации.

Допускаемая нагрузка P_1 дает возрастающие вместе с диаметрами напряжения приблизительно в следующем виде:

от 2	до 9	кг/мм ² при коэффициенте . . .	0,40
1,5	5,5	" " " " " "	0,45
1	4	" " " " " "	0,55

Таблица 103

Приблизительные веса в кг стальных болтов с механической нарезкой Витворта

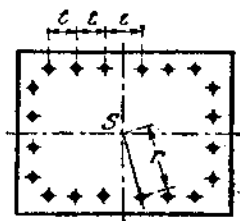
Диаметры болтов дюймы		$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$
Весы	100 мм длины болтов . . .	0,103	0,156	0,244	0,323	0,413	0,514	0,625
	одна 6-гранная гайка ¹ . . .	0,040	0,060	0,125	0,185	0,250	0,342	0,420
	" 6-гранная головка . . .	0,035	0,060	0,103	0,157	0,217	0,278	0,378
Диаметры болтов дюймы		$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{8}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	3
Весы	100 мм длины болтов . . .	0,931	1,237	1,589	2,054	2,502	2,993	3,621
	одна 6-гранная гайка ¹ . . .	0,870	1,090	1,560	2,893	3,896	5,025	7,667
	" 6-гранная головка . . .	0,637	0,825	1,240	2,026	2,738	3,522	5,375

¹ Считая и установленный в нее кусок болта. Сумма трех указанных весов каждого болта есть, таким образом, вес одного болта длиной 100 мм между головкой и гайкой.

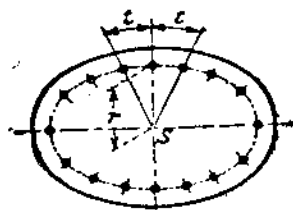
Тогда можно принять, что наиболее сильно нагруженный болт воспринимает нагрузку:

$$P'_{\max} = \frac{P \cdot t}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (24)$$

На основании этого можно определить диаметр болта.



Фиг. 147.



Фиг. 148.

Этим равенством пользуются преимущественно в следующей форме:

$$t = \frac{P'_{\max}}{P} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \quad (25)$$

При этом, имея в виду неравномерное распределение нагрузки между болтами, следует их размещать по периметру крышки таким образом, чтобы, изменяя между болтами расстояния, создать таким путем хоть сколько-нибудь равномерное распределение между ними этой нагрузки. Крышки должны иметь по возможности большие закругления углов.

Пример. Фиг. 149 показывает один квадрант крышки, служащей для закрытия отверстия и состоящей в средней своей части из прямоугольного куска размером 600×400 мм с добавленными концами полукруглой формы. Давление пара равно:

$$p = 11 \text{ кг/см}^2.$$

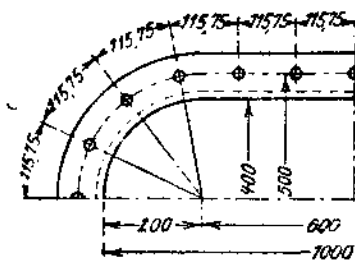
Отсюда получается общее давление:

$$P = 40\,224 \text{ кг.}$$

Пусть будет предварительно намечено 24 болта диаметром $1\frac{1}{8}$ " . Таким образом на каждый болт при равномерном распределении давления падает приблизительно 1676 кг. Допускаемая нагрузка с коэффициентом 0,45 равна 1770 кг. При расстоянии между параллельными линиями середин отверстий в 500 мм или, другими словами, при радиусе закруглений в 250 мм шаг при взятом числе болтов в среднем равен 115,75 мм; отсюда получается:

$$P'_{\max} = \frac{40\,224 \cdot 11,58}{2 \cdot \pi \cdot 25} \approx 2966 \text{ кг.}$$

На основании этого следовало бы избрать болты не диаметром $1\frac{1}{8}$ " , а $1\frac{3}{8}$ " допускающие нагрузку 2967 кг. Общее же давление при таких условиях потребовало бы теперь уже только $\frac{40\,224}{2967} = 14$ болтов и новое расстояние между болтами стало бы равным 197,8 мм.



Фиг. 149.

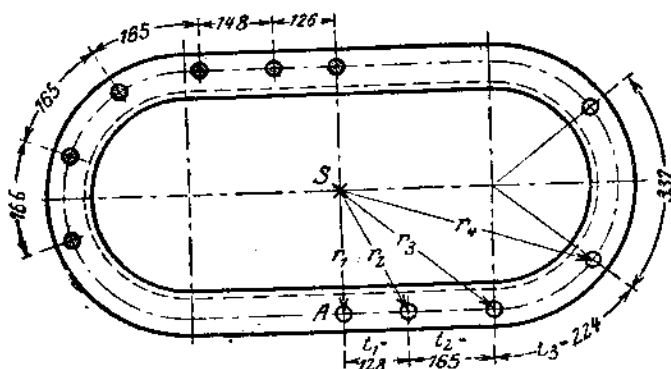
¹ Этот диаметр болта берется в виде примера по Гейнике.

Таким образом будет получаться все время новое большее $P'_{\max}$, так как t растет, а r остается неизменным. Следовало бы ближайший болт, отстоящий на расстоянии t , подсчитать с новым r , чтобы для него получить новое, несколько меньшее значение $P_{\max}$. Конструктивное решение задачи, согласно уравнению (24), состояло бы, таким образом, в постепенном понижении диаметров болтов от середины крышки к ее концам. Но такой выход из положения меньше всего пригоден для практического выполнения, и поэтому мы предлагаем, согласно формуле (25), следующий путь (фиг. 150).

Для болтов диаметром $1 \frac{3}{8}$ " находим:

$$t = \frac{P'_{\max}}{P} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = \frac{2966 \cdot 2^1}{40 \cdot 224} \cdot \pi \cdot r = 0,1474 \cdot \pi \cdot r.$$

Первый болт должен быть помещен в точке А середины длины. Для нее $r = 250$ мм; если вставить для ближайшего следующего болта размер: предварительный $r_1 = 250$ мм, то получается: предварительный $t_1 = 0,1474 \cdot \pi \cdot 250 = 116$ мм (первый шаг).



Фиг. 150.

Если луч второго болта имеет длину 276 мм, т. е. предварительный $r_2 = 276$ мм, то получается: предварительный $t_2 = 0,1474 \cdot \pi \cdot 276 = 128$ мм.

Таким образом t_1 должно быть равно 128 мм, т. е. второй болт должен быть передвинут более вправо. Действительное r_2 будет, таким образом, еще немного длиннее и t_1 должно быть также фактически еще немного больше, чем 128 мм. Далее, следует новый луч как предварительный $r_3 = 358$ мм;

$$\text{предварительный } t_3 = 0,1474 \cdot \pi \cdot 358 = 165,7 \text{ мм.}$$

На основании этого должно быть $t_2 = 165$ мм.

Предварительный $r_4 = 485$ мм,

$$\text{предварительный } t_4 = 0,1474 \cdot \pi \cdot 485 = 224,6 \text{ мм}$$

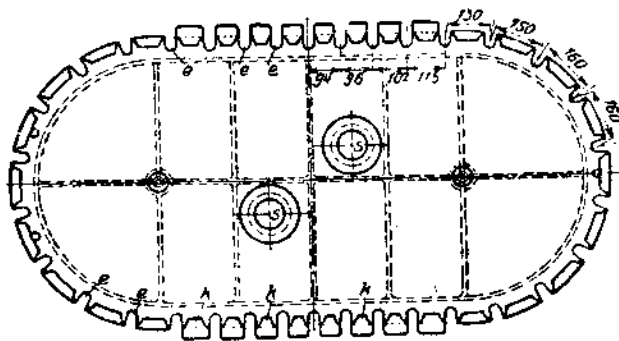
и должно быть $t_3 = 224$ мм.

Этим самым высший предел расстояний между болтами для хорошего уплотнения уже превзойден. На конце крышки должно получиться расстояние между болтами, равное 337 мм. Во всяком случае, должны были быть употреблены только 14 рассчитанных болтов.

Для того чтобы не превзойти расстояние в 170 мм, между болтами следует распределить шаги таким образом, как показано сверху в левом крادرante на фиг. 150, т. е. с размерами: 126, 148, 165, 165 мм и т. д. Благодаря этому получаются 18 болтов с одинаковым диаметром, которые могут выдержать общее давление в 53 406 кг и будут приблизительно равномерно нагружены. При очень толстых фланцах можно было бы последние шаги t еще увеличить и обойтись благодаря этому 16 болтами, каковые смогут выдержать общую нагрузку в 47 472 кг и, таким образом, практически подтвердят ненужность чрезмерного увеличения болтов.

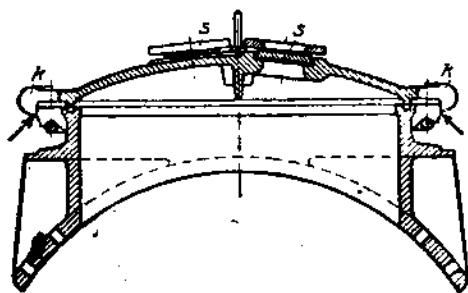
На фиг. 151 и 152 показан взятый из практики пример.

Для получения надежного и хорошего уплотнения делаются по возможности малые шаги с выбором соответственно малых и достаточно хорошо связывающих фланцевое соединение болтов. При этом для частого открывания и закрывания крышки применены, так называемые откидные болты. Те же фиг. 151 и 152 показывают

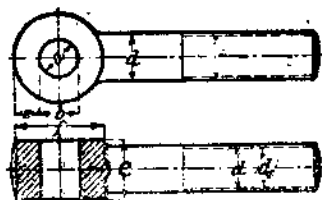


Фиг. 151.

очень простой способ укрепления края крышки против прогиба. Лапки *h* расположены между вырезами для болтов *e* на прямых участках по длине, где хорошая пригонка и прочность могут быть достигнуты надлежащей обработкой и устройством удлиненных книзу выступов крючкообразной формы, охватывающих край рамы, как показано стрелкой. К тому же крышка сама скрепляет раму.



Фиг. 152.



Фиг. 153.

Распорные болты не должны быть слишком крупными и должны находиться в таких пределах, чтобы нарезка имела, во всяком случае, не менее 9 ниток на 1". Диаметр стержня при избыточном давлении p кг/см² определяется (при степени надежности, равной 8):

$$d_0 = \sqrt{\frac{10 \cdot a \cdot p}{K_s}} \text{ см,} \quad (26a)$$

где a — поверхность в см², приходящаяся на один болт.

Для литой стали (железа) при $K_s = 3600 \text{ кг/см}^2$ будет:

$$d_0 = 0,0527 \cdot \sqrt{a \cdot p \text{ см.}} \quad (26b)$$

Медные распорные болты см. стр. 339.

Табл. 104 дает размеры и веса откидных болтов, штампованных или хорошо откованных (фиг. 153) диаметрами от $\frac{5}{8}$ до 3".

Таблица 104

Откидные болты

Наружный диаметр		Диаметр стержня d_0 мм	Допустимая нагрузка на каждый болт ¹ кг	Размеры головок, мм					Увеличенная высота гайки мм	Вес, кг	
дюймов	мм			a	b	c	e	f		100 мм длины болта	Одного головки пустого
$\frac{1}{2}$	12,70	9,98	122	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{5}{8}$	15,88	12,93	310	14	15	22	9	33	20	0,156	0,11
$\frac{3}{4}$	19,05	15,80	576	16	17	26	10	37	23	0,244	0,17
$\frac{7}{8}$	21,23	18,62	916	17	18	28	11	40	26	0,323	0,22
1	25,40	21,34	1 318	20	21	32	13	47	30	0,413	0,34
$1\frac{1}{8}$	28,57	23,93	1 770	23	24	34	14	52	35	0,514	0,42
$1\frac{1}{4}$	31,75	27,10	2 412	25	26	38	15	56	38	0,625	0,57
$(1\frac{3}{8})^1$	34,92	29,51	2 967	27	28	42	16	60	42	0,748	0,72
$1\frac{5}{8}$	38,10	32,69	3 786	29	30	44	18	66	45	0,931	0,91
$(1\frac{5}{8})^1$	41,27	34,77	4 371	31	32	48	19	70	49	1,077	1,10
$(1\frac{5}{8})^2$	44,45	37,95	5 361	34	35	52	20	75	52	1,237	1,25
$1\frac{7}{8}$	47,62	40,11	6 192	36	37	54	22	81	57	1,407	1,46
$(1\frac{7}{8})^2$	50,80	43,59	7 355	38	39	58	23	85	61	1,589	1,78
2	57,15	49,02	9 569	42	43	64	25	93	68	2,054	2,70
$2\frac{1}{4}$	63,50	55,37	12 528	47	48	70	28	104	76	2,502	3,73
$2\frac{1}{2}$	69,85	60,55	15 237	51	52	76	30	112	84	2,993	4,86
$2\frac{3}{4}$	76,20	66,90	18 923	56	57	82	33	123	91	3,621	6,24

$$^1 P_1 = \left(\frac{d_0 - 5}{0,45} \right)^2$$

² Размеры в скобках не должны применяться, как не принятые в ОСТ для обычных болтов с 6-гранной головкой, гайки и т. д.

Однако практика показала недостаточность некоторых размеров, приводимых откидных болтов. В этом отношении более надежны откидные болты по таблицам, взятым по нормалам Экихимаши и помещенным в дополнениях. Из них в табл. 240 даны черные откидные болты с кольцевой головкой с механической резьбой Витворта (фиг. 154) диаметром от $\frac{3}{8}$ до 2", а в табл. 241 — такие же болты, но с метрической резьбой диаметром от 10 до 48 мм.

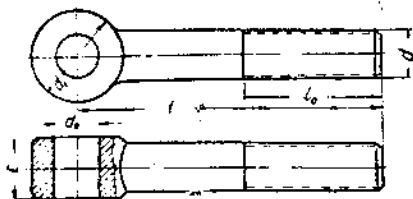
Указанный тип болтов применяется для крышек люков, лазов и аппаратов, как то: у автоклавов, мерников, выпарок, теплообменников и т. п., требующих частого и быстрого открывания и закрывания и достаточной плотности, как при вакууме, так и при весьма высоких давлениях. Так как отливка проушин для валика у чугунных корпусов аппаратов затруднительна, то здесь применение этих болтов не рекомендуется.

В табл. 242 и 243 даны размеры откидных болтов с Т-образной головкой размерами от $\frac{3}{8}$ до 2" (от 10 до 48 мм) (фиг. 155), ши-

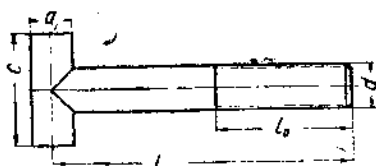
роко применяемых в такой аппаратуре, как чугунные автоклавы, сушилки, вакуумсушильные шкафы, сушилки, их люки и лазы и во многих других аппаратах, — главным образом с литым корпусом.

Нарезка у всех болтов сделана или под нормальную гайку, или барашек или рымгайку.

В табл. 244 и 245 приведены заводные болты размерами от $\frac{3}{8}$ до 2" (от 10 до 48 мм) с закругленной по сфере для уменьшения



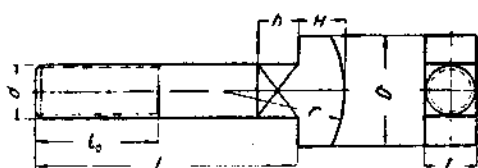
Фиг. 154.



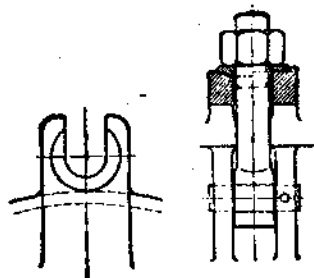
Фиг. 155.

трения в гнезде при движении головкой (фиг. 156). Головки указанных болтов помещаются в специальных гнездах на теле самого аппарата или деталях его, как, например, при креплении фланцев к бабышкам, в сальниках и вообще там, где ограниченность места мешает помещению обыкновенных болтов.

У всех рассмотренных откидных болтов размеры взаимозаменяемы. Длины болтов и нарезки взяты с учетом толщин фланцев для разных диаметров и давлений. Длина головки Т-образного болта принята из расчета на смятие. Длина заводных болтов взята с учетом размеров бабышек (см. стр. 297), а нарезка на них позволяет наворачивать на болт две гайки.



Фиг. 156.

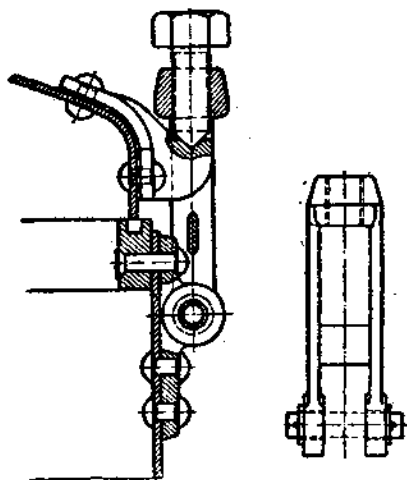


Фиг. 157.

Откидные болты должны быть надежными и устойчивыми против сползания. Фиг. 157 показывает случай с применением обыкновенного откидного болта, в котором указанная надежность достигается помощью прямого направляющего паза (на эскизе посредине, справа) или посредством круглого углубления (на эскизе слева). Фиг. 158 показывает откидную скобу с нажимным болтом. Скоба сделана из стального литья. На крышке вместо вилки помещается выступ стального литья с углублением конусообразной формы для конца болта.

На фиг. 159 и 160 даны примеры конструктивного оформления узлов под откидные болты у железных аппаратов с рабочим да-

влинием в 4—5 ат, сваренных электродугой. Здесь *a* — кольцо полусовой стали, обточенное указанным на фигурах образом. Нижний выточенный утоненный выступ *b* дает возможность рационально приварить указанное значительно более толстое кольцо к стенке корпуса аппарата. Затруднения

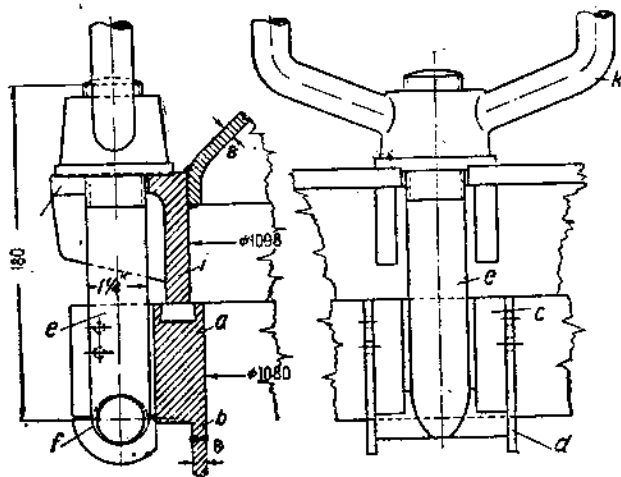


Фиг. 158.

здесь могут встретиться только в пригонке краев кольца к краям стенки, особенно у аппаратов больших диаметров. Откидные болты *e* удерживаются своей цилиндрической головкой, перпендикулярной к стержню болта, парой пластинок *d*, имеющих вырезы *f* соответственно головке болта и прикрепляемых каждая ввернутыми шурупами или болтами к пластинкам *c*, которые точно привариваются попарно с боков болта к опорному кольцу *a*.

Из двух показанных способов приварки колец *i* к крышкам аппаратов в более благоприятных условиях, как в смысле восприятия возникающих напряжений при затяжке болтов, так и в смысле воз-

можности осуществления лучшего качества сварки, находится способ, изображенный на фиг. 159. Гайки-барашки *k* имеют в одном случае кольцевую верхушку, в другом — рога.

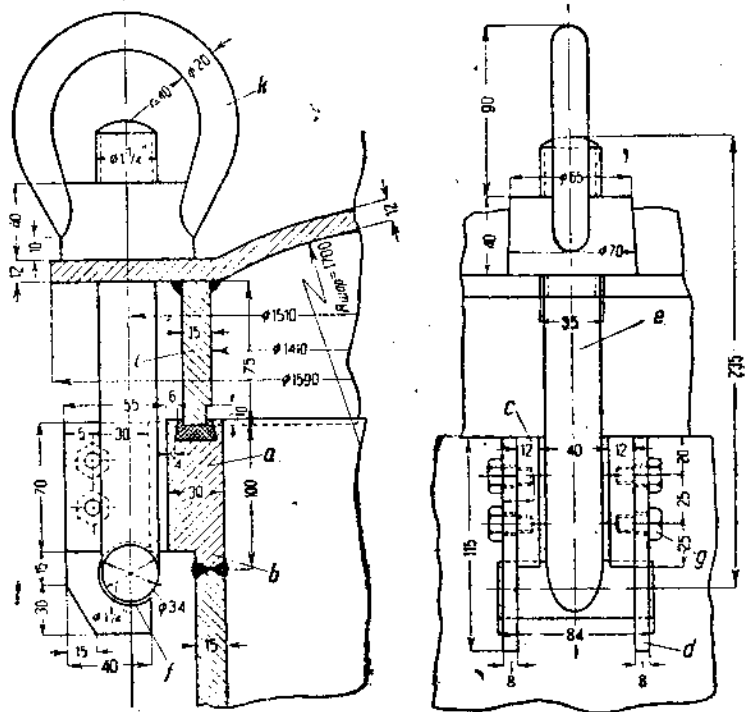


Фиг. 159.

Если на фиг. 159 и 160 уплотняющая прокладка кладется в канавку, выточенную в кольце *a*, то ниже приводим примеры такого рода осуществления этих же канавок, когда они получают в крыш-

ках путем приварки к ним выточенных из угловой стали колец *a*, как это показано на фиг. 161. Здесь пунктиром изображен первоначальный профиль угловой стали, из которого получается это кольцо *a*. Таким образом выполняется иногда уплотнение, например вакуум-аппаратов.

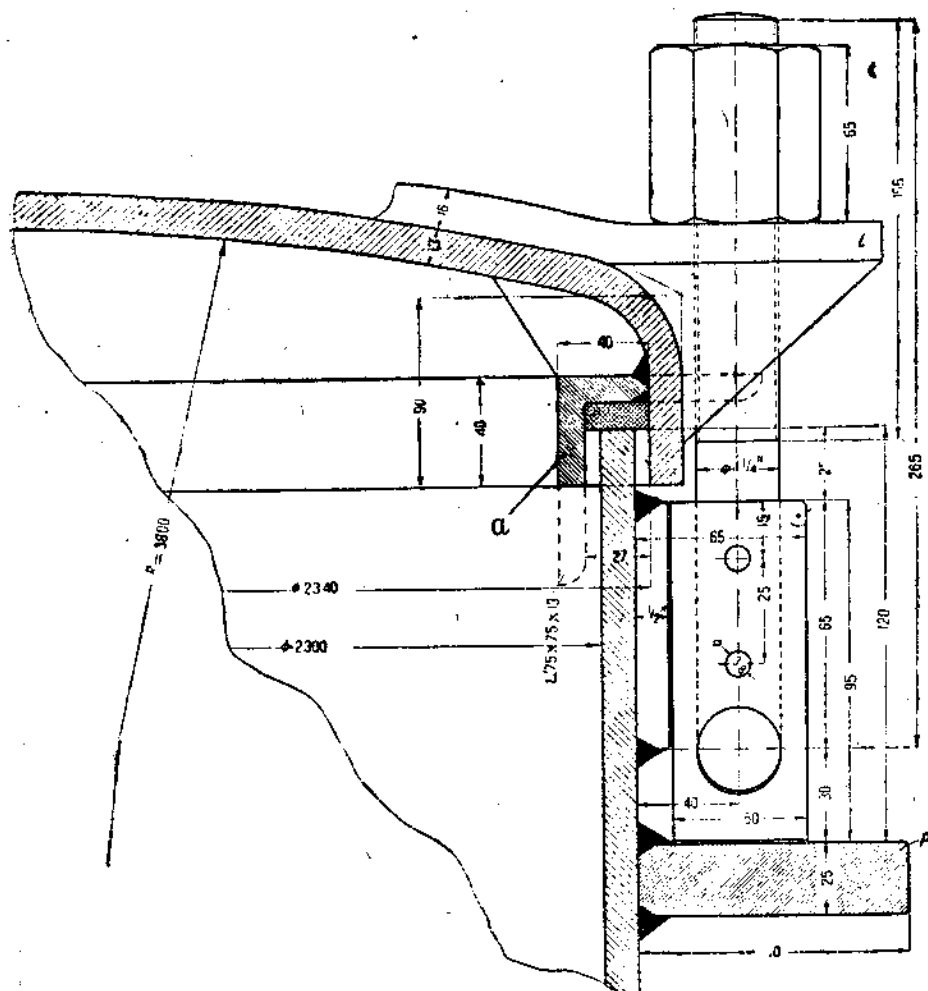
На фиг. 161 обращает на себя внимание недоступность сварного шва со стороны сферы крышки. Этот дефект в данном случае можно устранить, осуществляя приварку углового кольца с одной стороны с соответствующей обработкой привариваемого края этого кольца.



Фиг. 160.

Такое же сваренное электродугой звено соединения с откидными болтами для вакуумсушильного аппарата диаметром 2250 мм дано на фиг. 162. Кольцо *p* из полосовой стали приварено здесь (а также и на фиг. 161) к стенке корпуса аппарата для придания ей жесткости; эту же роль на аппарате, изображенном на фиг. 159 и 160, играет кольцо *a*. В этих случаях приварные к крышкам лапы *l* могут выполняться так, как показано на фиг. 163. Как видим, здесь они сварены из трех железных пластинок: одной верхней *k* и двух пластинок *n*, расположенных по бокам болтов. Ушки для поддержания откидных болтов могут осуществляться так, как показано на фиг. 164, т. е. в виде согнутой из полоски железа скобы, которая приваривается к корпусу аппарата, как это изображено на

фиг. 165 (см. s). Кстати отметим, что на этой фигуре дан вакуум-сушильный шкаф, для которого предназначались плиты, примеры сварки которых даны на фиг. 50 и 51, с рабочим давлением пара внутри них в 6 ат. При конструкции ушков по фиг. 164 откидные болты делаются с отверстиями и ставятся на валиках, укрепленных по концам шплинтами. На фиг. 166 и 167¹ показаны способы вы-



Фиг. 161.

полнения фланцевых соединений с откидными болтами у двухстенных аппаратов, как, например, для стерилизатора с рабочим давлением в паровой рубашке в 4 ат. Как видим, на фиг. 166 необходимая канавка для уплотняющей прокладки образуется путем приварки кольца сначала к внутренней стенке, а затем к наружной рубашке.

¹ Большая часть приводимых конструкций, отличающихся компактностью соединений, принадлежит А. Г. Кюнеману.

При этом откидные болты удерживаются в гнездах k с помощью пластинок $г$.

Остроумно осуществляется удержание откидных болтов от выпадения на фиг. 167 с помощью обыкновенной приваренной к наружной стенке аппарата гайки k с ввернутым в нее болтом $г$.

На фиг. 168 вместо кольца из полосовой стали приварено кольцо, выточенное из угловой стали. Здесь в образовании канавки для прокладки, так же как и на фиг. 166, участвуют края обеих стенок аппарата.

На фиг. 169 показано, насколько сложнее выполняется рассматриваемое фланцевое соединение с откидными болтами с помощью заклепок.

Болты для фланцевых соединений сосудов. Чтобы избежать возможности пробных расчетов для определения диаметров болтов и их числа, можно поступать следующим образом. После твердого установления диаметра в свету D и расчета толщины стенок s пароприемника из литой стали (железа) с фланцем углового сечения, можно предварительный диаметр болта d_v определить посредством следующей эмпирической формулы:

$$d_v = \frac{D}{100} + s + p, \quad (27)$$

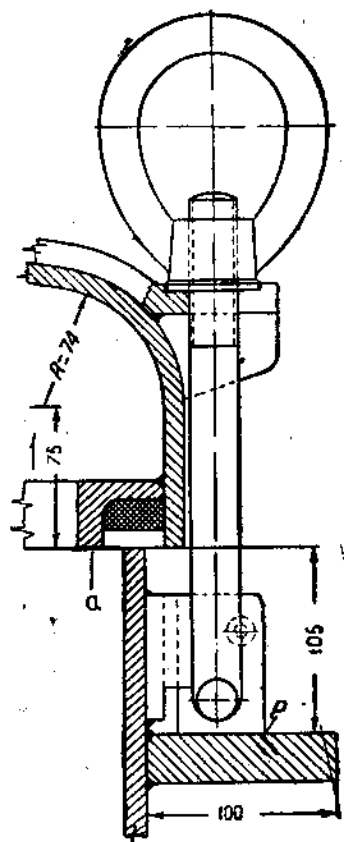
где D и s выражены в мм, а p — в $\text{кг}/\text{см}^2$, и притом s имеется в виду взятый уже со всеми прибавками, т. е. таким, каким оно должно быть при исполнении изделия.

На основании этого значения d_v из табл. 102 выбирают d_v , т. е. ближайший больший диаметр против диаметра болта d_v .

Согласно фиг. 170, диаметр окружности центров дыр:

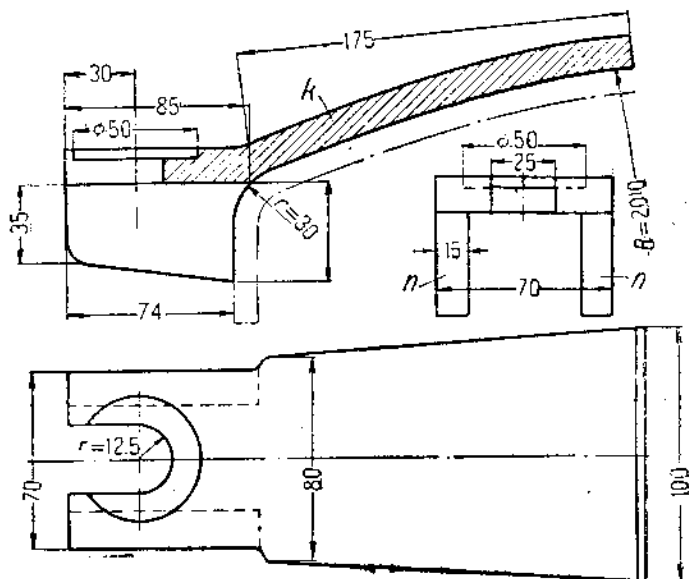
$$D_0 = D + 2 \cdot (s + x + y).$$

У прикрепляемой полки фланца углового сечения достаточна толщина x , равная от 1,2 до 1,3 s даже и в том случае, когда заклепки имеют потайную головку. Это часто рекомендуется делать для того, чтобы иметь возможность поместить болты как можно ближе к стенке сосуда. Для определения указанного D_0 при фланце углового сечения с полками неравной толщины вообще достаточно, чтобы вертикальная полка имела тол-



Фиг. 162.

щину $x = 1,3s$. Полка же, которая служит как фланец, должна быть толще. Для того чтобы найти D_0 для фланца углового сечения с полками равной толщины, можно брать приблизительно в предыдущей формуле для определения D_0 : $x = 1,6s$. Конечный размер диаметра окружности центров дыр округляется уже до числа несколько большего или меньшего, предварительного в зависимости от рода имеющейся угловой стали.



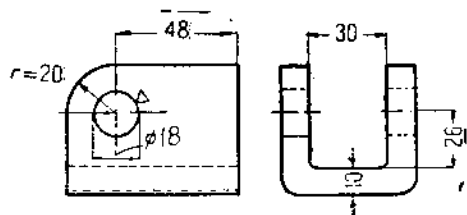
Фиг. 163.

Расстояние u нужно делать возможно меньшим, для того чтобы напряжения у болтов фланцевого соединения получить наиболее благоприятными. Нормально должно быть так, чтобы $u = 1,2d_r$. Таким образом получается формула для определения предварительного диаметра окружности центров дыр: $D_r = D + 5,2s + 2,4d_r$. При округлении коэффициентов до 5 и 2,5 получается формула:

$$D_r = D + 5s + 2,5d_r$$

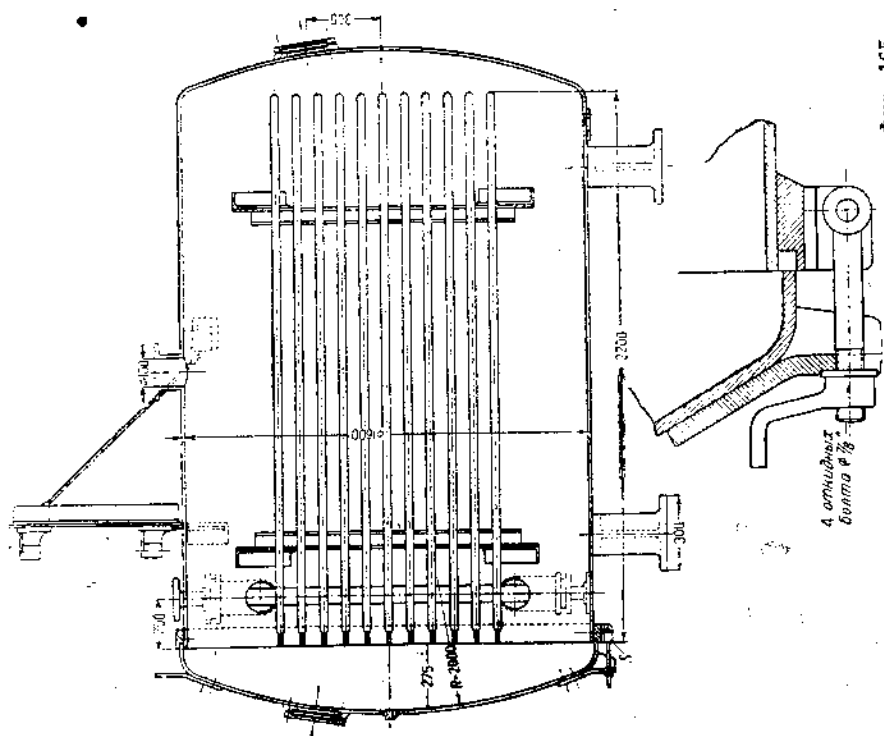
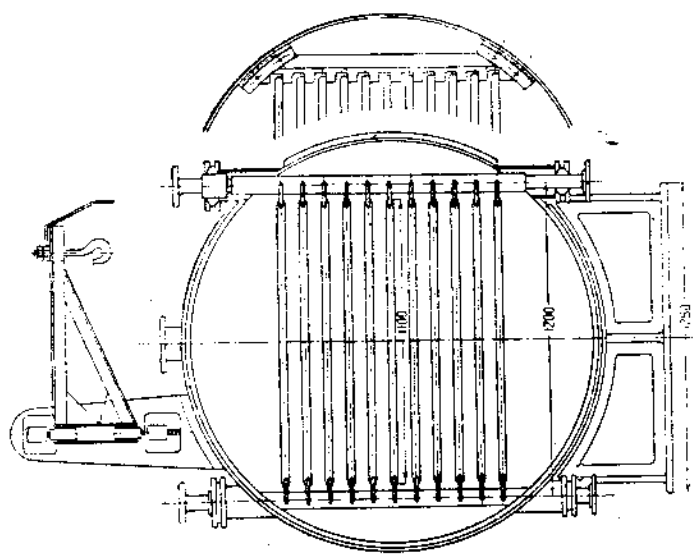
или

$$D_r = D + 2,5(2s + d_r). \quad (28)$$



Фиг. 164.

Расстояние между болтами должно быть $t = 4d$ (фиг. 171), где d — диаметр болта. Во всяком случае, без особых оснований оно не должно быть меньше $3,5d$, чтобы иметь возможность затягивать болты обыкновенными ключами, и не больше $5d$, чтобы обеспечить достаточно хорошее уплотнение.



Фиг. 163.

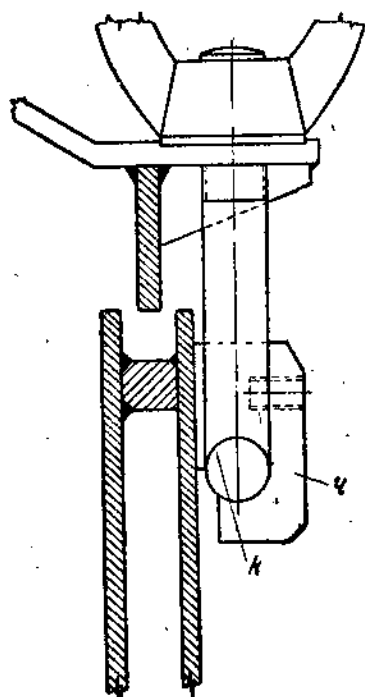
Таким образом

$$\frac{t}{d} = 3,5-5 \quad (29)$$

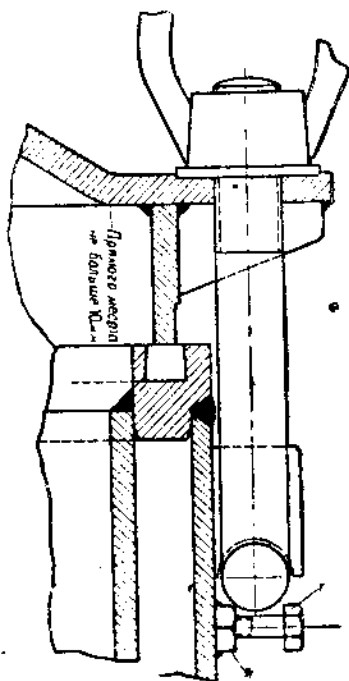
(наилучшее 4).

Табл. 105 дает по 8 примеров использования эмпирической формулы (27) для случаев, когда:

- а) взяты примеры с одинаковым диаметром и различными избыточными давлениями;
- б) имеются равные избыточные давления, но разные диаметры.



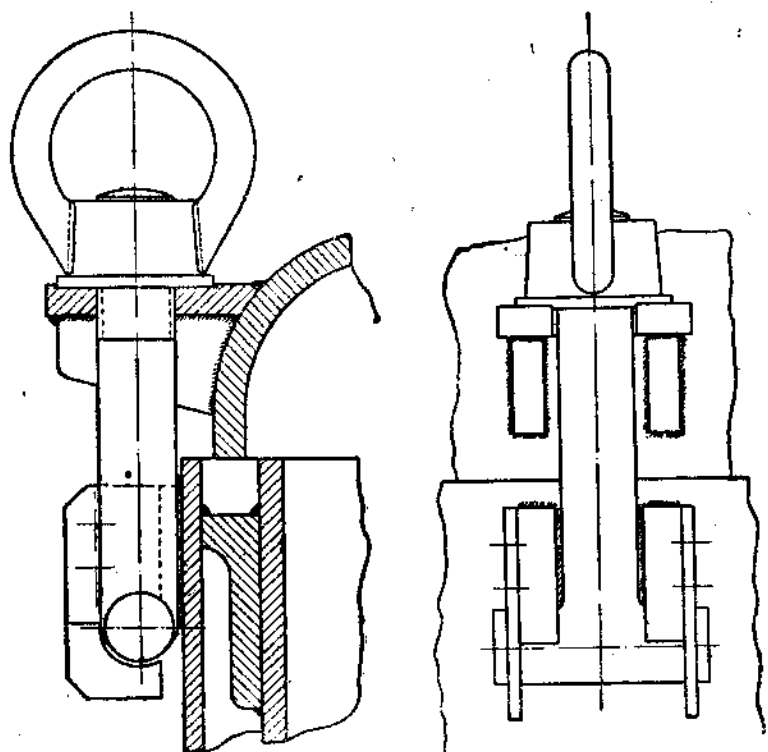
Фиг. 166.



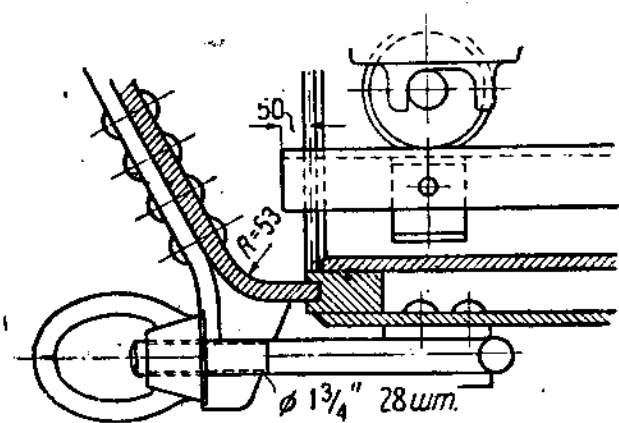
Фиг. 167.

В этой таблице в примерах 1 и 2 случая b расстояния между болтами получаются слишком близкими к нижнему пределу и при ближайших больших диаметрах болтов получается $\frac{t}{d} > 5$. Следует предусмотреть поэтому, по крайней мере, на два болта больше, чем этого требует давление. В примерах 7 и 8 случая b , вследствие слишком большого отношения $\frac{t}{d}$, диаметры болтов уменьшены.

Если хотят обязательно взять меньшие диаметры болтов, то выбирают на основании эмпирической формулы (27) для d' , ближайšie меньшие диаметры болтов по сравнению с d .



Фиг. 168.



Фиг. 169.

Таблица 105

Примеры с применением эмпирической формулы для приблизительного расчета болтовых соединений в пароприемниках

№ примера	D мм	p кг/см ²	s мм	P ¹ кг	d' ¹ мм	d _в		P ₁ кг	$\frac{P}{P'} = z$	P' кг	D _в мм	t мм	$\frac{t}{d}$
						мм	дюймы						

а) Равные диаметры, различные избыточные давления

1	800	2	5	10 306	15	15,88	5/8	310	34	304	864	79,83	4,98
2	800	4	7	20 816	19	19,05	3/4	576	37	563	886	75,23	3,95
3	800	6	9	31 531	23	25,40	1	1 318	24	1 314	910	119,12	4,69
4	800	8	10	42 248	26	28,57	1 1/8	1 770	24	1 761	922	120,70	4,22
5	800	10	12	53 337	30	31,75	1 1/4	2 412	23	2 319	940	128,40	4,04
6	800	12	14	64 620	34	34,92	1 3/8	2 967	22	2 938	958	136,80	3,92
7	800	16	18	87 824	42	44,45	1 3/4	5 361	17	5 167	1 002	185,70	4,18
8	800	20	21	116 932	49	50,80	2	7 335	16	7 309	1 032	202,57	3,99

б) Равные избыточные давления, различные диаметры

1	400	6	6	7 998	16	15,88	5/8	310	26	308	470	56,83	3,59
						19,05	3/4	576	14	572	480	107,71	5,65
						19,05	3/4	576	16	500	480	94,25	4,94
						19,05	3/4	576	31	574	684	69,31	3,64
2	600	6	7	17 766	19	21,23	7/8	916	20	889	690	108,38	5,11
						21,23	7/8	916	22	808	690	98,53	4,17
3	800	6	9	31 531	23	25,40	1	1 318	24	1 314	910	119,12	4,69
4	1 000	6	10	49 026	26	28,57	1 1/8	1 770	28	1 751	1 122	125,88	4,41
5	1 500	6	13	109 734	34	34,92	1 3/8	2 967	37	2 966	1 652	140,27	4,01
6	2 000	6	17	194 958	43	44,45	1 3/4	5 361	37	5 268	2 196	186,46	4,19
7	2 500	6	20	304 020	51	57,15	2 1/4	9 569	32	9 501	2 744	269,39	4,71
						50,80	2	7 355	42	7 234	2 726	203,90	4,01
8	3 000	6	23	437 220	59	63,50	2 1/2	12 528	35	12 492	3 272	293,69	4,62
						57,15	2 1/4	9 569	46	9 505	3 258	222,50	3,89

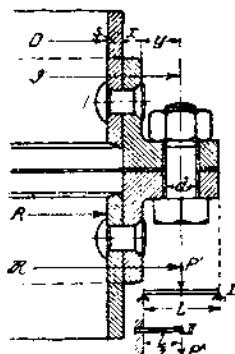
$$P = \frac{(D+2s)^2 \cdot \pi}{4} \cdot p, \text{ так как пар нагружает также и край листа.}$$

Болты пароприемников нагружены не только избыточным давлением, но и напряжением, вследствие предварительной затяжки болтов, для создания необходимого уплотнения. Влияние этого напряжения можно учитывать, увеличивая нагрузку от рабочего давления, падающую на каждый болт, применением определенного опытного коэффициента; например, если на каждый болт падает нагрузка от рабочего давления P' кг, то диаметр болта надо выбирать по нагрузке $P'' = 1,2—1,25P'$. Однако существующие правила об изготовлении пароприемников не требуют производить расчеты с P'' , так как допускаемая нагрузка выбрана уже достаточно осторожно. Более важными являются: хороший материал болтов, хорошее исполнение всего соединения и умелая затяжка болтов. Во всяком случае, не следует с увеличением диаметров болтов итти слишком далеко, так как чем толще болты, тем менее благоприятными делаются размеры фланцев.

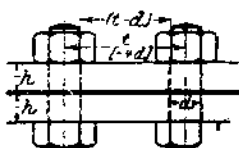
Нагрузка болтов от предварительной затяжки для уплотнения соединения может быть учтена еще тем, что, исходя из силы P' , при этом избирают число болтов несколько большим против необходимого. Расширения фланца можно будет тогда избежать.

У чугунных сосудов предварительный диаметр болтов можно определить по следующей формуле:

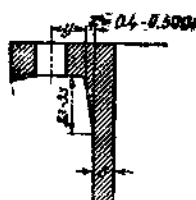
$$d_v = \frac{D}{100} + \frac{s}{2} + p. \quad (30)$$



Фиг. 170.



Фиг. 171.



Фиг. 172.

Табл. 106 содержит те же примеры для чугуна, какие даны в табл. 105 для ковкой стали (железа).

Таблица 106

Примеры для d_v при чугунных сосудах

а) Равные D , различные p						б) Равные p , различные D					
№ примера	D мм	p кг/см ²	s мм	P кг	d_v мм	№ примера	D мм	p кг/см ²	s мм	P кг	d_v мм
1	800	2	8	10 053	14	1	400	6	10	7 540	15
2	800	4	12	20 106	18	2	600	6	13	16 965	19
3	800	6	16	30 160	22	3	800	6	16	30 160	22
4	800	8	20	40 213	26	4	1 000	6	19	47 124	26
5	800	10	24	50 266	30	5	1 500	6	26,5	106 032	35
6	800	12	28	60 319	34	6	2 000	6	34	188 492	43
7	800	16	36	80 425	42	7	2 500	6	41,5	294 522	52
8	800	20	44	100 531	50	8	3 000	6	49	424 116	61

Согласно фиг. 172, нам приходится иметь дело вместо приклепываемой полки углового кольца с переходным утолщением от стенки к фланцу, которое служит для увеличения опасного поперечного сечения в этом месте; для создания более благоприятных условий при остывании отливки берут: $x = 0,4s$ или $0,5s$ и получают:

$$D_v = D + 2,8s + 2,4d_v. \quad (30a)$$

или

$$D_v = D + 3s + 2,4d_v.$$

Для нанесения шагов болтов на окружность отверстий можно использовать табл. 107.

Таблица 107

Деление длины окружности на n частей ¹

Расстояние деления равно хорде и равно диаметру, умноженному на $\sin \frac{180^\circ}{n}$

n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$	n	$\sin \frac{180}{n}$
1	0,00000	26	0,12054	51	0,06156	76	0,04132
2	1,00000	27	0,11609	52	0,06038	77	0,04079
3	0,86603	28	0,11196	53	0,05924	78	0,04027
4	0,70711	29	0,10812	54	0,05814	79	0,03976
5	0,58779	30	0,40453	55	0,05709	80	0,03926
6	0,50000	31	0,40117	56	0,05607	81	0,03878
7	0,43388	32	0,09802	57	0,05509	82	0,03830
8	0,38268	33	0,09506	58	0,05414	83	0,03784
9	0,34202	34	0,09227	59	0,05322	84	0,03739
10	0,30902	35	0,08964	60	0,05234	85	0,03695
11	0,28173	36	0,08716	61	0,05148	86	0,03652
12	0,25882	37	0,08481	62	0,05065	87	0,03610
13	0,23932	38	0,08258	63	0,04985	88	0,03569
14	0,22252	39	0,08047	64	0,04907	89	0,03529
15	0,20791	40	0,07846	65	0,04831	90	0,03490
16	0,19509	41	0,07655	66	0,04758	91	0,03452
17	0,18375	42	0,07473	67	0,04687	92	0,03414
18	0,17365	43	0,07300	68	0,04618	93	0,03377
19	0,16460	44	0,07134	69	0,04551	94	0,03341
20	0,15643	45	0,06976	70	0,04487	95	0,03306
21	0,14904	46	0,06824	71	0,04423	96	0,03272
22	0,14232	47	0,06679	72	0,04362	97	0,03238
23	0,13617	48	0,06540	73	0,04302	98	0,03205
24	0,13053	49	0,06407	74	0,04244	99	0,03173
25	0,12533	50	0,06279	75	0,04188	100	0,03141

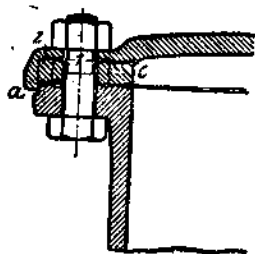
¹ Взято из Schuchard & Schütte, Technisches Hilfsbuch, Berlin.

Пример. Длина окружности с диаметром $D = 24$ см должна быть разделена на 33 части. Размер, который должен быть взят циркулем для получения нужного шага, равен $24 \text{ см} \cdot 0,09506 = 2,28 \text{ см}$.

У фланцев пароприемников не рекомендуется применять односторонние узкие выступы для уплотнений. Фланцы, кругом обточенные, с идущими по всей ширине их торцевой части тонкими прокладками, годятся для высокого давления и при затягивании болтов не нагружаются напряжениями на изгиб. При более высоких рабочих давлениях рекомендуется обеспечивать невыпадение прокладок.

При узком выступе для уплотнения и более высоком удельном давлении как будто бы легче создать необходимое уплотнение; однако недостаток возникающих высоких напряжений на изгиб может уже сам оказаться настолько значительным, чтобы превзойти допускаемые по Баху напряжения для материала. Если этот недостаток желательно избежать и вместе с тем увеличить удельное давление в уплотняющей прокладке, то делают приблизительно

два выступа, как показано на фиг. 173. Выигрыш в удельном давлении в смысле его повышения против уплотняющей прокладки, распространенной по всей ширине торцевой части фланца, основывается только на выпадении кольцевого участка 1 и притом это давление может быть еще более повышено, если кольцевой участок 2 будет сделан еще значительно уже. К тому же нецелесообразно, чтобы прокладка бралась в данном случае не в виде двух колец, а состояла из одного цельного куска, идущего по всей ширине фланца, если, конечно, соображения экономии в прокладочном материале для покрытия им всей ширины торца фланца особенного значения не имеют. Уплотняющим, собственно говоря, будет являться только кольцевой участок 3. Особые обеспечения против выпадения прокладки при этом не являются необходимыми, так как кольцевой участок 2 и будет служить таким обеспечением.



Фиг. 173.

Центрирующие выступы должны быть сделаны так, чтобы они не ослабляли опасного поперечного сечения и полностью обеспечивали невозможность бокового смещения, как показано на фиг. 173 (см. а).

Толщина фланца должна быть такой, чтобы фланец мог без изменения формы выдержать напряжения, возникающие как от действия рабочего давления, так и от давления от затяжки болтов для уплотнения. Для расчета прочности фланца Бахом даны соответствующие формулы (см. Бах, Maschinenelemente, 12 Aufl., 1924, Bd. 2).

В главе о цилиндрах для насосов и прессов Бахом дана формула:

$$k_b \leq \frac{3 \cdot \mu \cdot R_0 \cdot p \cdot x}{h_b^2}$$

Здесь фактическая или предполагаемая линия излома будет та, которая проходит под углом приблизительно в 45° к горизонтали в углу, образуемом фланцем и основанием наружной стенки сосуда (фиг. 181); пусть означают:

R_0 — радиус окружности, проходящей через середину линии излома;

h_b — проекция линии излома на ось цилиндра;

x — расстояние по радиусу от середины линии излома до окружности болтов;

p — давление жидкости;

k_b — допускаемое напряжение на изгиб;

μ — поправочное число, для чугуна, здесь $\mu = 0,8$.

Эта формула служит в первую очередь для последующей проверки при конструировании фланцев.

Конструкцию же новых фланцев нужно предварительно набросать, наметить предполагаемую линию излома и только после этого применить указанную формулу.

Для свободно сидящих на трубе так называемых „свободно вращающихся“ фланцев в главе „Трубы из железа и стали“ дана формула (стр. 468 там же):

$$h \geq R_d \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot (R_1 - R_m)}{k_b (R_a - R_1 - e)}}$$

При этом $p = 1$, и обозначения будут следующие:

- R_d — внешний радиус уплотняющей поверхности;
- R_a — наружный радиус свободного фланцевого кольца;
- R_1 — внутренний радиус свободного фланцевого кольца;
- R_m — средний радиус нагруженной давлением кольцевой площади у фланцевого кольца;
- R_1 — радиус окружности центров болтов;
- e — диаметры дыр для болтов;
- h — толщина фланца;

p и k_b — имеют те же значения, что и выше.

Здесь также необходимо вначале фланец набросать. Толщина фланца h есть функция шести различных конструктивных размеров: R_d , R_a , R_1 , R_m , R_1 и e , которые должны быть предварительно точно установлены. Формула рассматривает фланец как нагруженное на изгиб тело, в котором принимается, что излом происходит по одному диаметру. Это соответствует также опытам Баха, касающимся способности сопротивления плоских плит, у которых наибольшее напряжение проходит через середину поперечного сечения шайбы, и основанным на этом расчетам цилиндрических крышек и т. д.

Для того чтобы получить формулу, у которой толщина фланца h была бы функцией возможно меньшего количества предварительно и примерно подсчитанных и точно установленных размеров, здесь представлена выведенная нами формула для расчета толщины фланца, составленная несколько иным путем и могущая иметь большие преимущества при практическом ее применении в различных случаях.

При чугунных фланцах принимают обычно толщину фланца $h = 1,25d$, т. е. диаметра болтов фланца. Однако такой способ определения для фланцев сосудов является менее всего подходящим: он дает одну и ту же толщину, как для нагруженных на изгиб давлением от уплотнения, так и для свободных от этого фланцев.

В практике нашла применение следующая приближенная формула:

$$h = \alpha \cdot \sqrt{\frac{P \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d}} + 1,2. \quad (31)$$

Здесь R (см) — внутренний радиус сосуда;

R_0 (см) — радиус окружности центров болтов;

t (см) — шаг между болтами;

d (см) — диаметр болтов;

h (см) — толщина фланца (без могущего быть выступа для прокладки);

k_b — допускаемое напряжение на изгиб и притом равное: 600 кг/см² для литой стали (железа), считая, что $K_b = 3600$ кг/см², 400 кг/см² для стального литья, 200 кг/см² для чугуна;

P' — часть общего давления рабочей среды, приходящаяся на каждый болт в кг, т. е. равная: $\frac{\text{общее давление}}{\text{число болтов}} =$

$$= \frac{P}{z} \text{ (в отличие от допускаемых нагрузок } P_1 \text{ для}$$

болтов); при этом толщина фланца должна соответствовать этой допустимой нагрузке или силе P'' , как указано на стр. 224, и, таким образом, в формулу (31) вставляют силу P_1 или P'' ;

$\alpha = 0,43$ для фланцев, которые не подвергаются нагрузке на изгиб от давления уплотнения;

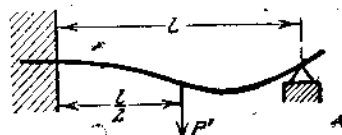
$\alpha = 0,60$ для фланцев, нагруженных на изгиб действием уплотняющего давления.

Формула (31) рассматривает участок фланца в радиальном направлении как балку, нагруженную силой P' (или P'' или P_1).

Фланцы с прокладками, проходящими насквозь по всей их торцевой поверхности при давлениях выше атмосферного, не испытывают напряжений на изгиб.

Применим к рабочему давлению приближенное допущение, что нагрузка распределяется согласно случаю, указанному на фиг. 174, т. е. когда один конец балки наглухо заделан, а другой лежит свободно; тогда

$$M_{\max} = \frac{3}{16} \cdot P' \cdot l.$$



Фиг. 174.

Формула же (31) строится еще на более неблагоприятном допущении, что оба конца свободно лежат, как это показано на детали 1, прилегающей к фиг. 170, где

$$M_{\max} = \frac{1}{4} P' \cdot l.$$

Далее принимается, что $l = R_0 - R$ и точка приложения P' находится в $\frac{l}{2}$. За ширину балки принимается расстояние между болтами за вычетом дыры для болтов или приближенно $t - d$. Тогда уравнение на изгиб получает вид:

$$\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{4} = \frac{(t - d) \cdot h^2}{6} \cdot k_b;$$

откуда

$$h_1 = \sqrt{\frac{6 \cdot P' \cdot (R_0 - R)}{4 \cdot k_b \cdot (t - d)}} = 1,225 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)}}.$$

С возрастанием расстояния между болтами величина h падает.

Так как с возрастанием шага возможность деформации фланца по касательному направлению возрастает, то уменьшение h должно быть ограничено. С этой целью принимается:

$$1,225 = x \cdot \sqrt{\frac{t}{d}}$$

и для отношения $\frac{t}{d}$ выбирают как наилучшее число 4. Таким образом получается:

$$1,225 = 2x \text{ и } x = 0,6125;$$

отсюда

$$h_1 = 0,6125 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d}}. \quad (32)$$

При фланцах с узким односторонним выступом для уплотнения давление уплотнения с самого начала создает напряжения во всем фланцевом соединении сосуда, а именно: во фланце, приклепанной полке, заклепочном шве, днище и стенке сосуда. Соотношения напряжений будут тем благоприятнее, чем толще фланец. Вследствие этого выбираем для этих фланцев еще более неблагоприятный случай нагрузки свободно подвешенной балки, согласно детали II фиг. 170, для которой:

$$M_{\max} = \frac{1}{2} P' \cdot l.$$

Отсюда получается

$$h_2 = 1,732 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)}}.$$

Поступив так же, как выше, получаем:

$$1,732 = y \cdot \sqrt{\frac{t}{d}},$$

и, таким образом, $\frac{ct}{d} = 4$ находим:

$$y = 0,866$$

и

$$h_2 = 0,866 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d}}. \quad (33)$$

Хотя приводимые выше допущения не показывают возникающих сложных фактических напряжений и дают достаточно надежный расчет для определения необходимой толщины фланца, все же делаем еще одну твердую прибавку, равную x или y см, после чего равенства (32) и (33) принимают следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= 0,6125 \cdot \left(\sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d}} + 1 \right); \\ h_2 &= 0,866 \cdot \left(\sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d}} + 1 \right) \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

Для того чтобы более слабые фланцы толщиной до 25 мм делать более толстыми, должна в конце концов делаться изменяемая прибавка, равная $0,43 (2,5 - h)^1$, которая вместе с тем будет несколько снижать расчетную толщину достаточно толстых фланцев (т. е. с $h > 25$ мм).

При этой прибавке формулы (34) приобретают следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= 0,429 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d} + 1,179}; \\ h_2 &= 0,606 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d} + 1,356}. \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

Принимая во внимание, что опасное поперечное сечение усиливается выступом для уплотнения и что нагруженная на изгиб балка $\frac{l}{2}$ в действительности меньше, чем $\frac{R_0 - R}{2}$, следует произвести округление h_2 в меньшую сторону. Таким образом формулы (35) могут быть написаны следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= 0,43 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d} + 1,2}; \\ h_2 &= 0,60 \cdot \sqrt{\frac{P' \cdot (R_0 - R)}{k_b \cdot (t - d)} \cdot \frac{t}{d} + 1,2}. \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

Если в равенства (36) вставить в первое слагаемое коэффициент α , то получится формула (31).

В графах 5 и 12 табл. 108 даны в собранном виде рассчитанные по формуле (31) толщины фланцев для примеров фланцевых соединений, приведенных в табл. 105.

Приклепываемая полка скрепляемого болтами углового кольца не требует такой же толщины, как полка самого фланца. Только после того как фланец при проходящей насквозь по всей ширине прокладке претерпевает некоторые изменения формы, выступают лишь добавочные напряжения в вертикальной полке. Поэтому скрепляемые болтами угловые кольца у пароприемников не должны иметь равные по толщине полки. Для каждого диаметра болтов, начиная с $\frac{5}{8}$ и до $2\frac{1}{2}$ ", должен существовать определенный подходящий профиль.

В графах 7 и 14 табл. 108 дается соотношение $\frac{h}{s}$; при помощи этого, а также на основании соотношения $a = x \approx 1,3s$, в табл. 109 вставлены предлагаемые профили угловых колец для изготовления пароприемников (фиг. 175).

Размеры взяты округленными и с постепенным переходом. Имеется в виду, что все профили изготавливаются в виде цельнокатанных колец, малые же — в виде полос длиной приблизи-

¹ Напечатанный у Геннике коэффициент 0,3 исправлен нами на 0,43, так как судя по окончательному виду формул (34), преобразованных в формулы (35), здесь вкралась опечатка.

Таблица 108

Толщина фланцев h для фланцевых соединений по табл. 105

а) Диаметр сосуда в свету $D = 800$ мм							б) Рабочее давление $p = 6$ кг/см ²						
№ про- филя	p кг/см ²	z	d дюймы	h см	s мм	$\frac{h}{s}$	№ про- филя	D см	z	d дюймы	h см	s мм	$\frac{h}{s}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	34	5/8	1,68	0,5	3,36	1	400	26	5/8	1,74	0,6	2,90
—	—	—	—	—	—	—	—	400	14	3/4	1,87	0,6	3,12
—	—	—	—	—	—	—	—	400	16	5/8	1,84	0,6	3,07
2	4	37	3/4	1,91	0,7	2,64	2	600	31	3/4	1,93	0,7	2,67
—	—	—	—	—	—	—	—	600	20	7/8	2,05	0,7	2,93
—	—	—	—	—	—	—	—	600	22	7/8	1,98	0,7	2,83
3	6	24	1	2,26	0,9	2,51	3	800	24	1	2,26	0,9	2,51
4	8	24	1 1/8	2,43	1,0	2,43	4	1000	28	1 1/8	2,42	1,0	2,42
5	10	23	1 1/4	2,64	1,2	2,20	5	1500	37	1 3/8	2,75	1,3	2,12
6	12	22	1 3/4	2,85	1,4	2,03	6	2000	37	1 3/4	3,37	1,7	1,98
7	16	17	1 3/4	3,37	1,8	1,87	7	2500	42	2	3,78	2,0	1,89
—	—	—	—	—	—	—	—	2500	32	2 1/4	4,02	2,0	2,01
8	20	16	2	3,83	2,1	1,82	8	3000	46	2 1/4	4,19	2,3	1,82
—	—	—	—	—	—	—	—	3000	35	2 1/2	4,45	2,3	1,93

Таблица 109

Профили угловых колец для изготовления пароприемников

№ про- филя	d дюймы	Размеры, мм				№ про- филя	d дюймы	Размеры, мм			
		h	B	a	H			h	B	a	H
1	5/8	20	55	9	75	8	1 1/2	36	115	18	155
2	3/4	22	65	10	85	9	1 5/8	39	125	20	165
3	7/8	24	70	11	95	10	1 3/4	42	135	22	180
4	1	26	80	12	105	11	1 7/8	45	145	24	195
5	1 1/8	28	90	13,5	115	12	2	48	155	26	205
6	1 1/4	30	100	15	130	13	2 1/4	51	170	28	220
7	1 3/8	33	105	16,5	140	14	2 1/2	54	190	30	250

Таблица 110

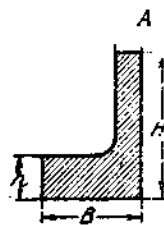
Профили цельнокатанных угловых колец (завода Эрзига) с неравными толщинами полок

№ про- филя	Размеры, мм				№ про- филя	Размеры, мм				№ про- филя	Размеры, мм			
	H	a	B	h		H	a	B	h		H	a	B	h
1	220	40	125	70	10	145	30	93	47	19	114	30	100	37
2	200	30	115	60	11	143	35	115	60	20	110	30	80	47
3	195	30	110	55	12	135	30	115	56	21	110	25	80	42
4	190	30	105	45	13	130	30/45	70	40	22	110	30	100	35
5	185	50	145	50	14	125	35	120	45	23	105	30	86	48
6	160	35	125	45	15	120	30	155	45	24	102	27	74	40
7	153	35	115	65	16	119	30	110	37	25	100	30	90	30
8	146	30	100	50	17	117	30	115	32	26	98	85	85	35
9	145	30	100	47	18	115	30	105	45	27	93	25	80	30

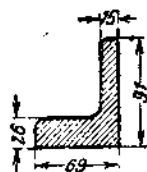
тельно до 10 м, благодаря чему из них можно изготавливать меньшие кольца собственными силами.

В табл. 110 приведены профили цельнокатанных угловых колец завода Борзига (фиг. 175).

Наименьший внутренний диаметр равен 475 мм, а наибольший внутренний диаметр — 2500 мм при наибольшем диаметре фланца в 2800 мм. На фиг. 176 представлен изготавливаемый заводом Борзига в виде полос профиль железа для парового колпака с размерами: $H=91$ мм, $a=15$ мм, $B=69$ мм, $h=26$ мм (ср. по табл. 109 с профилем № 3). Ниже можно видеть профили подобного рода в нормалях, приводимых по DIN для трубопроводов (табл. 159).

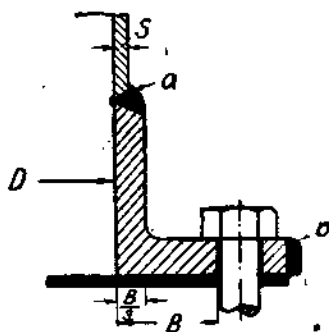


Фиг. 175.

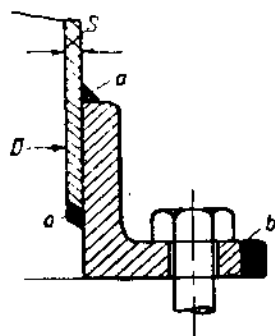


Фиг. 176.

Как известно, у нас равнобокая и неравнобокая угловая сталь (железо) прокатывается в виде полос, согласно ОСТ 14 и 15; при этом толщина полок у каждого профиля одинакова и для самых больших размеров достигает 24 мм. Поэтому выбор подходящих профилей угловой стали для фланцевых колец, нужных аппаростроению, чрезвычайно ограничен. Полки берутся, конечно, одинаковой толщины и обтачивается только лишняя их ширина у обеих полок в местах b , как показано на фиг. 177—179. Как видим, на



Фиг. 177.



Фиг. 178.

указанных фигурах вертикальная полка приваривается или приклепывается встык или внахлестку к железной обичайке в местах a .

В тех же случаях когда нужно иметь фланцевое кольцо углового профиля с горизонтальной полкой толщиной более 24 мм, т. е. максимальной имеющейся в ОСТ, выход может быть найден в применении фланцев стального литья.

Учитывая нужду в профилях угловой стали с разной толщиной полок, пригодной для фланцевых соединений аппаратуры, а также трубопроводов, и у нас выдвинут вопрос о прокатке таковой.

Приводим в табл. 111 и 112 проекты ОСТ профилей неравнобокой угловой стали с полками разной толщины, согласно фиг. 180, составленные Экихимаш на основе изложенного выше и материалов целого ряда организаций, связанных с проектированием и изготовлением химической аппаратуры.

Таблица 111

Сталь угловая неравнобокая с разной толщиной полон (проект ОСТ) (фиг. 180)

Материал: сталь марки Ст. 3 ОСТ 4125

№ профиля	b	b_1	d	d_1	R	r	Приблизит. вес 1 пог. м кг
70/65	70	65	11	22	10	5	15,2
80/70	80	70	12	24	12	6	18,4
90/80	90	80	14	28	12	6	24,4
100/90	100	90	16	32	14	7	31,0
110/100	110	100	18	36	14	7	38,7
130/120	130	120	20	40	16	8	53,0
140/135	140	135	22	44	16	8	63,0
150/150	150	150	24	48	16	8	75,1

Таблица 112

Сталь угловая неравнобокая с разной толщиной полон (для двухрядного шва)

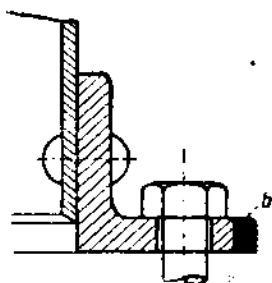
(проект ОСТ) (фиг. 180)

Материал: сталь марки Ст. 3 ОСТ 4125

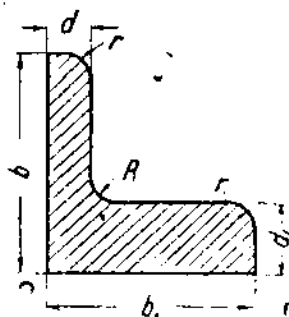
№ профиля	b	b_1	d	d_1	R	r	Приблизит. вес 1 пог. м кг
175/135	175	135	22	44	16	8	70
200/150	200	150	24	48	16	8	85

При определении основных размеров стандартизируемого профиля произведены расчеты фланцев для труб и аппаратов применительно к различным случаям, в которых эти профили должны применяться. В то время как немецкие нормы для фланцевых соединений труб ограничивают применение фланцев из прокатного уголка давлением в 10 ат и диаметром 1200 мм, у нас, ввиду большего распространения на наших химических заводах давления пара порядка 12—13 ат, при стандартизации рассматриваемых профилей угловой стали за верхний предел давлений принято давление в 16 ат с наибольшим диаметром аппарата в 1400 мм. Толщины фланцев определены по формуле (31) при $\alpha = 0,6$. Материал фланцев: сталь марки Ст. 3 ОСТ 4125 с $K_s = 38—45 \text{ кг/мм}^2$. Степень надежности $\sigma = 5$; k , взято равным $7,5 \text{ кг/мм}^2$.

Если для допускаемых нагрузок на болты обычно пользуются данными, взятыми из правил о котлостроении и приведенными выше в табл. 102, то в вопросе об определении общего расчетного усилия P , действующего на фланец пароприемника, часто может возникать вопрос, что считать диаметром круга действующей рабочей среды. В этом смысле нужно считать правильным допущение, что диаметр круга действия рабочего давления несколько более внутреннего диаметра аппарата, увеличенного, например, на две толщины стен его, так как внутренние части прокладок, прилегающие к внутренней полости пароприемника, безусловно, не дают достаточного уплотнения, расширяя, таким образом, зону действия рабочей среды. Поэтому здесь можно исходить, например, из такого допущения, что $\frac{1}{8}$ ширины прокладки с каждой стороны не работает (фиг. 177). То же соображение положено



Фиг. 179.



Фиг. 180.

в основу расчетов по стандартизации фланцевых соединений для арматуры и трубопроводов по ОСТ (см. „Промстандарт“, выпуск 30, ноябрь—декабрь 1928 г.). Таким образом если считать D внутренним диаметром пароприемника, B —шириной его прокладки до отверстий болтов, где уплотняющее действие таковой из-за отверстий под болты, конечно, прекращается, то расчетный диаметр D_p должен быть равен:

$$D_p = D + \frac{2}{3} B.$$

При предварительных подсчетах можно считать с достаточной приближенностью $D_p = D + 2s$. По этому поводу практика заставляла нас в отдельных случаях даже договариваться с НКТ как органом, регулировавшим нормы, связанные с охраной труда. Вопрос решался ведением расчетов для болтовых фланцевых соединений пароприемников, так же как это принято для фланцев арматуры и трубопроводов по ОСТ, т. е. расчетный диаметр круга действия рабочего давления принимался, как указано выше, равным $D_p = D + \frac{2}{3} B$, и допускаемые нагрузки на болты брались по тому же „Промстандарту“. Последние приводятся в табл. 113.

Таблица 113

Допускаемые напряжения и нагрузки для болтов по „Промстандарту“, вып. 30 от 1928 г.

Диаметр болта, дюймы .	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2
Допускаемое напряжение k_z , кг/см ²	160	234	295	342	382	418	450	500
Допускаемая нагрузка P_1 , кг	125	310	580	930	1 365	1 880	2 600	4 200

Здесь температура рабочей среды t может быть до 300°С.
Допускаемая нагрузка равна:

$$P_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot k_z,$$

где d_1 — внутренний диаметр резьбы. Качество материала болтов взято, примерно марки Ст. 3-норм. ($R=38-45$ кг/мм² и $i \geq 22^\circ/0$).

Как видим, эти допускаемые нагрузки приближаются к приведенным в табл. 102 с коэффициентом 0,45.

Если они в табл. 113 несколько выше для больших диаметров болтов, то это можно вполне допустить, имея в виду, что диаметр расчетного круга берется на более правильных основаниях.

При определении размеров профилей неравнобокой угловой стали общее усилие P во фланцевом соединении находилось в соответствии с изложенным выше. Что же касается напряжений в болтах, то здесь из соображений максимальной компактности фланцев предусмотрено введение также и болтов, допускаемые нагрузки для которых даны в табл. 102 с коэффициентом 0,40. Хотя при этом появляется необходимость применения не обыкновенных рыночных болтов, марки примерно Ст. 3, а специальных болтов, удовлетворяющих определенным требованиям правил котлостроения, все же получающаяся экономия в металле (особенно для фланцев более высоких давлений и больших диаметров, пределы которых здесь значительно расширены) вполне оправдывает избранный путь.

Результаты расчетов приводятся в табл. 246—249¹, помещенных в дополнениях. Указанными таблицами можно пользоваться для нужд конструирования при выборе для фланцевого соединения числа болтов, их диаметра и т. д.

При этом нужно иметь в виду следующее:

Для случаев, когда требуется применение не обыкновенных болтов, а специальных, все числа в соответствующих графах таблиц отпечатаны жирно. Расчетные давления здесь приняты равными 2,5; 6; 10 и 16 ат,

¹ Расчеты таблиц произведены Эжихимаш.

максимальные внутренние диаметры аппаратов для первых трех ступеней давлений — до 2000 мм и для последней до 1400 мм включительно.

Количество болтов и диаметры взяты для некоторых случаев в нескольких вариантах. Все остальное ясно из таблиц, где обозначают:

D_0 (мм) — диаметр аппарата в свету;

D_6 (мм) — диаметр окружности центров болтов;

F (мм²) — площадь действия рабочей среды;

P (кг/см²) — расчетное давление (по ГОСТ 739);

t (мм) — шаг между болтами;

d или d_6 (мм) — диаметр болта;

n_6 — число болтов;

P_6 (кг) — нагрузка на один болт.

В табл. 114 дано сопоставление толщин фланцев угловой стали, подсчитанных при помощи формул: (31), DIN и Анилпроекта.

Таблица 114

Сравнение толщин фланцев из неравнобокого углового железа

D мм	P	Толщина, мм				D мм	P	Толщина, мм			
		по формуле (31)	DIN	Анил-проект	принятая			по формуле (31)	DIN	Анил-проект	принятая
600	2,5	18,6	1,3	11	22	1 200	2,5	21,6	11,0	12,5	24
600	6	22,8	12,8	13,5	24	1 200	6	28,5	20,1	18,5	32
600	10	25,6	17,8	17	28	1 200	10	33,9	27,5	23	36
600	16	30,0	23,3	19,5	32	1 200	16	40,8	42,6	32,5	48
800	2,5	19,8	8,8	11,3	24	1 600	2,5	23,8	14	14,5	28
800	6	25,3	15,2	15,1	28	1 600	6	31,8	24	22	36
800	10	28,8	22,2	19	32	1 600	10	38,9	36	31	44
800	16	35,7	30,8	24,5	40	1 600	16	44,4	45	37	46
1 000	2,5	21,3	10,4	12	24	2 000	2,5	27,2	16,7	16	32
1 000	6	25,8	17,8	16,5	28	2 000	6	36,0	27,5	23,5	36
1 000	10	31,8	25,1	21	36	2 000	10	41,4	43	36	48
1 000	16	40,8	37	28,5	44						

Из них формула DIN имеет следующий вид:

$$b = \sqrt{1,12 \left(1 + \frac{P}{700} \right) \frac{P \cdot d \cdot x}{100k_b}} \text{ мм,}$$

где b (мм) — толщина фланца;

d (мм) — внутренний диаметр сосуда;

k_b — допускаемое напряжение на изгиб, равное 10 кг/мм²;

P (кг/см²) — давление;

x — расстояние от центра дыры под болт до середины предполагаемой линии излома (фиг. 181).

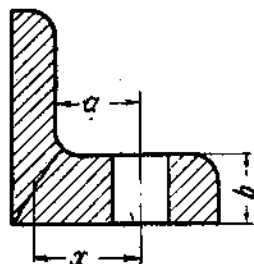
Эмпирическая формула Анилпроекта:

$$b = 0,05 \sqrt{\frac{p \cdot a}{t}} + 0,5 \text{ см},$$

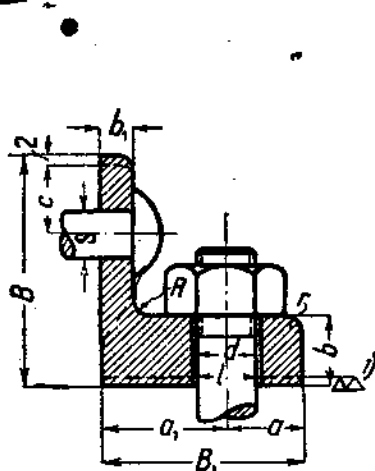
где b — толщина фланца;
 p (кг/см²) — давление;
 t (см) — шаг отверстий для болтов;
 a (см) — расстояние между наружной стенкой вертикальной полки и центрами болтов (фиг. 181).

Как видим, формула (31), помещенная выше, дает наиболее надежные результаты, а следовательно, и размеры, лучшим образом обеспечивающие плотность и жесткость фланцевого соединения. Напряжение на изгиб $k_s = 7,5$ кг/мм², принятое в расчетах, вполне приемлемо. Отметим, что в проектах ОСТ дано 2—3 мм припуска в толщине фланцев на их обработку. Единственное изменение следовало бы внести для профиля угловой стали 70/65, дав для случая с болтами $\frac{5}{8}$ " толщину фланца несколько меньшую, например 20 мм. Но если эти соображения принести в жертву удобствам и выгодам прокатки от сокращения числа разных профилей угловой стали, то в данном случае можно, безусловно, оставить и это без изменений.

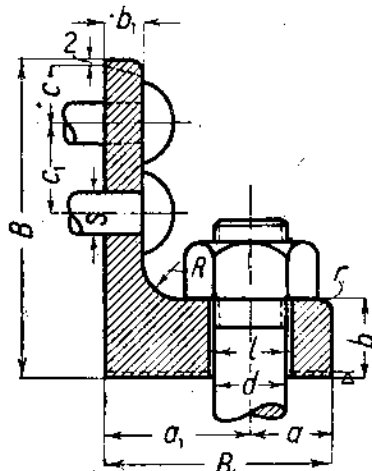
В табл. 115 и 116 даны конструктивные размеры прикрепления фланцев неравнобокой угловой стали к стенкам аппарата с помощью однорядных и двухрядных заклепочных швов.



Фиг. 181.



Фиг. 182.



Фиг. 183.

На табл. 117 даны минимальные расстояния между болтами, допускаемые как предельные при расчете болтов для возможности заворачивания или отворачивания гаек нормальными гачными ключами. При этом расстояния t_1 (фиг. 184) будут позволять еще

Таблица 115

Приклепываемые фланцы из неравнобокой угловой стали (фиг. 182)

№ профиля	B	B ₁	b ₁	b	R	r	Б о л т		a	a ₁	Заклепки		c
							d дюйм-мы	l			δ	отверстие	
70/65	70	65	11	22	10	5	3/4	22	22,5	42,5	13,5	14	20
80/70	80	70	12	24	12	6	7/8	25	25	45	16,5	17	25
90/80	90	80	14	28	12	6	1	29	30	50	19	20	30
100/90	100	90	16	32	14	7	1 1/8	33	32,5	57,5	19	20	30
110/100	110	100	18	36	14	7	1 1/4	37	35	65	22	23	35
130/120	130	120	20	40	16	8	1 1/2	44	45	75	22	23	35
140/135	140	135	22	44	16	8	1 3/4	50	50	85	—	—	—
160/150	150	150	24	48	16	8	2	56	55	95	—	—	—

Примечания: 1. Полку уголка обработать на 2—4 мм в зависимости от тщательности изготовления фланца.

2. Профили № 140/135, 160/150 привариваются.

Таблица 116

Приклепываемые фланцы из неравнобокой угловой стали (фиг. 183)

№ профиля	B	B ₁	b ₁	b	R	r	Б о л т		a	a ₁	Заклепки		c	c ₁
							d дюйм-мы	l			δ	отверстие		
175/135	175	135	22	44	16	8	1 3/4	50	50	85	22	23	35	46
200/150	200	150	24	48	16	8	2	56	55	95	28	29	45	59

Примечание. Полку уголка обработать на 2—4 мм в зависимости от тщательности исполнения фланца.

Таблица 117

Минимальные расстояния между болтами

Диаметры болтов, d, дюймов	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
t	26	31	35	42	52	61	66	74	84	94	106	119	132	147	162	178	195
t ₁	30	35	39	48	56	67	73	80	90	100	114	130	145	161	178	194	214
c	12	13	15	18	21	25	27	30	33	36	41	46	50	55	60	66	73

снимать ключ с гайки при повороте его на 60° сбоку, т. е. в направлении, перпендикулярном к оси болта; при расстояниях же t ключ можно будет снимать только сверху, т. е. в направлении, параллельном оси болта. Меньшие расстояния между болтами недопустимы. Расстояния c являются минимальными, ближе которых нельзя помещать центры болтов от стенок также по соображениям удобства маневрирования нормальными гаечными ключами.

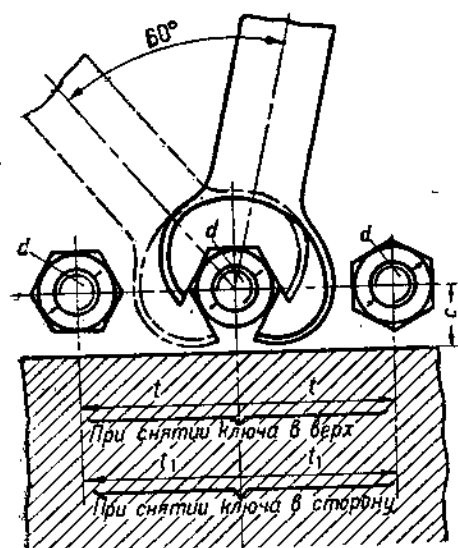
В табл. 250—257¹, помещенных в дополнениях, даны конструктивные размеры крышек, изображенных на фиг. 36 и 37, где применены приведенные фланцевые соединения с угловой сталью.

Для крышек, изображенных на фиг. 38, также даны конструктивные размеры в табл. 258—261¹, помещенных в дополнениях. Здесь толщина фланцев подсчитана по формуле (31) с принятием $\alpha = 0,60$ и $k_b = 750 \text{ кг/см}^2$.

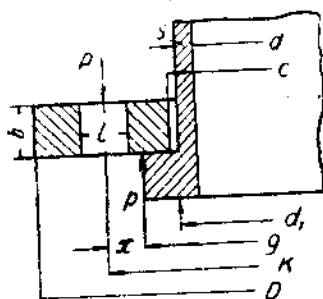
Табл. 262—265¹, помещенных в дополнениях, содержат конструктивные размеры крышек, изображенных на фиг. 39. Здесь толщина фланцев определена по формуле 2506 DIN для свободно вращающихся фланцев следующего вида:

$$b = \sqrt{1,5 \frac{d_1^2 \cdot p \cdot x}{(D - c - 2l) 100 k_b}},$$

где p (кг/см²) — расчетное давление;



Фиг. 184.



Фиг. 185.

k_b — допускаемое напряжение на изгиб, равное 8 кг/см^2 ;
 $d_1 = \frac{2d + g}{3}$ — диаметр круга, на который действует давление p (фиг. 185);

x (мм) — расстояние от центра болта до прокладки;
 D (мм) — наружный диаметр фланца;
 c (мм) — диаметр отверстия во фланце;
 l (мм) — диаметр отверстий под болты.

Что касается толщины стенок сферы крышек, то таковая во всех табл. 250—265 определена по формуле Хёна (см. стр. 82).

7. БОЛТЫ НАЖИМНЫЕ И БОЛТЫ, ПЕРЕДАЮЩИЕ ДВИЖЕНИЕ

Болты нажимные и передающие движение применяются при изготовлении пароприемников и аппаратов как вспомогательные приспособления.

Роды резьбы: плоская резьба с квадратным поперечным се-

¹ Таблицы составлены Экихима

чением, круглая резьба и трапециoidalная резьба; последней следует отдать предпочтение, так как она имеет целый ряд преимуществ.

Если, согласно фиг. 186, обозначим через:

Q — действующую по оси винта силу (нагрузка, давление нажима),

P — крутящую силу, приложенную к плечу R ,

s — шаг резьбы,

r — средний радиус резьбы,

то (без принятия во внимание трения) должно быть:

$$2\pi \cdot R \cdot P = Q \cdot s;$$

откуда получается момент:

$$P \cdot R = \frac{Q \cdot s}{2\pi} \approx 0,16 \cdot Q \cdot s.$$

Если принять во внимание трение, благодаря введению к. п. д. η , получается:

$$P \cdot R = \frac{Q \cdot s}{2\pi \cdot \eta} = 0,16 \frac{Q \cdot s}{\eta}.$$

Обозначив через:

M_t — крутящий момент,

α — угол подъема шага резьбы,

ρ — угол трения,

μ — коэффициент трения скольжения,

получим далее:

$$M_t = P \cdot R = Q \cdot r \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho).$$

Так как

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{2\pi \cdot r} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \rho = \mu,$$

то получается:

$$M_t = Q \cdot r \cdot \frac{s + 2\pi \cdot r \cdot \mu}{2\pi \cdot r - s \cdot \mu}. \quad (37)$$

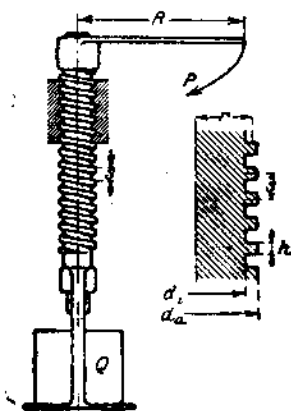
Для ковкой стали или вообще стали на чугунах или бронзе можно при достаточной смазке принять μ равным от 0,10 до 0,11 и в среднем $\mu = 0,105$. При этом $\rho = 6^\circ$.

Для нажимных или передающих давление винтов с собственным торможением должно быть $\alpha < \rho$. При $\alpha = 5^\circ$ и $\rho = 6^\circ$ получается к. п. д.:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)}, \quad (38)$$

т. е.

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 5^\circ}{\operatorname{tg} 11^\circ} = 0,45.$$



Фиг. 186.

При $\alpha = \rho$ получается $\eta = 0,5$, т. е. при собственном торможении к. п. д. не может превзойти 0,5.

У винтов, передающих движение без собственного торможения, достижимы более высокие к. п. д. Максимум наступает при $\alpha = 45^\circ - \frac{\rho}{2}$. При $\rho = 6^\circ$ получается: $\alpha = 42^\circ$ и $\eta = 0,8107$. При

$\alpha = 45^\circ - \rho$ и $\rho = 6^\circ$ получается: $\alpha = 39^\circ$ и $\eta = 0,8098$.

Шаг ($s = 2\pi \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha$) будет:

$$\text{Для } \alpha = 42^\circ \dots \dots \dots s = 0,90 \cdot 2\pi \cdot r = 5,655r = 2,827d$$

$$, \quad \alpha = 39^\circ \dots \dots \dots s = 0,088 \cdot 2\pi \cdot r = 0,553r = 0,276d$$

где d равен среднему диаметру резьбы.

Для получения одинаковой высоты подъема необходимо при $\alpha = 5^\circ$ сделать приблизительно 10 оборотов и при $\alpha = 42^\circ$ — только один оборот. Болты, передающие движение, — многоходовые.

Для нажимных винтов выбирают большей частью:

$$s = 0,25d_i = 0,5r_i,$$

$$t = h = 0,5s = 0,125d_i,$$

где d_i — диаметр стержня,

t — глубина резьбы и

h — толщина винтовой нарезки.

Поэтому при $\alpha = 4,5^\circ$ и при $\rho = 6^\circ$ получается:

$$\eta = 0,427.$$

При расчете прочности у болтов с малым α можно принимать во внимание напряжение кручения, увеличивая Q в $\frac{4}{3}$ раза, т. е. беря $\frac{4}{3}Q$.

Таким образом определяют поперечное сечение стержня, работающего как бы только на растяжение или сжатие, из уравнения:

$$q_i = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{k_i}. \quad (39)$$

Здесь вставляют для ковкой стали (железа): $k_i = 600 \text{ кг/см}^2$, а для более крепкой стали (литой) $k_i = 800 \text{ кг/см}^2$. У сжимаемых длинных болтов должна быть также рассчитана прочность на изгиб.

Удельные давления в резьбовых витках берут не слишком высокими, причем обычно бывает:

$$\text{Для болтов из ковкой стали (железа)} \dots \dots k = 80 \text{ кг/см}^2$$

$$, \quad \text{из более крепкой (литой) стали} \dots \dots k = 100 \quad "$$

Число витков резьбы i , которое должно быть в гайке, получается из формулы:

$$Q = 2\pi \cdot r \cdot t \cdot k \cdot i,$$

или (при q_a , равном поперечному сечению стержня, — по наружному диаметру d_a винта):

$$i = \frac{Q}{2\pi \cdot r \cdot t \cdot k} = \frac{Q}{(q_a - q_1) \cdot k} \quad (40)$$

Высота гайки равна $i \cdot s$.

При α , равном от 4 до 5°, $\rho = 6^\circ$ и $\nu = 0,105$ и рассчитаны в табл. 118 нажимные винты из ковкой стали для Q , равного от 1000 до 40 000 кг.

При угле подъема, большем чем $\alpha = 6^\circ$, необходимо прочность винтов рассчитывать по сложным деформациям. Нагрузка на растяжение или сжатие дает фактическое напряжение:

$$\sigma = \frac{Q}{q}$$

Крутящий момент дает напряжения сдвига:

$$\tau = \frac{M_t}{W_t}$$

Полярный момент сопротивления против скручивания для полного круглого поперечного сечения:

$$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3 \approx 0,2d^3$$

(здесь $d = d_t$).

При сложных напряжениях на растяжение или сжатие совместно с кручением:

$$\sigma_s = 0,35\sigma + 0,65 \cdot \sqrt{\sigma^2 + 4(\alpha_0 \cdot \tau)^2} \quad (41)$$

Здесь означают: $\alpha_0 = \frac{k_s}{1,3k_t}$ при нагрузке на растяжение и $\alpha_0 = \frac{k_s}{1,3 \cdot k_t}$ при нагрузке на сжатие.

Должно быть $\sigma_s < k_s$.

Далее, должна быть предусмотрена надежность от изгиба.

Если Q представляет давление сжатия в кг, s — шаг в м, n — число оборотов в минуту, то получаем: работа нагрузки:

$$A = \frac{Q \cdot s \cdot n}{60} \text{ кгм/сек}$$

и мощность:

$$N = \frac{Q \cdot s \cdot n}{60 \cdot 75 \cdot \eta} \text{ л. с.}$$

Из рассмотренных в этой части глав о болтах и лазах в более новых германских правилах по поводу изготовления паровых котлов заслуживает внимания, в отношении аппаратостроения, следующее.

Болты и болтовые соединения. Температурная граница здесь также снижена до допускаемого значения в 200°C . При более высокой температуре напряжение должно снижаться (для обычно-

венной литой стали) для каждого 20° на 7%. Это же относится и к фланцам.

Расчет и другие определения не изменены. Во всяком случае, желательна подгонка под существующие нормы.

Формула для сильно нагруженных болтов у вытянутых крышек (например, прямоугольных или эллиптических) представляет при конструировании пароприемников значительный интерес. В этом отношении следует указать на напечатанную в журнале „Die Wäpme“¹ работу о стягивающих болтах у плит некруглой формы, в которой показано, как геометрическим путем можно определить неравные шаги с целью достижения одинаковой нагруженности у болтов.

Анкерные и распорные болты. Некоторое подкрепляющее действие и других частей котла также должно приниматься во внимание при расчете нагрузки анкеров.

Данные относительно допускаемых напряжений несколько увеличены, а именно: для связанных труб напряжение в поперечном сечении нарезки не должно быть выше 5,3 кг/мм².

Крышки с дугами или скобами вообще и крышки для огневых коробок. Конструктивные размеры крышек могут быть теперь определены расчетом. В остальном изменений нет.

Таблица 118

Нажимные винты из ковкой стали с самоторможением

Сжимающая сила Q кг	Стержень		Измерение ходов		Наружный диаметр d _а мм	q _a - q _i см ²	Шаг s мм	Число шагов на 1"	Высота гайки мм	Длина, обеспечиваемая от изгиба, "	К. п. д. η	Крутящий момент M _t кгм
	поперечное сечение q _i см ²	диаметр d _i мм	t мм	h мм								
1 000	2,27	17	2	2,117	21	1,19	4,233	6	45	0,40	0,41	1,65
1 500	3,46	21	2,5	2,54	26	1,85	5,08	5	52	0,50	0,40	3,05
2 000	4,52	24	3	3,175	30	2,55	6,35	4	63	0,57	0,43	4,75
2 500	5,73	27	3	3,175	33	2,82	6,35	4	71	0,64	0,40	6,35
3 000	6,61	29	3,5	3,63	36	3,57	7,26	3 1/2	76	0,69	0,41	8,50
3 500	8,04	32	4	4,235	40	4,53	8,47	3	82	0,76	0,42	11,2
4 000	9,08	34	4	4,235	42	4,77	8,47	3	89	0,81	0,41	13,2
5 000	11,34	38	4,5	5,08	47	6,01	10,16	2 1/2	106	0,91	0,43	18,9
6 000	13,20	41	5	5,08	51	7,22	10,16	2 1/2	116	0,98	0,40	24,4
7 000	15,90	45	5,5	6,35	56	8,73	12,70	2	128	1,07	0,44	32,2
8 000	18,10	48	6	6,35	60	10,17	12,70	2	120	1,15	0,42	38,4
9 000	20,42	51	6	6,35	63	10,75	12,70	2	133	1,22	0,41	44,6
10 000	22,06	53	6,5	8,465	66	12,15	16,93	1 1/2	174	1,26	0,47	57,8
12 000	26,42	58	7	8,465	72	14,30	16,93	1 1/2	178	1,39	0,44	74,0
14 000	31,17	63	8	8,465	79	17,85	16,93	1 1/2	168	1,51	0,43	87,0
16 000	35,26	67	8,5	10,16	84	20,16	20,32	1 1/4	202	1,60	0,45	116
18 000	40,72	72	9	10,16	90	22,90	20,32	1 1/4	200	1,72	0,44	133
20 000	44,18	75	9,5	10,16	94	25,12	20,32	1 1/4	204	1,80	0,43	151
25 000	55,42	84	10,5	12,70	105	31,17	25,40	1	254	2,01	0,45	226
30 000	66,48	92	11,5	12,70	115	37,39	25,40	1	254	2,20	0,43	284
35 000	78,54	100	12,5	12,70	125	44,18	25,40	1	252	2,40	0,41	347
40 000	88,25	106	12,5	12,70	131	46,53	25,40	1	273	2,54	0,40	406

¹ Ig. 1925, Nr. 38 и 39, Verschlusschrauben für nichtkreisförmige Platten.

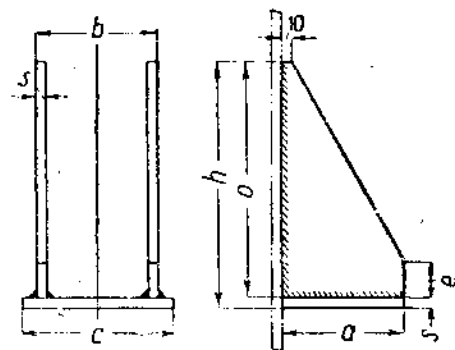
8. ЛАПЫ И ОПОРЫ

Для облегчения работы конструктора в части подбора таких мелких деталей, как лапы или опоры стационарных аппаратов, которые являются большей частью их неотъемлемой частью, приводим из нормалей Экихимаш конструктивные размеры их и примеры применения.

В табл. 119 даны сварные лапы, применение которых имеется в виду при небольшой нагрузке и когда температура в местах их крепления не выше 300°C (фиг. 187); делаются они из обрезков. На фиг. 188 — пример применения.

В табл. 120 показаны штампованные лапы для приваривания к аппарату (фиг. 189) в тех же случаях, когда применяется и предыдущий род лап. На фиг. 190 — пример применения.

Рассмотренные лапы привариваются к плоской или цилиндрической стенке.



Фиг. 187.

Таблица 119

Лапа сварная для приваривания к стенке аппарата (фиг. 187)

Материал: Ст. 0

Рекомендуемый диаметр аппарата	Габариты лап				Размеры листа для стенки опоры					Размеры листа для основания опор				Опорная площадь F , см ²	Нагрузка, т	Вес, кг
	c	a	h	b	o	a	e	s	Вес кг	c	a	s	Вес кг			
300	120	100	201	100	195	100	40	6	0,59	120	100	6	0,56	120	0,96	1,74
500	140	120	241	120	235	120	45	6	0,83	140	120	6	0,78	168	1,35	2,44
800	160	140	283	140	275	140	50	6	1,48	160	140	8	1,4	224	1,80	4,36
1 000	180	160	323	160	315	160	55	8	1,92	180	160	8	1,8	288	2,30	5,64
1 400	200	180	360	180	350	180	60	10	3,0	200	180	10	2,8	360	2,90	8,8
2 000	220	200	400	200	390	200	65	10	3,72	220	200	10	3,4	440	3,60	10,84
3 000	245	225	452	225	440	225	70	12	5,66	245	225	12	5,2	551	4,40	16,32
4 000	270	250	502	250	490	250	75	12	6,7	270	250	12	6,35	675	5,30	19,75

В табл. 121 даны лапы также штампованные, но для приваривания к сферической или конической стенке аппаратов (фиг. 191) тогда, когда для вертикальных, опирающихся на дно, или же гори-

Таблица 120

Лапа штампованная для приваривания к стенке аппарата (фиг. 189)

Материал: Ст. 0

Рекомендуемый диаметр аппарата	Габариты лап					Размеры листов				Опорная площадь F , см ²	Нагрузка, т	Вес, кг
	a	b	e	h	r	g	k	s	i			
300	100	100	45	200	10	480	170	6	68	100	0,8	1,6
500	120	120	50	240	10	575	195	6	88	144	1,15	2,3
800	140	140	55	280	10	670	200	8	104	196	1,57	3,9
1 000	160	160	60	320	10	765	245	8	124	256	2,10	6,5
1 400	180	180	65	360	10	860	270	10	140	324	2,60	10,5
2 000	200	200	70	400	15	955	295	10	150	400	3,20	13,0
3 000	225	225	75	450	15	1 075	325	12	171	505	4,1	19,0
4 000	250	250	80	500	15	1 200	360	12	136	625	5,0	23,5

Примечания: 1. D — по диаметру аппарата.
2. D дается только для цилиндрических стенок аппарата.

горизонтальных аппаратов температура не выше 300° С. На фиг. 192 — примеры применения.

Толщина листа s для лап должна быть не меньше толщины стенки аппарата.

Сварка или приварка лап производится электросваркой.

В табл. 122 и 123 приведены размеры чугунных литых опор для горизонтальных цилиндрических резервуаров и аппаратов диаметром не более 2000 мм, которые применяются тогда, когда со-

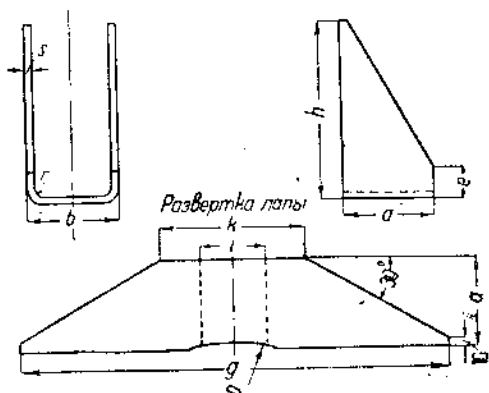
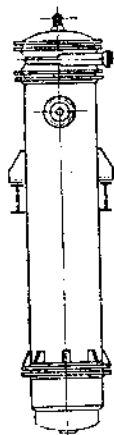
Таблица 121

Лапа штампованная для приваривания к стенке (фиг. 191)

Материал: Ст. 0

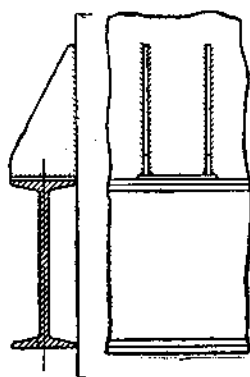
Рекомендуемый диаметр аппарата	Габариты лап									Размеры листов								Опорная площадь F , см ²	Нагрузка, т	Вес, кг
	a	b	e	f	h	h_1	k	m	r	g	i	o	p	q	s	t	u			
1 000	100	120	35	60	105	240	25	60	10	570	80	70	160	135	10	180	210	120	9,6	4,5
1 400	120	140	40	70	125	280	35	70	10	660	94	85	180	155	10	210	240	168	1,35	8,0
2 000	140	160	45	80	145	320	45	80	10	760	114	100	210	175	12	240	280	224	1,8	10,5
2 500	160	180	50	90	165	360	55	90	15	850	120	115	230	195	14	270	310	288	2,3	15,5

Примечания: 1. Размеры h_1 и k меняются в зависимости от формы днища аппарата.
2. Поверхность соприкосновения стенок лап с корпусом аппарата пригоняется по форме последнего.

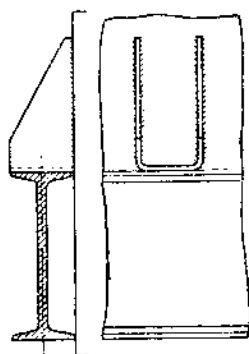


Фиг. 189.

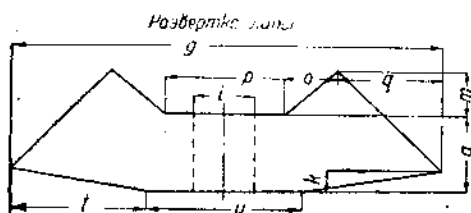
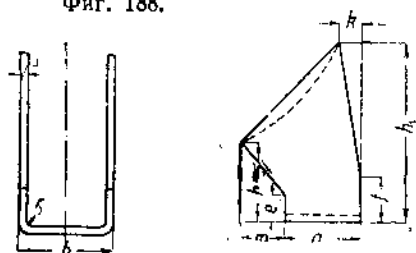
Лапа сварная



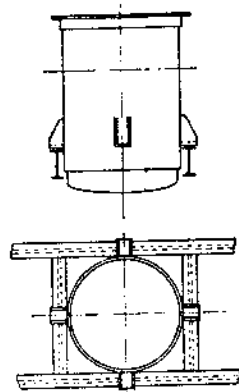
Фиг. 188.



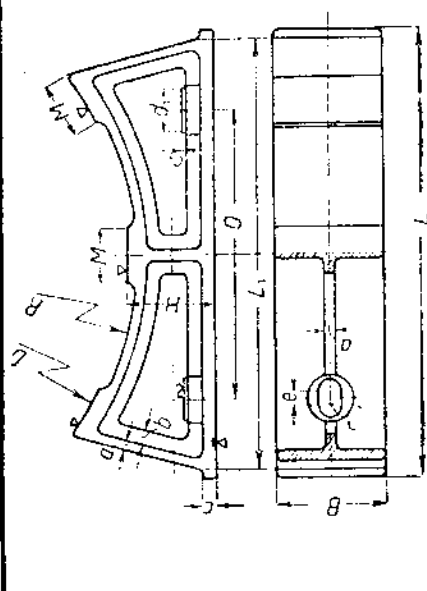
Лапа приварная



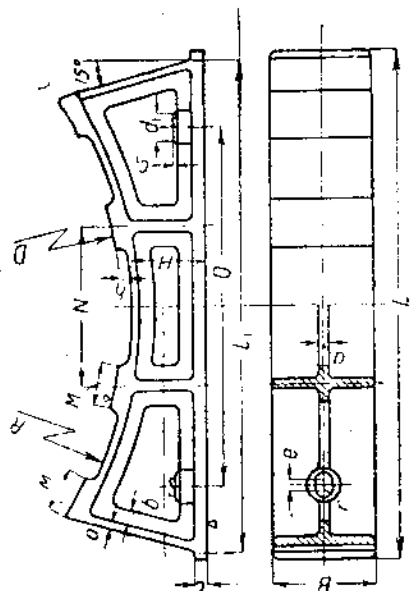
Фиг. 191.



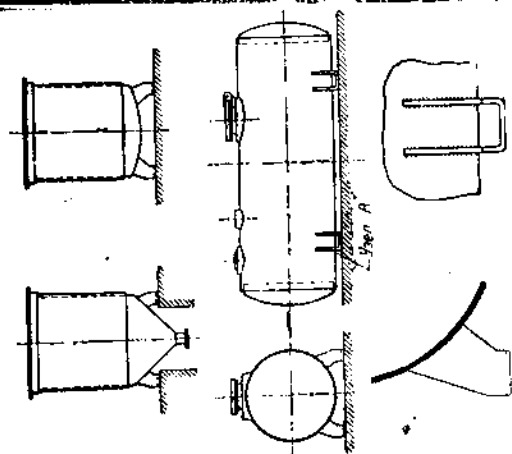
Фиг. 190.



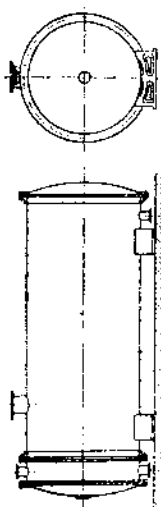
Фиг. 193.



Фиг. 194.



Фиг. 192.



Фиг. 195.

держимое аппарата разъедает сварные швы или когда необходимо изолировать фундамент из строительных материалов от действия высоких температур.

На первой из указанных таблиц даны опоры с одним ребром (фиг. 193) для диаметров аппаратов не более 1100 мм; на второй таблице — опоры с двумя ребрами (фиг. 194) для аппаратов больших диаметров. На фиг. 195 — пример применения.

Для всех рассмотренных лап и опор нагрузка в тоннах подсчитана из расчета установки аппарата или резервуара на кирпичную кладку¹ из расчета 8 кг/см².

Таблица 122

Опора для горизонтального аппарата (фиг. 193)

Номинальный диаметр аппарата D	B	H	L	L_1	O	R	a	b	c	M	e	r	d_1	c_1	Диам. болта, дюймы	Опорная площадь F , см ²	Нагрузка, т	Вес, кг
350	80	70	245	235	140	180	10	10	10	30	5	9	35	2	1/2	196	1,5	7
400																		
450																		
500	100	75	300	290	185	230	10	12	12	45	5	9	35	2	1/2	300	2,4	12
550																		
600	110	85	445	425	290	308	10	15	15	60	6	11	40	3	5/8	490	4	20
700																		
800	120	100	550	535	380	410	12	18	15	80	6	11	40	3	5/8	672	5,4	35
900																		
1 000	140	120	680	550	480	510	12	20	18	100	7	12,5	45	4	3/4	352	7,6	54
1 100																		

Примечание. Величина H для указанной точки остается постоянной; от нее и производится обработка опорной поверхности M под наружный диаметр аппарата.

Таблица 123

Опора для горизонтального аппарата (фиг. 194)

Номинальный диаметр аппарата D	B	H	h	L	L_1	O	R	a	b	c	M	N	e	r	d_1	c_1	Диам. болта, дюймы	Опорная площадь F , см ²	Нагрузка, т	Вес, кг
1 200	180	125	15	750	730	500	615	15	25	20	70	225	8	14	50	4	7/8	1 325	10,5	65
1 300																				
1 400																				
1 500	200	150	20	1 000	970	720	770	18	30	25	100	320	8	14	50	4	7/8	2 000	16	105
1 600																				
1 700																				
1 800	250	179	20	1 200	1 170	900	920	20	35	30	120	365	8	16	55	5	1	3 000	24	135
1 900																				
2 000																				

Примечание. Величина H для указанной точки остается постоянной; от нее и производится обработка опорной поверхности M под наружный диаметр аппарата.

¹ По „Нормам строительного проектирования“ изд. 1930 г.

Е. СТАЛЬНЫЕ (ЖЕЛЕЗНЫЕ) ТРУБЫ И ФЛАНЦЫ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ И АРМАТУРЫ

1. РАСЧЕТ

В основу как ОСТ 739, приведенного в приложении, так и норм по DIN для трубопроводов и арматуры положена европейская схема построения ступеней давления, согласно которой область напряжений с избыточными давлениями для пара от 1 до 32 ат и для воды от 1 до 40 ат разделена на семь ступеней давлений. Для изготовления пароприемников и аппаратов нами имеются в виду, главным образом, первые четыре ступени давлений, а именно: для пара от 1 до 8 ат и для воды от 1 до 10 ат.

В табл. 124 даются в сводном виде ступени давлений трубопроводов по DIN, сопоставление которых с нашим ОСТ 739 показывает их почти полное совпадение, за исключением некоторых незначительных разниц для более высоких давлений. В части же первых четырех ступеней сходство их почти полное.

Таблица 124

Ступени давлений для трубопроводов по DIN

Пар		Вода		Общее	
ступень давления	рабочее давление кг/см ²	ступень давления	рабочее давление кг/см ²	пробное давление кг/см ²	условное обозначение ступеней давлений
D 1	1	W 1	1	2	D 1 W 1
D 2	2	W 2,5	2,5	4	D 2 W 2,5
D 5	5	W 6	6	10	D 5 W 6
D 8	8	W 10	10	16	D 8 W 10
D 13	13	W 16	16	25	D 13 W 16
D 22	22	W 25	25	40	D 22 W 25
D 32	32	W 40	40	60	D 32 W 40

Здесь все давления представляют собой, конечно, избыточные давления, т. е. давления по манометру. Ступени давлений для пара относятся также и к воздуху, газам и другим таким жидкостям, которые по своим физическим или химическим свойствам или по другим причинам требуют осторожного обращения. Для опасных паров, газов и жидкостей и более высоких температур, чем указаны в ОСТ, следует избирать в необходимых случаях высшую ступень давления.

Ступени давления для воды относятся к воде ниже температуры кипения и к другим безопасным жидкостям.

Пробное давление для вакуум-проводов по нормам DIN берется равным $1,5 \text{ кг/см}^2$, по нормам же ОСТ 739 его следует брать равным 2 кг/см^2 .

В готовых заложенных трубопроводах гидравлическое испытание не допускается. Здесь пробное давление имеется в виду только для частей трубопроводов, за исключением, однако, таких принадлежностей, как водоотделители, воздушные колпаки и т. д., к которым гораздо более применимы правила об изготовлении и обслуживании пароприемников, сосудов под давлением и т. д.

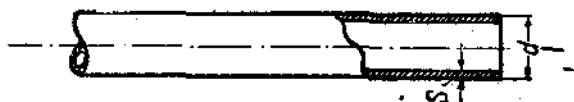
В приложении мы даем ОСТ 740 с установленными условными проходами для арматуры и трубопроводов, которыми следует руководствоваться при определении диаметра прохода.

Для расчета толщины стенки трубки можно воспользоваться равенством (1) (стр. 56). Эта же формула применена для расчета стенок гладких стальных труб (табл. 125—130), дымогарных и паропроводных, а именно:

$$s = s_0 + c = \frac{p \cdot d}{2 \cdot k_r \cdot z} + c, \quad (42)$$

Таблица 125

Наименьшие толщины стальных, гладких бесшовных труб общего назначения (фиг. 196)



(ОСТ 5098)

Фиг. 196.

Наружные диаметры d мм	Соответствующие условные проходы трубопроводов по ОСТ 740 мм	Толщины стенок s мм	Вес кг/м	Наружные диаметры d мм	Соответствующие условные проходы трубопроводов по ОСТ 740 мм	Толщины стенок s мм	Вес кг/м
8	—	1,5	0,24	95	—	3,25	7,35
10	6	1,5	0,31	102	(90)	3,75	9,09
12	8	1,5	0,39	108	100	3,75	9,64
14	10	2	0,59	114	—	3,75	10,1
17	13	2	0,74	121	—	4	11,5
22	—	2	0,89	127	—	4	12,1
24	—	2	1,08	133	(125)	4	12,7
25	19	2	1,13	140	—	4,5	15,0
29	—	2,5	1,63	152	—	4,5	16,4
32	25	2,5	1,82	159	150	4,5	17,2
35	—	2,5	2,00	165	—	4,5	17,8
38	32	2,5	2,19	178	—	4,5	19,3
44,5	38	2,5	2,59	191	(175)	5,5	25,2
51	—	2,5	2,99	216	200	6,5	33,6
54	—	2,5	3,17	241	(225)	6,5	37,6
57	50	2,75	3,68	267	250	7	44,9
60	—	3	4,22	299	(275)	8	57,4
63,5	—	3	4,47	325	300	8	62,5
70	—	3	4,86	351	(325)	8	67,7
76	65	3	5,40	376	350	8	72,6
83	—	3,25	6,40	427	400	9	92,8
89	76	3,25	6,87	—	—	—	—

Таблица 126

Рекомендуемые толщины труб — стальных, гладких, бесшовных для трубопроводов. Сталь 36—45 кг/мм² (фиг. 196)

(ОСТ 5098, приложение 1)

Пример условного обозначения стальной бесшовной трубы из стали 36—45 кг/мм², наружного диаметра 102 мм при толщине стенки 4,5 мм: труба бесшовная 102 × 4,5 ОСТ 5098/1

Условные проходы мм	Наружные диаметры мм	Условное давление, кг/см²											
		до 32		40		50		65		80		100	
		Рабочее давление, кг/см²											
		$P_d = 32$		$P_d = 40$		$P_d = 50$		$P_d = 65$		$P_d = 80$		$P_d = 100$	
		$P_n = 25$		$P_n = 32$		$P_n = 40$		$P_n = 52$		$P_n = 64$		$P_n = 80$	
		$P_{n.n} = 20$		$P_{n.n} = 25$		$P_{n.n} = 32$		$P_{n.n} = 40$		$P_{n.n} = 50$		$P_{n.n} = 64$	
з	вес	з	вес	з	вес	з	вес	з	вес	з	вес	з	вес
мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м
6	10	—	—	—	—	1,5	0,31	—	—	—	—	2,5	0,46
8	12	—	—	—	—	1,5	0,39	—	—	—	—	2,5	0,59
10	14	—	—	—	—	2	0,59	—	—	—	—	3	0,81
13	17	—	—	—	—	2	0,74	—	—	—	—	3	1,01
19	25	—	—	—	—	2	1,13	—	—	—	—	3	1,63
25	32	—	—	—	—	2,5	1,82	—	—	—	—	3,5	2,29
32	38	—	—	—	—	2,5	2,19	—	—	—	—	3,5	2,98
38	44,5	—	—	—	—	2,5	2,59	—	—	—	—	3,5	3,54
50	57	—	—	—	—	2,75	3,68	—	—	3,5	4,62	4,5	5,83
65	76	—	—	3	5,40	4	7,10	—	—	5	8,76	6	10,36
76	89	—	—	3,25	6,87	4	8,38	—	—	5	10,36	6	12,28
(90)	102	—	—	3,75	9,09	4,5	10,82	—	—	5,5	13,09	6,5	15,31
100	108	—	—	3,75	9,64	5	12,70	—	6	15,09	7	17,44	
(125)	133	—	—	4	12,73	5	15,78	6	18,79	7	21,75	9	27,52
150	159	—	—	4,5	17,15	5,5	20,82	6,5	24,45	8	29,79	10	36,75
(175)	191	—	—	5,5	25,16	6,5	29,58	8	36,11	10	44,64	12	52,97
200	216	—	—	6,5	33,58	7,5	38,56	9	45,94	11	55,61	13	65,08
(225)	241	—	—	6,5	37,69	8	45,97	10	56,97	12	67,77	15	83,60
250	267	—	—	7,5	48,00	9	57,26	11	69,45	13	81,43	16	99,04
(275)	299	—	—	8	57,41	10	71,27	12	84,93	15	105,06	—	—
300	325	8	62,54	9	70,14	11	85,18	13	100,03	16	121,93	—	—
(325)	351	8	67,67	10	84,10	12	100,32	14	116,35	17	140,03	—	—
350	376	8	72,60	10	90,26	12	107,72	15	133,54	18	169,90	—	—
400	427	9	92,78	11	112,85	14	142,60	17	171,89	21	210,26	—	—

Примечание. Условные проходы, взятые в скобки, по возможности не применять.

Таблица 127

Рекомендуемые толщины труб — стальных, гладких, бесшовных для трубопроводов. Сталь 45—55 кг/мм² (фиг. 196)

(ОСТ 5098, приложение 2)

Пример условного обозначения стальной бесшовной трубы из стали 44—55 кг/мм², наружного диаметра 102 мм, при толщине стенки 4,5 мм: труба бесшовная 102 × 4,5 ОСТ 5098/2

Условные проходы мм	Наружные диаметры d мм	Условное давление, кг/см²									
		до 40		50		65		80		100	
		Рабочее давление, кг/см²									
		$P_d = 40$ $P_n = 32$ $P_{n.n} = 25$		$P_d = 50$ $P_n = 40$ $P_{n.n} = 32$		$P_d = 65$ $P_n = 52$ $P_{n.n} = 40$		$P_d = 80$ $P_n = 64$ $P_{n.n} = 50$		$P_d = 100$ $P_n = 80$ $P_{n.n} = 64$	
		s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м
6	10	—	—	—	—	1,5	0,31	—	—	2,5	0,46
8	12	—	—	—	—	1,5	0,39	—	—	2,5	0,59
10	14	—	—	—	—	2	0,59	—	—	3	0,81
13	17	—	—	—	—	2	0,74	—	—	3	1,04
19	25	—	—	—	—	2	1,13	—	—	3	1,63
25	32	—	—	—	—	2,5	1,82	—	—	3,5	2,29
32	38	—	—	—	—	2,5	2,19	—	—	3,5	2,98
38	44,5	—	—	—	—	2,5	2,59	—	—	3,5	3,54
50	57	—	—	—	—	2,75	3,68	—	—	3,5	4,62
65	76	—	—	3	5,40	4	7,10	—	—	5	8,76
76	89	—	—	3,25	6,87	4	8,38	—	—	5	10,36
(90)	102	—	—	3,75	9,09	4,5	10,82	—	—	5,5	13,09
100	108	—	—	3,75	9,64	5	12,70	—	—	6	15,09
125	133	—	—	4	12,73	5	15,78	6	18,79	7	21,75
150	159	—	—	4,5	17,15	5,5	20,82	6,5	24,45	8	29,79
(175)	191	—	—	5,5	25,16	6,5	29,58	8	36,11	10	44,64
200	216	—	—	6,5	33,58	7,5	38,56	9	45,94	11	55,61
(225)	241	—	—	6,5	37,59	8	45,97	10	56,97	12	67,77
250	267	—	—	7,5	48,00	9	57,26	11	69,45	13	81,43
(275)	299	—	—	8	57,41	10	71,27	12	84,93	15	105,06
300	325	8	62,54	9	70,14	11	85,18	13	100,03	16	121,93
(325)	351	8	67,67	10	84,10	12	100,32	14	116,35	17	140,03
350	376	8	72,60	10	90,26	12	107,72	15	133,54	18	169,90
400	427	9	92,78	11	112,85	14	142,60	17	171,89	21	210,26

Примечание. Условные проходы, взятые в скобки, по возможности не применять.

Таблица 128

Рекомендуемые толщины труб — стальных, гладких, бесшовных для трубопроводов. Сталь 55—65 кг/мм² (фиг. 196)

(ОСТ 5098, приложение 3)

Пример условного обозначения стальной бесшовной трубы из стали 55—65 кг/мм², наружного диаметра 102 мм, при толщине стенки 4,5 мм: труба бесшовная 102×4,5 ОСТ 5098/3.

Условные проходы мм	Наружные диаметры мм	Условные давления, кг/см²							
		до 50		65		80		100	
		Рабочие давления, кг/см²							
		$P_в = 50$ $P_n = 40$ $P_{пл} = 32$		$P_в = 65$ $P_n = 52$ $P_{пл} = 40$		$P_в = 80$ $P_n = 64$ $P_{пл} = 50$		$P_в = 100$ $P_n = 80$ $P_{пл} = 64$	
		s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м
6	10	—	—	—	—	1,5	0,31	2,5	0,46
8	12	—	—	—	—	1,5	0,39	2,5	0,59
10	14	—	—	—	—	2	0,59	3	0,81
13	17	—	—	—	—	2	0,74	3	1,04
19	25	—	—	—	—	2	1,13	3	1,63
25	32	—	—	—	—	2,5	1,82	3,5	2,29
32	38	—	—	—	—	2,5	2,19	3,5	2,98
38	44,5	—	—	—	—	2,5	2,59	3,5	3,54
50	57	—	—	—	—	2,75	3,68	3,5	4,62
65	76	—	—	3	5,40	4	7,10	5	8,76
76	89	—	—	3,25	6,87	4	8,38	5	10,36
(90)	102	—	—	3,75	9,09	4,5	10,82	5,5	13,09
100	108	—	—	3,75	9,64	5	12,70	6	15,09
125	133	—	—	4	12,73	5	15,78	6	18,79
150	159	—	—	4,5	17,15	5,5	20,82	6,5	24,45
(175)	191	—	—	5,5	25,16	6,5	29,58	8	36,11
200	216	—	—	6,5	33,58	7,5	38,56	9	45,94
225	241	—	—	6,5	37,59	8	45,97	10	56,97
250	273	—	—	7,5	49,11	9	58,60	11	71,07
(275)	299	—	—	8	57,41	10	71,27	12	84,93
300	325	8	62,54	9	70,14	11	85,18	13	100,03
(325)	351	8	67,67	10	84,10	12	100,32	14	116,35
350	376	8	72,60	10	90,26	12	107,72	15	133,54
400	427	9	92,78	11	112,85	14	142,60	17	171,89

Примечание. Условные проходы, взятые в скобки, по возможности не применять.

Таблица 129

Рекомендуемые толщины стальных труб, сваренных внахлестку (фиг. 196)
(ОСТ 5099)

Пример условного обозначения стальной, сварной внахлестку трубы, наружного диаметра 102 мм при толщине стенки 3,75 мм: труба сварная 102 × 3,75 ОСТ 5099.

Условные проходы мм	Наружные диаметры мм	Условные давления, кг/см²					
		25		32		40	
		Рабочее давление, кг/см²					
		$P_g = 25$ $P_n = 20$ $P_{nn} = 16$		$P_g = 32$ $P_n = 25$ $P_{nn} = 20$		$P_g = 40$ $P_n = 32$ $P_{nn} = 25$	
		s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м	s мм	вес кг/м
50	57	—	—	—	—	3	3,99
65	76	—	—	3	5,40	—	—
76	89	—	—	3,25	6,87	—	—
(90)	102	—	—	3,75	9,09	—	—
100	108	—	—	3,75	9,64	—	—
—	127	—	—	4	12,13	—	—
125	133	—	—	4	12,73	—	—
—	140	—	—	4,5	15,04	—	—
150	159	—	—	4,5	17,45	—	—
(175)	191	—	—	5,5	25,16	—	—
200	216	—	—	6,5	33,58	—	—
(225)	241	—	—	6,5	37,59	—	—
250	273	—	—	7,5	49,11	—	—
(275)	299	—	—	8	57,41	—	—
300	325	8	62,54	—	—	—	—

Примечание. Условные диаметры, взятые в скобки, по возможности не применять.

Таблица 130

Рекомендуемые толщины стальных труб, сваренных водяным газом (фиг. 196)
(ОСТ 5100)

Пример условного обозначения сваренной водяной газом трубы, диаметром 426 мм, при толщине стенки 6 мм: труба сварная 426×6 ОСТ 5100.

Условные проходы мм		Условные давления, кг/см²																			
		Рабочие давления, кг/см²																			
		1-6	(8)	10	(12,5)	16	(20)	25	32	40	50										
Наружные диаметры d мм	мм	$P_g = 6$ $P_n = 5$		$P_g = 8$ $P_n = 6$		$P_g = 10$ $P_n = 8$		$P_g = 12,5$ $P_n = 10$		$P_g = 16$ $P_n = 13$ $P_{n,n} = 10$		$P_g = 20$ $P_n = 16$ $P_{n,n} = 13$		$P_g = 25$ $P_n = 20$ $P_{n,n} = 16$		$P_g = 32$ $P_n = 25$ $P_{n,n} = 20$		$P_g = 40$ $P_n = 32$ $P_{n,n} = 25$		$P_g = 50$ $P_n = 40$ $P_{n,n} = 32$	
		S	вес	S	вес	S	вес	S	вес	S	вес	S	вес	S	вес	S	вес	S	вес	S	вес
		мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м	мм	кг/м
350	376	—	—	—	—	—	—	—	—	6	55,80	7	64,92	8	73,99	10	91,98	12	109,78	15	136,09
400	426	—	—	—	—	—	—	—	—	6	63,34	8	84,05	9	94,32	11	114,73	14	144,97	17	174,75
450	476	—	—	—	—	—	—	6	70,87	7	82,51	8	94,10	10	117,12	12	139,94	15	173,79	—	—
500	529	—	—	—	—	—	—	6	78,87	8	104,76	9	117,62	11	143,21	13	168,59	16	206,30	—	—
600	631	—	—	—	—	6	94,25	7	109,78	9	138,30	11	171,40	13	201,92	16	247,30	—	—	—	—
700	720	—	—	—	—	7	125,44	8	143,15	10	178,44	12	218,53	15	265,78	18	317,58	—	—	—	—
800	820	—	—	—	—	7	143,03	9	183,45	11	223,66	14	283,60	16	323,31	—	—	—	—	—	—
900	920	—	—	—	—	7	160,62	8	183,37	10	228,71	13	296,34	15	341,18	18	408,06	—	—	—	—
1000	1020	—	—	—	—	8	203,47	9	228,68	11	278,95	14	353,97	16	403,73	20	502,65	—	—	—	—
1200	1220	8	243,68	9	273,92	11	334,25	13	394,36	16	484,16	20	603,19	—	—	—	—	—	—	—	—
1400	1420	8	283,90	10	354,37	12	424,65	15	529,67	18	634,25	22	772,98	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Для подсчета весов условный вес принят равным 8.

где s (см) — действительная толщина стенки;
 s_0 (см) — теоретическая толщина стенки;
 p (кг/см²) — рабочее давление;
 d (см) — внутренний диаметр трубы;
 k_s (кг/см²) — допускаемое напряжение;
 z — коэффициент прочности шва, т. е. отношение крепости шва к крепости цельной стенки;
 c — прибавка на случай неточности изготовления, ржавления и т. д.

Коэффициент z для сварных труб принят равным 0,8 независимо от способа сварки. Прибавка c применяется равной 1 мм.

Таблицы рассчитаны для следующих марок стали:

1. Сталь с временным сопротивлением 36—45 кг/мм² и относительным удлинением не менее 20%.
2. Сталь с временным сопротивлением 45—55 кг/мм² и относительным удлинением не менее 17%.
3. Сталь с временным сопротивлением 55—65 кг/мм² и относительным удлинением не менее 14%.
4. Сталь с временным сопротивлением не менее 34 кг/мм² и относительным удлинением не менее 25%.

Соответственно указанным выше маркам расчетная крепость материала принята:

При крепости 36—45 кг/мм ²	36 кг/мм ²
" " 45—55 "	45 "
" " 55—65 "	55 "

При этом имеется в виду, что для сварных труб должен идти металл с крепостью не менее 34 кг/мм².

Запасы прочности приняты при расчете в зависимости от проводимой среды:

Для 1 группы P_a (вода)	4,5-кратный
" 2 P_n (пар)	5,6- "
" 3 P_{n1} (перегретый пар)	7,1- "

что даст при рабочих давлениях следующие напряжения:

	P_a	P_n	P_{n1}
сталь с временным сопротивлением 36—45 кг/мм ²	800	640	500 кг/см ²
" " " 45—55 "	1000	800	640 "
" " " 55—65 "	1250	1000	800 "
сварные трубы	640	500	400 "

Таким образом допускаемые напряжения располагаются в такой же ряд, как и условные давления; ввиду этого размеры труб, установленные для какого-нибудь материала, из принятых в качестве нормальных будут годны для труб из стали следующей высшей марки при следующей ступени давления.

В специальных случаях, когда запасы прочности должны быть повышены (например для судостроения) или понижены, трубы выбираются соответствующей смежной ступени давления.

В табл. 125—130 давления взяты по ОСТ 739, а условные пределы — по ОСТ 740.

В табл. 131 и 132 мы приводим ОСТ для стальных труб с резьбой (газовых). Эти ОСТ распространяются на стальные трубы с изрезанными концами, применяемые для водопроводов, газопроводов, систем отопления и т. п., но не для перегретого пара и вредных газов, а также, когда не требуется значительного гнутья, как при изготовлении змеевиков, компенсаторов и т. п.

Газовые трубы разделяются на: а) обыкновенные и б) усиленные. Эти трубы изготавливаются из стали марки Ст. 0, согласно ОСТ 4125; они могут быть сварные и бесшовные, и при этом нормальной длиной намечено для:

- а) сварных труб 4—6 м
б) бесшовных 4—7 м

максимальной же длиной являются: для сварных — 6 м; для бесшовных — 12—15 м и даже более.

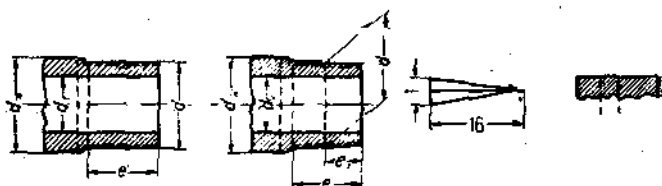
Согласно ОСТ, трубы должны выдерживать гидравлическое испытание при следующих давлениях:

- а) трубы обыкновенные 16 кг/см²
б) „ усиленные 25 „

Таблица 131

Трубы стальные с резьбой (фиг. 197). (Газовые трубы, обыкновенные) (ОСТ 5095)

Пример обозначения: трубы обыкновенные с конической или цилиндрической резьбой номинального диаметра 2":



Фиг. 197.

Труба обшкн. с резьбой кон. 2" ОСТ 5095. Труба обшкн. с резьбой цил. 2" ОСТ 5095

Номинальные размеры дюймов	Условные проходы мм	Наружные диаметры d_N	Толщина ст.- нок s	Теоретический вес 1 пог. м кг	Резьба					
					d	число нитов на 1"	длина до сбег.		l_1	
							l наиб.	l_1 наиб.	наиб.	наим.
1/4	6	13,5	2,25	0,62	13,158	19	10	11	7	5
3/8	10	17	2,25	0,82	16,663	19	12	13	8	6
1/2	13	21,25	2,75	1,25	20,956	14	14	16	9	6
3/4	19	26,75	2,75	1,63	26,442	14	16	19	13	10
1	25	33,5	3,25	2,42	33,250	11	18	22	14	10
1 1/4	32	42,25	3,25	3,13	41,912	11	20	25	17	13
1 1/2	38	48	3,5	3,84	47,805	11	22	25	17	13
2	50	60	3,5	4,88	59,616	11	24	28	20	16
2 1/2	65	75,5	3,75	6,64	75,187	11	27	32	23	18
3	76	88,5	4	8,34	87,887	11	30	35	26	21
(3 1/2)	(90)	101	4	9,57	100,334	11	32	38	28	22
4	100	114	4	10,85	113,034	11	36	41	32	25
5	125	140	4,5	15,04	138,435	11	38	44	35	28
6	150	165	4,5	17,81	163,836	11	42	51	42	35

Таблица 132

Трубы стальные с резьбой (фиг. 197) (газовые трубы, усиленные)
(ОСТ 5096)

Пример обозначения трубы усиленной с конической или цилиндрической резьбой номинального диаметра 2": Труба усил. с резьбой кон. 2" ОСТ 5096. Труба усил. с резьбой цил. 2" ОСТ 5096

Номинальные размеры	Условные проходы	Наружные диаметры	Толщина сте- нок	Теоретический вес 1 пог. м	Резьба					
					d	число ниток на 1"	длина до сбегá		l ₂	
							l наиб.	l ₁ наиб.	наиб.	наим.
дюймы	мм	d _н	s	кг		n				
1/4	6	13,5	2,75	0,73	13,158	19	10	11	7	5
3/8	10	17	2,75	0,97	16,663	19	12	13	8	6
1/2	13	21,25	3,25	1,44	20,956	14	14	16	9	6
3/4	19	26,75	3,5	2,01	26,442	14	16	19	13	10
1	25	33,5	4	2,91	33,250	11	18	22	14	10
1 1/4	32	42,25	4	3,77	41,912	11	20	25	17	13
1 1/2	38	48	4,25	4,58	47,805	11	22	25	17	13
2	50	60	4,5	6,16	59,616	11	24	28	20	16
2 1/2	65	75,5	4,5	7,88	75,187	11	27	32	23	18
3	76	88,5	4,75	9,81	87,887	11	30	35	26	21
(3 1/2)	(90)	101	5	11,84	100,334	11	32	38	28	22
4	100	114	5	13,44	113,034	11	36	41	32	25
5	125	140	5,5	18,24	138,435	11	38	44	35	28
6	150	165	5,5	21,63	163,836	11	42	51	42	35

Примечания к табл. 131 и 132 (ОСТ 5095 и 5096): 1. Трубы номинального размера 3 1/2" по возможности не применять. 2. Цилиндрическая трубная резьба — по ОСТ 266; коническая имеет тот же профиль, что и трубная резьба — по ОСТ 266; последние две нитки — конической резьбы со срезанными гребнями. 3. Для расчета теоретического веса принят удельный вес 7,85. 4. Трубы до 2" — сварные встык или бесшовные; трубы свыше 2" — сварные внакладку или бесшовные. 5. Цинкование, асфальтировка или окраска — по соглашению.

Здесь необходимо обратить внимание на то, что хотя наш ОСТ и предусматривает возможность изготовления газовых труб и сварными и бесшовными, а также обыкновенными и усиленными, однако, насколько нам известно, в настоящее время наши заводы еще бесшовных и усиленных газовых труб не изготавливают. В этом смысле, конечно, во избежание недоразумений в каждом отдельном случае помимо пользования таблицами ОСТ необходимо выяснение либо путем непосредственных запросов, либо по техническим сортаментам заводов-поставщиков, что из указанного в ОСТ может быть фактически изготовлено. Указанным правилом следует руководствоваться вообще.

Оба конца труб должны иметь трубную резьбу по ОСТ 266, цилиндрическую или коническую с конусностью 1/16. Трубы эти могут быть оцинкованными.

В дополнениях приведен ОСТ 6160 для труб под резьбу качественных и бесшовных диаметром от 1/4 до 6" включительно. Материалом для этих труб служит сталь с временным сопротивлением 35—45 кг/мм², и они выделены для ответственных назначений в самостоятельную группу, так как газовые трубы как по качеству сво-

его металла (Ст. 0), так и по толщине своих стенок чрезвычайно ограничивают их применение. Указанные в ОСТ 6160 наружные диаметры труб находятся в полном соответствии с ОСТ 266 для трубной резьбы.

Что же касается труб под резьбу с номинальными диаметрами более 6", то для них имеется в виду применение труб с теми же наружными диаметрами, которые были приведены выше для гладких труб в ОСТ 5098. Некоторое несоответствие между таковыми и трубной резьбой по ОСТ 266 объясняется тем, что наружные диаметры труб больших размеров, вошедшие в ОСТ гладких труб, взяты из практики нефтяной промышленности, где применяется специальная резьба и нарезка ведется на станках.

Понятно, что в связи с этим возникает только вопрос о необходимости создания ОСТ трубной резьбы, целиком подходящего к наружным диаметрам гладких труб по ОСТ 5098, имеющих номинальный размер более 6".

В Германии при расчетах труб по DIN согласно формуле (42) берется напряжение $k_z = 800 \text{ кг/см}^2$, так что при временном сопротивлении литой стали (железа) в 3600 кг/см^2 степень надежности $s = 4,5$. Принимается: $z = 1$ для бесшовных труб и $z = 0,7$ для сваренных труб. Постоянная прибавка на ржавление и точность изготовления $s = 0,1 \text{ см}$. Необходимо также отметить, что в упоминающихся выше (стр. 22) более новых германских правилах по котлостроению, называемых, между прочим, сокращенно в Германии W. B. f. L. D. K¹, при рабочих давлениях свыше 22 атм (т. е. избыточных) толщину стенки прямой кипятильной трубы нужно определять по следующей формуле:

$$s = \frac{p \cdot d}{200k_z} + 1,5 \text{ мм},$$

где d (мм) — внутренний диаметр трубы;

p (кг/см²) — наибольшее рабочее давление;

k_z (5 кг/см²) — допускаемое напряжение для литой стали.

При этом при сильном изгибе трубы требуется соответствующее повышение толщины стенки. Для первых двух рядов труб, лежащих ближе к огню (а при достаточной защите второго ряда — только для первого из них) следует в предыдущем равенстве повышать значение s минимум на 1 мм.

При этом под сильным изгибом трубы следует понимать такой изгиб, когда радиус перегиба меньше пятикратного наружного диаметра трубы. В изгибах же поперечные сечения труб должны по возможности оставаться очерченными точно по кругу.

Для судовых трубопроводов, согласно германскому Ллойд², у паропроводов с внутренним диаметром от 10 см и при условии, что произведение давлений пара в кг/см², помноженное на диаметр в см, больше или равно 100, трубы должны делаться из мартеновской литой стали (железа). Трубопроводы с внутренним диа-

¹ Т. е. „Werkstoff und Bauvorschriften für Landdampfkessel“.

² Germanischer Lloyd, Vorschriften für maschinelle Einrichtungen, 1922.

метром более 3 см для пара с температурой выше 250° С не должны изготовляться из меди.

Для судовых паропроводов из труб литой стали (железа) с диаметром в свету более 150 мм и с рабочим давлением выше 4 кг/см² для определения толщины стенки предусмотрена следующая формула:

$$s = \frac{p \cdot d}{600} + C, \quad (43)$$

где s (мм) — толщина стенки;

d (мм) — внутренний диаметр трубы;

p кг/см² — рабочее давление;

$C = 2,0$ при $d \leq 175$ мм

$C = 2,5$ при $d = 176 - 300$ мм

$C = 3,0$ при $d > 300$ мм

$C = 3,5$ склепанных и сваренных внапуск труб.

Формула (43) дает настолько большие толщины стенок, что ее нельзя нигде применять, за исключением изготовления судовых трубопроводов.

У нас намечается выделить в самостоятельные группы в виде отдельных ОСТ стальные трубы, связные для паровых котлов, кипятильные и пароперегревательные для пароперегревателей, учитывая исключительные условия их работы.

Так, связные трубы, применяемые в основном в паровых котлах для скрепления стенок, в которых располагаются дымогарные трубы, неся по существу работу последних, т. е. служа передатчиками тепла и проводниками продуктов горения, все же помимо этого выполняют свое особое назначение — крепление трубных стенок. При этом они подвергаются растягивающим усилиям от давления на трубные стенки, что и вызывает необходимость увеличения толщин стенок этих труб против нормальной величины таковых в дымогарных трубах. Намечаемые в виде проекта ОСТ размеры труб этого рода даны в табл. 133. При этом имеется

Таблица 133

Трубы стальные связные (фиг. 196)

(Проект ОСТ)

d мм	Теоретический вес 1 пог. м, кг						
	s , мм						
	4	5	6	7	8	9	10
51	4,64	5,67	6,66	—	—	—	—
57	—	6,41	7,55	8,63	—	—	—
50	—	6,78	7,99	9,15	—	—	—
63,5	—	7,21	8,51	9,75	10,95	—	—
70	—	8,02	9,47	10,88	12,23	—	—
76	—	8,75	10,36	11,91	13,42	14,87	—
89	—	—	12,28	14,16	15,98	17,76	19,48

в виду, что эти трубы будут только бесшовные в противоположность изготовлению дымогарных труб, которые могут быть также и сварными, что, как указывается в проекте ОСТ, не вызывается условиями их работы, а вынуждается трудностью (для некоторых размеров труб даже и невозможностью) изготовления их сваркой вследствие значительной толщины их стенок.

Числа отпечатанные курсивом, соответствуют по своим размерам трубам, имеющимся в помещенных выше ОСТ гладких стальных труб.

Материалом для связных труб должна служить сименс-марте-новская сталь с временным сопротивлением разрыву 36—45 кг/мм² и относительным удлинением не менее 20%.

Из такого же материала, и также только бесшовными, должны изготавливаться и кипяtilьные трубы, которые, омываясь снаружи топочными газами, а с внутренней поверхности водой, служат в паровых котлах местом парообразования и проводником циркулирующей в котле воды.

Проект ОСТ этих труб дан в табл. 134.

Таблица 134

Трубы стальные кипяtilьные (фиг. 196)

(Проект ОСТ)

Нормальная толщина сте- нок s , мм	d_H , мм								
	60	63,5	70	76	88	89	95	102	108
Вес 1 пог. м, кг									
3	4,22	4,48	4,86	5,40	—	—	—	—	—
3,25	4,55	4,83	5,35	5,83	6,39	6,87	7,35	—	—
3,5	4,88	5,18	5,74	6,26	6,86	7,38	7,90	—	—
3,75	5,20	5,53	6,13	6,68	1,33	7,88	8,44	9,09	9,64
4	5,52	5,87	6,51	7,10	7,79	8,38	8,98	9,67	10,26
4,5	—	6,55	7,27	7,93	8,71	9,38	10,04	10,82	11,49
5	—	—	8,02	8,75	9,62	10,36	11,10	11,90	12,70
5,5	—	—	—	9,56	10,51	11,33	12,14	13,09	13,90
6	—	—	—	10,36	11,89	12,28	13,17	14,20	15,09
6,5	—	—	—	—	—	—	—	15,31	16,27
7	—	—	—	—	—	—	—	—	17,44

Числа, напечатанные курсивом, по своим размерам соответствуют имеющимся выше ОСТ гладких стальных труб.

Наконец, трубы стальные пароперегревательные, применяемые в котельных установках для перегрева сухого, насыщенного пара выше температуры насыщения, подвергаются омыванию горячими топочными газами снаружи и действию внутреннего давления пара с температурой, равной обычно 300—400°. При этом громадное напряжение, возникающее в стенках этих труб, достигает особенных размеров вследствие суммарного воздействия на них, с одной стороны, термического и, с другой стороны, внутреннего давле-

ния пара. Так, например, в проекте ОСТ приводится формула для расчета толщины стенок этих труб в следующем виде:

$$s = \sqrt{\frac{p \cdot d}{0,001 \cdot Q}},$$

где s (мм) — толщина стенки;
 p (ат) — рабочее давление;
 d (мм) — наружный диаметр трубы;
 Q (кал/м²/час) — тепловой поток.

Эти трубы должны будут изготавливаться также только бесшовными и из того же материала, что и сварные кипяточные трубы. Проект ОСТ этих труб дан в табл. 135.

Таблица 135

Трубы стальные пароперегревательные (фиг. 196)
 (Проект ОСТ)

d_n мм	s , мм				
	2,5	2,75	3	3,5	4
Теоретический вес 1 пог. м, кг					
24	1,33	1,44	1,55	—	—
25	1,39	1,51	1,63	—	—
29	1,64	1,79	1,92	2,20	—
32	1,82	1,98	2,14	2,46	—
35	2,00	2,21	2,37	2,72	3,06
38	2,19	2,39	2,59	2,98	3,35

Числа, напечатанные курсивом, по своим размерам соответствуют приведенным выше ОСТ гладких стальных труб.

Во всех приведенных ОСТ труб наружные диаметры их являются обязательными к применению у нас с 1 января 1933 г.

В дополнениях мы приводим опубликованные ОСТ для фланцев бронзовой и чугунной арматуры и трубопроводов за номерами от 744 до 751.

В этих ОСТ имеется, главным образом, в виду нормализация тех элементов фланцевого соединения, которые могли бы сделать фланцы взаимозаменяемыми и минимально необходимы для обеспечения единства форм концевых частей арматуры, фасонных частей и труб с фланцами, а именно — такого генерального размера, как диаметр центров дыр под болты и диаметры и количество болтов.

Здесь толщина стенки для любого диаметра определяется из формулы:

$$s = \frac{p \cdot d_0}{2 \cdot k} + C,$$

где p (кг/см²) — давление;
 d_0 (см) — внутренний диаметр;
 k_z — допускаемое напряжение, которое берется равным:
 для чугуна $k_{z \text{ max}} = 250$ кг/см²
 „ стального литья . . . $k_{z \text{ max}} = 600$ „

C — постоянная прибавка.

Минимальная толщина стенок s , связанная с практическими возможностями литейных, для обоих материалов намечена в 6 мм.

Таким образом толщина стенки s (фиг. 198) и диаметр прохода d_0 связаны уравнением:

$$s = x \cdot d_0 + 6 \text{ мм},$$

где x — коэффициент, меньший единицы и зависящий от ступени давления.

Величина s , взята на основании данных практики и равна для условного давления:

2,5 и 6 кг/см² от $1,25 \cdot s$ до $1,4 \cdot s$
 10, 16 и 25 кг/см² „ $1,5 \cdot s$ „ $1,6 \cdot s$
 40, 65 и 100 кг/см² „ $1,7 \cdot s$ „ $1,8 \cdot s$

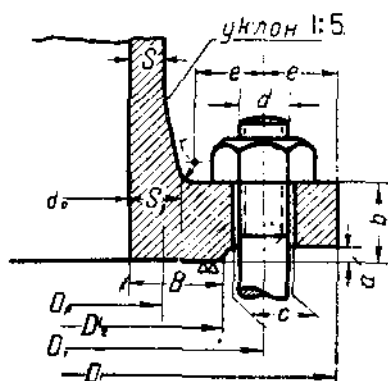
Уклон перехода взят равным 1:5. Радиус закругления $r \approx 0,5 \cdot s$, но не менее 3 мм. Величина a для обрабатываемого выступа под прокладку взята в пределах от 3 до 5 мм. Размеры e и c взяты по табл. 136.

Таблица 136

Элементы фланцев (фиг. 198)

Диаметр болта дюймы	e мм	c ¹ мм
3/8	12,5	11
1/2	15	15
5/8	20	18
3/4	22,5	22
7/8	25	25
1	27,5	29
1 1/8	32,5	33
1 1/4	35	37
1 1/2	42,5	44

¹ По „Промстандарту“ 2511, „грубая сборка“, выпуск № 20



Фиг. 198.

Подсчет диаметра и количества болтов произведен из следующих соображений. Для первых ступеней давлений, как уже было выше указано, предусматриваются болты из материала марки Ст. 3. При больших же давлениях и температурах — сталь с $k_z = 40$ —50 кг/см² при $i = 20$ —22%. Допускаемые напряжения в болтах для всех трех групп, на которые разбиты температуры действующих рабочих агентов, взяты по табл. 137.

Таблица 137

Наибольшие напряжения и нагрузки в болтах фланцевого соединения

Диаметр резьбы болта дюймы		$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	1 $\frac{1}{8}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	Примечание
Температура проводимой среды в тру- бопроводе	$t \leq 100^\circ$	$k_z, \text{кг/см}^2$	90	200	292	369	428	478	522	564	$P = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot k_z$, где d_1 — вну- тренний диа- метр резьбы
		$P, \text{кг}$	40	158	382	725	1 160	1 700	2 350	3 250	
	$t \leq 300^\circ$	$k_z, \text{кг/см}^2$	70	160	234	295	342	382	418	450	
		$P, \text{кг}$	30	125	310	580	930	1 365	1 880	2 600	
	$t \leq 400^\circ$	$k_z, \text{кг/см}^2$	45	128	190	235	274	306	335	360	
		$P, \text{кг}$	25	100	244	460	740	1 080	1 500	2 050	

Расчетное усилие, действующее на фланец, как нами уже было указано выше, взято из предположений воздействия давления жидкости на площадь круга диаметром: $D_p = d_0 + \frac{2}{3}B$ (фиг. 198). Нагрузка на один болт:

$$P = \frac{\pi \cdot D_p^2 \cdot p}{4 \cdot n},$$

где n — число болтов.

Числа болтов взяты кратными четырем. Размер e (фиг. 198) взят с некоторым запасом против половины диагонали гайки. Диаметр центров болтов:

$$D_1 \approx d_0 + 2 \cdot s_1 + 2r + 2e,$$

наружный диаметр фланца:

$$D = D_1 + 2 \cdot e.$$

Толщины фланцев b здесь взяты на основании разных примитивных расчетов с последующей проверкой возникающих в них напряжений. Во всяком случае, этот размер дан как ориентировочный.

Что же касается фланцев бронзовой арматуры, то здесь стандарт дан единый для всех условных давлений до 25 кг/см^2 включительно для диаметров до 76 мм, с распространением его лишь на две группы проводимой среды, а именно — с $t \leq 100^\circ$ и с $t \leq 300^\circ$. При этом здесь имеется в виду, что бронзовая арматура в СССР, как и за границей, в большинстве случаев поставляется с несверленными фланцами, и поэтому в стандарте даны лишь размеры D и b ; причем последний из них приведен как ориентировочно-минимальный на основании практики; от назначения же размеров D_1 , болтов и их количества воздержались вовсе.

До опубликования указанных ОСТ фланцев для арматуры и трубопроводов и впредь до окончательного их внедрения в жизнь в практике наших заводов, обслуживающих аппаратостроение, а также изготавливающих арматуру, можно встретить фланцы для

чугунной и бронзовой арматуры, соответствующие старым каталогам наших крупных арматурных заводов¹.

Размеры подобных фланцев для бронзовой арматуры приводим в табл. 138, имея в виду, что с окончательным внедрением в жизнь фланцев по ОСТ они будут полностью изъяты.

Определение толщины нестандартизированных фланцев для труб можно вести также по формуле (31), приведенной на стр. 228.

Таблица 138

Фланцы бронзовой арматуры (фиг. 198, но без выступа на торцевой части)

Номинальный диаметр прохода d_c		Наружный диаметр фланца D мм	Диаметр окружности центров отверстий D_1 мм	Толщина фланца b мм	Число болтов	Диаметры болтов дюймы	Диаметры отверстий под болты c , мм
мм	дюймы						
10	(3/8)	65	45	9	3	(5/16)	10
15	(1/2)	70	50	9	3	(5/16)	10
20	(3/4)	85	60	10	3	(5/8)	11
25	(1)	100	75	10	4	(5/8)	11
30	(1 1/4)	110	80	10	4	(5/8)	15
40	(1 1/2)	120	90	11	4	(5/8)	15
45	(1 3/4)	130	100	11	4	(5/8)	15
50	(2)	140	110	12	4	(5/8)	18
65	(2 1/2)	165	125	13	4	(5/8)	18
75	(3)	200	160	13	4	(5/8)	18
90	(3 1/2)	210	170	14	6	(5/8)	18
100	(4)	230	180	15	6	(5/8)	18
115	(4 1/2)	245	195	16	6	(5/8)	18
125	(5)	260	210	17	6	(3/4)	22
150	(6)	290	240	18	6	(3/4)	22
175	(7)	320	270	18	6	(3/4)	22
200	(8)	350	300	20	6	(3/4)	22

Примечание. Для рабочего давления до 12 ат.

В табл. 139 приведены некоторые примеры, взятые для нормалей фланцев по DIN, около нормированных толщин которых указаны толщины, полученные расчетами с применением формулы (31).

В примерах от 1 до 6 представлены фланцы из литой стали (железа) с выступом для уплотнения; как видим, формула (31) дает, за исключением примера 1, более высокие значения. Примеры от 7 до 9 относятся к приклепанным фланцам, а от 10 до 12—к приварным фланцам (во всех случаях от D_1W_1 до D_8W_{10} и от 13 до 15—к фланцам из стального литья для ступеней давлений $D_{22}W_{25}$ и $D_{32}W_{40}$. В этих трех группах формула (31) дает меньшие толщины фланцев. Подсчитанные значения для приходящихся от рабочего давления на каждый болт нагрузок P' вполне подходят.

¹ Например, Б. Гакенталь, Лангезиппен, Арматреста и т. д., входящих в объединение РОСАТ (Российского арматурного треста).

Таблица 139

Толщина фланцев h по DIN и формуле (31)

№ по порядку	Номера таблиц по DIN	Номинальный размер R_0 , мм	Радиусы мм		Нагрузка кг		$\frac{t}{d}$	Рабочее давление, кг/см ²		Толщина фланцев h по	
			R_0	R	общая P	на 1 болт P'		пар	вода	DIN	формуле (31)
1	2111	100	85	50	200	50	8,4	2	2,5	19	17
2	2112	200	140	100	1 900	240	6,9	5	6	23	24
3	2112	300	197,5	150	4 300	360	5,4	6	6	24	27
4	2112	400	247,5	200	7 600	480	5,1	5	6	26	29
5	2112	600	352,5	300	17 000	850	5,2	5	6	29	34
6	2113	800	472,5	400	50 300	2 100	4,3	8	10	40	47
7	2150	400	247,5	200	3 400	250	5,1	2	2,5	21	17
8	2151	600	352,5	300	17 800	900	5,2	5	6	25	22
9	2152	800	472,5	400	53 400	2 300	4,3	8	10	33	28
10	2154	400	247,5	200	3 200	200	5,1	2	2,5	18	17
11	2155	600	352,5	300	17 000	850	5,2	5	6	22	21
12	2156	800	472,5	400	50 300	2 100	4,3	8	10	36	27
13	2121	400	275	200	31 500	2 000	3,40	22	25	40	30
14	2121	500	330	250	49 100	2 500	3,23	22	25	44	33
15	2122	400	287,5	200	30 300	3 200	3,24	32	40	48	39

Таблица 140

Толщины фланцев арматуры по ОСТ и по формуле (31)

№ по порядку	Номер таблицы ОСТ	Номинальный размер мм	Радиусы мм		Нагрузка		$\frac{t}{d}$	Рабочее давление, кг		Толщина фланцев h по		Материал
			R_0	R	общая P	на 1 болт P'		пар	вода	ОСТ	формуле (31)	
1	745	200	140	100	2 300	290	6,9	5	6	22	23	Чугун
2	745	300	197,5	150	4 850	400	5,4	5	6	26	27	"
3	745	400	247,5	200	8 350	520	5,1	5	6	28	27	"
4	746	500	310	250	21 200	1 060	4,4	8	10	34	38	"
5	748	400	275	200	37 000	2 300	3,5	20	25	48	43	"
6	749	350	255	175	48 000	3 000	3,2	32	40	44	38	Стальное литье

В табл. 140 даны примеры применения формулы (31) к фланцам по ОСТ. Как видим, здесь формула (31) дает для случаев от 1 до 4 большие значения, а для 5 и 6—меньшие значения.

Нормали фланцев по ОСТ, DIN и английским нормам совпадают в том отношении, что число болтов во всех случаях берется кратным четырем. Во всяком случае, для трубных фланцев это рекомендуется. Для фланцев же сосудов важнее выбор благоприятных соотношений шага болтов к их диаметру, т. е. $\frac{t}{d}$; если при этом можно также легко достигнуть и того, чтобы число болтов делилось на 4, то нужно это предпочесть.

Из существующих способов соединения концов труб при помощи муфт, сварки и фланцев наибольшее значение и применение имеет фланцевое соединение. Как известно, в отличие от фланцев чугунных труб, стальные фланцы для труб отличаются чрезвычайным разнообразием типов.

Ниже помещаем таблицы с проектами ОСТ стальных фланцев для труб, разработанные Экихимаш применительно к ОСТ стальных бесшовных и сварных труб. Указанные проекты ОСТ составлены с использованием материалов этого рода других организаций для наиболее распространенных типов фланцев, а именно для:

- 1) свободно вращающихся фланцев,
- 2) приварных фланцев,
- 3) фланцев под развальцовку,
- 4) фланцев на резьбе.

Эти фланцы предназначены для соединения труб между собой и присоединения труб к штуцерам аппаратов и к арматуре.

Условные проходы взяты от 10 до 500 мм по ОСТ 740, а условные давления приняты: 2,5; 6; 10; 16; 25 ат, согласно ОСТ 739.

Привалочные размеры этих фланцев соответствуют в основном существующим ОСТ 745—748 для чугунных фланцев арматуры и трубопроводов.

В табл. 141 и 142 даны проекты ОСТ свободно вращающихся фланцев для труб с отбортовкой, согласно фиг. 199, с номинальным диаметром прохода трубы от 10 до



Фиг. 199.

500 мм и для условных давлений 2,6 и 6 ат.

Эти фланцы могут ставиться на трубопроводы для насыщенного пара, жидкостей и газов с температурой не более 100°C и в тех случаях, когда не требуется особо надежных уплотнений, просачивание через которые наружу не может повлечь за собой особо вредных последствий. Фланец надевается на трубу; после чего края трубы нагреваются и отбортовываются. Согласно проекту ОСТ с техническими условиями изготовления и приемки фланцев, которые разработаны также Экихимаш для этого и для всех других типов фланцев, свободно вращающиеся фланцы изготавливаются из стали марки Ст. 0, и в особых случаях — из листовой стали марки Ст. 2, Ст. 3 ОСТ 4131.

Внутренние диаметры фланцев взяты по наружным диаметрам ОСТ труб, приведенных выше. Для определения толщины плоских,

Таблица 141

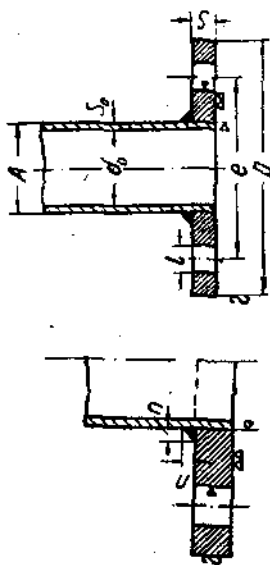
Фланцы стальные, свободно вращающиеся под отбортовку для условного давления 2,5 ат (фиг. 199)
(Проект ОСТ)

Номинальный размер D_0 , мм	А мм	Фланцы, мм						Болты		f , мм	Вес 1 шт. кг
		D	e	D_1	s	l	r	число	диаметр дюймы		
10	14	75	50	16	10	11	2	4	3/8	нет проверенных данных	0,239
13	17	80	55	20	10	11	2	4	3/8		0,274
19	25	90	65	28	10	11	2	4	3/8		0,335
25	32	100	75	35	10	11	3	4	3/8		0,508
32	38	120	90	41	10	15	3	4	1/2		0,734
38	44,5	130	100	48	10	15	3	4	1/2		0,839
50	57	140	110	60	10	15	3	4	1/2		0,897
65	76	160	130	80	10	15	3	4	1/2		1,113
76	89	190	150	94	12	18	3	4	5/8		1,909
(90)	102	200	160	107	12	18	3	4	5/8		1,955
100	108	210	170	113	12	18	3	4	5/8	148	2,221
125	133	240	200	138	12	18	3	8	5/8	178	2,644
150	159	265	225	164	12	18	3	8	5/8	202	2,948
200	216	320	280	221	14	18	3	8	5/8	258	4,334
250	267	375	335	273	18	18	3	12	5/8	312	6,638
300	325	440	395	331	22	22	4	12	3/4	370	10,55
350	376	490	445	382	22	22	4	12	3/4	420	12,993
400	427	540	495	433	24	22	4	16	3/4	470	14,17
450	476	595	550	483	24	22	4	16	3/4	520	17,994
500	529	645	600	536	26	22	4	16	3/4	575	19,12

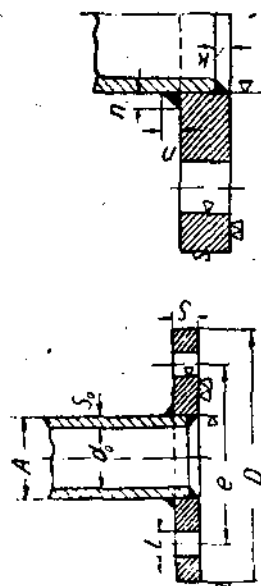
Таблица 142

Фланцы стальные, свободно вращающиеся под отбортовку для условного давления 6 ат (фиг. 199)
(Проект ОСТ). $P_{\text{усл}} = 6 \text{ кг/см}^2$ при $t \leq 100^\circ \text{C}$

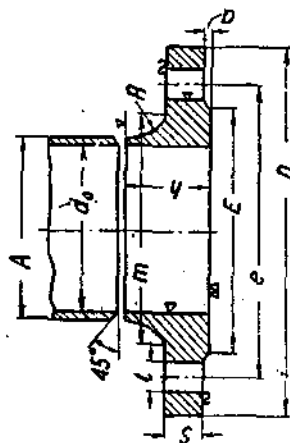
Номинальный размер D_0 , мм	А мм	Фланцы, мм						Болты		f , мм	Вес 1 шт. кг
		D	e	D_1	s	l	r	число	диаметр дюймы		
10	14	75	50	16	10	11	2	4	3/8	нет проверенных данных	0,3
13	17	80	55	20	10	11	2	4	3/8		0,34
19	25	90	65	28	10	11	2	4	3/8		0,42
25	32	100	75	35	10	11	3	4	3/8		0,5
32	38	110	90	41	12	15	3	4	1/2		0,87
38	44,5	130	100	48	12	15	3	4	1/2		1,0
50	57	140	110	60	12	15	3	4	1/2		1,12
65	76	160	130	80	12	15	3	4	1/2		1,34
76	89	190	150	94	14	18	3	4	5/8		2,24
(90)	102	200	160	107	14	18	3	4	5/8		2,34
100	108	210	170	113	14	18	3	4	5/8	148	2,61
125	133	240	200	138	14	18	3	8	5/8	178	3,08
150	159	265	225	164	14	18	3	8	5/8	202	3,48
200	216	320	280	221	16	18	3	8	5/8	258	4,94
250	267	375	335	273	20	18	3	12	5/8	312	7,22
300	325	440	395	331	24	22	4	12	3/4	370	11,51
350	376	490	445	382	26	22	4	12	3/4	420	14,08
400	427	540	495	433	28	22	4	16	3/4	470	16,49
450	476	595	550	483	30	22	4	16	3/4	520	20,78
500	529	645	600	536	32	22	4	16	3/4	575	22,21



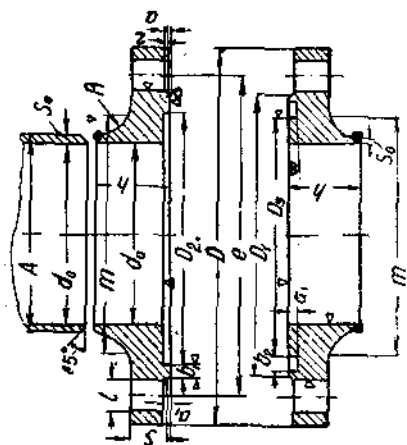
Фиг. 200.



Фиг. 201.



Фиг. 202.



Фиг. 203.

Таблица 144

Фланцы стальные приварные, для условного давления 6 ат
(проект ОСТ) (фиг. 201)

$P_{усл} = 6 \text{ кг/см}^2$ при $t = 300^\circ \text{C}$. Материал: лист. Ст. 3

Номиналь- ный раз- мер d_n , мм	А мм	Толщина стенки труб δ , мм	Фланцы, мм				Приварка		Болты		Вес 1 шт. кг
			D	e	s	l	n	k	число	диаметр дюймы	
10	14	2	75	50	10	11	4	3	4	3/8	0,33
13	17	2	80	55	10	11	4	3	4	3/8	0,37
19	25	2	90	65	10	11	4	3	4	3/8	0,45
25	32	2,5	100	75	10	11	4	4	4	3/8	0,65
32	38	2,5	120	90	12	15	4	4	4	1/2	0,94
38	44,5	2,5	130	100	12	15	4	4	4	1/2	1,09
50	57	2,75	140	110	12	15	4	4	4	1/2	1,19
65	76	3	160	130	12	15	5	4	4	1/2	1,45
76	89	3,25	190	150	14	18	5	5	4	5/8	2,08
(90)	102	3,75	200	160	14	18	6	5	4	5/8	2,47
100	108	3,75	210	170	14	18	6	5	4	5/8	2,77
125	133	4	240	200	14	18	6	6	8	5/8	3,40
150	159	4,5	265	225	14	18	6	6	8	5/8	3,83
200	216	6,5	320	280	16	18	8	8	8	5/8	5,43
250	267	7	375	335	20	18	8	9	12	5/8	8,05
300	325	8	440	395	24	22	8	9	12	3/4	12,85
350	376	8	490	445	26	22	8	9	12	3/4	15,63
400	427	9	540	495	28	22	8	10	16	3/4	18,61

Таблица 145

Фланцы стальные, приварные для условного давления 10 ат
(проект ОСТ) (фиг. 201)

$P_{усл} = 10 \text{ кг/см}^2$ при $t = 300^\circ \text{C}$. Материал: лист. Ст. 3

Номиналь- ный раз- мер d_n , мм	А мм	Толщина стенки труб δ , мм	Фланцы, мм				Приварка		Болты		Вес 1 шт. кг
			D	e	s	l	n	k	число	диаметр дюймы	
10	14	2	90	60	14	15	4	3	4	1/2	0,67
13	17	2	95	65	14	15	4	3	4	1/2	0,73
19	25	2	105	75	14	15	4	4	4	1/2	0,88
25	32	2,5	115	85	16	15	4	4	4	1/2	1,18
32	38	2,5	140	100	16	18	5	4	4	5/8	1,76
38	44,5	2,5	150	110	16	18	5	4	4	5/8	1,99
50	57	2,75	165	125	16	18	5	4	4	5/8	2,33
65	76	3	185	145	16	18	6	4	4	5/8	2,77
76	89	3,25	200	160	16	18	6	5	4	5/8	3,13
(90)	102	3,75	210	170	18	18	6	5	8	5/8	3,45
100	108	3,75	220	180	18	18	6	5	8	5/8	4,02
125	133	4	250	210	18	18	8	6	8	5/8	4,91
150	159	4,5	285	240	18	22	8	6	8	3/4	6,12
200	216	6,5	340	295	20	22	8	8	8	3/4	8,50
250	267	7	395	350	22	22	8	9	12	3/4	10,90
300	325	8	445	400	26	22	10	9	12	3/4	14,62
350	376	8	505	460	28	22	10	9	16	3/4	19,36
400	427	9	565	515	30	25	10	10	16	7/8	24,97

Таблица 146

Фланцы стальные, приварные для условного давления 16 ат (проект ОСТ) (фиг. 202)

 $P_{\text{усл}} = 16 \text{ кг/см}^2$ при $t = 250^\circ \text{C}$. Материал: Ст. 3

Номиналь- ный раз- мер d_0 , мм	А мм	Фланцы, мм									Болты		Вес 1 шт. кг
		D	e	E	m	R	a	s	l	h	число	диаметр дюймы	
10	14	90	60	—	34	16	—	14	15	27	4	1/2	0,557
13	17	95	65	—	38	16	—	14	15	27	4	1/2	0,791
19	25	105	75	58	45	19	2	16	15	30	4	1/2	0,95
25	32	115	85	68	56	20	2	16	15	31	4	1/2	1,145
32	38	140	100	78	64	20	2	18	18	33	4	5/8	1,773
38	44,5	150	110	88	74	20	2	18	18	38	4	5/8	2,199
50	57	165	125	102	89	22	2	20	18	40	4	5/8	2,942
65	76	185	145	122	110	22	2	20	18	40	4	5/8	3,715
76	89	200	160	138	124	22	2	22	18	44	8	5/8	4,555
(90)	102	210	170	148	134	24	2	24	18	44	8	5/8	5,33
100	108	220	180	158	144	26	2	24	18	44	8	5/8	5,720
125	133	250	210	188	174	26	2	26	18	46	8	5/8	7,576
150	159	285	240	212	196	26	2	28	22	53	8	3/4	10,345
200	216	340	295	268	247	40	2	30	22	53	12	3/4	19,85
250	267	405	355	320	300	44	2	32	25	62	12	7/8	20,643
300	325	460	410	378	360	50	2	32	25	62	12	7/8	25,117
350	376	520	470	438	420	50	2	36	25	66	16	7/8	33,614
400	427	580	525	490	468	48	2	38	29	68	16	1	42,120

Таблица 147

Фланцы стальные, приварные для условного давления 25 ат (проект ОСТ) (фиг. 203)

 $P_{\text{усл}} = 25 \text{ кг/см}^2$ при $t = 250^\circ \text{C}$. Материал: Ст. 3

Номиналь- ный раз- мер d_0 , мм	А мм	Фланцы, мм													h	Болты		Вес пары фланцев кг
		D	e	D ₁	D ₂	m	R	a	s	b ₁	b ₂	t	число	диаметр дюймы		число	диаметр дюймы	
10	14	90	60	—	—	—	30	20	—	16	—	15	30	4	1/2	4	1/2	1,43
13	17	95	65	—	—	—	34	22	—	16	—	15	30	4	1/2	4	1/2	1,56
19	25	105	75	55	36	35	41	22	4	18	7	8	15	33	4	1/2	4	2,29
25	32	115	85	65	43	42	49	24	4	18	7	8	15	38	4	1/2	4	2,80
32	38	140	100	78	51	50	57	24	4	18	7	8	18	38	4	5/8	4	4,12
38	44,5	150	110	88	61	60	66	26	4	20	7	8	18	40	4	5/8	4	5,17
50	57	165	125	102	73	72	79	27	4	22	7	8	18	42	4	5/8	4	6,77
65	76	185	145	122	95	94	100	29	4	24	7	8	18	44	8	5/8	4	8,18
76	89	200	160	138	106	105	112	30	4	26	7	8	18	46	8	5/8	4	10,15
(90)	102	225	180	152	117	116	122	30	4	28	7	8	22	48	8	3/4	4	13,2
100	108	235	190	162	129	128	132	30	4,5	28	10	11	22	53	8	3/4	4	15,12
125	133	270	220	188	155	154	161	38	4,5	30	10	11	25	55	8	7/8	4	20,95
150	159	300	250	218	183	182	190	36	4,5	30	10	11	25	55	8	7/8	4	25,09
200	216	360	310	228	239	238	247	40	4,5	34	10	11	25	64	12	7/8	4	37,85
250	267	425	370	335	292	291	300	52	5	36	10	11	29	66	12	1	4	51,75
300	325	485	430	390	343	342	361	52	5	40	10	11	29	70	16	1	4	70,10
350	376	555	490	450	395	394	416	54	5	44	13	14	33	74	16	1 1/8	4	94,25
400	427	620	550	500	447	446	468	54	5	48	13	14	37	78	16	1 1/4	4	127,50

считывалась с учетом условий жесткости с помощью упомянутой выше формулы DIN 2506 (см. стр. 240).

Приварные фланцы для давлений 16 и 25 ат (фиг. 202 и 203) имеют большую толщину и жесткость; здесь приварка фланцев встык более надежна, так как в процессе приварки нагревается только имеющийся кольцевой выступ, тело же фланца не подвергается при этом деформациям.

При этом для фланцев на условное давление 25 ат даны два варианта обработки привалочных поверхностей фланца:

1) с выступом и выточкой (табл. 147), предназначенные для особой текучей среды, просачивание которой наружу может вызвать отравление окружающих, взрыв (например, аммиак, водород и т. п.)

2) с гладкой поверхностью (табл. 148) для уплотнения — не рекомендуемый.

Таблица 148

Фланцы стальные, приварные для условного давления 25 ат

(проект ОСТ) (фиг. 202)

$P_{усл} = 25 \text{ кг/см}^2$ при $t = 250^\circ \text{C}$. Материал: Ст. 3

Номиналь- ный раз- мер d_0 мм	А мм	Фланцы, мм									Болты		Вес 1 шт. кг
		D	e	E	t	R	a	s	l	h	число	диаметр дюйм- мм	
10	14	90	80	—	30	20	2	16	15	30	4	1/2	0,71
13	17	95	65	—	34	22	2	16	15	30	4	1/2	0,78
19	25	105	75	55	41	22	2	18	15	33	4	1/2	1,14
25	32	115	85	65	49	24	2	18	15	38	4	1/2	1,40
32	38	140	100	78	57	24	2	18	18	38	4	5/8	2,06
38	44,5	150	110	88	66	26	2	20	18	40	4	5/8	2,58
50	57	165	125	102	79	27	2	22	18	42	4	5/8	3,38
65	76	185	145	122	100	29	2	24	18	44	8	5/8	4,09
76	89	200	160	138	112	30	2	26	18	46	8	5/8	5,07
(90)	102	225	180	152	122	30	2	28	22	48	8	3/4	7,27
100	108	235	190	162	132	30	2	28	22	53	8	3/4	7,56
125	133	270	220	218	161	38	2	30	25	55	8	7/8	10,47
150	159	300	250	188	190	36	2	30	25	55	8	7/8	12,59
200	216	360	310	278	247	40	2	34	25	64	12	7/8	18,92
250	267	425	370	335	300	52	2	36	29	66	12	1	25,87
300	325	485	430	390	361	52	2	40	29	70	16	1	35,05
350	376	555	490	450	416	54	2	44	33	74	16	1 1/8	47,12
400	427	620	550	500	468	54	2	48	37	78	16	1 1/4	63,75

Толщина приварных фланцев s для давлений 16 и 25 ат определялась по формуле (31), приведенной на стр. 228.

У приварных фланцев, согласно табл. 146—148, расточка внутреннего диаметра фланца должна производиться по внутреннему диаметру трубы в зависимости от толщины стенки трубы.

На поверхности фланцев на фигурах треугольнички обозначают обработку согласно ОСТ 358; при этом отметим, что все поверх-

Таблица 149

Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 6 ат
(проект ОСТ) (фиг. 204)

$$P_{\text{усл}} = 6 \text{ кг/см}^2$$

Материал: лист. Ст. 3

Условный проход d_0	Размеры канавок и фасок				
	число	u	w	t	y
10—13	—	—	—	—	3
19—65	1	7	3	1	3
75—150	1	9	4	1	3

Номиналь- ный размер d_0 мм	А мм	Фланцы, мм				Болты		Вес 1 фланца кг
		D	e	s	l	число	диаметр дюймы	
10	14	75	50	12	11	4	3/8	0,360
13	17	80	55	12	11	4	3/8	0,410
19	25	90	65	14	11	4	3/8	0,60
25	32	100	75	14	11	4	3/8	0,740
32	38	120	90	16	15	4	1/2	1,189
38	44,5	130	100	16	15	4	1/2	1,383
50	57	140	110	16	15	4	1/2	1,524
55	76	160	130	16	15	4	1/2	1,867
76	89	190	150	18	18	4	5/8	2,983
(90)	102	200	160	18	18	4	5/8	3,141
100	108	210	170	18	18	4	3/8	3,456
125	133	240	200	20	18	8	5/8	4,602
150	159	265	225	20	18	8	5/8	5,222

Таблица 150

Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 6 ат
(проект ОСТ) (фиг. 205)

$$P_{\text{усл}} = 6 \text{ кг/см}^2$$

Материал: Ст. 3

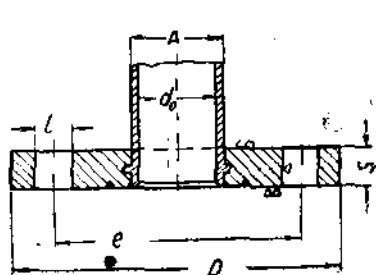
Условный проход d_0	Размеры канавок и фасок					
	число	u	w	v	t	y
200—350	2	7	3	4,5	1	3
Для 400	2	9	4	6	1	4

Номи- нальный размер d_0 мм	А мм	Фланцы, мм								Болты		Вес 1 шт. кг
		D	e	s	h	m	E	a	l	число	диа- метр дюймы	
200	216	320	280	20	36	240	258	3	18	8	5/8	1,019
250	267	375	335	22	38	295	312	4	18	12	5/8	9,701
300	325	440	395	22	40	350	365	4	22	12	3/4	11,652
350	376	490	445	22	42	400	415	4	22	12	3/4	13,380
400	427	540	495	24	46	450	465	4	22	16	3/4	16,089

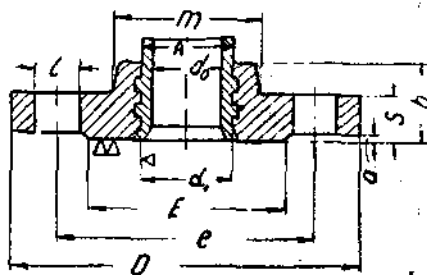
ности под прокладку должны обрабатываться чистовыми резцами с нанесением на них так называемых рисков, т. е. неглубоких бороздок.

В тех случаях когда нужно получить соединение вполне надежной плотности при достаточной прочности и значительно большей сопротивляемости коррозии, чем при сварном шве, прибегают к фланцам под развальцовку. Эти фланцы не менее распространены, чем рассмотренные свободно вращающиеся и приварные фланцы.

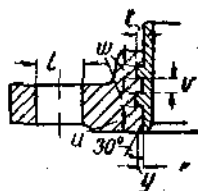
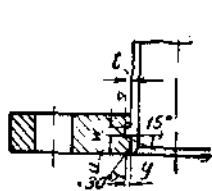
В табл. 149—154 приведены проекты ОСТ стальных фланцев под развальцовку. Эти фланцы также взяты для условных давлений в пределах от 6 до 25 ат, согласно ОСТ 739, и условных проходов от 10 до 400 мм по ОСТ 740, при соответствии привалочных



Фиг. 204.



Фиг. 205.



размеров фланцам ОСТ 745—748 в зависимости от условного давления.

В основу этих проектов ОСТ легли нормы DIN как хорошо зарекомендовавшие себя на практике, с согласованием привалочных размеров по ОСТ фланцев чугунной арматуры. Фланцы на давление 6 ат (фиг. 204) с условным проходом от 10 до 150 мм приняты плоские с выточкой и скосом под развальцовку, а толщина этих фланцев рассчитана на основе формулы DIN 2506.

Фланцы на давление 6 ат и проходы от 200 до 400 мм, а также на условные давления 10, 16 и 25 ат (фиг. 205 и 206) для номинальных проходов от 10 до 400 мм взяты фасонные. Этим обеспечиваются большая прочность и возможность правильной посадки фланца на трубу без перекоса, особенно для труб большого диаметра. Здесь фланцы имеют утолщение в месте развальцовки, а также выточки и скос торца. Последние взяты согласно нормам DIN. Толщина фланцев этой группы определена по формуле (31).

Отметим, что для фланцев под развальцовку для условного давления 25 ат даны, так же как и для приварных фланцев, два

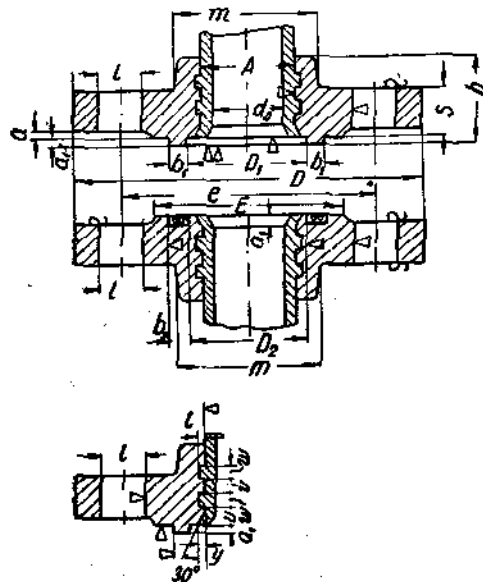
варианта: с выступом и выточкой и с гладкой поверхностью на торцевой части фланцев с принятием во внимание тех же соображений.

Фланцы на резьбе применяются в тех случаях, когда необходимо иметь надежное уплотнение и достаточную прочность, особенно при высокой температуре, так как здесь развальцованные фланцы начинают пропускать через место развальцовки.

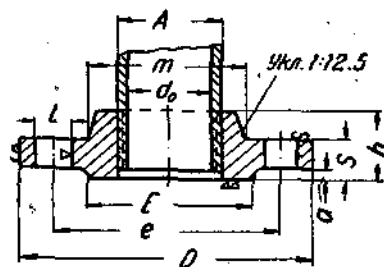
На табл. 155—157 даны проекты ОСТ фланцев на резьбе для условных давлений 6, 10 и 16 ат (фиг. 207) и диаметров от 10 до 400 мм. Привалочные размеры соответствуют ОСТ 745—747 в соответствующих ступенях давлений.

В проектах принята трубная резьба Витворта, согласно ОСТ 266, как общеобязательная в СССР и имеющая характер общеевропейского стандарта.

Резьба на фланцах предусмотрена как цилиндрическая, так и коническая по наруж-



Фиг. 206.



Фиг. 207.

ному диаметру трубы, которая в последнее время получает значительное распространение как дающая более плотное соединение без применения контргайки, льна и сурика.

Толщина фланцев рассчитана по формуле (31).

Имеется в виду, что в случае высокой температуры при взрывчатых и вредных жидкостях или газах наружный выступ фланца обваривается.

Во всех таблицах фланцев размер A равен наружному диаметру трубы, согласно ОСТ на трубы; в скобки всюду взяты нерекондуемые размеры.

В целях сокращения названий фланцев приняты условные обозначения их. При этом сначала пишется номинальный размер трубы, затем число, показывающее условное давление, для которого предназначается фланец, затем номер, соответствующий таблице ОСТ, и, наконец, — марка материала. Например, обозначение фланца под развальцовку для трубы с номинальным размером 65 мм для условного давления 16 ат из стали марки Ст. 3 напишется следующим образом: „Фланец под развальцовку 65—16 ОСТ... Ст. 3“.

Таблица 155

Фланцы стальные с нарезкой для условного давления 6 ат

(проект ОСТ) (фиг. 207)

 $P_{\text{усл}} = 6 \text{ кг/см}^2$. Материал: Ст. 3

Номинальный размер d_0 мм	Обозначение резьбы ОСТ 266 дюймы	А мм	Фланцы, мм								Болты		Вес 1 шт. кг
			D	e	E	t	s	l	a	h	число	диаметр дюймы	
10	5/8	17	75	50	35	25	12	11	2	20	4	5/8	0,328
13	1/2	21,25	80	55	40	30	12	11	2	20	4	5/8	0,377
19	3/4	26,75	90	65	50	40	14	11	2	24	4	5/8	0,564
25	1	33,5	100	75	60	50	14	11	2	24	4	5/8	0,810
32	1 1/4	42,25	120	90	70	60	14	15	3	26	4	1/2	0,998
38	1 1/2	48,00	130	100	80	70	14	15	3	26	4	1/2	1,195
50	2	60	140	110	90	80	14	15	3	28	4	1/2	1,313
65	2 1/2	75,5	160	130	110	100	14	15	3	32	4	1/2	1,866
76	3	88,5	190	150	128	110	16	18	3	34	4	5/8	2,815
(90)	3 1/2	101	200	160	138	120	16	18	3	36	4	5/8	3,037
100	4	114	210	170	148	130	16	18	3	38	4	5/8	3,085
125	5	140	240	200	178	160	18	18	3	40	8	5/8	4,315
150	6	165	265	225	202	185	18	18	3	44	8	5/8	5,125

Таблица 156

Фланцы стальные с нарезкой для условного давления 10 ат

(проект ОСТ) (фиг. 207)

 $P_{\text{усл}} = 10 \text{ кг/см}^2$ Материал: Ст. 3

Номинальный размер d_0 мм	Обозначение резьбы ОСТ 266 дюймы	А мм	Фланцы, мм								Болты		Вес 1 шт. кг
			D	e	E	t	s	l	a	h	число	диаметр дюймы	
10	5/8	17	90	60	40	30	14	15	—	20	4	1/2	0,544
13	1/2	21,25	95	65	45	35	14	15	—	20	4	1/2	0,613
19	3/4	26,75	105	75	58	45	16	15	2	24	4	1/2	0,910
25	1	33,5	115	85	68	55	16	15	2	24	4	1/2	1,096
32	1 1/4	42,25	140	100	78	60	16	18	2	26	4	5/8	1,599
38	1 1/2	48,0	150	110	88	70	16	18	3	26	4	5/8	1,777
50	2	60	165	125	102	85	18	18	3	28	4	5/8	2,428
65	2 1/2	75,5	185	145	122	105	18	18	3	32	4	5/8	3,176
76	3	88,5	200	160	138	120	18	18	3	34	8	5/8	4,122
(90)	3 1/2	101	210	170	148	130	20	18	3	36	8	5/8	4,206
100	4	114	220	180	158	140	20	18	3	38	8	5/8	4,474
125	5	140	250	210	188	170	22	18	3	40	8	5/8	6,130
150	6	165	285	240	212	195	22	22	3	44	8	5/8	7,922

Таблица 157

Фланцы стальные с нарезкой для условного давления 16 ат

(проект ОСТ) (фиг. 207)

 $P_{усл} = 16 \text{ кг/см}^2$ Материал: Ст. 3

Номиналь- ный размер d_0 мм	Обозначе- ние резьбы ОСТ 266 дюймы	А мм	Фланцы, мм								Болты		Вес 1 шт. кг
			D	e	E	t	s	l	a	h	число	диам- метр дюймы	
10	3/8	17	90	60	—	30	14	15	—	20	4	1/2	0,544
13	1/2	21,25	95	65	—	35	14	15	—	20	4	1/2	0,613
19	3/4	26,75	105	75	58	45	16	15	2	24	4	1/2	0,910
25	1	33,5	115	85	68	55	16	15	2	24	4	1/2	1,096
32	1 1/4	42,25	140	100	78	60	16	18	2	26	4	5/8	1,599
38	1 1/2	48,0	150	110	88	70	16	18	3	26	4	5/8	1,777
50	2	60	165	125	102	85	18	18	3	28	4	5/8	2,428
65	2 1/2	75,5	185	145	122	105	18	18	3	32	4	5/8	3,176
76	3	88,5	200	160	138	120	20	18	3	34	8	5/8	4,122
(90)	3 1/2	101	210	170	148	130	20	18	3	36	8	5/8	4,206
100	4	114	220	180	158	140	20	18	3	38	8	5/8	4,474
125	5	140	250	210	188	170	22	18	3	40	8	5/8	5,94
150	6	165	285	240	212	195	22	22	3	44	8	5/4	8,14

Таблица 158

Овальные фланцы с нарезкой (фиг. 208 и 209)

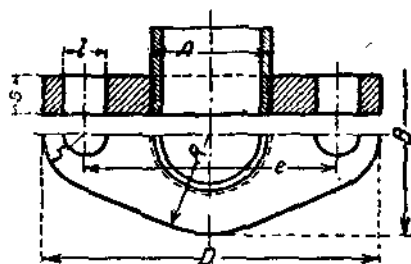
DIN 2431 гладкие

DIN 2132 с мундштуком } $D_1 W_1$ до $D_5 W_5$

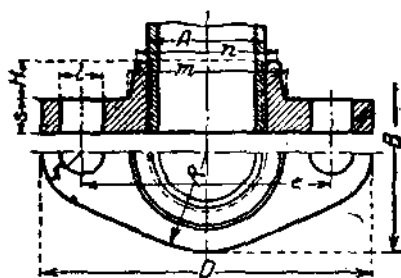
Материал: литая сталь или ковкий чугун

Номиналь- ные размеры		DIN 2131 и DIN 2132							DIN 2132			Болты DIN 2131 и DIN 2132		Приблизит. вес 100 шт.	
дюймы	соответ- ственно мм	наружный диа- метр трубы A мм	длина	ши- рина	тол- щина	расстояние ме- жду дырами e мм	радиусы закругле- ния r		высо- та	диаметр		диа- метр дюйм	диаметр дыр мм	бса с	
			ф л а н ц а, мм						мундштука, мм					мундштука (ом)	
			D	B	s		R	r	H	t	n			кг	кг
1/8	6	10	64	32	8	40	16	10	10	18	16	M10	12	15	16
1/4	8	13,5	72	36	8	45	18	11	10	22	20	M10	12	19	20
3/8	10	17	75	40	10	50	20	12	10	25	22	M10	12	23	24
1/2	13	21,5	80	45	10	55	22,5	13	10	32	28	M10	12	28	30
5/8	16	23,5	90	50	10	60	25	15	10	35	32	M10	12	35	37
3/4	20	27	100	56	12	65	28	16	12	37	35	1/2"	15	40	42
(3/4)	—	30,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	25	34	112	64	14	75	32	18	14	42	40	1/2"	15	56	59
1 1/4	32	42,5	125	72	16	90	36	20	14	55	52	1 1/2"	15	64	67
1 1/2	40	48,5	140	80	16	100	40	22	16	62	58	5/8"	18	108	113
(1 1/2)	—	54,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	50	60	150	90	18	110	45	24	16	75	72	5/8"	18	136	143
2 1/4	60	66,5	160	100	20	120	50	25	16	82	78	5/8"	18	172	178
(2 1/4)	70	76	170	125	20	130	62,5	34	16	88	85	3/4"	22	195	205
2 3/4	—	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(3)	80	89	190	140	22	150	70	38	18	102	98	3/4"	22	245	257
8 1/4	—	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(3 3/4)	90	102	200	150	26	160	75	40	18	115	112	3/4"	22	280	294
3 3/4	—	108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	100	114	210	160	28	170	80	42	18	128	125	3/4"	22	350	368

Приводим в виде примеров некоторые дополнительные разновидности стальных фланцев для труб, взятые из нормативных материалов DIN. Так, в табл. 158 даны размеры овальных фланцев с нарезкой (фиг. 208 и 209).



Фиг. 208.



Фиг. 209.

В табл. 159 приведены приклепываемые фланцы для паровых колпаков из фланцевой угловой стали (фиг. 210). В табл. 160 приведены данные для фланцев, приварных с передней стороны внапуск, согласно фиг. 211.



Фиг. 210.

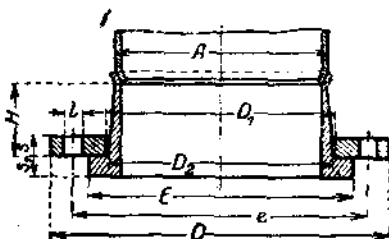


Фиг. 211.

Табл. 161 дает размеры фланцев, свободно вращающихся с приварным кольцом (фиг. 212), а табл. 162—фланцев, свободно вращающихся с кольцом, привариваемым спереди внапуск согласно фиг. 213, или встык, согласно фиг. 214.



Фиг. 212.



Фиг. 213.

Как известно, в аппаратостроении имеют громадное применение штуцера, состоящие из стального патрубка, прикрепленного к стенке аппарата, с насаженным на него фланцем, к которому присоединяется арматура или контрфланец трубы. С целью устранения постоянной затраты времени на выбор длины этих штуцеров, с од-

Таблица 159

Фланцы, прикладываемые из фланцевого железа, для паровых колпаков и подобных профилей (фиг. 210)

DIN 2150: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$; DIN 2151: $D_5 W_6$; DIN 2152: $D_8 W_{10}$

Материал: литая сталь

Таблица нормативов и ступени давлений	Номинальные размеры	Наружный диаметр трубы А	Применяемое железо или профиль кольца				Фланец обработанный		Диаметр окружности центров дыр	Болты			Приблизительный вес одного необработанного фланцевого кольца
			d ₁	s ₁	d ₂	s ₂	диаметр	толщина		число	диаметр дюймы	диаметры мм	
DIN 2150: D ₁ W ₁ , D ₂ W _{2,5}													
DIN 2151: D ₅ W ₆													
200	216	60	12	60	18	315	16	280	8	5/8	18	11	
225	241	60	12	60	18	340	16	305	8	5/8	18	12	
250	267	60	12	60	18	370	16	335	12	5/8	18	13	
275	292	60	12	60	18	395	16	360	12	5/8	18	14	
300	318	60	12	60	18	440	16	395	12	3/4	22	15	
(325)	343	60	12	60	18	465	16	420	12	3/4	22	16	
350	368	65	12	65	21	490	18	445	12	3/4	22	20	
(375)	394	65	12	65	21	515	18	470	16	3/4	22	22	
400	420	65	12	65	21	540	18	495	16	3/4	22	23	
450	470	65	12	65	21	595	18	550	16	3/4	22	25	
500	520	65	12	65	21	645	18	600	20	3/4	22	28	
550 ¹	570	65	12	65	21	705	18	655	20	3/4 7/8	22 26	30	
600 ¹	620	90	12	80	25	755	22	705	20	3/4 7/8	22 26	49	
700 ¹	720	90	12	80	25	860	22	810	24	3/4 7/8	22 26	56	
800 ¹	820	90	12	80	25	970	22	915	24	7/8 1	26 30	63	
900	920	90	12	80	25	1 070	22	1 015	24	7/8	26	70	
1 000	1 020	90	12	80	25	1 170	22	1 115	28	7/8	26	78	
1 100	1 120	105	18	85	33	1 270	30	1 215	28	7/8	26	123	
(1 200)	1 220	105	18	85	33	1 370	30	1 315	32	7/8	26	133	
1 250	1 270	105	18	85	33	1 425	30	1 370	32	7/8	26	138	
(1 300)	1 320	105	18	85	33	1 475	30	1 420	32	7/8	26	143	
1 400	1 420	105	18	85	33	1 575	30	1 520	36	7/8	26	153	
(1 500)	1 520	105	18	85	33	1 690	30	1 630	36	1	30	163	
1 600	1 620	105	18	85	33	1 790	30	1 730	40	1	30	173	
1 800	1 820	145	20	100	40	1 990	36	1 930	44	1	30	296	
2 000	2 020	145	20	100	40	2 190	36	2 130	48	1	30	321	
200	216	65	12	65	21	340	18	295	12	5/8	18	13	
225	241	65	12	65	21	370	18	325	12	5/8	22	15	
250	267	65	12	65	21	395	18	350	12	5/8	22	16	
275	292	65	12	65	21	420	18	375	12	5/8	22	17	
300	318	65	12	65	21	445	18	400	12	5/8	22	18	
(325)	343	90	12	80	25	475	22	430	16	5/8	22	30	
350	368	90	12	80	25	505	22	460	16	5/8	22	32	
(375)	394	90	12	80	25	540	22	490	16	7/8	25	33	
400	420	90	12	80	25	565	22	515	16	7/8	25	35	
450	470	105	18	85	33	615	30	565	20	7/8	25	58	
500	520	105	18	85	33	670	30	620	20	7/8	25	63	
550	570	105	18	85	33	730	30	675	20	1	30	68	
600	620	105	18	85	33	780	30	725	20	1	30	73	
700	720	105	18	85	33	890	30	835	24	1	30	83	
800	820	110	18	95	33	1 005	30	945	24	1 1/8	34	105	

¹ В двойных графах для номинальных размеров от 550 до 800 мм числа, стоящие слева, относятся к $D_1 W_1$ и $D_2 W_{2,5}$, а числа, находящиеся справа, — к $D_5 W_6$.

Таблица 160

Фланцы, приварные с передней стороны (приварка внапуск) (фиг. 211)

DIN 2154: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$; DIN 2155: $D_5 W_5$; DIN 2156: $D_8 W_{10}$ Автогенная сварка DIN 2157: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$; DIN 2158: $D_5 W_5$

Материал: литая сталь

Таблица нормативов и ступени давлений	Номинальные размеры	Наружный диаметр трубы А	Фланец, мм		Диаметр, окружности центров дюр. 2	Мундштук, мм		Болты			Приближенный вес фланца кг 1
			диаметр D	толщина s		диаметр меньший D ₁	высота	число	диаметр дюймы	диаметры дюр. мм	
DIN 2154 и 2157: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$ DIN 2155 и 2156: $D_5 W_5$	150	159	260	16	225	172	65	8	5/8	18	5
	160	171	270	16	235	185	65	8	5/8	18	6
	180	191	290	16	255	205	70	8	5/8	18	7
	200	216	315	16	280	232	75	8	5/8	18	9
	225	241	340	16	305	258	75	8	5/8	18	10
	250	267	370	16	335	285	80	12	5/8	18	12
	275	292	395	16	360	308	80	12	5/8	18	13
	300	318	440	16	385	335	100	12	5/8	18	14
	(325)	343	465	18	420	358	100	12	5/8	22	20
	350	368	490	18	445	385	100	12	5/8	22	22
	(375)	394	515	18	470	410	100	16	5/8	22	23
	400	420	540	18	495	435	110	16	5/8	22	26
	450	470	595	18	550	485	110	16	5/8	22	29
	500	520	645	18	600	535	110	20	5/8	22	32
	550 *	570	705	18	655	585	110	20	5/8	22 26	37
	600 *	620	755	22	705	635	110	20	5/8	22 26	45
	700 *	720	860	22	810	735	115	24	5/8	22 26	64
	800 *	820	970	22	915	835	115	24	5/8	26 30	64
	900	920	1 070	22	1 015	935	115	24	5/8	26	72
	1 000	1 020	1 170	22	1 115	1 035	115	28	5/8	26	80
DIN 2156: $D_8 W_{10}$	1 110	1 120	1 270	28	1 215	1 145	115	28	5/8	26	102
	(1 200)	1 220	1 370	28	1 315	1 245	115	32	5/8	26	111
	1 250	1 270	1 425	28	1 370	1 295	115	32	5/8	26	117
	(1 300)	1 320	1 475	28	1 420	1 345	120	32	5/8	26	126
	1 400	1 420	1 575	28	1 520	1 445	120	36	5/8	26	139
	(1 500)	1 520	1 690	28	1 630	1 545	120	36	5/8	30	151
	1 600	1 620	1 790	36	1 730	1 650	120	40	5/8	30	193
	1 800	1 820	1 990	36	1 930	1 850	120	44	5/8	30	214
	2 000	2 020	2 190	36	2 130	2 050	120	48	5/8	30	240
	150	159	285	20	240	172	65	8	5/8	18	8
	160	171	295	20	250	182	65	8	5/8	18	9
	180	191	315	22	270	202	70	8	5/8	18	11
	200	216	340	22	295	225	75	12	5/8	18	13
	225	241	370	22	325	250	80	12	5/8	22	16
	250	267	395	22	350	278	90	12	5/8	22	17
	275	292	420	22	375	302	100	12	5/8	22	19
	300	318	445	22	400	328	100	12	5/8	22	22
	(325)	343	475	22	430	352	100	16	5/8	22	24
	350	368	505	22	460	378	100	16	5/8	22	26
	(375)	394	540	22	490	415	110	16	5/8	26	30
	400	420	565	22	515	442	110	16	5/8	26	33
	450	470	615	28	565	492	110	20	5/8	26	42
	500	520	670	28	620	542	110	20	5/8	26	48
	550	570	730	28	675	592	110	20	5/8	30	55
	600	620	790	28	725	642	110	20	5/8	30	60
	700	720	890	28	835	742	120	24	5/8	30	74
	800	820	1 005	36	945	845	120	24	5/8	34	107

* Толщина стенки равна половине наружного диаметра трубы минус номинальный размер.

* В двойных графах для номинальных размеров от 550 до 880 мм числа, находящиеся слева, относятся к $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$, а числа, стоящие справа, — к $D_5 W_5$.

Таблица 161

Фланцы, свободно вращающиеся, с приварным кольцом (фиг. 212)

DIN 2163: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$ при α DIN 2164: $D_6 W_6$ при β DIN 2165: $D_8 W_{10}$ при γ

Материал: литая сталь

Номинальные размеры	Наружный диаметр A	Диаметр фланца D		Диаметр крестовины фланца D_1	Толщина фланца s		Диаметр окружности стн дюр e		Диаметр запячка E	Толщина запячника s_1		Болты				Приблизительный вес 100 фланцев плюс 100 колец, кг		
		α, β	γ		α	β	α, β	γ		α	β	γ	число	диаметр	диаметр дюр			
20	23,5	90	105	28	10	10	65	75	50	10	10	4	4	1/4	12	15	52	63
25	30,5	120	135	35	10	10	75	85	60	10	10	4	4	1/4	12	15	63	82
32	38	130	160	42	10	10	90	100	70	10	10	4	4	1/4	15	15	82	122
40	44,5	140	180	48	10	12	100	110	80	10	10	4	4	3/8	15	15	101	143
50	54	160	210	58	12	12	110	125	90	10	10	4	4	3/8	15	15	133	183
60	70	180	240	75	12	12	120	135	100	12	12	4	4	3/8	15	18	150	217
70	76	200	270	80	12	14	130	145	110	12	12	4	4	1/2	15	18	170	243
80	89	225	300	95	12	16	150	160	128	14	14	4	4	1/2	15	18	194	283
90	95	250	330	100	12	16	160	170	138	14	16	4	4	5/8	18	18	219	324
100	108	275	360	112	14	16	180	180	148	16	16	4	4	5/8	18	18	243	345
110	121	300	390	125	14	18	190	190	158	16	16	4	4	5/8	18	18	268	385
125	133	325	420	138	14	18	200	210	168	16	16	8	8	5/8	18	18	298	405
140	152	350	450	158	14	18	215	225	178	16	18	8	8	5/8	18	18	314	434
150	159	360	465	165	14	16	225	235	193	16	18	8	8	3/4	18	18	355	502
160	171	370	480	173	16	20	235	245	203	18	18	8	8	3/4	18	18	377	535
180	191	400	510	198	16	20	255	265	213	18	18	8	8	3/4	18	18	415	615
200	216	425	540	222	16	18	280	295	233	18	18	8	8	3/4	18	18	430	730
225	241	450	570	250	16	18	305	325	258	18	20	8	8	3/4	18	18	450	830
250	267	475	600	275	16	20	335	350	283	18	18	8	8	3/4	18	22	480	940
275	292	500	630	300	16	20	360	375	308	20	22	12	12	3/4	18	22	520	1090
300	318	525	660	325	16	20	385	400	333	20	22	12	12	3/4	22	22	560	1240
325	343	550	690	350	16	22	410	430	358	22	22	12	12	3/4	22	22	600	1390
350	368	575	720	375	16	22	435	460	383	22	22	12	12	3/4	22	22	640	1540
375	394	600	750	400	18	26	460	490	408	22	22	16	16	3/4	22	22	680	1690
400	420	625	780	425	18	28	485	515	433	24	24	16	16	3/4	22	25	720	1840
450	470	675	840	475	20	24	525	555	458	24	24	16	16	3/4	22	25	760	2090
500	520	725	900	525	22	26	575	600	503	24	22	20	20	3/4	22	25	800	2340
																		2590
																		2840
																		3090
																		3340
																		3590
																		3840
																		4090
																		4340
																		4590
																		4840
																		5090

Таблица 162

Фланцы, свободно вращающиеся, с приварным кольцом спереди (фиг. 213 и 214), для приварки внапуск водяным газом и автогенной сваркой встык

DIN 2171: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$; DIN 2172: $D_5 W_6$; DIN 2173: $D_8 W_{10}$

Автогенная сварка DIN 2177: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$; DIN 2178: $D_5 W_6$

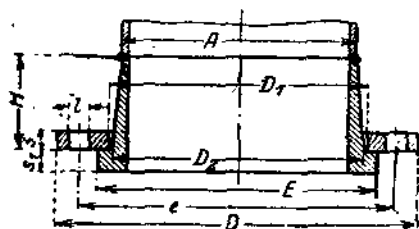
Материал: литая сталь

В двойных графах числа слева — для $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$, справа — для $D_5 W_6$

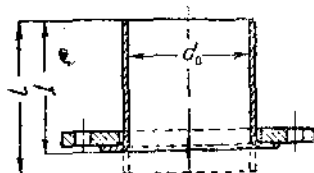
Таблицы нормативов в ступени давлений	Номинальные размеры	Наружный диаметр трубы	Фланец			Диаметр окружности дыр	Запечник		Муфташук		Болты			Приблизительный вес 1 фланца и 1 кольца
			диаметр	диаметр дыр	толщина		диаметр	толщина	наружный диаметр	высота	число	диаметр дюйм-ы	диаметр дыр	
DIN 2171 и 2177: $D_1 W_1$, $D_2 W_{2,5}$	DIN 2172 и 2178: $D_5 W_6$		D	D_1	s	e	E	s_1	D_2	H			i	кг
150	159	260	175	14	16	225	203	22	172	65	8	$\frac{5}{8}$	18	7 7,5
160	171	270	190	14	16	235	213	22	182	65	8	$\frac{5}{8}$	18	8 10
180	191	290	210	16	18	255	233	22	205	70	8	$\frac{5}{8}$	18	9 12
200	216	315	232	16	18	280	258	22	228	75	8	$\frac{5}{8}$	18	11 13
225	241	340	262	16	18	305	283	22	255	75	8	$\frac{5}{8}$	18	12 15
250	267	370	288	16	20	335	313	24	280	80	12	$\frac{5}{8}$	18	14 17
275	292	395	312	16	20	360	338	24	305	90	12	$\frac{5}{8}$	18	15 17
300	318	440	338	16	20	395	367	30	330	100	12	$\frac{5}{8}$	22	20 22
(325)	343	465	362	16	20	420	392	30	355	100	12	$\frac{5}{8}$	22	23 25
350	368	490	388	18	22	445	417	30	380	100	12	$\frac{5}{8}$	22	25 28
(375)	394	515	415	18	24	470	442	30	408	100	16	$\frac{5}{8}$	22	27 29
400	420	540	440	18	24	495	467	30	432	110	16	$\frac{5}{8}$	22	30 34
450	470	595	490	20	24	550	522	30	482	110	16	$\frac{5}{8}$	22	36 39
500	520	645	540	22	26	600	572	30	532	110	20	$\frac{5}{8}$	22	40 44
550	570	705	590	22	26	655	625	30	582	110	20	$\frac{5}{8}$	22	46 50
600	620	755	640	22	28	705	675	30	632	110	20	$\frac{5}{8}$	22	52 58
700	720	860	740	24	30	810	780	30	732	115	24	$\frac{5}{8}$	22	67 74
800	820	970	840	26	32	915	880	30	832	115	24	$\frac{5}{8}$	26	80 83
900	920	1070	940	28		1015	980	30	932	115	24	$\frac{5}{8}$	26	95
1000	1020	1170	1040	28		1115	1080	30	1032	115	28	$\frac{5}{8}$	26	105
1100	120	1270	1140	30		1215	1185	30	1132	115	28	$\frac{5}{8}$	26	125
(1200)	1220	1370	1240	30		1315	1285	30	1232	115	32	$\frac{5}{8}$	26	135
1250	1270	1425	1290	32		1370	1340	30	1282	115	32	$\frac{5}{8}$	26	150
(1300)	1320	1475	1340	32		1420	1390	30	1332	120	32	$\frac{5}{8}$	26	160
1400	1420	1575	1440	32		1520	1490	30	1432	120	36	$\frac{5}{8}$	26	170
(1500)	1520	1690	1540	34		1630	1595	30	1532	120	36	1	30	200
1600	1620	1790	1640	36		1730	1695	30	1632	120	40	1	30	235
1800	1820	1990	1840	40		1930	1895	30	1832	120	44	1	30	275
2000	2000	2190	2040	44		2130	2095	30	2032	120	48	1	30	320
DIN 2173: $D_8 W_{10}$														
150	159	285	175	20		240	218	18	172	65	8	$\frac{5}{8}$	18	8
160	171	295	190	20		250	228	18	185	65	8	$\frac{5}{8}$	18	9
180	191	315	210	20		270	248	20	205	70	8	$\frac{5}{8}$	18	11
200	216	340	232	20		295	273	20	228	75	12	$\frac{5}{8}$	18	13
225	241	370	262	20		325	297	20	255	75	12	$\frac{5}{8}$	22	16
250	267	395	288	22		350	322	22	280	80	12	$\frac{5}{8}$	22	18
275	292	420	312	22		375	347	22	305	90	12	$\frac{5}{8}$	22	21
300	318	445	338	22		400	372	24	330	100	12	$\frac{5}{8}$	22	25
(325)	343	475	362	24		430	402	26	355	100	16	$\frac{5}{8}$	22	27
350	368	505	388	26		460	432	26	380	100	16	$\frac{5}{8}$	22	31
(375)	394	540	415	28		490	460	26	408	100	16	$\frac{5}{8}$	25	33
400	420	565	440	28		515	485	26	432	110	16	$\frac{5}{8}$	25	37
450	470	615	490	28		565	535	26	482	110	20	$\frac{5}{8}$	25	46
500	520	670	540	30		620	590	26	532	110	20	$\frac{5}{8}$	25	52
550	570	730	590	30		675	640	30	582	110	20	1	30	59
600	620	780	640	30		725	690	30	632	110	20	1	30	66
700	720	890	740	34		835	800	30	732	115	24	1	30	83
800	820	1005	840	36		945	905	30	835	115	24	1	34	111

1 Толщина стенки: $\frac{1}{2}$ наружного диаметра минус номинальный размер.

ной стороны, и создания наиболее рациональных условий их изготовления в массовом порядке — с другой, в последнее время предложен целый ряд нормалей этих штуцеров. Приводим в табл. 163 проект ОСТ, длин штуцеров, разработанный Экихимаш. Основанием для этого послужили материалы других наших организаций, и особенно—

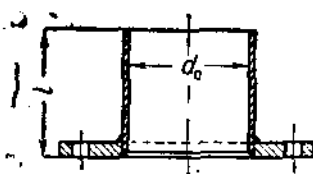


Фиг. 214.

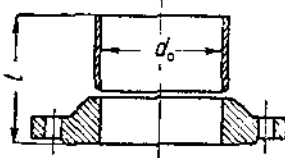


Фиг. 215.

немецкие нормы DIN¹. Несмотря на кажущуюся простоту этого вопроса, здесь все же выбор конструктивно наиболее целесообразной длины штуцера может быть полезным для предохранения штуцера от перекоса, в случае слишком большой длины его, или от появления при этом трещин в месте присоединения штуцера



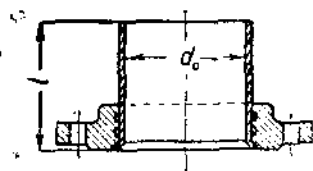
Фиг. 216.



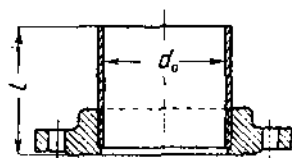
Фиг. 217.

к стенке аппарата вследствие толчков при транспортировании. В проекте ОСТ (табл. 163) длины штуцеров разбиты на две группы:

1. Типа А (фиг. 215)—со свободно вращающимися фланцами и типа В (фиг. 216)—с приварными фланцами.



Фиг. 218.



Фиг. 219.

2. Типа С (фиг. 217)—с приварными встык фланцами, типа D (фиг. 218)—с фланцами под развальцовку и типа E (фиг. 219)—с фланцами под нарезку.

Штуцера второй группы длиннее чем первой, так как фланцы этих штуцеров рассчитаны на большее давление (до 25 ат). Это

¹ Напечатано в журнале „Der Apparatebau“, № 8 и 9 за 1932 г.

соображение и вызвало некоторое удлинение штуцеров. Размеры самих фланцев и диаметры труб должны браться по соответствующим ОСТ.

Таблица 163

Длины стальных штуцеров (фиг. 215—219)

Номинальный размер	Тип					
	А		В	С	Д	Е
	Согласно					
	фиг. 215		фиг. 216	фиг. 217	фиг. 218	фиг. 219
d_0	l	L	l			
6	—	—	—	—	—	80
10	80	—	80	90	90	90
13	80	—	80	90	90	90
19	80	—	80	90	90	90
25	80	—	80	90	90	90
32	100	—	100	110	110	110
38	100	—	100	110	110	110
50	100	117	100	110	110	110
65	120	138	120	130	130	130
76	120	138	120	130	130	130
(90)	140	160	140	150	150	150
100	140	160	140	150	150	150
125	170	193	170	180	180	180
150	170	193	170	180	180	180
200	180	203	180	200	200	200
250	180	203	180	200	200	200
300	200	223	200	220	220	220
350	200	223	200	220	220	220
400	200	223	200	220	220	220
450	200	223	200	220	220	220
500	200	223	200	220	220	220

2. СОЕДИНЕНИЯ ДЛЯ СОСУДОВ И ОТВОДОВ, СМОТРОВЫЕ ОКНА И МАТЕРИАЛ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ

На фиг. 220—222 представлены приклепываемые к стенкам сосудов фланцы, к которым прикрепляются арматура и трубы.

При этом шпильки не должны пронизывать стенку сосуда. Лучше всего избегать, чтобы нарезанные отверстия проходили сквозь всю толщину фланца, так как в этом случае шпильки должны быть достаточно уплотнены.

Обозначим у таких приклепываемых фланцев через:

- d — диаметр отверстия,
- δ — наружный диаметр шпильки,
- h — наименьшую толщину фланца,
- δ' — диаметр заклепки,
- D — верхний диаметр фланца,
- D' — диаметр при высоте h ,

D_1 и D_2 — соответственно диаметры окружностей центров шпилек и заклепок; тогда получим:

$$h = 1,5 \delta + 8.$$

Диаметры D и D_1 берутся соответственно тем или другим нормам; далее, избирают:

$$D' = D + 8; \quad D_2 = \frac{1}{2} \cdot (D + d).$$

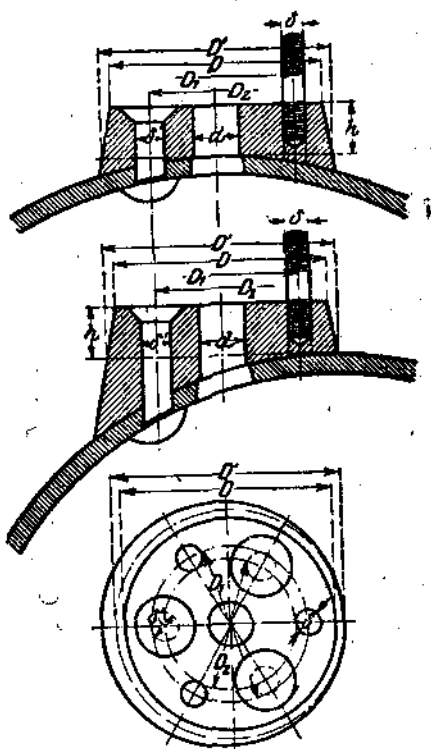
Вообще шпильки и заклепки помещают так, что они чередуются друг с другом; при этом $\delta' \geq \delta + 3$; все размеры в мм.

В тех случаях когда корпус сосуда имеет форму искривленной, выпуклой или скошенной поверхности, как показано на фиг. 221, применяют штуцера со скошенным фланцем (см. ниже).

Приклепываемые к пароприемникам фланцы малых размеров можно было бы выполнять из чугуна; однако таковые всегда делаются из цельных кусков литой стали (железа). Фланцы же больших размеров могут выполняться из стального литья.

В зависимости от условий выбирают также и другие формы фланцев, для которых в дальнейшем приводятся некоторые примеры.

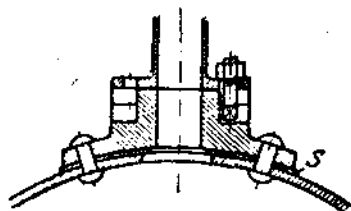
На фиг. 223 представлен литой фланец, пригнанный к искривленной стенке сосуда с применением заклепки и чеканенной шайбы S из железа толщиной от 3 до 5 мм. Фланец имеет выступ с обра-



Фиг. 220—222.



Фиг. 223.

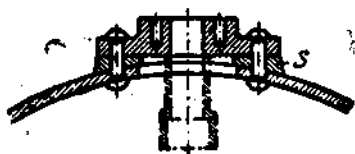


Фиг. 224.

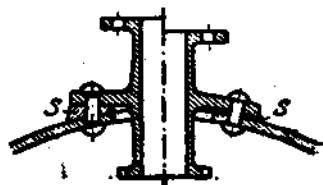
ботанной торцевой поверхностью, к которой прикрепляется фланец трубы на шпильках или болтах.

Фиг. 224. показывает такой же фланец, но с закладными болтами; чеканенная шайба S сделана из железа.

На фиг. 225 изображен такой же фланец, как и на фиг. 223, с той лишь разницей, что он не искривлен, а имеет плоскую форму. Толстое чеканенное кольцо *S* имеет внутреннюю поверхность, пригнанную соответственно кривизне стенки сосуда, и плоскую наружную поверхность. В таких случаях чеканенное кольцо, конечно, стоит дороже, но крепление выреза получается лучше и жестче и не приходится применять для каждой кривизны особые модели фланцев. Пунктиром изображен входящий внутрь сосуда патрубок, который при помощи нарезанной муфты может удерживать трубу.



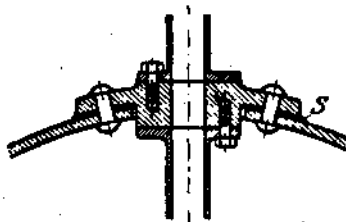
Фиг. 225.



Фиг. 226.

На фиг. 226 представлен приклепываемый фланец с патрубками, выходящими по одному наружу и внутрь; причем у внутреннего патрубка на фланце с целью уменьшения его диаметра применяются закладные болты, а у наружного — болты с обыкновенными головками.

В правой половине фигуры приклепываемый фланец имеет кривизну, соответствующую стенке сосуда, т. е. с тонкой железной чеканенной шайбой, и в левой половине этот фланец — ровный (с массивным чеканенным кольцом). Все модели с ровным фланцем и подкладываемым массивным чеканенным кольцом, само собой разумеется, могут идти также для шаровых поверхностей.



Фиг. 227.



Фиг. 228.

Изображенный на фиг. 227 искривленный приклепываемый фланец имеет по одному выступу для присоединения труб внутри и снаружи. С целью сохранения умеренной толщины материала выступов дыры для внутренних и наружных болтов располагаются чередуясь, а не друг против друга.

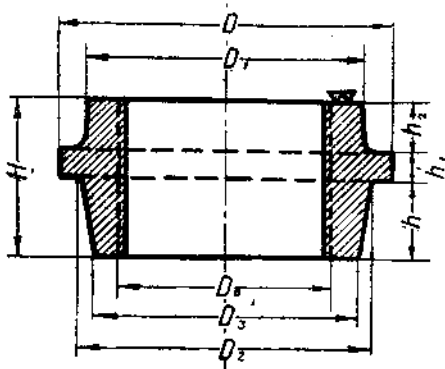
Согласно фиг. 228, можно к искривленным стенкам сосудов приклепывать также обыкновенные газовые фланцы, с тем только, чтобы нарезку, подвергающуюся несколько вытягиванию, снова нарезать, а торцевую поверхность — обрабатывать. Обычно заводы, специально занимающиеся изготовлением фланцев, штампуют таковые с выступом для газовой нарезки. Газовые фланцы употре-

бляются по возможности только у аппаратов низкого давления и избегаются у пароприемников. Для последних не рекомендуются также и толстые, литые фланцы с газовой нарезкой.

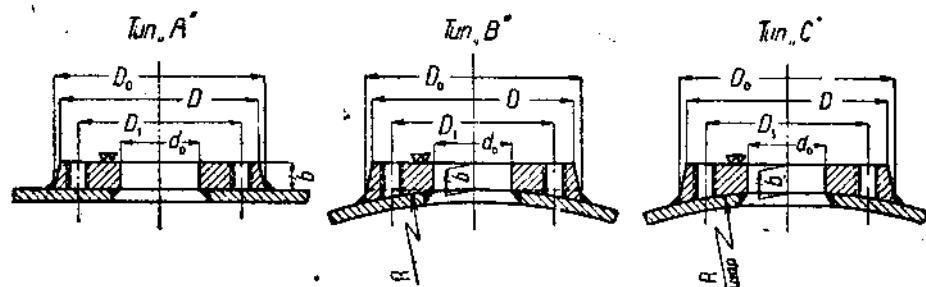
На фиг. 229 дан вид стальной бабышки с внутренней трубной (газовой) нарезкой, согласно ОСТ 266, которая приваривается к железным стенкам аппаратов. В табл. 164 даны конструктивные размеры этих бабышек для резьбы диаметром от $1\frac{1}{4}$ до $1\frac{1}{2}$ ".

Приводим проекты ОСТ для различных типов бабышек, разработанные Экихимаш; из них:

- 1) в табл. 165 (фиг. 230) — бабышки стальные, приварные к аппарату под шпильки для условных давлений от 2,5 до 6 ат и для условных проходов от 10 до 200 мм;
- 2) в табл. 166 (фиг. 230) — бабышки стальные, приварные к аппарату под шпильки для условного давления 10 ат и для условных проходов от 10 до 200 мм;



Фиг. 229.



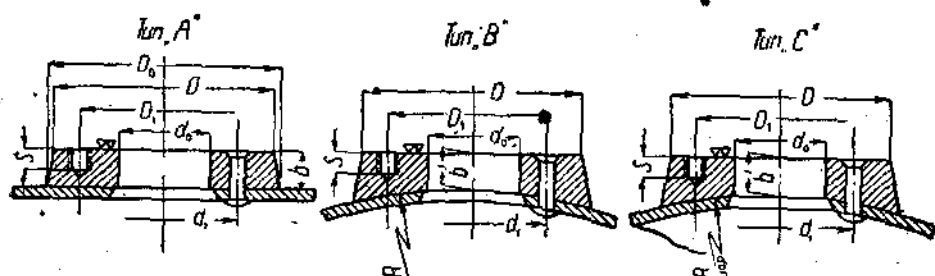
Фиг. 230.

Таблица 164

Стальные приварные бабышки с трубной нарезкой (фиг. 229)

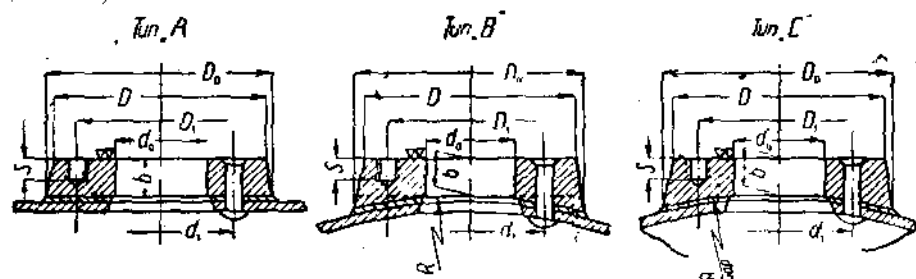
Номинальный диаметр D_0 дюймов	D	D_1	D_2	D_3	H	h	h_1	h_2	Вес 10 шт. кг
$1\frac{1}{4}$	30	22	23	20	18	8	4	6	0,50
$3\frac{1}{8}$	32	25	26	23	20	9	4	7	0,73
$1\frac{1}{2}$	38	30	31	28	22	10	5	7	1,14
$3\frac{3}{8}$	44	34	36	32	25	12	5	8	1,59
$3\frac{1}{2}$	48	38	40	36	25	12	5	8	1,93
1	56	44	46	42	30	14	6	10	2,87
$1\frac{1}{4}$	66	54	56	52	32	16	6	10	4,29
$1\frac{1}{2}$	74	60	65	60	36	18	6	12	5,81

3) в табл. 167 (фиг. 231) — бабышки стальные, приклепываемые к аппарату под шпильки для условных давлений от 2,5 до 6 ат и для условных проходов от 10 до 200 мм;



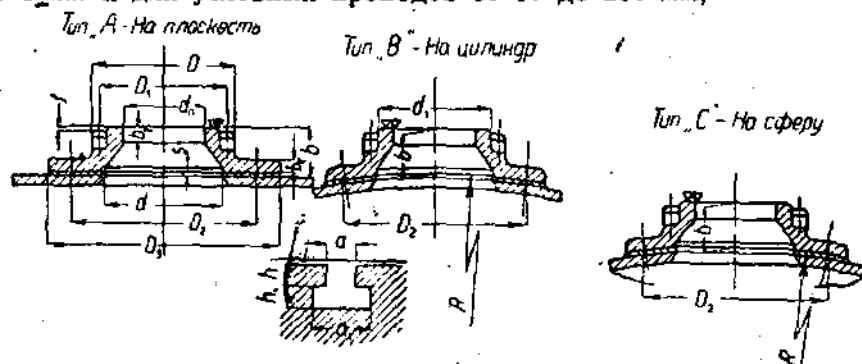
Фиг. 231.

4) в табл. 168 (фиг. 231) — бабышки стальные, приклепываемые к аппарату под шпильки для условного давления 10 ат и для условных проходов от 25 до 200 мм;



Фиг. 232.

5) в табл. 169 (фиг. 232) — бабышки чугунные, литые, приклепываемые к аппарату под шпильки для условного давления от 2,5 до 6 ат и для условных проходов от 10 до 200 мм;



Фиг. 233.

6) в табл. 170 (фиг. 232) — то же, что и в п. 5, но для условного давления 10 ат;

Таблица 165

Бабышка стальная, приварная, под шпильки для условных проходов от 10 до 200 мм. Давление условное от 2,5 до 6 ат (фиг. 230)

(проект ОСТ)

Проход условный d_0	D	D_1	D_0	b	Отверстие для шпилек		Вес 1 шт. кг
					число	диаметр дюймы	
10	75	50	80	16	4	3/8	0,57
13	80	55	85	16	4	3/8	0,64
19	90	65	95	16	4	3/8	0,79
25	100	75	105	16	4	3/8	0,92
32	120	90	125	20	4	1/2	1,63
38	130	100	135	20	4	1/2	1,89
50	140	110	145	20	4	1/2	2,09
65	160	130	165	20	4	1/2	2,63
76	190	150	195	25	4	5/8	4,6
(90)	200	160	205	25	4	5/8	4,85
100	210	170	215	25	4	5/8	5,19
125	240	200	245	25	8	5/8	6,42
150	255	225	270	25	8	5/8	7,31
200	320	280	325	25	8	5/8	9,75

Таблица 166

Бабышка стальная, приварная, под шпильки для условных проходов от 10 до 200 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 230)

(проект ОСТ)

Проход условный d_0	D	D_1	D_0	b	Отверстия для шпилек		Вес 1 шт. кг
					число	диаметр дюймы	
10	90	60	90	20	4	1/3	1,02
13	95	65	100	20	4	1/3	1,13
19	105	75	110	20	4	1/3	1,35
25	115	85	120	20	4	1/3	1,53
32	140	100	145	25	4	1/2	2,91
38	150	110	155	25	4	5/8	3,3
50	165	125	170	25	4	5/8	3,89
65	185	145	190	25	4	5/8	4,72
76	200	160	205	25	4	5/8	5,4
(90)	210	170	215	25	8	5/8	5,53
100	220	180	225	25	8	5/8	5,9
125	250	210	255	25	8	5/8	7,2
150	285	240	295	30	8	3/4	10,79
200	340	295	350	30	8	3/4	14,24

Таблица 167

Бабышка стальная под шпильки, приклепываемая к аппарату, для условных проходов от 10 до 200 ат. Давление условное от 2,5 до 6 ат (фиг. 231)

Проход условный d_0	D	D_1	D_0	b	s	Отверстия для шпилек		d_1	Заклепки			Вес 1 шт. кг
						число	диаметр дюймы		диаметр отверстия	число	диаметр мм	
10	75	50	80	20	15	4	5/8	45	12	4	11,5	0,71
13	80	55	85	20	15	4	5/8	50	12	4	11,5	0,80
19	90	65	95	20	15	4	5/8	60	12	4	11,5	0,98
25	100	75	105	20	15	4	5/8	65	17	4	16,5	1,13
32	120	90	125	25	20	4	1/2	75	17	4	16,5	2,10
38	130	100	135	25	20	4	1/2	85	17	4	16,5	2,45
50	140	110	145	25	20	4	1/2	95	14	8	13,5	2,70
65	160	130	165	25	20	4	1/2	115	14	8	13,5	3,37
76	190	150	195	30	24	4	5/8	135	17	8	16,5	4,72
(90)	200	160	205	30	24	4	5/8	145	17	8	16,5	6,04
100	210	170	215	30	24	4	5/8	160	20	8	19	6,44
125	240	200	245	30	24	8	5/8	185	20	8	19	7,90
150	265	225	270	30	24	8	5/8	220	20	8	19	8,91
200	320	280	325	30	24	8	5/8	265	17	16	16,5	11,70

Таблица 168

Бабышка стальная под шпильки, приклепываемая к аппарату, для условных проходов от 25 до 200 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 231)

(проект ОСТ)

Проход условный d_0	D	D_1	D_0	b	s	Отверстия для шпилек		d_1	Заклепки			Вес 1 шт. кг
						число	диаметр дюймы		диаметр отверстия	число	диаметр мм	
10	90	60	95	25	20	4	1/2	55	14	4	13,5	1,28
13	95	65	100	25	20	4	1/2	60	14	4	13,5	1,41
19	105	75	110	25	20	4	1/2	70	17	4	16,5	1,70
25	115	85	120	25	20	4	1/2	75	17	4	16,5	2,00
32	140	100	145	30	24	4	5/8	95	20	4	19	3,62
38	150	110	155	30	24	4	5/8	100	20	4	19	4,03
50	165	125	170	30	24	4	5/8	100	17	8	16,5	4,74
65	185	145	190	30	24	4	5/8	125	17	8	16,5	5,75
76	200	160	205	30	24	4	5/8	140	17	8	16,5	6,51
(90)	210	170	215	30	24	8	5/8	150	20	8	19	6,92
100	220	180	225	30	24	8	5/8	160	20	8	19	7,30
125	250	210	255	30	24	8	5/8	190	23	8	22	8,97
150	285	240	295	35	28	8	3/4	220	23	8	22	13,05
200	340	295	350	35	28	8	3/4	270	20	16	19	16,79

Таблица 169

Бабышка чугунная под шпильки для условных проходов от 10 до 200 мм.
Давление условное 2,5—6 ат (фиг. 232)

(проект ОСТ)

Пролод услов- ный d_0	D	D_1	D_2	b	s	Отверстия для шпильки		d_1	Заклепки			Вес 1 шт. кг
						число	диам- метр дюймы		диаметр отверстия	число	диам- метр дюймы	
10	75	50	80	22	18	4	3/8	45	12	4	11,5	0,71
13	80	55	85	22	18	4	3/8	50	12	4	11,5	0,88
19	90	65	95	25	18	4	3/8	60	12	4	11,5	1,24
25	100	75	105	25	18	4	3/8	65	17	4	16,5	1,50
32	120	90	125	30	22	4	1/2	75	17	4	16,5	2,54
38	130	100	135	30	22	4	1/2	85	17	4	16,5	2,93
50	140	110	145	30	22	4	1/2	95	14	8	13,5	3,24
65	160	130	165	30	22	4	1/2	115	14	8	13,5	4,04
76	190	150	195	35	28	4	5/8	135	17	8	16,5	6,66
(90)	200	160	205	35	28	4	5/8	145	17	8	16,5	7,01
100	210	170	215	35	28	4	5/8	160	20	8	19	7,46
125	240	200	245	35	28	8	5/8	185	20	8	19	9,20
150	265	225	270	35	28	8	5/8	220	20	8	19	10,45
200	320	280	325	35	28	8	5/8	265	17	16	16,5	13,65

Таблица 170

Бабышка чугунная под шпильки, прикрепляемая к аппарату заклепками,
для условных проходов от 10 до 200 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 232)

(проект ОСТ)

Пролод услов- ный d_0	D	D_1	D_2	b	s	Отверстия для шпильки		d_1	Заклепки			Вес 1 шт. кг
						число	диам- метр дюймы		диаметр отверстия	число	диам- метр дюймы	
10	90	60	95	30	22	4	1/2	55	14	4	13,5	1,53
13	95	65	100	30	22	4	1/2	60	14	4	13,5	1,69
19	105	75	110	30	22	4	1/2	70	17	4	16,5	2,03
25	115	85	120	30	22	4	1/2	75	17	4	16,5	2,40
32	140	100	145	35	28	4	5/8	95	20	4	19	4,22
38	150	110	155	35	28	4	5/8	100	20	4	19	4,70
50	165	125	170	35	28	4	5/8	100	17	8	16,5	5,51
65	185	145	190	35	28	4	5/8	125	17	8	16,5	6,67
76	200	160	205	35	28	4	5/8	140	17	8	16,5	7,59
(90)	210	170	215	35	28	8	5/8	150	20	8	19	8,08
100	220	180	225	35	28	8	5/8	160	20	8	19	8,51
125	250	210	255	35	28	8	5/8	190	23	8	22	10,48
150	285	240	295	40	32	8	3/4	220	23	8	22	14,95
200	340	295	350	40	32	8	3/4	270	20	16	19	19,87

Таблица 171

Бабышка фланцевая, литая, под заводные болты для условных проходов от 25 до 300 мм. Давление условное от 2,5 до 6 ат (фиг. 233)

(проект ОСТ)

Пролод услон- ный d_0	d	D	d_1	D_1	D_2	D_3	b	b_1	b_2	a	a_1	h	h_1	f	Болты		Вес 1 шт. кг
															число	диам- метр дюймов	
25	80	100	60	75	165	230	55	22	20	12	28	10	12	2	4	8/8	5,34
32	80	120	70	90	185	250	65	22	25	15	28	14	15	3	4	1/2	7,04
38	100	130	80	100	200	290	65	25	25	16	28	14	15	3	4	1/2	8,46
50	100	140	90	110	215	290	65	25	25	15	28	14	15	3	4	1/2	9,6
65	125	160	110	130	235	310	65	25	25	15	28	14	15	3	4	1/2	12,85
76	140	190	128	150	270	350	70	25	25	18	32	16	18	3	4	5/8	18,98
(90)	150	200	138	160	280	360	70	25	30	18	32	16	18	3	4	5/8	19,78
100	160	210	148	170	290	370	70	25	30	18	32	16	18	3	4	5/8	23,08
125	200	240	178	200	320	400	75	28	30	18	32	16	18	3	8	5/8	25,62
150	220	265	202	225	350	435	75	28	30	18	32	16	18	3	8	5/8	29
200	280	320	258	280	405	490	75	30	30	18	32	16	18	3	8	5/8	37,62
250	340	375	312	335	465	555	80	30	30	18	32	16	18	4	12	5/8	53,6
300	380	440	365	395	530	620	85	30	30	22	38	18	22	4	12	3/4	73,91

Таблица 172

Бабышка фланцевая, литая, под заводные болты для условных проходов от 25 до 300 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 233)

(проект ОСТ)

Пролод услон- ный d_0	d	D	d_1	D_1	D_2	D_3	b	b_1	b_2	a	a_1	h	h_1	f	Болты		Вес 1 шт. кг
															число	диам- метр дюймов	
25	80	115	68	85	180	245	60	25	20	15	28	14	15	2	4	1/2	7,3
32	85	140	78	100	205	270	70	25	20	18	32	16	18	3	4	5/8	9,96
38	100	150	88	110	220	290	70	25	20	18	32	16	18	3	4	5/8	12,2
50	110	165	102	125	240	315	75	28	20	18	32	16	18	3	4	5/8	17,7
65	140	185	122	145	260	335	75	28	20	18	32	16	18	3	4	5/8	20,9
76	150	200	138	160	280	360	75	28	25	18	32	16	18	3	4	5/8	23,4
(90)	170	210	148	170	290	370	75	28	25	18	32	16	18	3	8	5/8	24,2
100	180	220	158	180	300	380	75	29	25	18	32	16	18	3	8	5/8	25,4
125	210	250	188	210	330	410	80	28	25	18	32	16	18	3	8	5/8	34,7
150	230	285	212	240	370	455	80	28	30	22	38	18	22	3	8	5/8	44,2
200	295	340	268	295	425	510	85	30	30	22	38	18	22	3	8	3/4	61
250	340	395	320	350	485	570	85	30	30	22	38	18	22	4	12	3/4	73,7
300	380	445	370	400	535	625	85	30	30	22	38	18	22	4	12	3/4	86,6

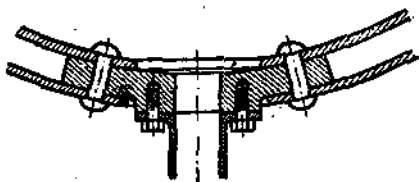
7) в табл. 171 (фиг. 233) — бабышки фланцевые, чугунные, литые, приклепываемые к аппарату под заводные болты для условного давления от 2,5 до 6 ат и для условных проходов от 25 до 300 мм;

8) в табл. 172 (фиг. 233) — то же, что и в п. 7, но для условных давлений в 10 ат.

Для бабышек по пп. 7 и 8 проект ОСТ предлагает брать диаметр и количество заклепок в зависимости от толщины обечайки аппарата. В литых же сосудах бабышка отливается заодно с аппаратом.



Фиг. 234.

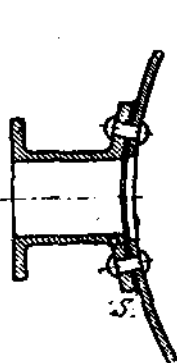


Фиг. 235.

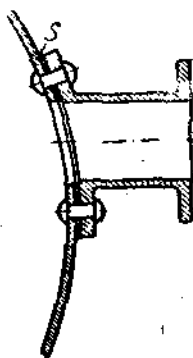
Для всех чугунных бабышек берется прокладка стальная Ст. 0 толщиной 3 мм для подчеканки.

Присоединительные размеры у всех бабышек, как под шпильки, так и под заводные болты: для условного давления от 2,5 до 6 ат — по ОСТ 745, а для условного давления 10 ат — по ОСТ 746.

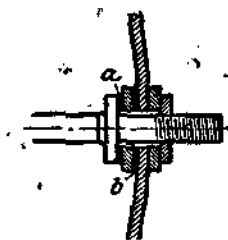
Все бабышки могут быть трех типов, а именно — для прикрепления к поверхности аппарата: плоской, цилиндрической или шаро-



Фиг. 236.



Фиг. 237.



Фиг. 238.

вой; радиус R последних делается в зависимости от размеров аппарата.

Весы во всех таблицах указаны для бабышек типа А в кг; все размеры даны в мм.

Материал бабышек по пп. 1—4 — сталь марки Ст. 0.

Фиг. 234 показывает промежуточный фланец, приклепываемый между двумя стенками корпуса сосуда или выпуклых днищ его. Фланец служит для укрепления при помощи нарезки отводящей трубы, которая в необходимых случаях снабжается для большей надежности скреплений муфтой или контргайкой. Такое ввинчи-

вание трубы рекомендуется лишь в тех случаях, когда внутри сосуда избыточное давление очень низкое или вовсе отсутствует.

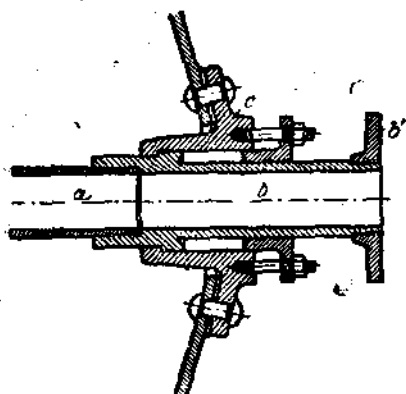
На фиг. 235 дан такой же промежуточный фланец, но с выступом для болтов прилегающего фланца трубы. Такая форма годна также для более высоких избыточных давлений внутри сосудов, равно как и для цилиндрических изогнутых стен.

На фиг. 236 изображен литой штуцер с искривленным приклепываемым к стенке сосуда фланцем с промежуточным включением в виде чеканенной железной шайбы. Конечно, и у такого штуцера можно применить ровный приклепываемый фланец с использованием в этом случае массивного чеканенного кольца.

Фиг. 237 показывает такой же штуцер, как и на фиг. 236, с той лишь разницей, что таковой приклепан не в радиальном направлении, а несколько смещенным. Необходимость в устройстве такого смещенного приклепанного фланца или штуцера может появиться тогда, когда нужно избежать скопления воды, например в нижней части лежащих резервуаров.

Для труб, проведенных через стенки аппаратов, употребляют по возможности конструкции согласно фиг. 225—227. В некоторых случаях (при низком давлении в сосуде) является достаточным выполнение конструкций по фиг. 238, где к трубе, как видим, приваривается фланец, который лежит против выпуклой шайбы; в местах *a* и *b* кладется по одной уплотняющей прокладке, затем снаружи помещаются вогнутая шайба и контргайка. Сальников при таких трубах, проходящих через стенки, следует избегать. Показанный на фиг. 239 пример относится к такому случаю, когда соединение между трубой *a* и штуцером *b* с помощью газовой нарезки является возможным и вполне достаточным, так как здесь такое свинчивание паронепроницаемо. Это соединение получается после вставления штуцера. Последний опирается своим кольцевым выступом на кольцевой выступ наружного тела *c*, а фланец *b'* навинчивается на штуцер (см. ниже главу: „Соединения, проходящие в т. д. для стенок сосудов“ — часть II). Почти все эти соединения значительно упрощаются, если их выполнять сваркой, что, конечно, возможно, когда сварным швам не угрожает коррозия и т. д.

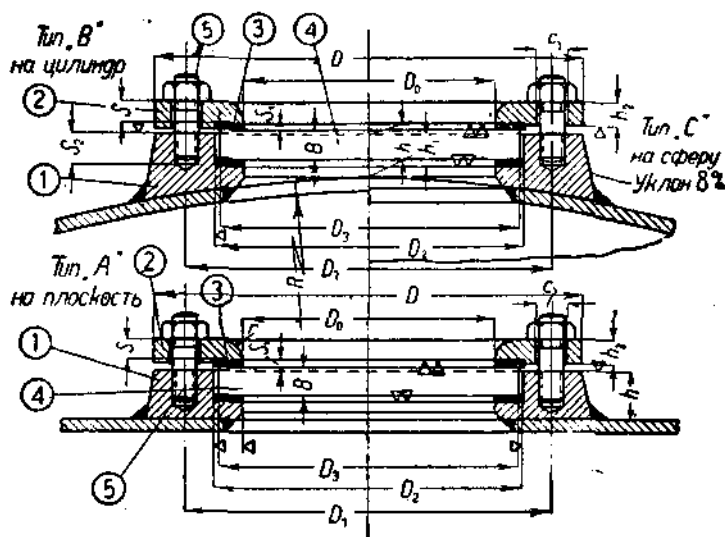
Как известно, целый ряд аппаратов нуждается для наблюдений за ходом физико-химического процесса внутри их в смотровых окнах. К такой химической аппаратуре относятся, например, выпарные аппараты, реакционные аппараты, кристаллизаторы, нутч-фильтры, некоторые типы испарителей, мешатели и смесители и т. д., которые имеют применение во всей химической промышленности, как-то: основной, пищевой, сахарной и пр., а также смежных с ней отраслях промышленности, например, бумажной и т. д.



Фиг. 239.

Приводим в табл. 173—181¹ конструктивные данные о смотровых окнах, которые соответственно изображены на фиг. 240—248. Эти окна можно разбить на две группы: круглые с диаметрами в свету: 100, 150 и 200 мм и продольные смотровые окна размерами в свету: 200×60 , 300×60 и 400×80 мм. Кроме того они разбиты на:

- 1) стальные приварные—круглые и продольные (табл. 173 и 178);
- 2) стальные на заклепках—круглые и продольные (табл. 174 и 179);
- 3) чугунные приливные, круглые в двух вариантах и продольные (табл. 175, 177 и 180);



Фиг. 240.

- 4) чугунные на заклепках—круглые и продольные (табл. 176 и 181).

Продольные смотровые окна имеются в виду для тех аппаратов, где требуется наблюдение за изменением столба жидкости по длине аппарата.

Стальные приварные и на заклепках окна, а также чугунные на заклепках, состоят из круглой или продольной бабышки, укрепляемой к аппарату, с выточенным углублением для закладки стекла. Закладываемое прозрачное стекло накрывается круглым, плоским кольцом или плоской рамкой и затягивается шпильками. Для достижения необходимой плотности и герметичности между стеклом и металлическими деталями кладут прокладки. У смотровых же окон чугунных—приливных—все то же, но только вместо прикрепляемой к аппарату бабышки здесь имеется горловина, являющаяся приливом в стенке чугунного аппарата.

¹ Разработаны в Экихимаш.

Таблица 173

Смотровое стальное приварное окно (круглое) (фиг. 240)
(проект ОСТ)

Диаметр в свету	1					2					8			4			5		Вес 1 компенсационного аппарата, типа А, кг	Бабшка компенсационного аппарата, толщиной до
	Бабшка Ст. 0					Кольцо Ст. 0					Прокладка — резина			Стекло			Шпильки			
	D ₀	D ₁	D ₂	k	h ₁	s ₂	h ₂	s	c	r	D ₃	s ₁	B	D ₄	D ₅	B	число			
																		Дiam. дюйма		
100	210	170	125	30	16	22	14	12	18	10	125	5	2	120	15	4	8,9	30 мм		
150	265	225	190	30	20	22	16	14	18	10	190	5	2	185	20	8	13,14	18 "		
200	320	280	245	35	25	22	20	18	18	10	245	5	2	240	25	8	19,6	16 "		

Пример обозначения. Для смотрового сварного окна типа В, $D_0 = 150$, $R = 600$:
Смотровое сварное окно В — 150—600. ОСТ...

Таблица 174

Смотровое стальное окно на заклепках (круглое) (фиг. 241)
(проект ОСТ)

Диаметр в свету	1						2						3		4		5		6		Вес 1 компл. типа А кг
	Бабшка Ст. 0						Кольцо Ст. 0						Прокладка — резина		Стекло		Шпильки		Заклепки		
	D ₀	D ₁	D ₂	k	h ₁	s ₂	D ₁	h ₂	s	c	r	D ₃	s ₁	B	D ₄	D ₅	число дюймов	число	число		
100	125	260	310	30	16	22	210	170	14	12	18	10	125	5	2	120	15	4	16,5	16	
150	190	325	380	30	20	22	265	225	16	14	18	10	190	5	2	185	20	8	16,5	20	
200	245	400	480	35	25	22	320	280	20	18	18	10	245	5	2	240	25	8	22	20	

Бабшка компенсирует стенку аппарата толщиной до 18 мм.

Пример обозначения. Для смотрового окна на заклепках типа В, $D_0 = 150$, $R = 600$:
Смотровое окно на заклепках В — 150—600. ОСТ...

Table 176

Смотровое чугунное приливное окно. Вариант 1-й (круглое) (фиг. 242)
(проект ОСТ)

Диаметр в свету	1						2			3			4		Шлифы			
	Горловина						Кольцо чл ₁₂			Прокладка — резина			Стекло					
	D ₀	D	D ₁	D ₂	h	h ₁	S ₂	h ₂	S	c	r	D ₃	s ₁	число		D ₅	B	
																		диаметр двойн
100	210	170	125	45	30	28	30	15	18	10	10	125	5	2	120	15	5/8	4
150	265	225	190	60	40	28	35	18	18	10	10	190	5	2	185	20	5/8	8
200	320	280	245	70	50	28	45	20	18	10	10	245	5	2	240	25	5/8	8

Примечание: 1. Материя годковины тот же, что и аллэрта.

3. Прямой торговый компенсирует стенку аппарата до 20 м.м.

Пример обозначения. Для смотрового чугунного окна типа В, $D_0 = 150$, $R = 600$:
Смотровое чугунное привинное окно В — 150 — 600. ОСТ...

Таблица 178

Смотровое чугунное окно на заклках (круглов) (фиг. 243)
(проект ОСТ)

Диаметр в свету	1						2						3			4		5		6		Вес 1 ком- плекта типа А кг
	Бабьша ЧДЗ						Кольцо ЧДЗ						Прокладка—резина			Стекло		Шпатель		Защелки		
	D _к	D _д	D _н	h	h ₁	b	s _k	D	D ₁	h ₂	s	c	r	D ₂	s ₁	число	D ₃	B	диаметр дюймов	число	диаметр число	
100	125	260	310	40	28	22	28	210	170	22	15	18	10	125	5	2	120	15	5/8	4	16,5	16
150	190	325	380	50	32	28	28	265	225	28	18	18	10	190	5	2	185	20	5/8	8	16,5	20
200	245	400	480	55	38	35	28	320	280	30	20	18	10	245	5	2	240	25	5/8	8	22	20
245	300	460	540	60	42	38	30	340	300	35	22	20	10	300	5	2	280	30	5/8	8	22	20

Бабышка компенсирует стенку аппарата до 12 мм.

Пример обозначения. Для смотрового чужуного окна на заклелках типа В, $D_0 = 150$, $R = 600$:
Смотровое чужуное окно на заклелках В--105--600. ОСТ...

Смотровое чугунное приливное окно Вариант II-й (круглое) (Фиг. 244)
(проект ОСТ)

Диаметр в свету	1					2					3		4		5	
	Горловина					Кольцо ЧЛР					Прокладка—резина		Стекло		Шпильки Ст. 3-	
D_0	D	D_1	D_2	h	h_1	s_2	h_2	s	c	r	D_3	s_1	D_4	B	диаметр дюймов	число
100	210	170	150	40	2	28	20	18	18	10	150	5	2	150	5/8	4
150	265	225	200	45	2	28	22	20	18	10	200	5	2	200	5/8	8
200	320	280	260	50	2	28	24	22	18	10	260	5	2	260	5/8	8

Примечания: 1. Материал горловины тот же, что и аппарата.

2. Прилив горловины компенсирует стенку аппарата до 20 мм.

Пример обозначения. Для смотрового чугунного, приливного окна типа В, $D_0 = 150$, $R = 600$:

Смотровое чугунное приливное окно В—150—600. ОСТ...

Таблица 178

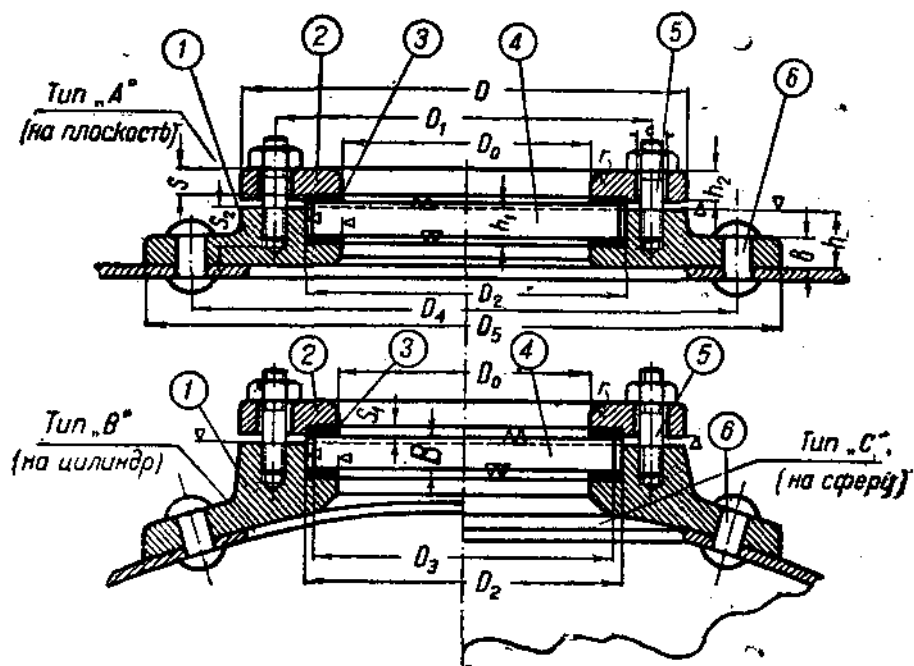
Смотровое стальное окно продольное (приварное) (Фиг. 245)

(проект ОСТ)

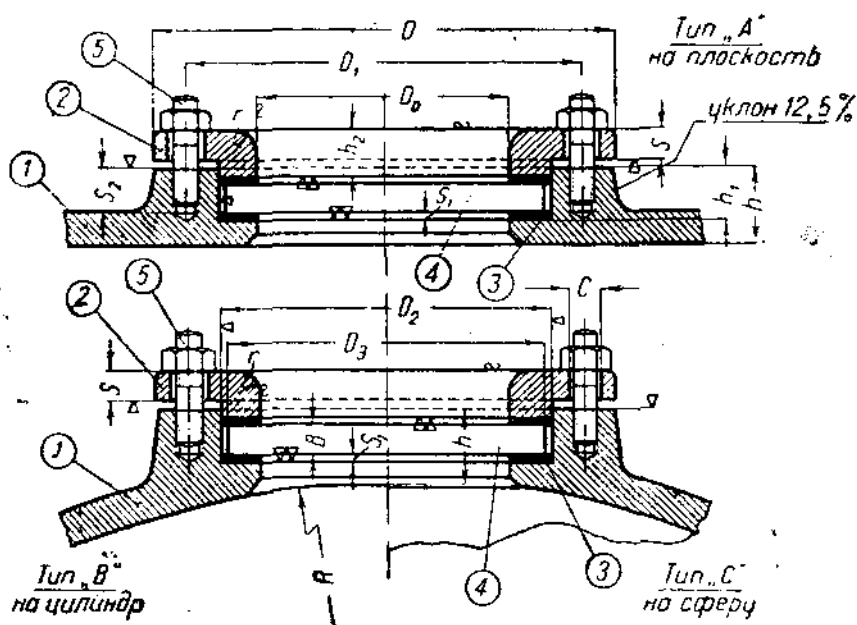
Размер в свету	1										2					3			4		5		Вес 1 ком- плекта кг	Балышка компенси- рует стенку аппарата до 10 мм	
	Балышка Ст. 0										Рамка Ст. 0					Стекло			Прокладка — резина		Шпильки				
	L_0	L_1	L_2	x	L_4	m_0	m_1	m_2	m_3	h	h_1	h_2	L_3	b	b_1	c	L	m	B	S	число	диам. дюймов			длина число
200×60	200	230	140	60	350	60	90	130	180	35	23	22	320	12	10	18	225	85	20	5	2	5/8	60	8	16
300×60	300	230	240	75	480	60	90	130	180	35	23	22	420	15	13	18	325	85	20	5	2	5/8	70	8	18,5
400×80	400	430	320	80	590	80	110	150	200	40	28	22	520	15	13	18	425	105	25	5	2	5/8	70	12	29

Пример обозначения. Для смотрового сварного окна размерами 300 × 60, $R = 500$:

Смотровое сварное окно 300 × 60, $R = 500$. ОСТ...



Фиг. 241.



Фиг. 242.

Таблица 179

Смотровое стальное окно продольное (на заклепках)
(проект ОСТ) (фиг. 246)

Размер в свету	1																	
	Бабышка Ст. 0																	
	$L_0 \times M_0$	L_0	L_1	L_2	x	L_4	L_5	L_6	M_0	M_1	M_2	M_4	M_5	M_6	h	h_1	h_2	h_3
200 × 60	200	230	140	60	350	420	470	60	90	130	180	250	300	35	23	22	20	
300 × 60	300	330	240	75	480	560	620	60	90	130	180	260	320	35	23	22	20	
400 × 80	400	430	320	80	590	670	730	80	110	150	200	280	340	40	28	22	25	

Пример обозначения. Для стального смотрового окна на заклепках размерами в свету
Смотровое стальное окно на заклепках 300 × 60, R = 500. ОСТ...

Таблица 180

Смотровое чугунное продольное приливное окно
(проект ОСТ) (фиг. 247)

Размер в свету	1											
	Бабышка											
	$L_0 \times M_0$	L_0	L_1	L_2	x	L_4	M_0	M_1	M_2	M_3	h	h_1
200 × 60	200	230	140	65	360	60	90	130	180	50	23	28
300 × 60	300	230	240	70	470	60	90	130	180	60	23	28
400 × 80	400	430	320	75	580	80	110	150	200	70	28	28

Пример обозначения. Для смотрового чугунного приливного окна размером в свету
Смотровое чугунное приливное окно 300 × 60, R = 500. ОСТ...

Таблица 181

Смотровое чугунное окно продольное (на заклепках)
(проект ОСТ) (фиг. 248)

Размер в свету	1																	
	Бабышка ЧЛ2																	
	$L_0 \times M_0$	L_0	L_1	L_2	x	L_4	L_5	L_6	M_0	M_1	M_2	M_4	M_5	M_6	h	h_1	h_2	h_3
200 × 60	200	230	140	60	350	420	490	60	90	130	180	250	320	35	23	28	25	
300 × 60	300	330	240	75	480	560	640	60	90	130	180	250	340	35	23	28	25	
400 × 80	400	430	320	80	590	670	750	80	110	150	200	280	360	45	28	28	25	

Пример обозначения. Для смотрового чугунного окна на заклепках 300 × 60, R = 500;
Смотровое чугунное окно на заклепках 300 × 60 R = 500. ОСТ...

2				3			4		5			6		Вес 1 комплекта кг	Бабышка компенсирует стенку аппарата до 15 мм
Рамка Ст. 0				Стекло			Прокладка резина		Шпильки			Заклепки			
L ₂	b	b ₁	c	L	M	b	s	число	диаметр дюймы	длина	число	диаметр	число		
320	12	10	18	225	85	20	5	2	5/8	65	8	16,5	14	24	
420	15	13	18	325	85	20	5	2	5/8	85	8	19,5	14	34	
520	15	13	18	425	105	25	5	2	5/8	55	12	19,5	18	57	

300 × 60, R = 500:

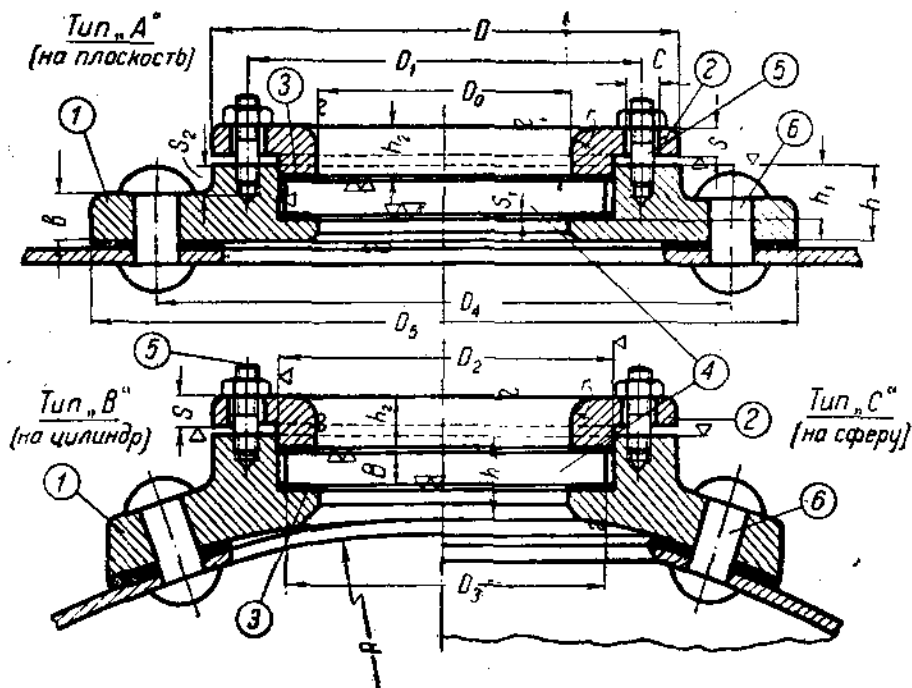
2				3			4		5			Бабышка компен- сирует стенку аппарата до 20 мм
Рамка Ст. 0				Стекло			Прокл.—резина		Шпильки			
L ₂	b	b ₁	c	L	M	B	s	число	диаметр		число	
									дюймы	длина		
320	12	10	18	225	85	20	5	2	5/8	65	8	
420	15	13	18	325	85	20	5	2	5/8	65	8	
520	15	13	18	425	105	25	5	2	5/8	65	12	

300 × 60, R = 500:

2				3			4		5			6		Вес 1 комплекта кг	Бабышка компенсирует стенку аппарата до 10 мм
Рамка Ст. 0				Стекло			Прокладка — резина		Шпильки			Заклепки			
L ₁	b	b ₁	c	L	M	B	s	число	диаметр дюймы	длина	число	диаметр	число		
320	12	10	18	225	85	20	5	2	5/8	65	8	16,5	14	28	
420	15	13	18	325	85	20	5	2	5/8	65	8	13,5	14	40	
520	15	13	18	425	105	25	5	2	5/8	65	12	19,5	18	65	

Конструкция окон такова, что соблюден максимум взаимозаменяемости деталей. Чугунные приливные круглые смотровые окна даны в двух вариантах, так как у одного из них (согласно фиг. 242) преимущество в большем удобстве наблюдения за аппаратом, а у другого (согласно фиг. 244) достоинства в легкости разборки.

Смотровые окна — круглые для всех типов — приведены с возможностью их постановки на плоскость, цилиндр и сферу. Приварные смотровые окна применяются в тех случаях, где допустима их приварка к аппаратам в смысле влияния коррозии на швы. У стальных смотровых окон бабышка и кольцо изготавливаются



Фиг. 243.

из стали марки Ст.0. Шпильки — по ГОСТ 1734 и 1731; гайки для шпилек — по ГОСТ 146 и 147; заклепки — по ГОСТ 301. Все размеры в таблице смотровых окон даны в мм, за исключением диаметров шпилек, указанных в дюймах.

Приведем примеры методов подсчета тех максимальных толщин стенок¹ аппарата, которые еще компенсируются бабышками смотровых окон, имея в виду ослабление этих стенок вырезами под смотровые окна.

1. Для круглого стального приварного смотрового окна (согласно фиг. 240) имеем условие:

$$D_0 \cdot \delta = (D - D_2) h + (D_2 - D_0) (h - h_1);$$

¹ Расчетных, т. е. исключая прибавки на коррозию и имея в виду, что они цельные и не имеют швов.

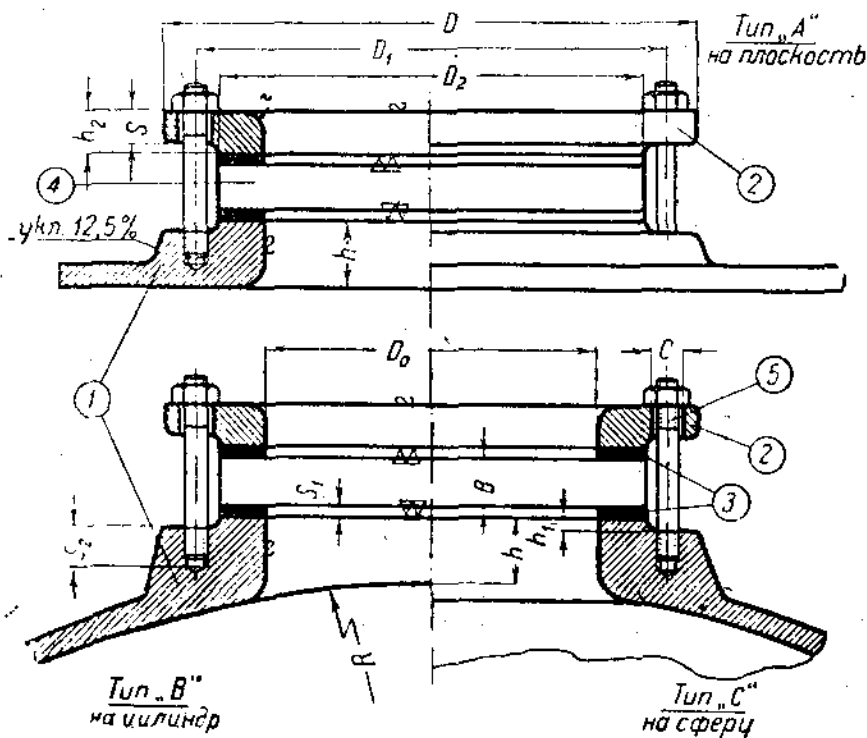
откуда

$$\delta = \frac{(D - D_2)h + (D_2 - D_0)(h - h_1)}{D_0},$$

где δ — толщина компенсируемой стенки данного смотрового окна.

2. Продольное чугунное приливное смотровое окно (фиг. 247).
Задаемся $\delta = 20$ мм и высотой прилива h . Находим x из условия:

$$L_1 \delta = 2(h - \delta)x + (L_1 - L_0)(h - h_1);$$



Фиг. 244.

откуда

$$x = \frac{L_1 \delta - (L_1 - L_0)(h - h_1)}{2(h - \delta)}.$$

3. Продольное смотровое чугунное окно на заклепках (фиг. 248).

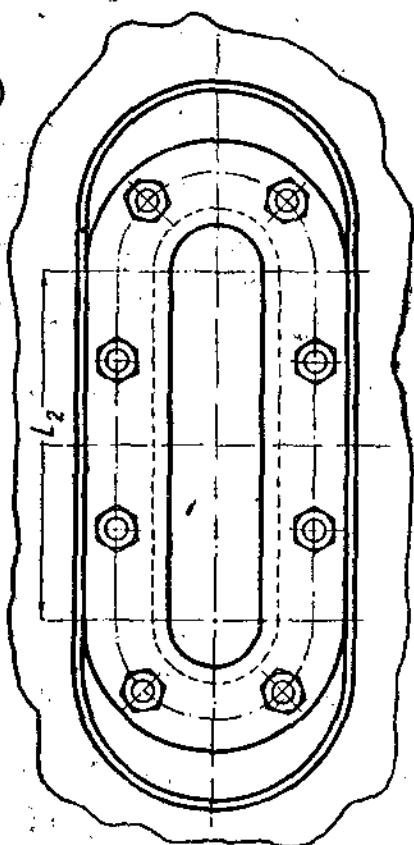
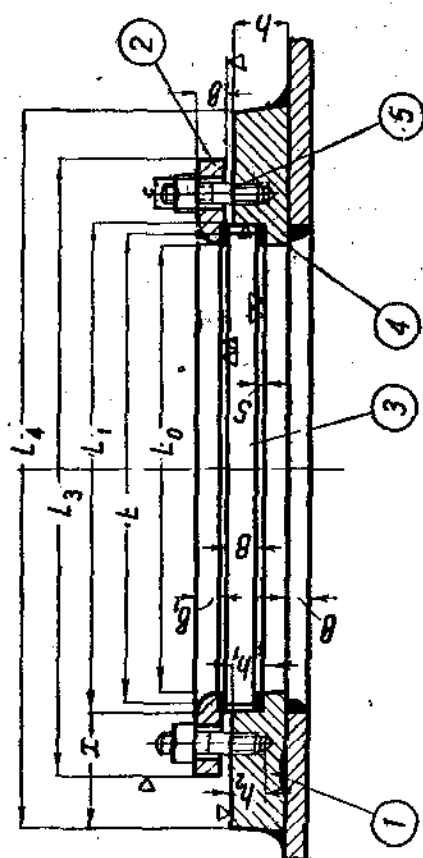
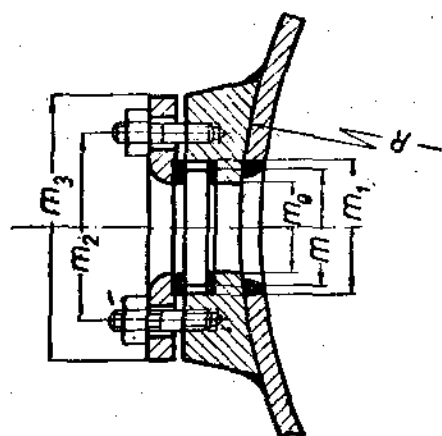
Задаемся высотами бабышки h , h_1 и h_2 , а также берем величину x , полученную ранее, и находим δ :

$$(L_6 - 3d)\delta = (L_6 - L_4)h_2 + 2xh + (L_1 - L_0)(h - h_1);$$

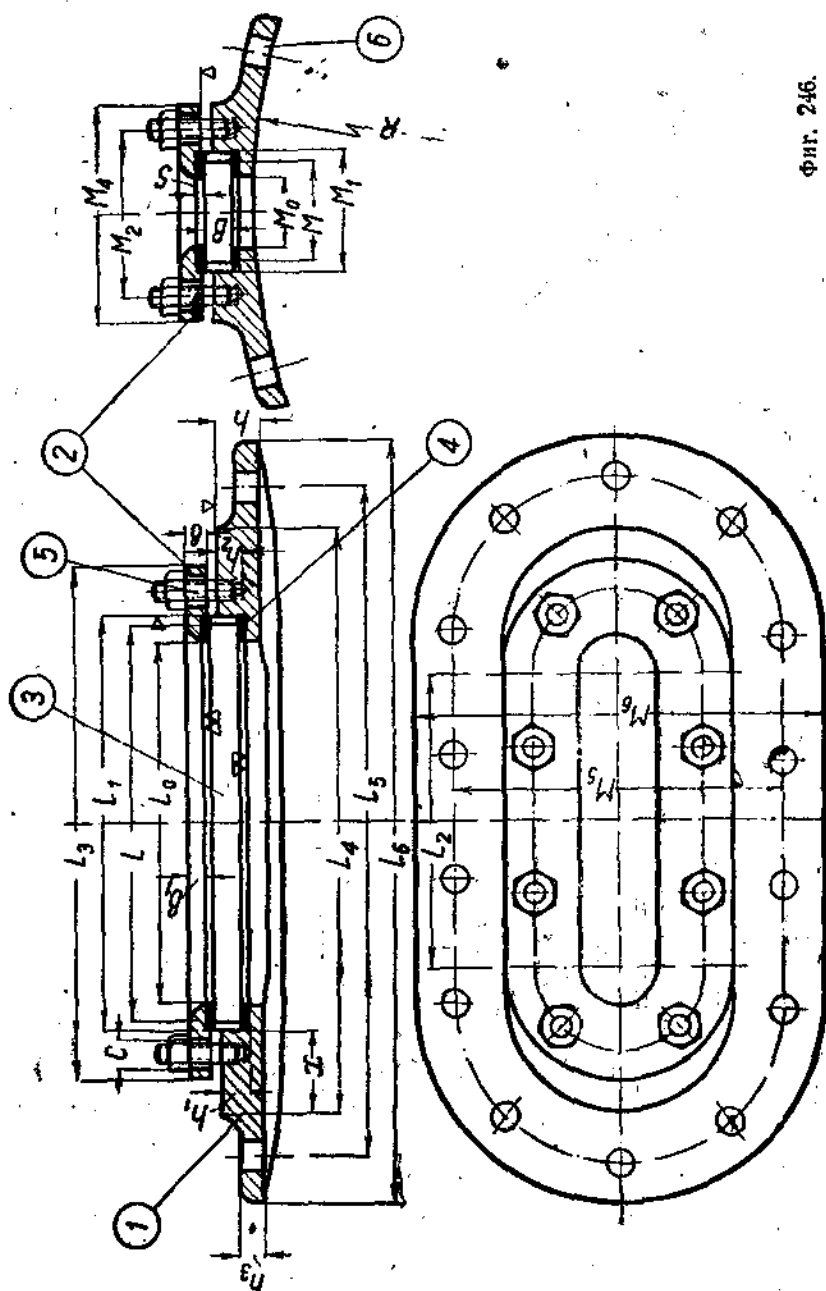
откуда

$$\delta = \frac{(L_6 - L_4)h_2 + 2xh + (L_1 - L_0)(h - h_1)}{L_6 - 3d},$$

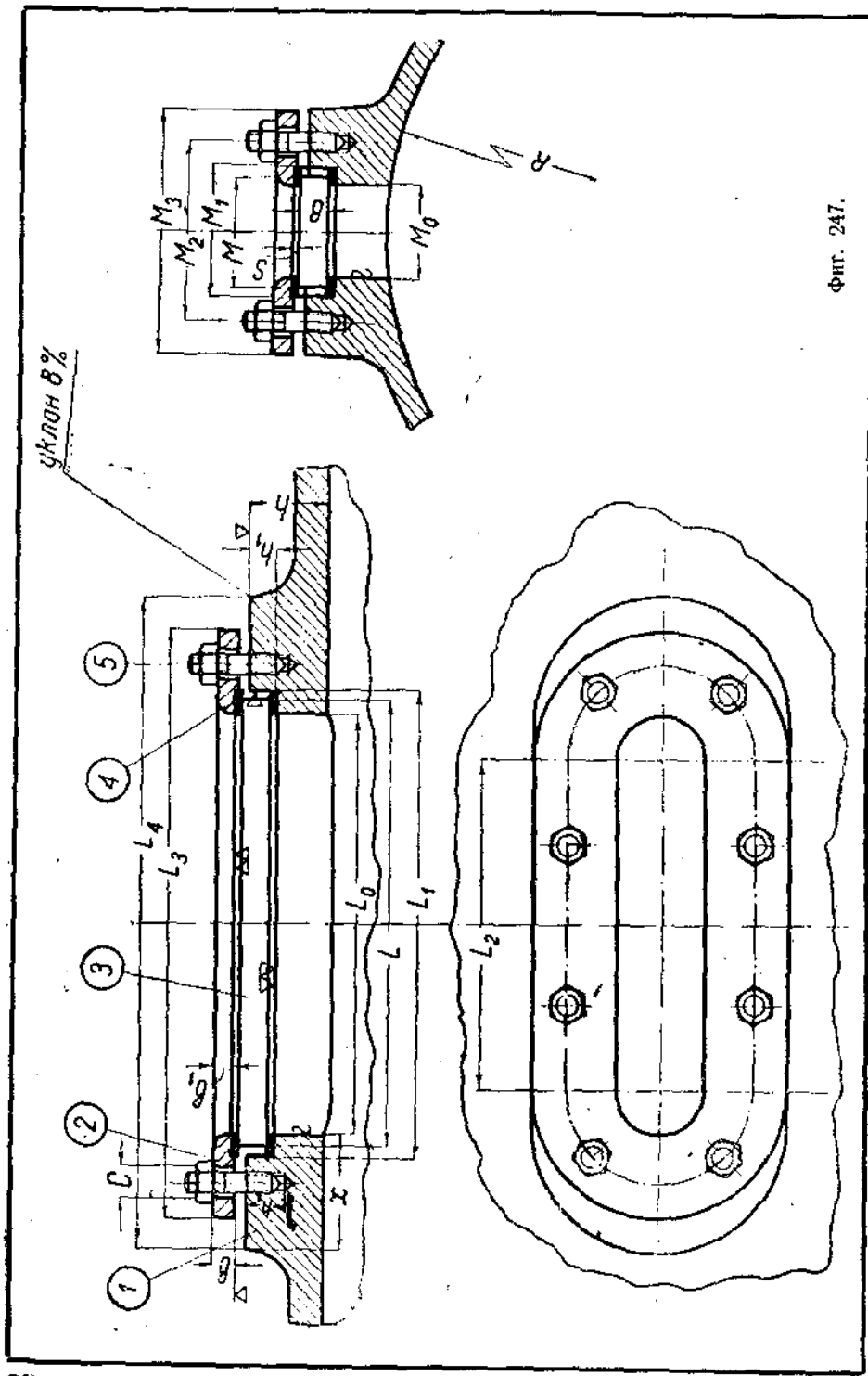
где d — диаметр заклепки для данного смотрового окна.



Фиг. 245.



Фиг. 246.



Фиг. 247.

Во всех таблицах окон указаны толщины стенок, которые компенсируются еще бабышкой этих частей аппарата.

Треугольники на чертежах обозначают обработку, согласно ОСТ 358. При этом все соприкасающиеся с обрабатываемыми поверхностями должны быть достаточно гладкими и обрабатываться чистовыми резцами.

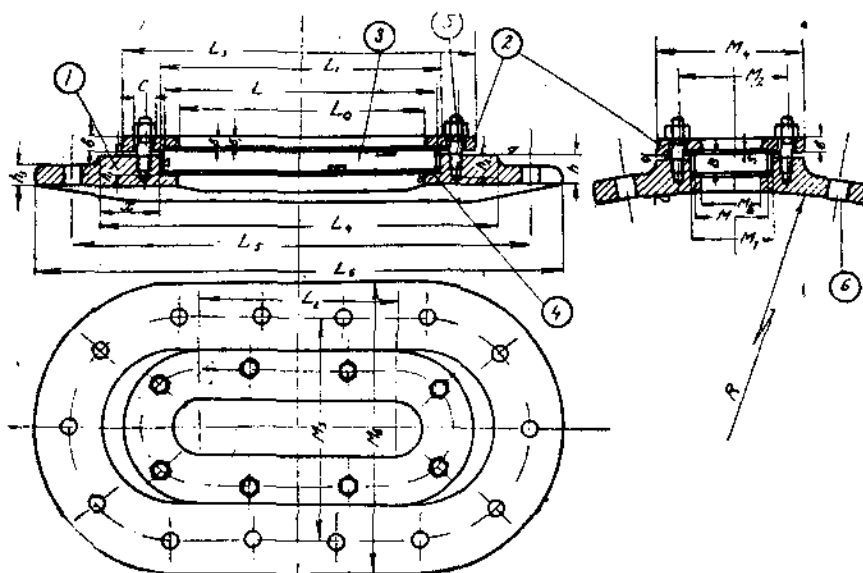
Все места изгибов паропроводов следует получать по возможности гнутьем труб. Стальные трубы при этом должны плотно наполняться сухим песком, будучи закрыты по концам деревянными пробками. Радиусы загибов не должны быть слишком малыми, и нужно избегать изменения формы поперечного сечения в виде вогнутостей или впадин на внутренней стороне и выравни-

Diagram illustrating the forces and moments on a beam segment of length x . The beam is subjected to a distributed load q and a point load P . The segment is divided into two parts: L_1 and L_2 . The coordinate system is defined with the origin at the left end. The internal forces and moments are labeled as M_x and M .

$R \geq 6d$. . . при горячей гибке

$R \geq 9d$ ХОЛОДНОЙ

Для паропроводов газовые трубы не употребляются, за исключением крайних случаев, и то лишь при умеренных избыточных давлениях и размерах труб¹.



Фиг. 248.

¹ Masse und Gewichte von Gasrohr-Passtücken siehe Anhang, Tabelle 114.

Паропроводы должны выполняться так, чтобы места соединений по возможности были доступны хорошему наблюдению за их достаточной плотностью и чтобы отдельные части удобно было вынимать. Для этой цели требуется установление достаточного количества фланцевых соединений.

Начиная с труб с наружным диаметром 48 мм и при давлении выше 8 ат, лучше всего для труб применять фланцевые соединения, равно как и для присоединения фасонных частей, а также арматуры.

В качестве уплотняющих материалов при изготовлении пароприемников и аппаратов применяются, главным образом, следующие:

а) замазки, свинцовый сурик, глицерин, свинцовый глет, мастика и т. д., вложенные совместно с неплотной пенкой, бечевкой, неплотным асбестовым шнуром; при этом необходимо все стягивать, согревать и снова подтягивать; — преимущественно для низких давлений и необработанных или слегка обработанных поверхностей;

б) картон, бумага для рисования, целлюлозные кольца, погруженные в воду или льняное масло;

с) асбест в виде мягких круглых или прямоугольных плотно сплетенных шнуров или вырезанный из асбестовых листов; это хорошо для паров, но непригодно для воды; плотно сплетенные шнуры, обработанные вначале графитовой массой, вполне пригодны для крышечных затворов, подвергающихся часто открыванию;

д) резина и резиновая масса с прибавкой сурового полотна, тонкой проволоки и т. д.;

е) шнуры для лав из резины, хлопчатобумажной ткани, сурового полотна, асбеста с тальком, графитом и других комбинаций;

ф) медь (или алюминий) из листов в виде складки или волнистая, также со вкладками из асбеста в виде обмотки и т. д. или с массивными профилями;

г) свинец самостоятельно или с обкладкой, замазкой или без таковой; чистый мягкий свинец употребляется для часто открывающихся затворов; при этом необходимо сильное стягивание болтов;

h) бронза — уплотняющие линзы для труб.

1. МЕДНЫЕ ЦИЛИНДРЫ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

Если при расчете на прочность стальных пароприемников в пределах приблизительно до 250°C мы не принимали во внимание во все рабочую температуру, то с этим обстоятельством нужно очень считаться для меди, так как с повышением температуры прочность этого металла понижается. В правилах для изготовления пароприемников рекомендуется поэтому вообще избегать применения меди для перегретого водяного пара с температурой 250°C и выше.

В дальнейшем имеется в виду, что все расчеты прочности медных стенок сосудов ведутся при условии, что медь подвергается предварительной обработке крепко до жесткости и без пропусков ударами молотков. Конструкции поэтому должны быть такими, чтобы подобная обработка ударами молотков (прогладка) была всюду возможна. Ввиду того что при всякой обработке (например ударами молотков по медным стенкам с дальнейшим их лужением и т. д.) самые стенки подвергаются утонению, к толщинам стенок необходимо делать прибавку при тонких листах примерно в 1 мм, а при толстых листах — примерно в 0,5 мм.

Согласно ОСТ листы красной меди на отожженных образцах должны удовлетворять следующим нормам: временное сопротивление $K_t \geq 20 \text{ кг/мм}^2$ и относительное удлинение $i \geq 32\%$.

Если более высокая крепость не оговорена особо, то можно принять для меди до температуры в 120°C временное сопротивление растяжению равным 22 кг/мм^2 . При более высоких температурах прочность для каждой 20°C должна браться на 1 кг/мм^2 ниже. На этом основании можем написать:

до 120°C . . . $K = 22 \text{ кг/мм}^2$	до 200°C . . . $K = 18 \text{ кг/мм}^2$
" 140°C . . . $K = 21$	" 220°C . . . $K = 17$
" 160°C . . . $K = 20$	" 240°C . . . $K = 16$
" 180°C . . . $K = 19$	" 250°C . . . $K = 15$

Тогда для расчета толщин стенок медных цилиндров с внутренним избыточным давлением служит та же формула (1), как и для стальных цилиндров, с той лишь разницей, что вместо определенной твердой прибавки на изнашивание ($0,1 \text{ см} = 1 \text{ мм}$) берется изменяющаяся прибавка: $0,2 \cdot (6 - s)$.

Обозначим через:

- s (мм) — толщину стенки цилиндра,
- D (мм) — внутренний диаметр,
- p (кг/см²) — наибольшее рабочее давление,
- K (кг/см²) — временное сопротивление растяжению,
- σ — степень надежности,
- φ — коэффициент прочности шва,

тогда получим:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{200 \cdot K \cdot \varphi} + 0,2 \cdot (6 - s_0). \quad (44a)$$

Здесь s_0 — толщина листа, которая получается самостоятельно из первого слагаемого:

$$s_0 = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{200 \cdot K \cdot \varphi}. \quad (44b)$$

Изменяющаяся прибавка, равная $0,2 \cdot (6 - s_0)$, с возрастанием толщины листа делается меньше и при $s_0 = 6$ обращается в нуль. Начиная с 6 мм, для меди никакой прибавки больше не требуется. Вообще принимается, что вследствие высокой стоимости этого материала толщины листов, большие 6 мм, в практике имеют редкое применение¹.

При $s_0 > 6$ прибавка не становится, однако, отрицательной, а совершенно отпадает, т. е. получается $s = s_0$.

Если же употребляют листы толщиной больше 6 мм, то делают всегда еще прибавку в тех случаях, когда загрузка должна касаться стенки. Если, с другой стороны, медь по роду загрузки и по другим причинам никакому изнашиванию не подвергается, — что может быть установлено соответствующим специалистом, — то для сосудов с давлением и $s_0 < 6$ никакой прибавки, как и в предыдущем, не полагается.

Степень надежности обыкновенно берут $\sigma = 4,5 \div 5$.

Коэффициент прочности шва берется:

при однорядном шве приблизительно	$\varphi = 0,6$
двухрядном	$\varphi = 0,7$
спайке крепким припоем и сварке с надежной накладкой	$\varphi = 0,8$

Для более удобного расчета можно формулу (44a) изменить следующим образом:

$$s = s_0 + 0,2 \cdot (6 - s_0) = 0,8 s_0 + 1,2;$$

откуда

$$s = 0,8 \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{200 \cdot K \cdot \varphi} + 1,2.$$

Вставляя сюда $\sigma = 5$, $K = 22$ и $\varphi = 0,6$, получаем для однорядного заклепочного шва толщины до $s = 6$ мм (до 120°C):

$$s = \frac{0,8 \cdot D \cdot p \cdot 5}{200 \cdot 22 \cdot 0,6} + 1,2 = \frac{D \cdot p}{660} + 1,2 = 0,001515 \cdot D \cdot p + 1,2.$$

На основании этого в табл. 182 рассчитаны первые толщины стенок, включая числа, отпечатанные курсивом; ниже толщины стенок определены без прибавки, т. е. по формуле:

$$s_0 = \frac{D \cdot p \cdot 5}{200 \cdot 22 \cdot 0,6} = \frac{D \cdot p}{528} = 0,00189394 \cdot D \cdot p.$$

¹ Jaeger, Einrichtung und Betrieb der Dampffässer.

Таблица 182

Толщина стенок (в мм) медных цилиндров при внутреннем избыточном давлении для температур до 120° С при однородном заклепочном шве

$\tau = 5$; $K = 22 \text{ кг/мм}^2$; $\varphi = 0,6$

Диаметр D мм	Внутреннее избыточное давление, кг/см ²									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
300	1,65	2,11	2,56	3,02	3,47	3,93	4,38	4,84	5,29	5,75
350	1,73	2,26	2,79	3,32	3,85	4,38	4,91	5,44	5,97	6,58
400	1,81	2,41	3,02	3,62	4,23	4,84	5,44	6,06	6,82	7,58
450	1,88	2,56	3,25	3,93	4,61	5,29	5,97	6,82	7,67	8,52
500	1,96	2,72	3,47	4,23	4,99	5,74	6,63	7,58	8,52	9,47
550	2,03	2,87	3,70	4,53	5,37	6,24	7,29	8,33	9,38	10,42
600	2,11	3,02	3,93	4,84	5,74	6,82	7,95	9,09	10,23	11,36
650	2,18	3,17	4,15	5,14	6,14	7,39	8,62	9,85	11,08	12,31
700	2,26	3,32	4,38	5,44	6,62	7,95	9,28	10,61	11,93	13,26
750	2,34	3,47	4,61	5,75	7,10	8,52	9,94	11,36	12,78	14,21
800	2,41	3,62	4,84	6,06	7,57	9,09	10,61	12,12	13,64	15,15
850	2,49	3,78	5,06	6,44	8,04	9,66	11,27	12,88	14,49	16,10
900	2,56	3,93	5,29	6,82	8,51	10,23	11,93	13,64	15,34	17,05
950	2,64	4,08	5,52	7,20	8,99	10,79	12,60	14,39	16,19	17,99
1 000	2,71	4,23	5,74	7,58	9,46	11,36	13,26	15,15	17,04	18,94
1 050	2,79	4,38	5,97	7,96	9,93	11,93	13,92	15,91	17,90	19,89
1 100	2,87	4,53	6,27	8,33	10,41	12,50	14,58	16,67	18,75	20,83
1 150	2,94	4,68	6,53	8,71	10,88	13,07	15,25	17,42	19,60	—
1 200	3,02	4,84	6,82	9,09	11,35	13,63	15,91	18,18	20,45	—
1 250	3,09	4,99	7,10	9,47	11,83	14,20	16,57	19,70	—	—
1 300	3,17	5,14	7,39	9,85	12,30	14,77	17,24	20,45	—	—
1 350	3,24	5,29	7,67	10,23	12,77	15,34	17,90	—	—	—
1 400	3,32	5,44	7,95	10,61	13,24	15,91	18,56	—	—	—
1 450	3,40	5,59	8,24	10,99	13,72	16,47	19,23	—	—	—
1 500	3,47	5,75	8,52	11,37	14,19	17,04	19,89	—	—	—
1 550	3,55	5,90	8,81	11,75	14,66	17,61	20,55	—	—	—
1 600	3,62	6,06	9,09	12,12	15,14	18,18	—	—	—	—
1 650	3,70	6,25	9,37	12,50	15,61	18,75	—	—	—	—
1 700	3,77	6,44	9,66	12,88	16,08	19,31	—	—	—	—
1 750	3,85	6,63	9,94	13,26	16,56	19,88	—	—	—	—
1 800	3,93	6,82	10,23	13,64	17,03	20,45	—	—	—	—
1 850	4,01	7,00	10,51	14,02	17,50	—	—	—	—	—
1 900	4,08	7,20	10,79	14,40	17,97	—	—	—	—	—
1 950	4,15	7,39	11,08	14,78	18,45	—	—	—	—	—
2 000	4,23	7,57	11,36	15,16	18,92	—	—	—	—	—
2 100	4,38	7,95	11,93	15,91	19,87	—	—	—	—	—
2 200	4,53	8,33	12,50	16,67	20,81	—	—	—	—	—
2 300	4,68	8,71	13,07	17,43	—	—	—	—	—	—
2 400	4,83	9,09	13,63	18,18	—	—	—	—	—	—
2 500	4,99	9,47	14,20	18,94	—	—	—	—	—	—
2 600	5,14	9,85	14,77	19,70	—	—	—	—	—	—
2 700	5,28	10,23	15,34	20,46	—	—	—	—	—	—
2 800	5,44	10,61	15,91	—	—	—	—	—	—	—
2 900	5,59	10,99	16,47	—	—	—	—	—	—	—
3 000	5,74	11,36	17,04	—	—	—	—	—	—	—
3 100	5,89	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 200	6,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 183

Толщина стенок (в мм) медных цилиндров при внутреннем избыточном давлении для температур до 120°С при двухрядном заклепочном шве $\sigma = 5$; $K = 22 \text{ кг/см}^2$; $\varphi = 0,7$

Диаметр <i>D</i> мм	Внутреннее избыточное давление, кг/см ²									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
300	1,59	1,98	2,37	2,75	3,15	3,54	3,93	4,32	4,70	5,09
350	1,66	2,11	2,57	3,01	3,47	3,93	4,38	4,83	5,29	5,74
400	1,72	2,24	2,76	3,26	3,80	4,31	4,83	5,35	5,87	6,49
450	1,79	2,37	2,96	3,52	4,12	4,70	5,29	5,87	6,58	7,31
500	1,85	2,50	3,15	3,78	4,45	5,09	5,74	6,59	7,31	8,12
550	1,92	2,63	3,35	4,04	4,77	5,48	6,25	7,14	8,04	8,93
600	1,98	2,76	3,54	4,30	5,10	5,87	6,82	7,79	8,77	9,74
650	2,05	2,87	3,74	4,55	5,42	6,30	7,39	8,44	9,50	10,55
700	2,11	3,02	3,93	4,81	5,75	6,81	7,95	9,09	10,23	11,36
750	2,18	3,15	4,13	5,07	6,09	7,30	8,52	9,74	10,96	12,17
800	2,24	3,28	4,32	5,33	6,49	7,79	9,09	10,39	11,69	12,99
850	2,31	3,41	4,52	5,59	6,90	8,27	9,66	11,04	12,42	13,80
900	2,37	3,54	4,71	5,81	7,31	8,76	10,23	11,69	13,15	14,61
950	2,44	3,67	4,91	6,16	7,71	9,25	10,79	12,34	13,88	15,42
1 000	2,50	3,80	5,10	6,49	8,12	9,74	11,36	12,98	14,61	16,23
1 050	2,57	3,93	5,30	6,82	8,52	10,22	11,93	13,63	15,34	17,04
1 100	2,63	4,06	5,49	7,14	8,93	10,71	12,50	14,28	16,07	17,86
1 150	2,70	4,19	5,69	7,47	9,34	11,20	13,07	14,93	16,80	19,48
1 200	2,76	4,32	5,88	7,79	9,74	11,68	13,63	15,58	17,53	20,29
1 250	2,83	4,45	6,09	8,12	10,15	12,17	14,20	16,23	18,26	—
1 300	2,89	4,58	6,33	8,44	10,55	12,66	14,77	16,88	18,99	—
1 350	2,96	4,71	6,57	8,77	10,96	13,14	15,34	17,53	19,72	—
1 400	3,02	4,84	6,82	9,09	11,37	13,63	15,91	18,18	20,45	—
1 450	3,09	4,97	7,06	9,42	11,77	14,12	16,47	18,83	—	—
1 500	3,15	5,10	7,31	9,74	12,18	14,61	17,04	19,47	—	—
1 550	3,22	5,23	7,55	10,07	12,58	15,09	17,61	20,13	—	—
1 600	3,28	5,36	7,80	10,39	12,99	15,58	18,18	—	—	—
1 650	3,35	5,49	8,04	10,72	13,40	16,07	18,75	—	—	—
1 700	3,41	5,62	8,28	11,04	13,80	16,55	19,31	—	—	—
1 750	3,48	5,75	8,53	11,37	14,21	17,04	19,88	—	—	—
1 800	3,54	5,88	8,77	11,69	14,61	17,53	20,45	—	—	—
1 850	3,61	6,01	9,02	12,02	15,02	18,01	—	—	—	—
1 900	3,67	6,17	9,26	12,34	15,43	18,50	—	—	—	—
1 950	3,74	6,33	9,50	12,67	15,83	18,99	—	—	—	—
2 000	3,80	6,49	9,75	12,99	16,24	19,48	—	—	—	—
2 100	3,93	6,82	10,23	13,67	17,05	20,45	—	—	—	—
2 200	4,06	7,14	10,72	14,29	17,86	—	—	—	—	—
2 300	4,19	7,47	11,21	14,94	18,67	—	—	—	—	—
2 400	4,32	7,79	11,69	15,59	19,49	—	—	—	—	—
2 500	4,45	8,12	12,18	16,23	20,30	—	—	—	—	—
2 600	4,58	8,44	12,66	16,88	—	—	—	—	—	—
2 700	4,71	8,77	13,15	17,53	—	—	—	—	—	—
2 800	4,84	9,09	13,64	18,18	—	—	—	—	—	—
2 900	4,97	9,42	14,12	18,83	—	—	—	—	—	—
3 000	5,10	9,74	14,61	19,48	—	—	—	—	—	—
3 100	5,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 200	5,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 300	5,49	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 400	5,62	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 500	5,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 600	5,88	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 700	6,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Для двухрядного заклепочного шва получается при $\tau=5$, $K=22$ и $\varphi=0,7$ для толщины до $s=6$ мм (до 120°C):

$$s = \frac{0,8 \cdot D \cdot p \cdot 5}{200 \cdot 22 \cdot 0,7} + 1,2 = \frac{D \cdot p}{770} + 1,2 = 0,0012987 \cdot D \cdot p + 1,2.$$

На основании этого в табл. 183 определены первые толщины стенок, включая числа, отпечатанные курсивом; большие толщины рассчитаны без прибавок по формуле:

$$s_0 = \frac{D \cdot p \cdot 5}{200 \cdot 22 \cdot 0,7} = \frac{D \cdot p}{616} = 0,00162338 \cdot D \cdot p.$$

Табл. 182 и 183 даны только для температур до 120°C . Для более высоких температур существуют формулы:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{200 \left(K - \frac{t - 120}{20} \right) \cdot \varphi} + 0,5,$$

где t — рабочая температура; другие обозначения такие же, как и выше; точно так же в этом случае

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{200 \left(K - \frac{t - 15}{26} \cdot \alpha \right) \cdot \varphi},$$

где α представляет собой падение временного сопротивления меди для каждых 20°C повышения температуры; при этом выше 15°C принимаются за 20° ; все остальные обозначения такие же, как выше.

Вторая формула была установлена в 1914 г., главным образом, для расчета тонкостенных медных цилиндров сушильных и шихтовальных барабанов Международным союзом обществ для наблюдения за паровыми котлами¹. Как наивысшее рабочее давление принято под сомнением равным приблизительно 4 кг/см^2 . Имеются в виду цилиндры бесшовные, паянные крепким припоем или сваренные, вследствие чего можно брать $\varphi=0,8$. Принимая во внимание относительно низкие напряжения пара, можно допустить $\sigma=3,5$. Для пароприемников такое обеспечение является слишком малым.

Обеими этими формулами руководствуются мало и при изготовлении пароприемников можно обойтись без них. Правила изготовления пароприемников предоставляют право, пользуясь выше приведенными степенями K , вести расчеты и для высших температур. Можно эти различные K не вставлять в формулу. Ниже даны в виде множителей прибавки к толщинам стенок для каждой температурной степени.

¹ Z. V. d. I., 1914, S. 1270 ff.

Обозначим через A значения s в табл. 182 и через B те же значения в табл. 183; получаем толщины стенок:

1. Для температуры	до 120°С	...	$s_1 = A$	или	$= B$
2. " "	от 120°С	140°С	...	$s_2 = 1,05A$	" $= 1,05B$
3. " "	"	140°С	" 160°С	...	$s_3 = 1,10A$ " $= 1,10B$
4. " "	"	160°С	" 180°С	...	$s_4 = 1,16A$ " $= 1,16B$
5. " "	"	180°С	" 200°С	...	$s_5 = 1,22A$ " $= 1,22B$
6. " "	"	200°С	" 220°С	...	$s_6 = 1,29A$ " $= 1,29B$
7. " "	"	220°С	" 240°С	...	$s_7 = 1,38A$ " $= 1,38B$
8. " "	"	240°С	" 250°С	...	$s_8 = 1,47A$ " $= 1,47B$

Далее, можно использовать табл. 182 (с $\varphi=0,6$) и табл. 183 (с $\varphi=0,7$) также для определения толщин стенок обечаек, паянных крепким припоем или сваренных, т. е. с $\varphi=0,8$, так как:

$$\begin{aligned} \text{до } 120^\circ\text{С} \dots s'_1 &= \frac{3}{4}A = \frac{7}{8}B \\ \text{от } 120 \text{ " } 140^\circ\text{С} \dots s'_2 &= \frac{3}{4} \cdot (1,05A) = \frac{7}{8} \cdot (1,05B) \\ \text{" } 140 \text{ " } 160^\circ\text{С} \dots s'_3 &= \frac{3}{4} \cdot (1,10A) = \frac{7}{8} \cdot (1,10B) \\ \text{" } 160 \text{ " } 180^\circ\text{С} \dots s'_4 &= \frac{3}{4} \cdot (1,16A) = \frac{7}{8} \cdot (1,16B) \text{ и т. д.} \end{aligned}$$

Строго говоря, эти коэффициенты соответствуют только толщинам s , взятым без прибавки $0,2(6-s_0)$; практически же разница в этом не имеет значения.

2. МЕДНЫЕ ЦИЛИНДРЫ ДЛЯ НАРУЖНОГО ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

Толщина стенки медных цилиндров для наружного избыточного давления может быть рассчитана по формуле Баха для стальных листов, но с применением изменяющейся прибавки, равной $0,2(6-s_0)$. Таким образом получаем:

$$s = \frac{p \cdot D}{2400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \cdot \frac{L}{L+D}} \right) + 0,2 \cdot (6-s_0), \quad (45)$$

где D (мм) — диаметр цилиндра;

L (мм) — длина цилиндра или расстояние действующих опор;

p (кг/см²) — наивысшее рабочее давление;

a — численное значение коэффициента в зависимости от положения цилиндра и выполнения продольного шва.

Берутся:

$$\left. \begin{aligned} a &= 80 \text{ для горизонтальных цилиндров} \\ a &= 50 \text{ для вертикальных цилиндров} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{с продольными швами с наклад-} \\ &\text{кой или сваренными швами} \end{aligned}$$

Здесь также s_0 получается из первого слагаемого формулы, служащей для определения толщины стенки. Прибавка, начиная с $s=6$, отпадает. Так же как и для цилиндров с внутренним избыточным давлением, здесь берут еще прибавку, когда имеется опасность износа. Рекомендуются, однако, при цилиндрах, нагруженных наружным избыточным давлением, для $s < 6$ не отказываться от прибавки даже при условии отсутствия изнашивания.

В табл. 184 и 185 даны толщины стенок снаружи нагруженных медных цилиндров избыточными давлениями от 1 до 4 кг/см²

Таблица 184

Толщина стенок (в мм) медных цилиндров при наружном избыточном давлении для 1 и 2 ат для температур до 120° С

Рассчитано с $a = 80$ для горизонтальных цилиндров и $a = 50$ для вертикальных цилиндров

Диаметр D мм	Горизонтальные цилиндры				Вертикальные цилиндры			
	длина цилиндра, мм				длина цилиндра, мм			
	500	1 000	1 500	2 000	500	1 000	1 500	2 000

Толщина стенок при 1 ат наружного избыточного давления

300	2,01	2,09	2,13	2,14	1,87	1,93	1,95	1,96
400	2,23	2,35	2,39	2,43	2,05	2,14	2,18	2,20
500	2,44	2,60	2,67	2,71	2,22	2,35	2,41	2,44
600	2,62	2,83	2,92	2,98	2,37	2,54	2,61	2,66
700	2,80	3,05	3,17	3,24	2,52	2,72	2,81	2,89
800	2,97	3,27	3,42	3,50	2,67	2,90	3,01	3,09
900	3,13	3,47	3,64	3,75	2,80	3,07	3,20	3,28
1 000	3,28	3,67	3,86	3,98	2,93	3,22	3,39	3,48
1 100	3,44	3,86	4,08	4,23	3,06	3,30	3,57	3,68
1 200	3,58	4,04	4,29	4,46	3,18	3,55	3,74	3,87
1 300	3,72	4,23	4,50	4,68	3,30	3,69	3,91	4,05
1 400	3,86	4,40	4,71	4,90	3,42	3,84	4,09	4,24
1 500	3,99	4,57	4,92	5,11	3,54	3,99	4,25	4,42
1 600	4,12	4,74	5,09	5,32	3,65	4,13	4,40	4,59
1 700	4,25	4,90	5,28	5,53	3,75	4,27	4,57	4,77
1 800	4,37	5,06	5,47	5,74	3,86	4,40	4,72	4,93
1 900	4,49	5,22	5,65	5,94	3,97	4,53	4,87	5,09
2 000	4,60	5,37	5,83	6,14	4,08	4,67	5,03	5,27

Толщина стенок при 2 ат наружного избыточного давления

300	2,42	2,53	2,57	2,60	2,21	2,30	2,34	2,35
400	2,75	2,92	2,99	3,03	2,48	2,63	2,68	2,71
500	3,06	3,27	3,39	3,45	2,76	2,93	3,04	3,06
600	3,35	3,64	3,77	3,84	3,00	3,23	3,34	3,40
700	3,60	3,98	4,14	4,25	3,24	3,51	3,65	3,72
800	3,89	4,29	4,50	4,63	3,47	3,77	3,95	4,05
900	4,14	4,62	4,86	5,01	3,69	4,06	4,24	4,36
1 000	4,39	5,07	5,20	5,38	3,90	4,31	4,54	4,67
1 100	4,62	5,22	5,53	5,73	4,11	4,57	4,80	4,97
1 200	4,86	5,50	5,85	6,09	4,31	4,81	5,08	5,26
1 300	5,09	5,78	6,19	6,49	4,49	5,05	5,35	5,53
1 400	5,29	6,08	6,52	6,97	4,70	5,28	5,61	5,83
1 500	5,51	6,29	6,93	7,36	4,89	5,52	5,87	6,13
1 600	5,73	6,73	7,35	7,75	5,07	5,74	6,12	6,48
1 700	5,92	7,05	7,73	8,17	5,27	5,97	6,46	6,82
1 800	6,17	7,36	8,06	8,55	5,44	6,24	6,77	7,14
1 900	6,40	7,65	8,38	8,89	5,62	6,50	7,07	7,47
2 000	6,68	8,00	8,77	9,34	5,82	6,75	7,36	7,78

Таблица 185

Толщина стенок (в мм) медных цилиндров при наружном избыточном давлении для 3 и 4 ат для температур до 120°С

Рассчитано с $a = 80$ для горизонтальных цилиндров и $a = 50$ для вертикальных цилиндров

Диаметр D мм	Горизонтальные цилиндры				Вертикальные цилиндры			
	Длина цилиндра, мм				Длина цилиндра, мм			
	500	1 000	1 500	2 000	500	1 000	1 500	2 000

Толщина стенок при 3 ат наружного избыточного давления

300	2,76	2,89	2,94	2,97	2,51	2,61	2,66	2,68
400	3,19	3,39	3,48	3,52	2,88	3,04	3,10	3,14
500	3,59	3,87	3,99	4,06	3,23	3,44	3,54	3,59
600	3,97	4,32	4,49	4,58	3,55	3,83	3,95	4,03
700	4,34	4,76	4,97	5,09	3,87	4,20	4,36	4,46
800	3,63	5,18	5,42	5,58	4,18	4,56	4,75	4,87
900	5,02	5,58	5,88	6,08	4,47	4,91	5,13	5,28
1 000	5,34	5,98	6,39	6,67	4,76	5,25	5,52	5,68
1 100	5,66	6,48	6,94	7,24	5,04	5,59	5,88	6,08
1 200	5,96	6,92	7,45	7,80	5,30	5,90	6,29	6,55
1 300	6,33	7,38	7,96	8,45	5,58	6,29	6,76	7,04
1 400	6,72	7,85	8,47	8,90	5,83	6,67	7,17	7,51
1 500	7,06	8,27	8,98	9,41	6,14	7,06	7,60	7,96
1 600	7,42	8,70	9,44	9,94	6,44	7,44	8,02	8,40
1 700	7,76	9,13	9,92	10,43	6,76	7,81	8,48	8,85
1 800	8,10	9,55	10,38	10,94	7,08	8,17	8,82	9,28
1 900	8,45	9,96	10,82	11,45	7,38	8,53	9,25	9,73
2 000	8,78	10,10	11,30	11,95	7,70	8,90	9,63	10,13

Толщина стенок при 4 ат наружного избыточного давления

300	3,07	3,22	3,28	3,31	2,78	2,90	2,95	2,97
400	3,59	3,86	3,91	3,97	3,23	3,41	3,49	3,54
500	4,08	4,39	4,54	4,61	3,66	3,90	4,01	4,07
600	4,54	4,94	5,13	5,22	4,06	4,37	4,52	4,60
700	4,94	5,46	5,69	5,83	4,45	4,91	5,02	5,15
800	5,41	5,97	6,32	6,54	4,84	5,27	5,48	5,63
900	5,82	6,59	7,00	7,26	5,20	5,70	5,95	6,15
1 000	6,28	7,20	7,68	8,00	5,57	6,15	6,52	6,75
1 100	6,76	7,78	8,33	8,64	5,91	6,65	7,09	7,37
1 200	7,24	8,34	8,96	9,34	6,32	7,16	7,62	7,92
1 300	7,74	8,93	9,59	10,13	6,75	7,67	8,19	8,52
1 400	8,17	9,34	10,15	10,74	7,16	8,14	8,70	9,06
1 500	8,62	10,00	10,78	11,30	7,59	8,60	9,22	9,62
1 600	9,08	10,50	11,35	11,98	8,00	9,13	9,75	10,17
1 700	9,49	11,00	11,92	12,53	8,40	9,55	10,25	10,70
1 800	9,93	11,55	12,51	13,20	8,76	10,00	10,74	11,25
1 900	10,36	12,03	13,09	13,79	9,16	10,45	11,26	11,79
2 000	10,76	12,52	13,63	14,40	9,55	10,87	11,72	12,28

Таблица 185

Толщина стенок (в мм) медных цилиндров при наружном избыточном давлении для 3 и 4 ат для температур до 120°C

Рассчитано с $a = 80$ для горизонтальных цилиндров и $a = 50$ для вертикальных цилиндров

Диаметр D мм	Горизонтальные цилиндры				Вертикальные цилиндры			
	Длина цилиндра, мм				Длина цилиндра, мм			
	500	1 000	1 500	2 000	500	1 000	1 500	2 000

Толщина стенок при 3 ат наружного избыточного давления

300	2,76	2,89	2,94	2,97	2,51	2,61	2,66	2,68
400	3,19	3,39	3,48	3,52	2,88	3,04	3,10	3,14
500	3,59	3,87	3,99	4,06	3,23	3,44	3,54	3,59
600	3,97	4,32	4,49	4,58	3,55	3,83	3,95	4,03
700	4,34	4,76	4,97	5,09	3,87	4,20	4,36	4,46
800	4,64	5,18	5,42	5,58	4,18	4,56	4,75	4,87
900	5,02	5,58	5,88	6,08	4,47	4,91	5,13	5,28
1 000	5,34	5,98	6,39	6,67	4,76	5,25	5,52	5,68
1 100	5,66	6,48	6,94	7,24	5,04	5,59	5,88	6,08
1 200	5,96	6,92	7,45	7,80	5,30	5,90	6,29	6,55
1 300	6,33	7,38	7,96	8,45	5,58	6,29	6,75	7,04
1 400	6,72	7,85	8,47	8,90	5,83	6,67	7,17	7,51
1 500	7,06	8,27	8,98	9,41	6,14	7,06	7,60	7,96
1 600	7,42	8,70	9,44	9,94	6,44	7,44	8,02	8,40
1 700	7,76	9,13	9,92	10,43	6,76	7,81	8,43	8,85
1 800	8,10	9,55	10,38	10,94	7,08	8,17	8,82	9,28
1 900	8,45	9,96	10,82	11,45	7,38	8,53	9,25	9,73
2 000	8,78	10,10	11,30	11,95	7,70	8,90	9,63	10,13

Толщина стенок при 4 ат наружного избыточного давления

300	3,07	3,22	3,28	3,31	2,78	2,90	2,95	2,97
400	3,59	3,86	3,91	3,97	3,23	3,41	3,49	3,54
500	4,08	4,39	4,54	4,61	3,66	3,90	4,01	4,07
600	4,54	4,94	5,13	5,22	4,06	4,37	4,52	4,60
700	4,94	5,46	5,69	5,83	4,45	4,91	5,02	5,15
800	5,41	5,97	6,32	6,54	4,84	5,27	5,48	5,63
900	5,82	6,59	7,00	7,26	5,20	5,70	5,95	6,15
1 000	6,28	7,20	7,68	8,00	5,57	6,15	6,52	6,75
1 100	6,76	7,78	8,33	8,64	5,91	6,65	7,09	7,37
1 200	7,24	8,34	8,96	9,34	6,32	7,16	7,62	7,92
1 300	7,74	8,93	9,59	10,13	6,75	7,67	8,19	8,52
1 400	8,17	9,34	10,15	10,74	7,16	8,14	8,70	9,06
1 500	8,62	10,00	10,78	11,30	7,59	8,60	9,22	9,62
1 600	9,08	10,50	11,35	11,98	8,00	9,13	9,75	10,17
1 700	9,49	11,00	11,92	12,53	8,40	9,55	10,25	10,70
1 800	9,93	11,55	12,51	13,20	8,76	10,00	10,74	11,35
1 900	10,36	12,03	13,09	13,79	9,16	10,45	11,26	11,79
2 000	10,76	12,52	13,63	14,40	9,55	10,87	11,72	12,28

Вес бесшовных цилиндров из медных или никелевых листов с толщиной стенки от 2 до 7 мм, диаметром от 300 до 2000 мм и длиной в 1 м

Диаметр D мм	Толщина стенки, мм										
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Вес (кг), отнесенные к 1 м длины											
300	17,1	21,4	25,7	30,0	34,4	38,7	43,1	47,5	51,9	56,3	60,8
350	19,1	24,9	29,9	35,0	40,0	45,1	50,2	55,3	60,4	65,5	70,7
400	22,7	28,5	34,2	39,9	45,7	51,5	57,3	63,1	68,9	74,7	80,6
450	25,6	32,0	38,4	44,9	51,3	57,8	64,3	70,8	77,4	83,9	90,4
500	28,4	35,5	42,7	49,8	57,0	64,2	71,4	78,6	85,8	93,1	100,3
550	31,2	39,1	46,9	54,8	62,7	70,5	78,5	86,4	94,3	102,3	110,2
600	34,0	42,6	51,1	59,7	68,3	76,9	85,5	94,2	102,8	111,5	120,1
650	36,9	46,1	55,4	64,7	74,0	83,3	92,6	101,9	111,3	120,7	130,0
700	39,7	49,7	59,6	69,6	79,6	89,6	99,7	109,7	119,8	129,8	140,0
750	42,5	53,2	63,9	74,6	85,3	95,0	106,7	117,5	128,3	139,0	149,8
800	45,4	56,7	68,1	79,5	90,9	102,3	113,8	125,3	136,7	148,2	159,7
850	48,2	60,3	72,4	84,5	96,6	108,7	120,9	133,0	145,2	157,4	169,6
900	51,0	63,8	76,6	89,4	102,2	115,1	127,9	140,8	153,7	166,6	179,5
950	53,8	67,3	80,8	94,4	107,9	121,4	135,0	148,6	162,2	175,8	189,4
1000	56,7	70,9	85,1	99,3	113,5	127,8	142,1	156,4	170,7	185,0	199,3
1100	62,3	77,9	93,6	109,2	124,9	140,5	156,2	171,9	187,6	203,4	219,1
1200	68,0	85,0	102,0	119,1	136,2	153,2	170,4	187,5	204,6	221,7	238,9
1300	73,6	92,1	110,5	129,0	147,5	166,0	184,5	203,0	221,6	240,1	258,7
1400	79,3	99,1	119,0	138,9	158,8	178,7	198,6	218,6	238,5	258,5	278,5
1500	84,9	106,2	127,5	148,8	170,1	191,4	212,8	234,1	255,5	276,9	298,3
1600	90,6	113,3	136,0	158,7	181,4	204,1	226,9	249,7	272,5	295,2	318,1
1700	96,3	120,3	144,5	168,6	192,7	216,9	241,0	265,2	289,4	313,6	337,8
1800	101,9	127,4	152,9	178,5	204,0	229,6	255,2	280,8	306,4	332,0	357,6
1900	107,6	134,5	161,4	188,4	215,3	242,3	269,3	296,3	323,3	350,4	377,4
2000	113,2	141,5	169,9	198,3	226,6	255,0	283,4	311,9	340,3	368,8	397,2

Вес бесшовных цилиндров из медных или никелевых листов с толщиной стенки от 8 до 18 мм, диаметром от 300 до 2000 мм и длиной в 1 м

Диаметр D, мм	Толщина стенки, мм										Вес (кг), отнесенные к 1 м длины									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	15	16	17	18	15	16	17	18	
300	69,7	78,6	87,6	96,7	105,9	115,0	124,3	132,7	143,0	152,4	161,8	132,7	143,0	152,4	161,8	132,7	143,0	152,4	161,8	
350	81,0	91,4	101,8	112,3	122,8	133,4	144,1	153,8	163,9	174,8	187,3	153,8	163,9	174,8	187,3	153,8	163,9	174,8	187,3	
400	92,3	104,1	115,9	127,8	139,8	151,8	163,9	174,8	188,2	200,4	212,7	174,8	188,2	200,4	212,7	174,8	188,2	200,4	212,7	
450	103,6	116,8	130,1	143,4	156,8	170,2	183,7	195,9	210,8	224,5	238,2	195,9	210,8	224,5	238,2	195,9	210,8	224,5	238,2	
500	114,9	129,5	144,2	158,9	173,7	188,6	203,5	216,9	233,4	248,5	263,6	216,9	233,4	248,5	263,6	216,9	233,4	248,5	263,6	
550	126,2	142,2	158,3	174,5	190,7	206,9	223,3	238,0	256,1	272,5	289,1	238,0	256,1	272,5	289,1	238,0	256,1	272,5	289,1	
600	137,5	155,0	172,5	190,0	207,6	225,3	243,0	259,0	278,7	296,6	314,5	259,0	278,7	296,6	314,5	259,0	278,7	296,6	314,5	
650	148,8	167,7	186,6	205,6	224,6	243,7	262,8	280,1	301,3	320,6	340,0	280,1	301,3	320,6	340,0	280,1	301,3	320,6	340,0	
700	160,1	180,4	200,7	221,1	241,6	262,1	282,6	301,1	323,9	344,5	365,4	301,1	323,9	344,5	365,4	301,1	323,9	344,5	365,4	
750	171,5	193,1	214,9	236,7	258,5	280,5	302,4	322,2	346,5	368,7	390,9	322,2	346,5	368,7	390,9	322,2	346,5	368,7	390,9	
800	182,8	205,9	229,0	252,2	275,5	298,8	322,2	343,3	369,2	392,7	416,3	343,3	369,2	392,7	416,3	343,3	369,2	392,7	416,3	
850	194,1	218,5	243,2	267,8	292,5	317,2	342,0	364,3	391,8	416,7	441,8	364,3	391,8	416,7	441,8	364,3	391,8	416,7	441,8	
900	205,4	231,3	257,3	283,3	309,4	335,6	361,8	385,4	414,4	440,8	467,2	385,4	414,4	440,8	467,2	385,4	414,4	440,8	467,2	
950	216,7	244,0	271,7	298,9	326,4	354,0	381,6	406,4	437,0	464,8	492,7	406,4	437,0	464,8	492,7	406,4	437,0	464,8	492,7	
1000	228,0	256,8	285,6	314,4	343,4	372,3	401,4	427,5	459,6	488,8	518,1	427,5	459,6	488,8	518,1	427,5	459,6	488,8	518,1	
1100	250,6	282,2	313,8	345,5	377,3	409,1	441,0	469,6	504,9	536,9	569,0	469,6	504,9	536,9	569,0	469,6	504,9	536,9	569,0	
1200	273,2	307,6	342,1	376,6	411,2	445,9	480,6	511,6	550,1	585,0	619,9	511,6	550,1	585,0	619,9	511,6	550,1	585,0	619,9	
1300	295,9	333,1	370,4	407,7	445,1	482,6	520,1	553,8	595,3	633,0	670,8	553,8	595,3	633,0	670,8	553,8	595,3	633,0	670,8	
1400	318,5	358,5	398,7	438,8	479,1	519,4	559,7	596,9	640,6	681,1	721,7	596,9	640,6	681,1	721,7	596,9	640,6	681,1	721,7	
1500	341,1	384,0	426,9	469,0	513,0	556,2	599,3	633,0	685,8	729,2	772,6	633,0	685,8	729,2	772,6	633,0	685,8	729,2	772,6	
1600	363,7	409,4	455,2	501,0	546,9	593,0	638,9	680,2	731,1	777,2	823,5	680,2	731,1	777,2	823,5	680,2	731,1	777,2	823,5	
1700	386,3	434,9	483,5	532,2	580,9	629,8	678,5	722,3	776,3	825,3	874,4	722,3	776,3	825,3	874,4	722,3	776,3	825,3	874,4	
1800	409,0	460,3	511,8	563,3	614,8	666,4	718,1	764,4	821,5	873,4	925,3	764,4	821,5	873,4	925,3	764,4	821,5	873,4	925,3	
1900	431,6	485,8	540,0	594,4	648,7	703,2	757,6	806,5	866,8	921,4	976,1	806,5	866,8	921,4	976,1	806,5	866,8	921,4	976,1	
2000	454,2	511,2	568,3	625,5	682,7	739,9	797,5	848,6	912,0	969,2	1027,0	848,6	912,0	969,2	1027,0	848,6	912,0	969,2	1027,0	

Таблица 188

Значения α и β для определения веса в кг полых цилиндров с толщиной стенок s в мм из меди, бронзы или никеля ($\gamma \approx 9$)

Диаметр D и длина L в формулах берутся в м

s мм	α	β	s мм	α	β	s мм	α	β
0,2	5,66	0,00113	3,4	94,13	0,327	7,5	212,06	1,590
0,4	11,31	0,00452	3,6	101,79	0,376	8	226,19	1,810
0,6	16,97	0,01018	3,8	107,44	0,408	8,5	240,33	2,043
0,8	22,62	0,01810	4	113,10	0,452	9	254,47	2,290
1	28,27	0,0283	4,2	118,75	0,499	9,5	268,61	2,551
1,2	33,93	0,0407	4,4	124,41	0,547	10	282,74	2,827
1,4	39,58	0,0554	4,6	130,06	0,598	11	311,02	3,421
1,6	45,24	0,0724	4,8	135,72	0,651	12	339,29	4,072
1,8	50,89	0,0916	5	141,37	0,707	13	367,57	4,778
2	56,55	0,1131	5,2	147,03	0,765	14	395,84	5,542
2,2	62,20	0,1369	5,4	152,68	0,824	15	421,12	6,362
2,4	67,86	0,1629	5,6	158,34	0,887	16	452,39	7,238
2,6	73,51	0,1911	5,8	163,99	0,951	17	480,66	8,171
2,8	79,17	0,2217	6	169,65	1,018	18	508,94	9,161
3	84,82	0,2545	6,5	183,78	1,195	19	537,21	10,207
3,2	90,48	0,2895	7	197,72	1,385	20	565,49	11,310

Таблица 189

Значения α и β для определения веса в кг полых цилиндров с толщиной стенок s в мм из латуни и нового серебра ($\gamma \approx 8,6$)

Диаметр D и длина L в формулах берутся в м

s мм	α	β	s мм	α	β	s мм	α	β
1	27,02	0,0270	4,5	121,58	0,547	15	405,26	6,079
1,2	32,42	0,0389	5	135,09	0,675	16	432,28	6,917
1,4	37,82	0,0530	5,5	148,60	0,817	17	459,30	7,808
1,6	43,23	0,0692	6	162,11	0,973	18	486,32	8,754
1,8	48,63	0,0875	6,5	175,61	1,142	19	513,33	9,753
2	54,04	0,1081	7	189,12	1,324	20	540,35	10,807
2,2	59,44	0,1308	7,5	202,63	1,520	21	567,37	11,915
2,4	64,84	0,1556	8	216,14	1,729	22	594,39	13,077
2,6	70,25	0,1826	8,5	229,65	1,952	23	621,40	14,292
2,8	75,65	0,2118	9	243,16	2,188	24	648,42	15,562
3	81,05	0,2432	9,5	256,67	2,436	25	675,44	16,886
3,2	86,46	0,2767	10	270,18	2,702	26	702,46	18,264
3,4	91,86	0,3123	11	297,19	3,269	27	729,48	19,696
3,6	97,26	0,3501	12	324,21	3,891	28	756,49	21,182
3,8	102,67	0,4011	13	351,23	4,566	29	783,51	22,722
4	108,07	0,4323	14	378,25	5,295	30	810,53	24,316

с диаметрами от 300 до 2000 мм; при этом до чисел, напечатанных курсивом, включительно, с прибавкой, а ниже — без таковой.

Значения таблиц относятся к температурам до 120°С. Для более высоких температур толщины стенок увеличиваются при помощи множителей, приведенных на стр. 318, как и для цилиндров, нагруженных внутренним давлением.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ПОЛЫХ ЦИЛИНДРОВ ИЗ МЕДИ, НИКЕЛЯ, ЛАТУНИ, НОВОГО СЕРЕБРА И АЛЮМИНИЯ

Табл. 186 и 187 содержат веса бесшовных медных цилиндров диаметром от 300 до 2000 мм, длиной в 1 м и $s=2-18$ мм. Удельный вес катаной меди $\gamma=8,9$; веса подсчитаны с $\gamma \approx 9$. Для никеля с $\gamma=9$ эти таблицы также применимы. Обычные коэффициенты прочности для чистого никеля здесь не указаны; толщину листов такового берут такой же, как и меди, имея в виду только, что они несколько слабее. Латунь, прокатанная в виде прутков или жести, имеет удельный вес γ от 8,5 до 8,7. Полые цилиндры из латунных листов легче, таким образом, приблизительно на 5% против тех данных, которые указаны в табл. 186 и 187.

Таблица 190

Значения α и β для определения веса в кг полых цилиндров с толщиной стенок s в мм из алюминия ($\gamma=2,6$)

Диаметр D и длина L в формулах берутся в м

s мм	α	β	s мм	α	β	s мм	α	β
1	8,17	0,0082	4,5	36,76	0,165	15	122,52	1,838
1,2	9,80	0,0118	5	40,84	0,204	16	130,69	2,091
1,4	11,44	0,0160	5,5	44,92	0,247	17	138,86	2,361
1,6	13,07	0,0209	6	49,01	0,294	18	147,03	2,646
1,8	14,70	0,0265	6,5	53,09	0,345	19	155,19	2,949
2	16,34	0,0327	7	57,18	0,400	20	163,36	3,267
2,2	17,97	0,0395	7,5	61,26	0,459	21	171,53	3,602
2,4	19,60	0,0471	8	65,35	0,523	22	179,70	3,953
2,6	21,24	0,0552	8,5	69,43	0,590	23	187,87	4,321
2,8	22,87	0,0640	9	73,51	0,662	24	196,04	4,705
3	24,50	0,0735	9,5	77,60	0,737	25	204,20	5,105
3,2	26,14	0,0836	10	81,68	0,817	26	212,37	5,522
3,4	27,77	0,0944	11	89,85	1,062	27	220,54	5,955
3,6	29,41	0,1059	12	97,02	1,176	28	224,71	6,404
3,8	31,04	0,1180	13	106,19	1,380	29	236,88	6,869
4	32,67	0,1307	14	114,35	1,601	30	245,04	7,351

Табл. 188—190 содержат значения α и β для определения веса металлических полых цилиндров по формулам:

$$G = (\alpha \cdot D_1 + \beta) \cdot L,$$

$$G = \alpha \cdot D_m \cdot L,$$

$$G = (\alpha \cdot D_a - \beta) \cdot L,$$

где D_1 — диаметр в свету,
 D_m — средний диаметр по стенкам,
 D_2 — наружный диаметр.

(см. выше главу „Веса стальных цилиндров“).

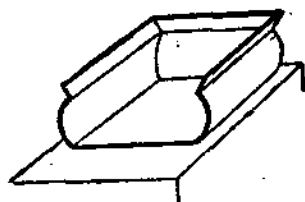
Хотя в некоторых случаях приходится иметь дело с латунными и алюминиевыми отливками, изготовленными с большими толщинами стенок изделий, чем то показано на чертежах, все же и здесь можно пользоваться для литых полых цилиндров табл. 189 и 190.

Значения α и β для латуни и алюминия рассчитаны при средних удельных весах соответственно $\gamma = 8,6$ и $\gamma = 2,6$.

Временное сопротивление растяжению для катаного или кованого алюминия около $15-25 \text{ кг/мм}^2$, а для алюминиевого литья — около $9-12 \text{ кг/мм}^2$.

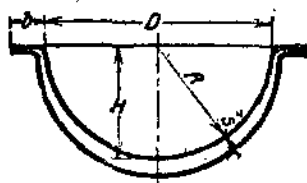
4. ДНИЩА МЕДНЫХ СОСУДОВ

Плоские днища из меди так слабы в смысле своей устойчивости, что практически они могут употребляться только для таких простых открытых резервуаров, у которых все дно целиком подперто плоской опорой. Плоские вертикальные стенки имеют также небольшую сопротивляемость. У прямоугольных сосудов стенки гнут и разгоняют так, что давление жидкости не может больше производить дальнейшего их выпучивание (фиг. 249).

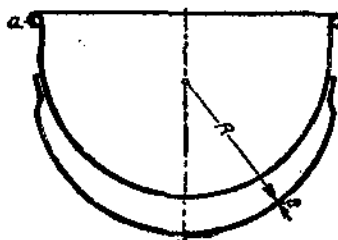


Фиг. 249.

Наиболее употребляемой формой дниц для медных сосудов является полусферическая, согласно фиг. 250 и 251. Такие чаши исполняются или по фиг. 250 с бортом, скрепляемым при помощи стального фланцевого кольца, или, согласно фиг. 251, связываются заклепочным



Фиг. 250.



Фиг. 251.

швом. Свободный край a усиливается заворачиванием в него железной проволоки или прута диаметром от 3 до 15 мм в зависимости от величины сосуда.

У медных полых шаров при внутреннем избыточном давлении толщина стенки определяется по формуле:

$$s = \frac{p \cdot R}{200 \cdot k_2} \text{ мм}, \quad (46)$$

где p (кг/см²) — наивысшее рабочее давление,
 R (мм) — внутренний радиус,
 k_s — допускаемое напряжение, которое до 200° С берется равным 4.

Для самых малых толщин листов необходимо расчетную величину s несколько усиливать, чтобы восполнять влияние обработки материала и не допускать сильного ослабления его, особенно в местах резких изменений формы, как, например, загибах, местах разгонки или наводки и т. д. При возрастании толщины стенки такое усиление их может несколько уменьшаться и при $s \approx 3$ может свестись даже к нулю. Наподобие предыдущего для расчета цилиндрической обечайки может быть взята изменяемая прибавка, равная $0,1(3-s)$.

В табл. 191 толщины стенок до 3 мм, включая и курсивом напечатанные числа, даны по формуле:

$$s = \frac{p \cdot R}{200 \cdot k_s} + 0,1(3-s) = 0,9 \cdot \frac{p \cdot R}{200 \cdot k_s} + 0,3 = \\ = 0,001125 \cdot p \cdot R + 0,3,$$

а начиная с 3 мм, — без прибавки, по формуле:

$$s = \frac{p \cdot R}{200 \cdot k_s} = 0,00125 \cdot p \cdot R,$$

где $k_s = 4$.

Расчет на прочность выпуклых цельных медных днищ при наружном избыточном давлении такой же, как и при днищах литой стали, с той лишь разницей, что в формуле для определения напряжения (σ_0) при нагрузке вгибания (p_0):

$$\sigma_0 = A - B \cdot \sqrt{\frac{R}{s}},$$

где для шаровых днищ из хорошо выбитой („проглаженной“) молотками меди, можно принять:

$$A = 25,5 \text{ и } B = 1,2.$$

Пример. При радиусе $R = 1000$ мм и толщине стенки $s = 10$ мм получаются: $\sigma_0 = 13,5$ кг/мм² и предполагаемое давление вгибания:

$$p_0 = \frac{200 \cdot s \cdot \sigma_0}{R} = 27 \text{ кг/см}^2.$$

Для большей надежности от вдавливания в формуле:

$$\left\{ s = \frac{R \cdot p}{200 \cdot k_s} \right. \quad (47)$$

k_s берется равным 0,4 σ_0 ; кроме того, эта допускаемая нагрузка для надлежаще выбитой („проглаженной“) молотками меди не должна превосходить 4 кг/мм², считая, что температура, в свою очередь, не более 200 °С.

Таблица 191

Толщина стен медных полых шаров из одного куска диаметром в свету от 200 до 3000 мм при внутреннем избыточном давлении от 1 до 10 ат с прибавкой 0,1 (3 - s) до s = 3 мм и для температур до 200° С

Радиус шара R мм	Внутреннее избыточное давление, кг/см ²									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Толщина стенок s, мм									
100	0,41	0,53	0,64	0,75	0,86	0,98	1,09	1,20	1,31	1,43
125	0,44	0,58	0,72	0,86	1,00	1,14	1,28	1,43	1,57	1,71
150	0,47	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,65	1,82	1,99
175	0,50	0,69	0,89	1,09	1,28	1,48	1,68	1,88	2,07	2,27
200	0,53	0,75	0,98	1,20	1,43	1,65	1,88	2,10	2,33	2,55
225	0,55	0,81	1,06	1,31	1,57	1,82	2,07	2,33	2,58	2,83
250	0,58	0,86	1,14	1,43	1,71	1,99	2,27	2,55	2,83	3,13
275	0,61	0,92	1,23	1,54	1,85	2,16	2,47	2,78	3,09	3,44
300	0,64	0,98	1,31	1,65	1,99	2,33	2,66	3,00	3,38	3,75
325	0,67	1,03	1,40	1,76	2,13	2,49	2,86	3,25	3,66	4,06
350	0,69	1,09	1,48	1,88	2,27	2,66	3,06	3,50	3,94	4,38
375	0,72	1,14	1,57	1,99	2,41	2,83	3,28	3,75	4,22	4,69
400	0,75	1,20	1,65	2,10	2,55	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
425	0,78	1,26	1,73	2,21	2,69	3,19	3,72	4,25	4,78	5,31
450	0,81	1,31	1,82	2,33	2,83	3,38	3,94	4,50	5,06	5,63
475	0,83	1,37	1,90	2,44	2,97	3,56	4,16	4,75	5,34	5,94
500	0,86	1,43	1,99	2,55	3,13	3,75	4,38	5,00	5,63	6,25
550	0,92	1,54	2,16	2,78	3,44	4,13	4,81	5,50	6,19	6,88
600	0,98	1,65	2,33	3,00	3,75	4,50	5,25	6,00	6,75	7,50
650	1,03	1,76	2,49	3,25	4,06	4,88	5,69	6,50	7,31	8,12
700	1,09	1,88	2,66	3,50	4,38	5,25	6,13	7,00	7,88	8,75
750	1,14	1,99	2,84	3,75	4,69	5,63	6,56	7,50	8,44	9,37
800	1,20	2,10	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
850	1,26	2,21	3,19	4,25	5,31	6,38	7,44	8,50	9,56	10,62
900	1,31	2,33	3,38	4,50	5,63	6,75	7,88	9,00	10,13	11,25
950	1,37	2,44	3,57	4,75	5,94	7,13	8,31	9,50	10,69	11,87
1 000	1,43	2,55	3,78	5,00	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50
1 050	1,48	2,66	3,94	5,25	6,56	7,88	9,19	10,50	11,81	13,12
1 100	1,54	2,78	4,13	5,50	6,88	8,25	9,63	11,00	12,38	13,75
1 150	1,59	2,89	4,32	5,75	7,19	8,63	10,06	11,50	12,94	14,37
1 200	1,65	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00	13,50	15,00
1 250	1,71	3,13	4,69	6,25	7,81	9,38	10,93	12,50	14,06	15,62
1 300	1,76	3,25	4,88	6,50	8,13	9,75	11,38	13,00	14,63	16,25
1 350	1,82	3,38	5,07	6,75	8,44	10,13	11,81	13,50	15,19	16,87
1 400	1,88	3,50	5,25	7,00	8,75	10,50	12,25	14,00	15,75	17,50
1 450	1,93	3,63	5,44	7,25	9,06	10,88	12,69	14,50	16,31	18,12
1 500	1,99	3,75	5,63	7,50	9,38	11,25	13,13	15,00	16,88	18,75

Таким образом получаем, согласно стр. 83, из формулы:

$$k = 0,4 \cdot \left[A - \frac{4B}{p} \cdot (\sqrt{5Ap + 100B^2} - 10B) \right]$$

для допускаемых напряжений следующие наивысшие значения

при	1	2	3	4	5 и более ат
$k =$	1,5	2,5	3,2	3,7	4 кг/мм ²

Толщины стенок, приведенные в табл. 192 непосредственно для исполнения, рассчитаны с принятием следующих (вместо вышеуказанных наивысших) значений:

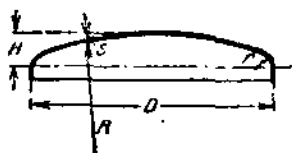
при	1	2	3	4 ат
$k =$	1,3	2,3	3,0	3,5 кг/мм ²

и при 5 ат и более $k = 3,8$ кг/мм².

Далее, до $s = 3$ мм делается также прибавка: $0,1(3 - s)$.

Обозначив значения в табл. 191 и 192 через A , получаем:

при температурах	до 200° С	$s = A$
" "	от 200° С до 220° С	$s = 1,05A$
" "	" 220° С . 240° С	$s = 1,10A$
" "	" 240° С . 250° С	$s = 1,16A$



Фиг. 252.



Фиг. 253.

При отсутствии особых оснований, как то: сильного изнашивания, необходимости лужения или значительного ослабления из-за вырезов и т. п., нет необходимости делать особые прибавки, и приведенные в таблицах значения, несколько округленные, могут быть использованы для непосредственного применения их в производстве.

Наиболее распространенными формами днищ являются формы, указанные на фиг. 252 и 253, соответствующие обыкновенным выпуклым или „диффузорным“ днищам из литой стали. Тарельчатые днища из меди выполняются большей частью таким образом, что выпуклая часть дна вначале переходит в закругление и заканчивается бортом, как показано на фиг. 254.

Принимая во внимание, что радиус закругления r у борта достаточно большой и что, следовательно, получается приемлемый постепенный переход от сферической к цилиндрической части, можно значения табл. 191 и 192 отнести также и к этим, состоящим из одного куска, днищам.

Днища, которые состояются из нескольких кусков, могут выполняться в самых различных видах и формах. Фиг. 255 приводит один из таких примеров. При листах толщиной приблизительно до 13 мм можно швы выполнять путем сварки, пайки твердым при-

Таблица 192

Толщина стенок медных полых шаров из одного куска (т. е. цельных) диаметром в свету от 200 до 3000 мм при наружном избыточном давлении от 1 до 10 ат, с прибавкой: 0,1 (3 — s) до s = 3 мм и для температур до 200 °С

Радиус шара R мм	Наружное избыточное давление, кг/см²									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Толщина стенок s, мм									
100	0,65	0,69	0,75	0,81	0,89	1,01	1,13	1,25	1,37	1,48
125	0,73	0,79	0,86	0,94	1,04	1,19	1,34	1,48	1,63	1,78
150	0,82	0,89	0,98	1,07	1,19	1,37	1,54	1,72	1,90	2,08
175	0,91	0,98	1,09	1,20	1,34	1,54	1,75	1,96	2,17	2,37
200	0,99	1,08	1,20	1,33	1,48	1,72	1,96	2,19	2,43	2,67
225	1,08	1,18	1,32	1,46	1,63	1,90	2,17	2,43	2,70	2,96
250	1,17	1,28	1,43	1,59	1,78	2,08	2,37	2,67	2,97	3,29
275	1,25	1,38	1,54	1,71	1,93	2,25	2,58	2,91	3,26	3,62
300	1,34	1,47	1,65	1,84	2,08	2,43	2,79	3,16	3,55	3,95
325	1,42	1,57	1,77	1,97	2,22	2,61	2,99	3,42	3,85	4,28
350	1,51	1,67	1,88	2,10	2,37	2,79	3,22	3,68	4,14	4,61
375	1,60	1,77	1,99	2,23	2,52	2,96	3,45	3,95	4,44	4,93
400	1,68	1,87	2,11	2,36	2,67	3,16	3,68	4,21	4,74	5,26
425	1,77	1,96	2,22	2,49	2,82	3,36	3,91	4,47	5,03	5,59
450	1,86	2,06	2,33	2,61	2,96	3,55	4,14	4,74	5,33	5,92
475	1,94	2,16	2,45	2,74	3,13	3,75	4,37	5,00	5,62	6,25
500	2,03	2,26	2,55	2,87	3,29	3,95	4,61	5,26	5,92	6,58
550	2,20	2,45	2,78	3,14	3,62	4,34	5,07	5,79	6,51	7,24
600	2,38	2,65	3,00	3,43	3,95	4,74	5,53	6,32	7,11	7,90
650	2,55	2,84	3,25	3,71	4,28	5,13	5,99	6,84	7,70	8,55
700	2,72	3,04	3,50	4,00	4,61	5,53	6,45	7,37	8,29	9,21
750	2,90	3,26	3,75	4,29	4,93	5,92	6,91	7,90	8,89	9,87
800	3,08	3,48	4,00	4,57	5,26	6,32	7,37	8,42	9,47	10,53
850	3,27	3,70	4,25	4,86	5,59	6,71	7,83	8,95	10,07	11,18
900	3,46	3,91	4,50	5,14	5,92	7,11	8,29	9,47	10,66	11,84
950	3,65	4,13	4,75	5,43	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50
1 000	3,85	4,35	5,00	5,71	6,58	7,90	9,21	10,53	11,84	13,16
1 050	4,04	4,57	5,25	6,00	6,91	8,29	9,67	11,05	12,43	13,82
1 100	4,23	4,78	5,50	6,29	7,24	8,68	10,13	11,58	13,03	14,47
1 150	4,42	5,00	5,75	6,57	7,57	9,08	10,59	12,11	13,62	15,13
1 200	4,62	5,22	6,00	6,86	7,90	9,47	11,05	12,63	14,21	15,79
1 250	4,81	5,43	6,25	7,14	8,23	9,87	11,51	13,16	14,80	16,45
1 300	5,00	5,65	6,60	7,43	8,55	10,26	11,97	13,68	15,39	17,11
1 350	5,19	5,87	6,75	7,71	8,88	10,66	12,43	14,21	15,99	17,76
1 400	5,38	6,09	7,00	8,00	9,21	11,05	12,90	14,74	16,58	18,42
1 450	5,58	6,30	7,25	8,29	9,54	11,45	13,36	15,26	17,17	19,08
1 500	5,77	6,52	7,50	8,57	9,87	11,84	13,82	15,79	17,76	19,74

поем или клепкой; выше же могут применяться лишь заклепочные швы.

Полушаровые днища или чаши по фиг. 250 и 251 вследствие сильного их углубления имеют обычно неравномерную толщину стенок. При выборе глубины необходимо на это обращать внимание; делают по возможности:

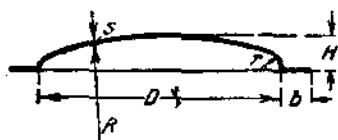
$$H \leq 0,5D - b.$$

Днища по фиг. 252 и 254, не имеющие никакого давления или испытывающие незначительное давление, выполняются обычно с

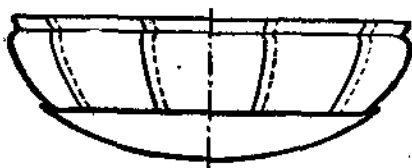
$$H = 0,1D \text{ и } R = 1,3D.$$

Для большего давления, напротив (ср. с выпуклыми днищами из литой стали), делают:

$$R = D \text{ и } H = 0,134 D.$$



Фиг. 254.



Фиг. 255.

Табл. 193 и 194 взяты по Гаусбранду¹. Табл. 193 содержит размеры для глубоких чаш (или полушаровых днищ) согласно фиг. 250, где D (мм) — верхний диаметр вогнутости при переходе к борту;

H (мм) — внутренняя высота или глубина чаши;

b (мм) — ширина борта;

R (мм) — радиус шара;

O — наружная поверхность шаровой части чаши;

o (м²) — наружная поверхность борта;

J (л) — емкость чаши;

G (кг) — вес стенки толщиной 1 мм.

Табл. 194 дает главные размеры, емкости и веса (при 1 мм толщины стенки) для днищ, изображенных на фиг. 252 и 254, предназначенных для больших давлений при: $R = D$ и $H = 0,134 D$.

У днищ с глубиной $H = 0,1D$ и радиусом $R = 1,3D$ емкость на 9%, а вес на 3% меньше.

3. ПЛОСКИЕ ПЛИТЫ, УКРЕПЛЕННЫЕ СВЯЗЯМИ, ДВОЙНЫЕ ПЛИТЫ И ТРУБНЫЕ ПЛИТЫ (РЕШЕТКИ) ИЗ МЕДИ

Правила изготовления пароприемников требуют для медных плит, укрепленных распорными болтами или связями, следующих толщин стенок:

¹ Hausbrand, Hilfsbuch für den Apparatebau, 3-е изд.

Таблица 193

Размеры, наружные поверхности, емкости и веса (при толщине в 1 мм) медных чаш по фиг. 250

Размеры чаш				Наружные поверхности		Емкость	Вес
D	H	b	R	О	о	J	G
300 {	100	50	162,5	0,102	0,054	4,06	1,40
	150	50	150	0,140	0,054	7,07	1,75
350 {	100	50	213,1	0,127	0,056	5,23	1,64
	175	50	175	0,192	0,056	11,2	2,23
400 {	100	55	250	0,157	0,079	6,8	2,13
	200	55	200	0,257	0,079	16,76	2,97
450 {	150	55	244	0,261	0,087	13,5	3,12
	225	55	225	0,318	0,087	23,86	3,65
500 {	150	60	284	0,267	0,106	16,5	3,36
	250	60	250	0,392	0,106	32,75	4,48
550 {	150	60	327	0,308	0,115	19,5	3,81
	275	60	275	0,475	0,115	43,56	5,31
600 {	200	60	325	0,408	0,125	32,5	4,80
	300	60	300	0,565	0,125	56,51	6,21
650 {	200	60	364	0,458	0,134	37	5,33
	325	60	325	0,663	0,134	71,89	7,17
700 {	200	65	406	0,504	0,157	41	5,95
	350	65	350	0,769	0,157	89,79	8,33
750 {	150	65	544	0,510	0,167	34	6,10
	250	65	406	0,634	0,167	63	6,31
	375	65	375	0,883	0,167	110,5	9,45
800 {	200	70	500	0,600	0,192	54	7,11
	300	70	416	0,720	0,192	89	8,19
	400	70	400	1,005	0,192	134	10,77
850 {	200	70	551	0,69	0,202	61	8,01
	350	70	433	0,94	0,202	121	10,26
	425	70	425	1,13	0,202	160,8	11,97
900 {	200	75	607	0,75	0,230	67,8	8,82
	375	75	457	1,19	0,230	146	12,76
	450	75	450	1,27	0,230	180,9	13,5
950 {	200	75	701	1,00	0,242	75	11,16
	375	75	488	1,21	0,242	159	13,05
	475	75	475	1,42	0,242	224,5	14,94
1 000 {	200	80	725	0,81	0,271	82,7	9,73
	300	80	567	1,07	0,271	132	12,06
	400	80	513	1,28	0,271	190	13,96
	500	80	500	1,57	0,271	261,8	16,56

Размеры чаш				Наружные поверхности		Емкость	Вес
D		b	R	O	o	J	G
1 050	200	80	789	0,99	0,290	90,7	11,52
	300	80	556	1,15	0,290	144	11,96
	450	80	531	1,49	0,290	241	16,42
	525	80	525	1,73	0,290	303	18,18
1 100	200	80	859	1,07	0,296	98,7	12,33
	350	80	607	1,32	0,296	189	14,58
	475	80	557	1,65	0,296	280	17,55
	550	80	550	1,90	0,296	348,5	19,8
1 150	200	85	924	1,16	0,330	108	13,32
	350	85	646	1,41	0,330	203	14,56
	500	85	581	1,82	0,330	324	19,35
	575	85	375	2,08	0,330	398	21,69
1 200	200	85	1 000	1,25	0,344	117	14,31
	300	85	750	1,41	0,344	189	15,75
	400	85	650	1,63	0,344	267	17,73
	500	85	610	1,91	0,344	348	20,25
	600	85	600	2,26	0,344	452	23,49
1 250	200	90	1 079	1,36	0,379	127	15,75
	300	90	803	1,50	0,379	198	16,92
	425	90	673	1,79	0,379	300	19,50
	550	90	630	2,16	0,379	423	22,85
	625	90	625	2,45	0,379	511	25,47
1 300	200	90	1 156	1,45	0,393	137	17,46
	300	90	854	1,61	0,393	213	18,00
	450	90	695	1,95	0,393	401	20,97
	575	90	657	2,35	0,393	479	24,57
	650	90	650	2,65	0,393	575	27,45
1 350	200	90	1 240	1,55	0,407	148	17,64
	300	90	910	1,71	0,407	229	19,08
	400	90	770	1,93	0,407	320	21,06
	500	90	705	2,20	0,407	421	23,22
	600	90	680	2,54	0,407	543	26,28
	675	90	675	2,86	0,407	644	29,43
1 400	200	90	1 325	1,66	0,421	158	18,73
	300	90	967	1,82	0,421	245	20,17
	400	90	812	2,03	0,421	332	22,06
	550	90	720	2,48	0,421	508	25,74
	625	90	702	2,76	0,421	595	28,24
	700	90	700	3,08	0,421	718	31,50
1 450	200	90	1 414	1,77	0,435	169	19,85
	300	90	1 026	1,93	0,435	261	21,30
	400	90	857	2,17	0,435	360	22,95
	525	90	763	2,51	0,435	507	26,01
	650	90	729	3,01	0,435	706	30,51
	725	90	725	3,30	0,435	798	33,66

Размеры чаш				Наружные поверхности		Емкость	Вес
D	H	b	R	O	o	J	G
1500	200	90	1506	1,89	0,449	182	21,01
	300	90	1087	2,04	0,449	279	22,40
	400	90	903	2,26	0,449	383	23,76
	550	90	776	2,70	0,449	674	27,72
	675	90	768	3,17	0,449	747	31,95
	750	90	750	3,53	0,449	883	35,55
1550	200	95	1601	2,00	0,492	193	22,24
	300	95	1150	2,16	0,492	297	23,87
	400	95	950	2,38	0,492	410	25,85
	500	95	850	2,64	0,492	536	27,18
	600	95	800	3,12	0,492	678	31,50
	700	95	780	3,39	0,492	836	33,90
	775	95	775	3,77	0,492	975	38,34
1600	200	95	1700	2,13	0,506	200	23,68
	300	95	1216	2,29	0,506	316	25,16
	400	95	1000	2,52	0,506	437	27,23
	500	95	890	2,79	0,506	568	29,68
	600	95	833	3,14	0,506	720	32,85
	700	95	807	3,54	0,506	838	36,40
	800	95	800	4,02	0,506	1072	40,77
1650	200	95	1800	2,25	0,521	217	24,94
	300	95	1283	2,41	0,521	334	26,38
	400	95	1050	2,62	0,521	461	28,27
	500	95	930	2,92	0,521	600	30,96
	600	95	867	3,26	0,521	753	34,02
	700	95	836	3,67	0,521	944	37,71
	825	95	825	4,27	0,521	1176	43,11
1700	200	95	1900	2,38	0,536	231	26,10
	300	95	1350	2,54	0,536	353	27,67
	400	95	1100	2,75	0,536	486	30,57
	500	95	972	3,04	0,536	632	32,22
	600	95	902	3,39	0,536	793	35,28
	700	95	867	3,80	0,536	973	39,06
	850	95	850	4,53	0,536	1286	45,63
1750	200	95	2010	2,51	0,551	288	27,50
	300	95	1423	2,68	0,551	375	29,08
	400	95	1155	2,90	0,551	518	31,06
	500	95	1016	3,17	0,551	666	33,48
	600	95	939	3,51	0,551	836	36,45
	700	95	897	3,92	0,551	1020	40,23
	875	95	875	4,81	0,551	1403	48,27
1800	200	95	2130	2,66	0,566	311	28,99
	300	95	1503	2,82	0,566	396	30,47
	400	95	1215	3,05	0,566	543	32,54
	500	95	1060	3,32	0,566	681	34,92
	600	95	975	3,67	0,566	876	38,16
	700	95	928	4,08	0,566	1141	41,85
	800	95	907	4,53	0,566	1287	45,86
	900	95	900	5,09	0,566	1527	50,84

Размеры чаш				Наружные поверхности		Емкость	Вес
D	H	b	R	O	o	J	G
1 850	200	95	2 240	2,81	0,580	373	30,51
	300	95	1 577	2,96	0,580	418	31,86
	400	95	1 270	3,17	0,580	572	33,75
	500	95	1 105	3,46	0,580	736	36,36
	600	95	1 013	3,80	0,580	917	39,42
	700	95	961	4,24	0,580	1 118	43,28
	800	95	934	4,68	0,580	1 302	47,34
	925	95	925	5,37	0,580	1 658	53,55
1 900	200	95	2 260	2,83	0,595	287	30,78
	300	95	1 657	3,00	0,595	439	32,35
	400	95	1 330	3,33	0,595	601	35,32
	500	95	1 152	3,60	0,595	772	37,71
	600	95	1 052	3,96	0,595	960	40,95
	700	95	994	4,36	0,595	1 168	44,59
	800	95	964	5,15	0,595	1 339	51,70
	950	95	950	5,67	0,595	1 796	56,43
1 950	200	95	2 380	2,98	0,644	303	32,58
	300	95	1 737	3,27	0,644	462	35,19
	400	95	1 390	3,49	0,944	631	37,20
	500	95	1 201	3,75	0,644	811	39,06
	600	95	1 092	4,11	0,644	1 008	42,30
	700	95	1 032	4,52	0,644	1 228	45,99
	800	95	994	5,38	0,644	1 397	54,18
	975	95	975	5,97	0,644	1 941	59,49
2 000	200	100	2 600	3,25	0,660	318	35,19
	300	100	1 819	3,42	0,660	465	36,72
	400	100	1 450	3,64	0,660	662	38,70
	500	100	1 250	3,92	0,660	850	40,59
	600	100	1 133	4,27	0,660	1 056	43,74
	700	100	1 064	4,67	0,660	1 279	47,34
	800	100	1 024	5,12	0,660	1 526	52,02
	900	100	1 005	5,68	0,660	1 797	57,06
2 050	1 000	100	1 000	6,28	0,660	2 095	60,46
	300	100	1 903	3,58	0,676	509	38,34
	400	100	1 515	3,80	0,676	695	40,25
	500	100	1 300	4,08	0,676	890	42,03
	600	100	1 175	4,42	0,676	1 122	45,09
	700	100	1 100	4,83	0,676	1 334	48,78
	800	100	1 057	5,30	0,676	1 589	53,75
	1 025	100	1 023	6,60	0,676	2 150	65,52
2 100	300	100	1 990	3,70	0,692	533	39,51
	400	100	1 580	3,96	0,692	724	41,85
	500	100	1 352	4,18	0,692	930	42,93
	600	100	1 220	4,58	0,692	1 149	46,53
	700	100	1 138	4,99	0,692	1 388	50,22
	800	100	1 090	5,46	0,692	1 552	55,35
	1 050	100	1 050	6,92	0,692	2 314	68,49

Размеры чаш				Наружные поверхности		Емкость	Вес
D	H	b	R	O	o	J	G
2 150	300	100	2 070	3,89	0,707	561	41,40
	400	100	1 640	4,11	0,707	781	43,30
	500	100	1 405	4,40	0,707	981	44,91
	600	100	1 262	4,74	0,707	1 200	47,97
	700	100	1 175	5,15	0,707	1 447	51,65
	800	100	1 119	5,60	0,707	1 721	57,34
	1 075	100	1 075	7,26	0,707	2 460	71,73
2 200	300	100	2 170	4,07	0,722	585	43,11
	400	100	1 715	4,31	0,722	797	45,30
	500	100	1 460	4,58	0,722	1 015	47,70
	600	100	1 308	4,93	0,722	1 256	50,85
	700	100	1 214	5,33	0,722	1 510	54,45
	800	100	1 155	5,81	0,722	1 788	58,77
	1 100	100	1 100	7,50	0,722	2 660	74,88
2 250	300	105	2 263	4,25	0,776	611	45,27
	400	105	1 785	4,48	0,776	829	47,27
	500	105	1 514	4,71	0,776	1 060	48,32
	600	105	1 354	5,05	0,776	1 303	52,47
	700	105	1 254	5,46	0,776	1 568	56,07
	800	105	1 191	5,93	0,776	1 856	60,30
	1 125	105	1 125	7,95	0,776	2 842	78,57
2 300	300	105	2 357	4,43	0,794	637	46,98
	400	105	1 855	4,66	0,794	864	50,07
	500	105	1 572	4,93	0,794	1 102	51,48
	600	105	1 402	5,28	0,794	1 357	54,63
	700	105	1 294	5,68	0,794	1 630	58,23
	800	105	1 227	6,15	0,794	1 926	62,46
	1 150	105	1 150	8,30	0,794	3 000	81,81
2 350	300	105	2 450	4,60	0,810	662	48,69
	400	105	1 925	4,83	0,810	897	50,76
	500	105	1 630	5,11	0,810	1 140	53,28
	600	105	1 450	5,46	0,810	1 424	56,43
	700	105	1 336	5,87	0,810	1 696	60,12
	800	105	1 264	6,34	0,810	2 000	64,35
	900	105	1 216	6,87	0,810	2 332	69,12
2 400	1 175	105	1 175	6,67	0,810	3 240	85,32
	200	105	3 700	4,62	0,828	447	49,05
	300	105	2 550	4,79	0,828	692	50,56
	400	105	2 000	5,24	0,828	939	54,63
	500	105	1 690	5,30	0,828	1 197	55,17
	600	105	1 500	5,65	0,828	1 483	58,25
	700	105	1 380	6,06	0,828	1 762	61,83
	800	105	1 300	6,53	0,828	2 078	66,06
2 400	900	105	1 250	7,07	0,828	2 417	70,92
	1 200	105	1 200	9,05	0,828	3 456	88,92

Размеры чаш				Наружные поверхности		Емкость	Вес
D	H	b	R	O	o	J	C
2 450	300	110	2 650	4,99	0,885	721	52,96
	400	110	2 075	5,20	0,885	977	54,77
	500	110	1 750	5,49	0,885	1 245	57,35
	600	110	1 550	5,84	0,885	1 515	60,57
	700	110	1 422	6,25	0,885	1 820	64,26
	800	110	1 338	6,72	0,885	2 152	68,49
	900	110	1 283	7,25	0,885	2 502	73,17
	1 225	110	1 225	9,43	0,885	3 690	92,88
2 500	300	110	2 757	5,17	0,902	750	54,63
	400	110	2 155	5,40	0,902	1 014	56,70
	500	110	1 812	5,63	0,902	1 291	59,23
	600	110	1 602	6,03	0,902	1 584	62,37
	700	110	1 466	6,44	0,902	1 894	66,06
	800	110	1 377	6,90	0,902	2 230	74,20
	900	110	1 318	7,44	0,902	2 586	75,06
	1 250	110	1 250	9,81	0,902	3 905	96,39
2 550	300	110	2 875	5,40	0,919	760	56,88
	400	110	2 244	5,53	0,919	1 054	58,93
	500	110	1 875	5,88	0,919	1 341	61,25
	600	110	1 654	6,22	0,919	1 640	64,26
	700	110	1 515	6,62	0,919	1 960	67,86
	800	110	1 416	7,10	0,919	2 204	72,18
	900	110	1 353	7,63	0,919	2 662	77,95
	1 275	110	1 275	10,20	0,919	4 141	100,08
2 600	300	115	2 970	5,57	0,981	800	58,95
	400	115	2 315	5,81	0,981	1 096	62,01
	500	115	1 940	6,09	0,981	1 394	63,63
	600	115	1 709	5,44	0,981	1 705	66,78
	700	115	1 558	6,85	0,981	2 057	70,47
	800	115	1 456	7,31	0,981	2 400	74,61
	900	115	1 389	7,85	0,981	2 770	79,47
	1 300	115	1 300	10,61	0,981	4 390	104,31
2 650	300	115	3 173	5,96	0,999	899	60,75
	400	115	2 395	6,01	0,999	1 134	63,00
	500	115	2 006	6,29	0,999	1 441	65,61
	600	115	1 768	6,66	0,999	1 762	68,94
	700	115	1 604	7,06	0,999	2 100	72,54
	800	115	1 497	7,54	0,999	2 467	76,86
	900	115	1 425	7,07	0,999	2 854	81,63
	1 325	115	1 325	11,08	0,999	4 480	108,00
2 700	300	120	3 190	6,00	1,063	885	63,54
	400	120	2 480	6,22	1,063	1 178	65,64
	500	120	2 075	6,51	1,063	1 496	68,15
	600	120	1 820	6,95	1,063	1 828	72,00
	700	120	1 652	7,25	1,063	2 184	73,88
	800	120	1 540	7,72	1,063	2 554	79,02
	900	120	1 452	8,26	1,063	2 963	83,88
	1 350	120	1 350	11,45	1,063	4 920	112,59

Размеры чаш				Наружные поверхности		Емкость	Вес
D	H	b	R	O	o	J	G
2750	300	120	3 303	6,20	1,081	905	65,52
	400	120	2 265	6,43	1,081	1 222	67,59
	500	120	2 140	6,72	1,081	1 551	70,20
	600	120	1 882	7,03	1,081	1 894	73,00
	700	120	1 718	7,44	1,081	2 254	76,68
	800	120	1 598	7,91	1,081	2 644	81,00
	900	120	1 514	8,44	1,081	3 053	85,68
	1 375	120	1 375	8,87	1,081	5 180	116,55
2800	200	120	5 000	6,18	1,100	592	66,42
	300	120	3 420	6,43	1,100	938	67,77
	400	120	2 630	6,65	1,100	1 241	69,75
	500	120	2 210	6,94	1,100	1 606	72,36
	600	120	1 938	7,28	1,100	1 960	75,41
	700	120	1 750	7,69	1,100	2 335	79,11
	800	120	1 625	8,16	1,100	2 728	83,34
	900	120	1 538	8,70	1,100	3 150	87,30
	1 400	120	1 400	12,31	1,100	5 488	110,69
2850	300	120	3 550	6,68	1,120	971	70,20
	400	120	2 738	6,87	1,120	1 310	71,91
	500	120	2 281	7,16	1,120	1 660	74,52
	600	120	1 992	7,50	1,120	2 026	77,58
	700	120	1 798	7,91	1,120	2 439	81,27
	800	120	1 669	8,38	1,120	2 777	85,50
	900	120	1 578	8,88	1,120	3 250	90,00
	1 425	120	1 425	12,75	1,120	5 800	124,80
2900	300	120	3 654	6,88	1,139	1 004	72,17
	400	120	2 829	7,10	1,139	1 354	74,15
	500	120	2 352	7,38	1,139	1 716	76,67
	600	120	2 052	7,72	1,139	2 090	79,74
	700	120	1 855	8,14	1,139	2 486	83,43
	800	120	1 714	8,60	1,139	2 906	87,66
	900	120	1 618	9,13	1,139	3 350	94,43
	1 450	120	1 450	13,20	1,139	6 096	129,06
2950	300	120	3 775	7,11	1,158	1 037	74,11
	400	120	2 920	7,33	1,158	1 398	76,39
	500	120	2 426	7,62	1,158	1 771	79,00
	600	120	2 117	7,94	1,158	2 137	81,90
	700	120	1 904	8,35	1,158	2 541	85,50
	800	120	1 760	8,82	1,158	2 866	89,82
	900	120	1 659	9,37	1,158	3 417	94,77
	1 475	120	1 475	13,63	1,158	6 309	134,37
3000	300	120	3 900	7,34	1,176	1 075	76,64
	400	120	3 012	7,55	1,176	1 448	78,53
	500	120	2 500	7,85	1,176	1 834	81,23
	600	120	2 175	8,20	1,176	2 235	84,38
	700	120	1 957	8,60	1,176	2 650	87,93
	800	120	1 806	9,07	1,176	3 092	91,16
	900	120	1 670	9,61	1,176	3 558	97,02
	1 000	120	1 625	10,20	1,176	4 059	102,33
	1 500	120	1 500	14,13	1,176	6 750	137,70

Таблица 194

Главные размеры емкости и веса (при 1 мм толщины) выпуклых медных днищ при: $R = D$ и $H = 0,134 D$ (фиг. 252 и 254)

D и R мм	Глубина H мм	Ширина борта b мм	Емкость J л	Вес G кг	D и R мм	Глубина H мм	Ширина борта b мм	Емкость J л	Вес G кг
400	54	65	2,82	2,068	1 600	214	90	180,1	23,71
425	58	65	3,36	2,26	1 650	221	90	197,6	25,07
450	60	65	4,02	2,47	1 700	228	90	216,1	26,47
475	64	65	4,70	2,70	1 750	235	90	235,7	27,90
500	67	70	5,50	3,01	1 800	241	90	256,6	29,38
525	70	70	6,27	3,27	1 850	248	90	278,5	30,88
550	74	70	7,21	3,52	1 900	255	90	301,7	32,43
575	77	70	8,37	3,78	1 950	262	90	326,1	34,03
600	80	70	9,51	4,05	2 000	268	97	352,0	36,00
625	83	70	10,84	4,32	2 050	275	97	379,0	37,63
650	87	70	12,07	4,62	2 100	281	97	407,4	39,34
675	90	70	13,58	4,92	2 150	288	97	437,4	41,08
700	93	70	15,09	5,24	2 200	295	97	468,4	42,87
750	100	70	17,56	5,88	2 250	302	97	501,4	44,35
800	106	70	22,52	6,56	2 300	309	97	535,2	46,55
850	113	80	27,01	7,58	2 350	316	97	571,0	46,09
900	121	80	32,12	8,33	2 400	322	97	607,9	50,39
950	128	80	37,70	9,15	2 450	329	97	647,1	51,99
1 000	134	80	44,30	10,01	2 500	335	103	687,2	55,00
1 050	141	80	50,60	10,90	2 550	342	103	740,5	57,20
1 100	147	80	58,61	11,85	2 600	348	103	773,0	59,30
1 150	154	80	66,92	12,79	2 650	355	103	818,8	61,44
1 200	160	80	76,03	13,80	2 700	363	103	865,9	63,62
1 250	167	80	84,93	14,86	2 750	370	110	914,9	66,26
1 300	175	80	96,67	15,94	2 800	376	110	965,8	68,52
1 350	182	80	109,24	17,04	2 850	388	110	1018,4	70,80
1 400	188	80	120,73	18,20	2 900	387	110	1072,7	73,16
1 450	195	80	134,2	19,70	2 950	395	110	1129,4	75,02
1 500	202	90	148,5	21,10	3 000	402	110	1188,0	77,94
1 550	209	90	163,9	22,21					

а) при равномерно распределенных жестких креплениях (анкерах) (фиг. 256):

$$s = 5,83 c \cdot \sqrt{\frac{p}{K} \cdot (a^2 + b^2)}; \quad (48a)$$

б) при неравномерно распределенных жестких креплениях (анкерах) (фиг. 257):

$$s = 5,83 c \cdot \frac{e' + e''}{2} \cdot \sqrt{\frac{p}{K}}. \quad (48b)$$

Значения для c должны браться по данным, приведенным в собранном виде, для скрепленных анкерами плит литой стали (стр. 111). Временное сопротивление растяжению K для меди бе-

рется в зависимости от высоты температуры равным 22, 21, 20 кг/мм² и т. д. (стр. 318).

У двойных плит, согласно фиг. 258, в формуле (48а) берется $a = b = e$. Таким образом получаем:

$$s = 5,83 \cdot c \cdot \sqrt{2e^2 \cdot \frac{p}{K}} = 8,2458 \cdot c \cdot e \sqrt{\frac{p}{K}}.$$

Из формулы (48b) получается:

$$e' = e'' = e$$

и

$$s = 5,83 \cdot c \cdot e \cdot \sqrt{\frac{p}{K}}.$$

Формула (48а) дает наибольшие значения и может быть применена для расчета двойных плит. Так как последние не омываются



Фиг. 256.



Фиг. 257.



Фиг. 258.

горючими газами, то можно принимать $c = 0,015$. Принимая далее $K = 22$ кг/мм², получаем:

$$s = 0,02637 \cdot e \cdot \sqrt{p} \quad (49)$$

для температур до 120° С.

Диаметр стержня распорного болта или болта с заклепочной головкой берется для меди при семикратной степени надежности равным:

$$d = 0,3 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot p}{K}}, \quad (50)$$

где a (мм²) — поверхность, приходящаяся на 1 болт;
 p (кг/см²) — рабочее давление;

$K = 22$ кг/мм² до температуры 120°С.

Расстояние e должно быть не более 300 мм.

Стальные (железные) распорные болты см. стр. 213.

По формуле (49) толщины стенок для медных двойных плит подсчитаны в табл. 195. Если обозначить эти значения через A , то:

для температур до 120°С		$s =$	A
" " от 120 " 140°С		$s =$	1,024A
" " " 140 " 160°С		$s =$	1,048A
" " " 160 " 180°С		$s =$	1,076A
" " " 180 " 200°С		$s =$	1,106A
" " " 200 " 220°С		$s =$	1,138A
" " " 220 " 240°С		$s =$	1,173A
" " " 240 " 250°С		$s =$	1,212A

Таблица 195

Толщина листов медных двойных плит для рабочих давлений от 1 до 8 ат. при расстоянии между анкерами e , равном от 75 до 300 мм

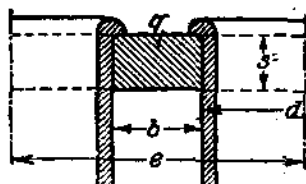
Расстояние e мм	Внутреннее избыточное давление, кг/см ²							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Толщина листов s , мм							
75	1,98	2,80	3,43	3,96	4,42	4,84	5,23	5,59
100	2,64	3,73	4,57	5,27	5,90	6,46	6,98	7,46
125	3,30	4,66	5,71	6,59	7,37	8,07	8,72	9,32
150	3,96	5,59	6,85	7,91	8,84	9,69	10,47	11,19
175	4,62	6,53	7,99	9,23	10,32	11,30	12,21	13,05
200	5,27	7,46	9,13	10,55	11,79	12,92	13,95	14,92
225	5,93	8,39	10,28	11,87	13,27	14,53	15,70	16,78
250	6,59	9,32	11,42	13,18	14,74	16,15	17,44	18,65
275	7,25	10,26	12,56	14,50	16,22	17,76	19,19	20,51
300	7,91	11,19	13,70	15,82	17,69	19,38	20,93	22,37

У трубных плит (решеток) части, лежащие вне пучка труб, определяются по формулам (48a) и (48b) в тех случаях, когда поверхности, подвергнутые давлению пара, требуют укрепления анкерами. Для частей медных плит, лежащих внутри пучка труб, должно быть:

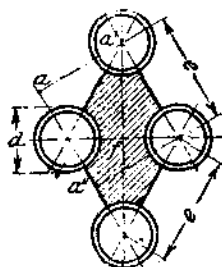
$$s \geq \frac{d}{8} + 10, \quad (51)$$

когда наружный диаметр труб d колеблется между 38 и 75 мм.

Далее, наименьшая площадь поперечного сечения простенка между двумя трубами равна 340 мм² для $d = 38$ мм, с принятием таковой приблизительно в 2,5 раза большей, т. е. 850 мм², для $d \approx 75$ мм.



Фиг. 259.



Фиг. 260.

Числа концов труб для шестиугольников см. в табл. 47 стр. 115.

Для трубных плит (решеток), не укрепленных особым образом, у которых трубы на обоих концах отбортованы (фиг. 259) или развальцованы в расширяющихся наружу конических дырах, для поверхности f , согласно фиг. 260, применяется формула:

$$\sigma = \frac{p \cdot f}{\pi \cdot d} \leq 25 \text{ кг.} \quad (52)$$

Если трубы развальцованы в ровных цилиндрических дырах, то для давления от 1 до 7 ат допускается еще $\sigma = 25$ кг; для всех же более высоких давлений — только $\sigma = 15$ кг. Опроверке в сомнительных случаях см. на стр. 116.

В графе 2 табл. 196 даны наименьшие площади поперечных сечений q простенков для труб с наружным диаметром от 20 до 75 мм; в графе 3 — наименьшие толщины трубчатых плит (решеток); в графе 4 — наименьшие ширины простенков; в графе 5 — шаг труб: $e = d + b_{\min}$; в графе 6 — соответствующие поверхности f . Кроме того, в графе 7 — частные, получающиеся по формуле:

$p \cdot \frac{f}{\pi \cdot d} = 25$ или 15; в графах 8 и 9 — наивысшие давления, для которых значения s и b рассчитаны в графах 3 и 4 при $\sigma = 25$ и $\sigma = 15$.

В графе 10 даны округленные значения s . Эти s и $b_{\min}$ (в графе 4) дают в графе 11 значения для q .

По формуле (14) (стр. 117)

$$e = \sqrt{\frac{1}{0,866} \cdot \left(\sigma \cdot \frac{\pi \cdot d}{p} + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)}.$$

Здесь e — исключительно функция d и p , вследствие чего наибольшие давления труб и наибольшие ширины для простенков, приведенные в табл. 49, пригодны также и для меди. Кроме того эти же значения e повторяются для d до 75 мм в табл. 197, так как значения b , соответствующие этой группе меняющихся $e_{\max}$ (хотя и соблюдается условие относительно того, что $\sigma = 25$) вместе с $s_{\min}$ согласно табл. 196, уже не дают требуемого $q_{\min}$.

Таблица 196

Размеры простенков и т. д. для медных трубчатых плит (решеток) (ср. фиг. 259)

Наружный диаметр труб d мм	Простенок			Шаг труб e мм	Поверхность f см ²	$\frac{f}{\pi \cdot d}$	При $\sigma =$		Простенок	
	$q_{\min}$ мм ²	$s_{\min}$ мм	$b_{\min}$ мм				25	15	s мм	q мм ²
							для ат (приблизит.)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	180	12,50	15	35	7,55	1,20	20	12	13	195
25	225	13,13	18	43	11,10	1,41	17	10	14	252
30	270	13,75	20	50	14,58	1,54	16	9	14	280
35	315	14,38	22	57	18,52	1,69	14	8	15	330
40	360	15,00	24	64	22,91	1,82	13	8	15	360
45	430	15,63	28	73	30,25	2,13	11	7	16	448
50	500	16,25	31	81	37,26	2,37	10	6	17	527
55	570	16,88	34	89	44,92	2,60	9	5	17	578
60	640	17,50	37	97	53,21	2,83	8	5	18	666
65	710	18,13	40	105	62,29	3,08	8	4	19	760
70	780	18,75	42	112	70,15	3,19	7	4	19	798
75	850	19,38	44	119	78,46	3,34	7	4	20	880

Так как необходимое q_{min} для 22 ат отсутствует, то соответствующие этому давлению значения в сводном виде (табл. 197) опущены; зато вместо этого эти значения включены для давления 17 ат.

Все числа, для которых толщина плиты s должна быть повышена для достижения требуемого по формуле (51) необходимого q_{min} , напечатаны курсивом.

Таблица 187

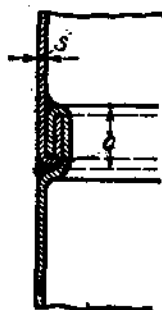
Наибольшие шаги труб e и ширина простенков b по формуле $\sigma = \frac{f \cdot p}{\pi \cdot d} = 25$ для медных трубных плит (решеток)

Наружный диаметр труб d мм	Избыточное давление, кг/см ²									
	1		2		5		7		9	
	e	b	e	b	e	b	e	b	e	b
20	136	116	80	60	64	44	54	34	50	30
25	152	127	90	65	71	46	62	37	55	30
30	166	136	99	69	79	49	69	39	62	32
35	181	146	105	70	86	51	75	40	67	32
40	194	154	116	76	90	53	81	41	74	34
45	206	161	124	79	100	55	87	42	79	34
50	224	174	131	81	105	56	90	43	84	34
55	230	175	138	83	112	57	98	43	91	36
60	249	180	146	86	118	58	104	44	96	36
65	250	185	153	88	124	59	110	45	101	36
70	262	192	160	90	131	60	120	45	107	37
75	270	195	166	91	136	61	121	45	112	37

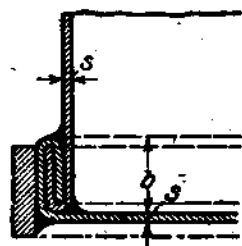
Наружный диаметр труб d мм	Избыточное давление, кг/см ²									
	11		13		15		17		20	
	e	b	e	b	e	b	e	b	e	b
20	45	25	42	22	40	20	37	17	36	16
25	51	26	47	22	46	21	43	18	41	16
30	57	27	53	23	51	21	49	19	46	16
35	62	27	59	24	56	21	54	19	51	16
40	68	28	65	25	62	22	59	19	56	16
45	74	29	70	25	67	22	65	20	61	16
50	80	30	75	25	72	22	70	20	66	16
55	85	30	80	25	77	22	75	20	71	16
60	90	30	85	25	82	22	80	20	76	16
65	95	30	90	25	87	22	85	20	81	16
70	100	30	95	25	92	22	90	20	86	16
75	105	30	100	25	97	22	95	20	91	16

I. ШВЫ ФАЛЬЦЕМ (ЗАГИБОМ КРАЯ) ИЛИ ПАЙКОЙ МЯГКИМ ПРИПОЕМ

Листы толщиной в пределах от 0,75 до 2,5 мм в сосудах, подверженных незначительному давлению исключительно столба жидкости, соединяются между собой фальцем. На фиг. 261 изображена цилиндрическая обечайка с круглым фальцевым швом и при этом так называемым двойным фальцем. Таким же способом на фиг. 262 дно прикреплено к обечайке. Прикрепление днища посредством обыкновенного фальца показано на фиг. 263. Для создания жесткости на фиг. 264 вложено кольцо *a* полосовой стали.

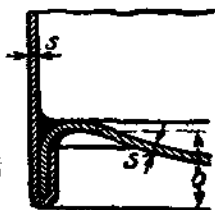


Фиг. 261.

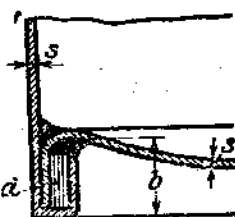


Фиг. 262.

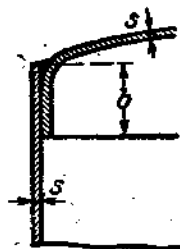
Необходимым условием для соединения фальцем является хорошая пригонка обеих половин фальца. Однако этим еще не достигаются необходимые плотность и прочность шва. Для указанной цели необходима также еще спайка шва мягким припоем (например третника, представляющего сплав, содержащий приблизительно $\frac{2}{3}$ олова и $\frac{1}{3}$ свинца). Это отмечено сплошными черными местами на попереч-



Фиг. 263.



Фиг. 264.



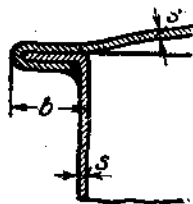
Фиг. 265.

ных разрезах перечисленных выше фигур. Для того чтобы пайка получилась безукоризненной, необходимо все прилегающие друг к другу поверхности предварительно до их соединения покрыть оловом (вылудить). Тогда швы получатся плотными и почти такими же крепкими, как целые листы.

Если сосуд изнутри недоступен, то можно укрепить крышку согласно фиг. 265. В этом случае крышка вдвинута в обечайку и

треугольный желобок, образующийся между бортом крышки и стенкой сосуда, подвергается сплошной опайке.

Обе прилегающие друг к другу поверхности (на высоте b) предварительно обязательно должны быть покрыты оловом (вылужены). Другой способ исполнения шва посредством простого фальца показан на фиг. 266. Этот способ в некоторых случаях даже предпочтительнее, так как прочность здесь построена не только на опайке. Оба способа исполнения пригодны только для слабого давления и малых диаметров.



Фиг. 266.

Следует отдавать предпочтение двойному фальцу, который противостоит достаточно крепко и плотно даже довольно значительным давлениям. Для защиты днища можно обкладывать таковое снаружи связывающим кольцом полосовой стали, малым угловым кольцом и т. д., как показано пунктиром на фиг. 262. Само собой разумеется, что

можно применять простой фальц по фиг. 263, 264 и 266 также и для листов, имеющих толщину более 2,5 мм и даже до 4 мм (приблизительно).

При всех фальцевых соединениях в продольных швах обихаек должна применяться по возможности опайка их твердым припоем или сварка. Железо, кладущееся свободно или обкладываемое краями листов в местах соединений, также целесообразно всегда покрывать оловом (лудить); только при закладывании прутьев или проволоки для укрепления свободных краев (см. а на фиг. 251) этого не требуется.

Ширина фальца b бывает:

при $s = 0,75$	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5 мм
$b = 7$	11	13	14	16	17	19	21

Для достижения прочности в швах при опайке их мягким припоем Гаусбранд¹ рекомендует в виде примеров следующие различные сплавы олова:

свинец	55	40	35%
олово	45	60	65%
точка плавления приблизительно равна	160	135	137°C

По тем же данным, чем выше в припое содержание олова, тем он крепче; но прочность его непропорциональна содержанию олова. Чем больше поверхности, спаянные вместе оловом, тем меньшим сопротивлением разрыву обладает место опайки. Можно принимать с уверенностью, что 1 см² хорошо исполненной пайки оловом выдержит с достаточной надежностью растяжение в 25 кг. Разрывающая нагрузка находится между 120 и 320 кг/см². Место спайки оловом двух медных листов прочно почти так же, как и самые листы тогда, когда поверхность их соприкосновения равна 13 площадям поперечных сечений медного листа. Ширина перекрышки вместе спаянных медных листов или труб должна быть равна 20-кратной их толщине.

¹ Hilfsbuch für den Apparatebau, 3 Aufl., Berlin, J. Springer.

По этим данным Гаусбранда можно установить силу сцепления мягкого припоя. Разрывающая нагрузка для чистого олова равна от 350 до 400 кг/см², для свинца—около 170 кг/см². Мягкий припой из 60% олова и 40% свинца имеет разрывающую нагрузку от 280 до 300 кг/см². Если K —прочность меди, K' —сплава в кг/см² и q —поперечное сечение листа, то, приняв толщину листа равной единице, из равенства $q \cdot K = x \cdot q \cdot K'$ при $K = 2200$ и $K' = 280$ кг/см² получаем: $x = 8$, т.е. прочность применяемого в шве мягкого припоя приблизительно равна таковой у медного листа, если паянная поверхность равна 8-кратной площади поперечного сечения листа.

Гаусбранд же дает:

$$x = 13 \text{ и } q \cdot K = 13 q \cdot R,$$

где $R = 170$ кг/см².

Это R и дает силу сцепления мягкого припоя.

Коэффициент прочности шва зависит от x ; при $x = 13$ получается $\varphi = 1$. Тем не менее выше требуется ширина перекрышки с $x = 20$, так как $x = 13$ относится лишь к безукоризненно выполненной пайке, чего в действительности вследствие неравномерности в качестве шва не бывает. Это обстоятельство, ведущее к уменьшению прочности каждого квадратного сантиметра места пайки, заставляет предполагать, что с увеличением поверхности соприкосновения припой распространяется менее полно и равномерно. При вышеупомянутой допускаемой нагрузке $k = 25$ кг/см² степень надежности

$$\sigma = \frac{R}{k} = \frac{170}{25} = 6,8.$$

Сила сцепления (разрывающая нагрузка шва) $R = 170$ кг/см² равна приблизительно 57 или 60% от разрывающей нагрузки $K' = 280$ до 300 кг/см² самого мягкого припоя.

В дополнениях дан ОСТ № 2983 оловянисто-свинцовых припоев (стр. 483).

2. МЕДНЫЕ ЗАКЛЕПОЧНЫЕ ШВЫ С УПЛОТНЕНИЕМ ИХ ОПАЙКОЙ МЯГКИМ ПРИПОЕМ

У меди чеканка начинает применяться лишь с листов толщиной около 7 мм. При склепывании более тонких листов, т.е. приблизительно на 1 мм меньше, плотность и прочность должны достигаться уже опайванием швов. Склепка производится однорядным (фиг. 267) или двухрядным (фиг. 268) швом. Заклепки и наружные листы оттягиваются так, что внутренняя поверхность (на фигурах сверху) становится гладкой. Одновременно благодаря этому повышается крепость шва.

Без опайки мягким припоем практически невозможно вообще однорядный заклепочный шов получить плотным. При более толстых листах и двухрядном шве становится возможным получать надежное уплотнение чеканкой, если берут достаточно малые шаги заклепок. Хорошее опайвание делает прочность швов близкой к прочности самого листа.

Таблица 198

Размеры и вес G 1000 шт. штампованных из меди или латуни заклепок по фиг. 277

№	δ	l	G	№	δ	l	G	№	δ	l	G
	мм	мм	кг		мм	мм	кг		мм	мм	кг
2/0	1,9	4	0,175	7	3,6	8	1,215	15	6,6	13	6,830
0	2,1	4,5	0,215	8	4,0	8,5	1,630	16	7	14	8,250
1	2,3	5	0,300	9	4,4	9	2,130	17	8	16	12,25
2	2,6	5,5	0,465	10	4,8	10	2,800	18	8,4	17	14,00
3	2,8	6	0,550	11	5,2	10,5	3,430	19	8,8	18	16,50
4	3,0	6,5	0,680	12	5,5	11	4,130	20	9,3	19,5	20,00
5	3,2	7	0,815	13	5,9	11,5	5,130	21	10,1	21	25,00
6	3,4	7,5	1,00	14	6,2	12	5,830	22	10,6	23	30,00

Таблица 199

Размеры медных заклепочных швов с уплотнением таковых опайкой мягким припоем

Лист	Заклепка	Однорядный		Двухрядный			
Толщина	Диаметр	Заклепочный шов					
s	δ	t	u	t	a	a'	u
1	4,4	30	32	33	14	12	40
2	4,8	34	36	37	16	14	46
3	5,9	38	40	41	18	16	52
4	7	42	44	45	20	18	58
5	8	46	48	49	22	20	64
6	8,8	50	52	53	24	22	70

Таблица 200

Размеры головок и предельные длины стержня заклепок (красной меди, латуни и алюминия ¹) (фиг. 278)

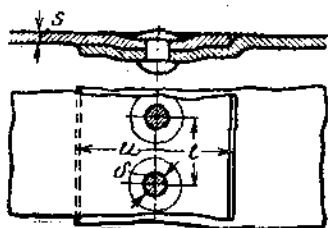
Диаметры стержня для всех фасонов 8	Предельная длина для стержня всех размеров		Полукруглая ко- тельная		Плоская	
	мини- мальная	макси- мальная	Диаметр головки D	Высота головки H	Диаметр головки D	Высота головки H
1,5	4	10	3	1,1	3	1,25
2,0	5	10	4	1,4	4	0,25
2,5	5	14	5	1,8	5	1,50
3,0	5	14	6	2,1	6	1,50
3,5	5	20	7	2,5	7	1,50
4,0	6	25	8	2,8	8	1,75
5,0	6	50	10	3,5	10	1,75
6,0	8	50	12	4,2	12	2,00
7,0	8	50	13,5	4,9	13,5	2,00
8,0	8	50	14,5	5,6	14,5	2,25
9,0	10	50	16,5	6,6	16,5	2,50
10,0	10	50	18,0	7,3	18,0	2,50

¹ Взято по прейскуранту Цетметсбыта за 1932 г.

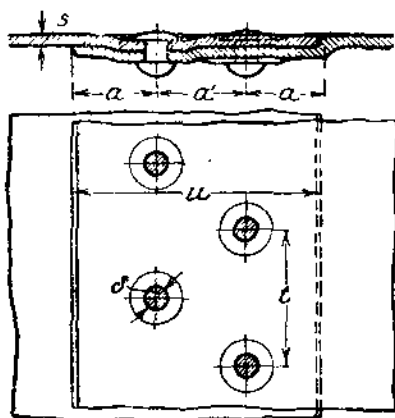
Диаметры стержня для всех фасонов 8	Овальная (саксон- ская)		Полупотайная		Потайная	
	Диаметр головки D	Высота головки H	Диаметр головки D	Высота головки H	Диаметр головки D	Высота головки H
1,5	3,5	0,75	4	0,75	3	0,75
2,0	4	0,75	5,5	0,75	4	1,0
2,5	5	1,0	7	1,0	5	1,25
3,0	6	1,2	7,5	1,25	5,5	1,50
3,5	7	1,25	8	1,25	6,5	1,75
4,0	8	1,5	9	1,5	7,5	2,0
5,0	10,5	2,0	11	1,8	9,5	2,5
6,0	12,5	2,5	13,5	2,5	11,0	2,75
7,0	14,5	2,75	15,5	3,0	13,0	3,50
8,0	16	3,0	18,5	3,75	15,0	4,0
9,0	18	3,5	20	4,0	17,0	4,5
10,0	20	4,0	22	4,5	19,0	5,0

Примечание. Нормальными длинами стержня заклепок L считаются: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 35, 40 и 50 мм.

На фиг. 269 в качестве опоры вклепана в край полосовая сталь, при этом для поднятия крепости и плотности опаивания, конечно, не требуется. Радиус r делается по возможности большим. Для получения сверху ровного края применены заклепки с потайной головкой. Лист меди слишком тонок для утопления в нем головки заклепки. Поэтому делают углубление в более массивной части (в полке или листе) и оттягивают более тонкий лист меди в указанное углубление. При тонких и мягких стальных листах также возможно подобное выполнение.



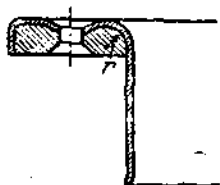
Фиг. 267.



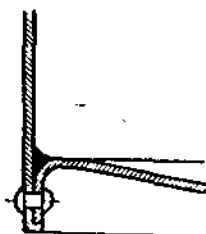
Фиг. 268.

Согласно фиг. 270 днище склепано однорядным швом с обичайкой и опаяно мягким припоем. Край обичайки отбортован вокруг края днища.

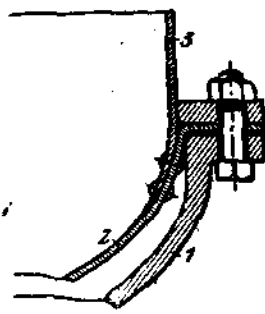
На фиг. 271 показана часть полушарового варочного котла с отлитой наружной чашей 1. К медной внутренней чаше 2 приклепана двухрядным заклепочным опаянным швом более тонкая медная цилиндрическая



Фиг. 269.



Фиг. 270.

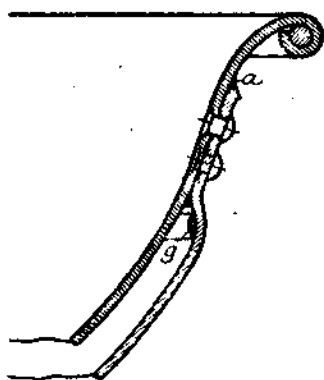


Фиг. 271.

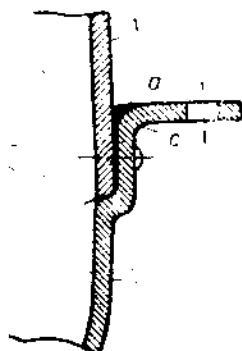
обичайка или так называемая царга 3 с заостренной внизу кромкой.

Фиг. 272 изображает полушаровой варочный котел, целиком состоящий из меди, в котором наружная и внутренняя чаши соединены друг с другом посредством двухрядного заклепочного шва. Перед вставлением чаш друг в друга и клепкой их в перегиб g кладется олово. После выполнения клепки котел опрокидывают и расплавляют при помощи паяльной лампы находящееся в углублении g олово, которое стекает в шов. Кроме этого в случае необходимости производят опайку в месте a .

Более удобным и надежным, чем по фиг. 271, следует считать соединение внутренней красномедной чаши полушарового котла с цилиндрической более тонкой медной царгой, изображенное на фиг. 273. Здесь нижний конец царги не оттянут, и следовательно,



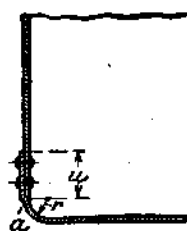
Фиг. 272.



Фиг. 273.

не ослаблен. Царга 1 приклепывается сначала к медной чаше 2 заклепочным однорядным или двухрядным швом; при этом шов может делаться так, как показано на фиг. 267 и 268, т.е. с утопленными изнутри головками заклепок, благодаря чему внутренняя поверхность чаши в месте заклепочного шва получается совершенно ровной. После этого стенка чаши обивается специальным инструментом, так называемой подбойкой, похожей на котельную чеканку, на опоре (амбусе) около нижнего края царги *b* так, как показано на фиг. 273. В результате поверхность чаши изнутри получается совершенно гладкой. Затем шов покрывается мягким припоем, который кладется в место *a* и стекает в шов при нагревании борта со стороны *c* паяльной лампой.

На фиг. 274 изображена клепка днища двухрядным швом, который может быть также заменен и однорядным. Днище огибает корпус. Радиус *r* делают большей частью равным от 20 до 50 мм. В случае необходимости сделать шов достаточно плотным при помощи чеканки это должно быть проделано особенно бережно в месте *a*.



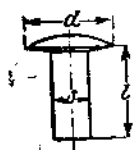
Фиг. 274.

Так как почти всегда в основных медных изделиях добиваются по возможности того, чтобы заклепки только поддерживали совместно листы, давая вместе с тем гладкую внутреннюю поверхность, то формы основных головок медных заклепок отличаются от таковых в стальных заклепках. Диаметр головки медной заклепки берется равным:

$$d \approx 1,7\delta.$$

Приводим основные формы и размеры принятых в Германии медных заклепок.

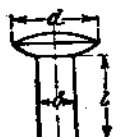
Основная головка по фиг. 275 сверху умеренно выпукла, внизу же близка к плоской; потайная же головка по фиг. 276 сверху плоска, а внизу слегка выпукла. Наиболее употребительной в Германии является заклепка, изображенная на фиг. 277, у которой



Фиг. 275.



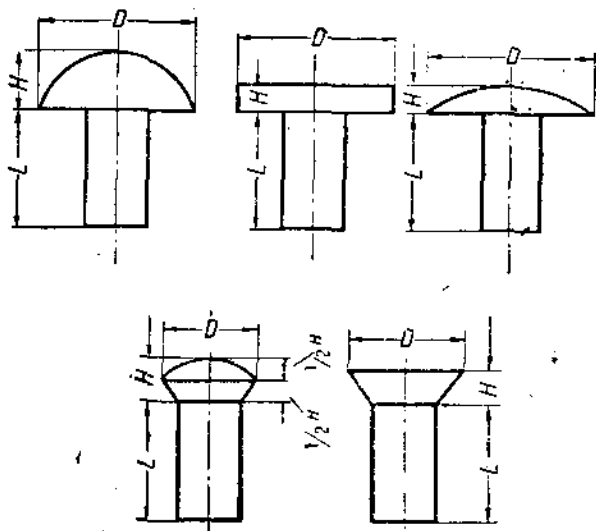
Фиг. 276.



Фиг. 277.

головка сверху и снизу слегка выпукла. Табл. 198¹ дает размеры и веса некоторых германских торговых размеров штампованных из меди или латуни заклепок этого рода.

Шаг t , перекрышку u , расстояние от края a и расстояние между рядами a' (все в мм) для заклепочных швов можно найти в табл. 199.



Фиг. 278.

Не имея еще установленных в СССР стандартов для медных заклепок, приводим в качестве примера табл. 200 с изготавливаемыми у нас формами и размерами таковых.

Как видим, диаметры этих заклепок выражаются округленными числами по сравнению с диаметрами приведенных выше германских заклепок. Это объясняется, конечно, тем, что здесь учтены стандартные для СССР размеры диаметров проволоки и проката меди, из которых должны изготавливаться медные заклепки. Кроме того здесь диаметр головки заклепки $D \approx 2\delta$.

Следует отметить, что относительно формы головок медных заклепок у наших мастеров медницкого дела вообще существует

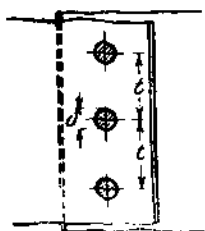
¹ По Hausbrand, Hilfsbuch für den Apparatebau, 3 Aufl.

чрезвычайное разнообразие мнений, какую из них следует считать в большинстве случаев наиболее удобной. Указанное обстоятельство затрудняет и установление длин стержней заклепок. Из-за такого положения часто приходится наблюдать, как на заводе, имеющем медницкий цех, штамповка медных заклепок производится собственными силами. Но в этом смысле нам следует учесть то, что в Германии наиболее употребительной формой головки, как уже было указано выше, является изображенная на фиг. 277.

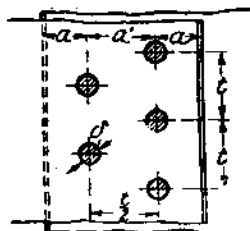
Применительно к диаметрам медных заклепок, а также к тем толщинам медных листов, которые могут быть изготовлены у нас, ниже даются табл. 201 и 202 для однорядного и двухрядного заклепочных медных швов, выполняемых по фиг. 267 и 268.



Фиг. 279.



Фиг. 280.



Фиг. 281.

Отметим, что табл. 201 нами составлена на основании табл. 199 для подобного же шва, а в табл. 202 размеры даны новые, так как, насколько нам удалось убедиться, при расположении заклепок двухрядного шва, согласно данным табл. 199, оттяжка материала листов меди вокруг головок заклепок в этом случае (фиг. 268) чрезвычайно затрудняется из-за слишком тесного взаимного расположения заклепок. Что касается прочности швов от допущения нами некоторого увеличения расстояний между заклепками, то таковая остается здесь достаточно надежной.

ЧЕКАНЕННЫЕ МЕДНЫЕ ЗАКЛЕПОЧНЫЕ ШВЫ

Листы меди, начиная с толщины приблизительно около 7 мм, можно уже плотно чеканить. С другой стороны, листы толщиной приблизительно до 13 мм можно паять твердым припоем или сваривать. Таким образом листы меди толщиной с 7 до 13 мм позволяют делать самые различные виды соединений.

У чеканенных медных заклепочных швов заклепки имеют основную головку или одинаковую со стальной или форму усеченного конуса согласно фиг. 279. Диаметр головки $d \approx 1,7d$. В табл. 203 даны веса для 100 медных заклепок каждого размера с конической головкой особой формы.



Фиг. 282.

Таблица 201

Однорядные заклепочные медные швы
(по фиг. 267)

Толщина меди		Диаметр заклепки δ мм	Шаг шва t мм	Перекрышка u мм
№ ¹ с	s мм			
(19)	1	4	30	32
(17)	1,5	5	32	34
(14)	2	5	34	36
(13)	2,5	6	36	38
(11)	3	6	38	40
(10)	3,5	7	40	42
(8)	4	7	42	44
(7)	4,5	8	44	46
(6)	5	8	46	48
(5)	5,5	9	48	50
(4)	6	9	50	52

¹ Приблизительные номера толщин меди, вышедшие из употребления, указаны для ориентировочных справок.

Таблица 202

Двухрядные заклепочные медные швы (по фиг. 268)

Толщина меди		Диаметр заклепки δ мм	Шаг шва t мм	Расстояние от края a мм	Расстояние между рядами a' мм	Пере- крышка u мм
№ ¹ с	s мм					
(19)	1	4	35	15	13	43
(17)	1,5	5	38	16	14	46
(14)	2	5	40	17	15	49
(13)	2,5	6	43	18	16	52
(11)	3	6	45	19	17	55
(10)	3,5	7	48	20	18	58
(8)	4	7	50	21	19	61
(7)	4,5	8	53	22	20	64
(6)	5	8	55	23	21	67
(5)	5,5	9	58	24	22	70
(4)	6	9	60	25	23	73

¹ См. примечание к табл. 201.

Таблица 203¹

Вес 100 медных заклепок (по фиг. 279)

Диаметр заклепки ϕ	Длина стержня l , мм								
	15	20	25	30	35	40	50	60	70
	Вес 100 шт., кг								
5	0,70	0,75	0,85	0,9	0,93	0,95	—	—	—
6	0,75	0,85	0,94	1,2	1,45	1,70	2,0	2,3	2,5
7	0,90	1,00	1,00	1,4	1,70	2,00	2,4	2,8	3,2
8	1,00	1,30	1,70	2,2	2,30	2,50	2,8	3,4	3,8
9	1,70	2,00	2,80	3,2	2,50	3,60	4,0	4,8	5,4
10	2,20	3,00	3,80	4,3	4,60	4,70	5,2	6,2	7,0
11	—	4,20	4,80	5,3	5,70	5,80	6,4	7,6	8,7
12	—	5,20	5,70	6,2	6,60	6,90	7,6	9,0	10,4
13	—	6,00	6,60	7,2	7,60	8,00	9,0	10,4	11,0
14	—	7,00	7,60	8,1	8,50	9,00	10,0	11,8	12,7
15	—	7,70	8,50	9,1	9,80	10,50	11,3	13,2	14,4
16	—	8,10	9,00	10,0	11,00	11,90	12,5	15,0	17,0
17	—	—	—	10,5	11,60	13,80	16,0	18,0	21,0
18	—	—	—	11,0	12,20	15,00	18,0	20,0	24,0
19	—	—	—	—	13,00	16,00	21,0	23,0	27,0
20	—	—	—	—	14,00	17,00	23,0	25,0	30,0
21	—	—	—	—	16,00	19,00	24,0	27,0	31,0
22	—	—	—	—	18,00	21,00	25,0	28,0	32,0
23	—	—	—	—	—	24,00	27,0	29,0	33,0
24	—	—	—	—	—	26,00	28,0	30,0	34,0
25	—	—	—	—	—	28,00	30,0	34,0	38,0
26	—	—	—	—	—	30,00	32,0	38,0	42,0
27	—	—	—	—	—	33,00	35,0	43,0	47,0

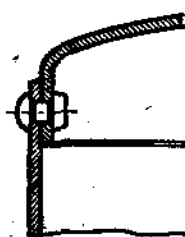
¹ Hausbrand, Hilfsbuch für den Apparatebau, 3 Aufl.

Фиг. 280 и 281 изображают чеканенные однорядный и двухрядный медные заклепочные швы внахлестку. Вследствие относительной мягкости материала применяют также при более высоких давлениях при швах внахлестку и накладки согласно фиг. 282. Фиг. 283 и 284 показывают случаи прикрепления днищ к обечайкам при помощи чеканенного шва.

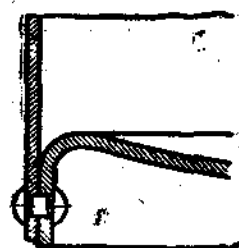
Определение размеров швов производится так же, как и в стальных заклепочных швах, но здесь стремятся делать шаги несколько меньше.

Принято для чеканенного однорядного заклепочного медного шва приблизительно:

диаметр заклепки $\phi = s + 7$ мм
шаг $t = 2\phi + 7$ „
перекрышка $u = 3\phi$ „



Фиг. 283.



Фиг. 284.

Таблица 204

Размеры чеканенных медных однорядных заклепочных швов внахлестку

Толщина листа s мм	Заклепка			Шов		Сопротивление скольжению каж- дого шлага ω_1	Коэффициент проч- ности шва φ	Число заклепок в 1 лог. м шва	Вес двух заклепок гомолов кг	Суммарная при- бавка в весе на 1 лог. м
	Диаметр d мм	Площадь попереч- ного сечения q см ²	Длина стержня l мм	Шаг t мм	Перекры- шка u мм					
7	14	1,54	42	35	42	844	0,60	28,6	0,030	3,3
8	15	1,76	46	37	45	1 045	0,60	27,1	0,037	4,0
9	16	2,01	50	39	48	1 105	0,59	25,7	0,045	4,7
10	17	2,27	54	41	51	1 248	0,59	24,4	0,055	5,5
11	18	2,54	58	43	54	1 397	0,58	23,0	0,064	6,3
12	19	2,83	62	45	57	1 556	0,58	22,2	0,074	7,2
13	20	3,14	66	47	60	1 727	0,58	21,3	0,086	8,1
14	21	3,46	70	49	63	1 903	0,57	20,4	0,100	9,1
15	22	3,80	74	51	66	2 090	0,57	19,6	0,120	10,3
16	23	4,15	78	53	69	2 282	0,57	18,9	0,130	11,4
17	24	4,52	82	55	72	2 486	0,56	18,2	0,145	12,5
18	25	4,91	86	57	75	2 700	0,56	17,6	0,160	13,7
19	26	5,31	90	59	78	2 920	0,56	17,0	0,175	15,0
20	27	5,72	94	61	81	3 146	0,56	16,4	0,196	16,3

Таблица 205

Размеры чеканенных медных двухрядных заклепочных швов внахлестку

Толщина листа s мм	Заклепка			Шов				Сопротивление скольжению каж- дого шлага ω_1	Коэффициент проч- ности шва φ	Число заклепок в 1 лог. м шва	Суммарная при- бавка в весе на 1 лог. м шва
	Диаметр d мм	Площадь попереч- ного сечения q см ²	Длина стержня l мм	Шаг t мм	Расстояние от края a мм	Расток- ные между рядами a' мм	Перекры- шка u мм				
7	13	1,33	40	49	20	24	64	1 330	0,73	40,8	4,5
8	14	1,54	44	51	21	25	67	1 540	0,73	39,2	5,5
9	15	1,76	48	53	23	26	72	1 760	0,72	37,8	6,6
10	16	2,01	52	55	24	27	75	2 010	0,71	36,4	7,7
11	17	2,27	56	57	26	28	80	2 270	0,70	35,1	9,0
12	18	2,54	60	60	27	30	84	2 540	0,70	33,3	10,0
13	19	2,83	64	62	29	31	89	2 830	0,69	32,3	11,7
14	20	3,14	68	64	30	32	92	3 140	0,69	31,3	13,0
15	21	3,46	72	66	32	33	97	3 460	0,68	30,3	14,8
16	22	3,80	76	68	33	34	100	3 800	0,68	29,5	16,4
17	23	4,15	80	71	35	35	105	4 150	0,68	28,2	18,0
18	24	4,52	84	73	36	36	108	4 520	0,67	27,4	19,6
19	25	4,91	88	75	38	37	113	4 910	0,67	26,7	21,6
20	26	5,31	92	77	39	38	116	5 310	0,66	26,0	23,2

Для чеканенного двухрядного медного заклепочного шва:

диаметр заклепки	$\delta = s + 6 \text{ мм}$
шаг	$t = 2,2s + 20 \text{ мм}$
расстояние от края	$a = 1,5\delta$
расстояние между рядами заклепок	$a' = 0,5t$

Эти швы должны иметь также достаточное сопротивление скольжению. Удельное сопротивление скольжению k_G берут здесь, по крайней мере, на 150 кг ниже, чем при таких же стальных заклепочных швах. Таким образом допустимо максимум:

для заклепочного шва внахлестку	{	однорядного	$k_G = 550 \text{ кг}$
или с односторонней накладкой		двухрядного	$k_G = 500$

Сопротивление заклепок срезыванию должно быть не меньше прочности самого листа в заклепочном шве. Прочность на срез равна 0,8 временного сопротивления растяжению; соответственно этому допускаемое напряжение на срез: $0,8 \cdot 4 = 3,2 \text{ кг/мм}^2$ до 200°C .

Таким образом согласно табл. 204 и 205 размеры для медных швов даны для листов толщиной s от 7 до 20 мм. В последней графе каждой таблицы дана суммарная прибавка в весе, составляющаяся из веса полосы листа в перекрышке плюс заклепочные головки.

Пример. Берем медный пароприемник с диаметром 1300 мм при внутреннем избыточном давлении насыщенного пара в 6 кг/см^2 . Принимаем степень надежности $\sigma = 5$.

При двухрядном продольном шве внахлестку, согласно табл. 183: $s = 12,66 \text{ мм}$ до 120°C . Насыщенный пар при 7 атм имеет $164,2^\circ \text{C}$ (т. е. четвертую ступень температур). Таким образом получаем: $s = 1,16 \cdot 12,66 \approx 14,7 \text{ мм}$.

Далее получается:

$$\delta = s + 6 = 14,7 + 6 = 20,7 \approx 21 \text{ мм.}$$

По табл. 205 для $\delta = 21$:

$$t = 66 \text{ мм и } \varphi = 0,68$$

против $\varphi = 0,7$ по табл. 183.

Для удобства чеканки t не может быть ни в коем случае увеличено. С $\varphi = 0,68$ получаем:

$$s = \frac{D \cdot p \cdot \sigma}{200 \cdot K \cdot \varphi} = \frac{1300 \cdot 6 \cdot 5}{200 \cdot 19 \cdot 0,68} = 15,1 \text{ мм до } 180^\circ \text{C.}$$

Согласно табл. 205 могут быть оставлены: $\delta = 21 \text{ мм}$ и $t = 66 \text{ мм}$. Требуемое сопротивление скольжению:

$$w_1 = \frac{D \cdot t \cdot p}{2} = \frac{1300 \cdot 66 \cdot 6}{2} = 2574 \text{ кг.}$$

По табл. 205 $w_1 = 3460 \text{ кг}$. Таким образом наш результат подходящий.

Если рассмотреть этот случай при шве, паянном твердым припоем или сваренном с надежной накладкой, когда $\varphi = 0,8$, то получим $s \leq 13 \text{ мм}$, а именно:

$$s = \frac{1300 \cdot 6 \cdot 5}{200 \cdot 19 \cdot 0,8} = 12,82 \approx 13 \text{ мм до } 180^\circ \text{C.}$$

Таким образом продольный шов позволяет еще производить пайку твердым припоем и сварку, и в случае необходимости можно избрать такой способ исполнения, так как для $L = 1 \text{ м}$ длины обечайка весит:

а) с $s \approx 15 \text{ мм}$:

$$G_1 = \alpha \cdot D + \beta = 421,12 \cdot 1,3 + 6,36 \approx 554 \text{ кг;}$$

б) с $s = 13 \text{ мм}$:

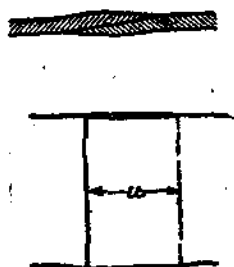
$$G_2 = 367,57 \cdot 1,3 + 4,78 \approx 483 \text{ кг.}$$

К G_2 должно быть еще прибавлено приблизительно 14 кг на накладку. Таким образом благодаря пайке твердым припоем или сварке получается экономия в весе меди на 1 пог. м длины обечайки: $554 - 497 = 57 \text{ кг}$, т. е. около 10%.

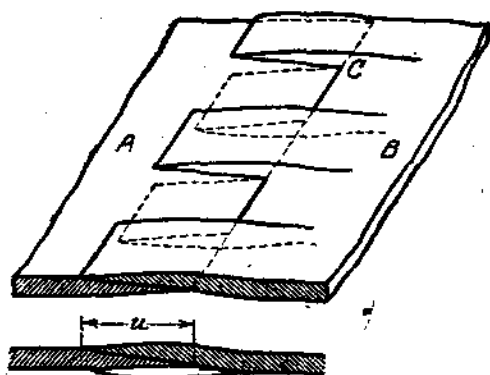
4. СВАРНЫЕ И ПАЯННЫЕ ТВЕРДЫМ ПРИПОЕМ ШВЫ

У низкотемпературных мягких припоев соединение основывается главным образом на относительно большой силе сцепления между химически чистым твердым металлом и припоем. Если и происходит некоторый поверхностный сплав между припоем и изделием, то он, во всяком случае, незначителен. При пайке твердым припоем как раз имеет место сплавление припоя вместе с наружными слоями металла изделия. При этом соединение получается несравненно более сильное, чем при пайке мягким припоем.

Твердые припои должны быть вязкие и тягучие. Для меди, латуни и сплавов нового серебра¹ они состоят из меди, цинка и олова (латунные твердые припои), для никелевого твердого сплава — из меди, цинка, олова и серебра (серебряный твердый припой).



Фиг. 285.



Фиг. 286.

Примеси, как то: грязь, жир, окислы, должны быть предварительно удалены при помощи опилования, шпательной, протравки и мытья. Вновь образующиеся во время пайки окислы могут быть растворены или восстановлены при помощи буры и т.п. Соединяемые поверхности должны примыкать настолько хорошо друг к другу, чтобы припой не мог выпасть.

Края листов всегда заостряются (оттягиваются). Согласно фиг. 285 их можно просто наложить друг на друга и опаять; при этом их нужно плотно прижать друг к другу во избежание сдвига при нагревании. Так как это не может быть достигнуто надавливанием на листы или какой-либо нагрузкой на них, то прибегают к стягиванию листов временными заклепками, которые вместе с тем могут послужить основанием для образования поврежденных мест.

Лучше такого гладкого шва является шов по фиг. 286 с разведенными зубьями. Край одного листа А просто вытягивается, у листа же В после заострения поперек края насакаются зубья. Таким образом создаются лапки, похожие на разведенные зубья пилы, которые захватывают между собой край листа А. После

¹ Сплавы меди с цинком и никелем.

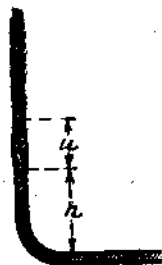
вдвигания листов друг в друга зубья листа *B* подвергаются основательному обиванию молотком около края листа *A*. Концы *C* должны быть хорошо и полностью покрыты припоем, чтобы не могло совершенно образоваться поврежденных мест. Готовый шов гладко обивается молотками.

Безукоризненно выполненные швы на твердом припое имеют почти такую же прочность и способность к обработке (гибке, наводке), как и самый лист. У пароприемников также допустимы швы на твердом припое, но с надежной накладкой. Пайка на твердом припое больших частей всегда тяжелее и требует высокой степени осторожности, опыта и ловкости. Не всякий шов выходит сразу безукоризненно. Если же имеются поврежденные места, то получение шва высокого качества значительно затрудняется.

Перекрышку *u* по фиг. 285 и 286 берут в зависимости от толщины листа *s* приблизительно равной:

при $s = 1-1,5$	2-3	3,5-5	5-8	8,5-13 мм
$u = 10$	15	20-25	25-30	30-40 "

Продольные швы обичаек, поскольку это доступно, делаются всегда на твердом припое; днища обыкновенно также ставятся на шве, паянном твердым припоем. На фиг. 287 показано днище с цилиндрическим бортом (воротником), припаянным к обичайке твердым припоем. Высота *h* равна от 60 до 100 мм. На фиг. 288 шов находится в днище; при этом расстояние от обичайки $a \approx r + 10$ и до 20 мм, где *r* равен радиусу закругления.



Фиг. 287.



Фиг. 288.

Состав твердых припоев бывает различный. Гаусбранд дает для этих припоев следующий состав:

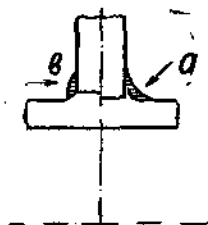
медь в процентах	55	50	47	40
цинк	45	50	53	60
точка плавления (приблизительно)	880	870	835	835°C

В дополнениях дан ОСТ 2984 твердых медно-цинковых припоев (стр. 482).

При сварке меди, которая ведется, главным образом, ацетилено-кислородным пламенем, сильно нагретый металл образует с кислородом воздуха закись меди. Во избежание таких образований применяются так называемые сварочные мастики, которые растворяют, с одной стороны, закиси, а с другой, — покрывают соседние полоски шва защитной пленкой против влияния кислорода воздуха. При недостаточной защите медь от влияния таких вкрапленных или вплавленных окислов теряет свою прочность и эластичность. Для сварки меди применяется очень чистый ацетилен, так как недостаточно чистый может вызвать пороки в шве. Медный сварочный прут должен быть очень чистым и однородным; содержание небольшого количества серебра и фосфора делает его легкоплавким.

На все медные сварочные швы сплавляемый материал накладывается настолько толсто, чтобы готовый шов мог еще быть подвергнут ударам молотка, т. е. прогладке.

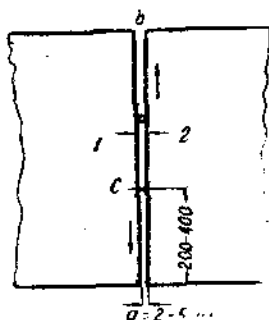
Сварка меди, хотя и требует высокой квалификации сварщика, часто больших предосторожностей и хлопот, все же она настолько ускоряет и облегчает операции соединения отдельных частей медных аппаратов и устраняет шумный процесс клепки, что и здесь все преимущества, как и для стали, остаются на ее стороне.



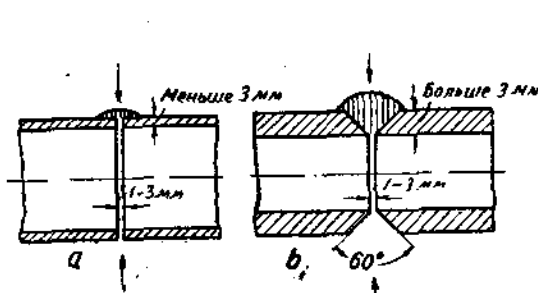
Фиг. 289.

Несмотря на большие трудности ее выполнения, все же в аппаратостроении медных изделий сварка нашла большое применение. В местах присоединения медных штуцеров, горловин для лазов и т. д. к отверстию в стенке аппарата с отогнутым краем (фиг. 289) вставляется медный штуцер с отогнутым бортом и надетым свободно вращающимся фланцем и приваривается так, как это изображено в месте *a* или *b*; при этом вид *b* применяется реже. Вертикальные швы нужно варить

сверху вниз. Сварка листов внахлестку проще сварки встык, но зато она вредно действует на тот лист, к поверхности которого приваривается край другого листа. При сварке встык возможны разрывы, особенно позади горелки, от усадки при остывании металла, во избежание чего нужно оставлять перед сваркой зазор между листами в зависимости от их толщины. Для этого пользуются зажимами и разными приспособлениями вроде, например, клина (фиг. 290), передвигая постепенно его по направлению сварки. При этом надо



Фиг. 290.



Фиг. 291.

начинать сварку листов 1 и 2 в месте *c* на расстоянии нескольких сот миллиметров от края *a*, доводя ее до конца *b*, и только после этого заканчивать участком в направлении от *c* к *a*.

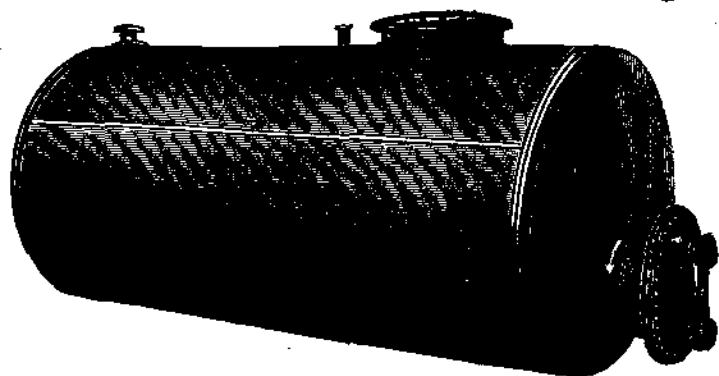
На фиг. 291 показана сварка встык концов труб с толщиной стенок меньше 3 мм (*a*) и более 3 мм (*b*). Зазор обеспечивает выполнение шва по всей толщине стенки присадочным материалом. Как видим, у тонких стенок кромки не заостряются, у более же толстых скашиваются примерно на 30—45°.

У Горна¹ приводится целый ряд интересных примеров сварки

¹ Г. Горн, Сварка меди и ее сплавов.

медных изделий, в том числе и аппаратов. Так, на фиг. 292 дан котел для теплой воды диаметром в 1000 мм при длине 2500 мм для давления 5 ат, выполненный из 5-мм медных листов и содержащий сваренный медный змеевик с поверхностью нагрева около 3 м². На фиг. 293 изображен котел диаметром 1760 мм, глубиной 1060 мм при толщине стенки в 7 мм и дна в 9 мм, а на фиг. 294—вакуум-испаритель емкостью 3000 л. Стрелками всюду показаны направления сварки.

При соблюдении соответствующих правил предосторожности латунь, по данным проф. Шимпке, поддается автогенной сварке не хуже меди. На практике для целей сварки редко приходится иметь дело с толщинами, превышающими 10 мм. Проковка, отпуск, т. е. охлаждение в воде после сварки, и прочие виды обработки ведутся так же, как и при сварке медных изделий.



Фиг. 292.

То же относится и к бронзе. Неблагоприятное влияние кислорода воздуха при сварке всех этих металлов устраняется применением специальных сварочных порошков — флюсов.

Сварка алюминия требует особого внимания потому, что сплавление алюминия связано с большими затруднениями, с одной стороны, и самые швы не дают достаточной уверенности в их надежности — с другой.

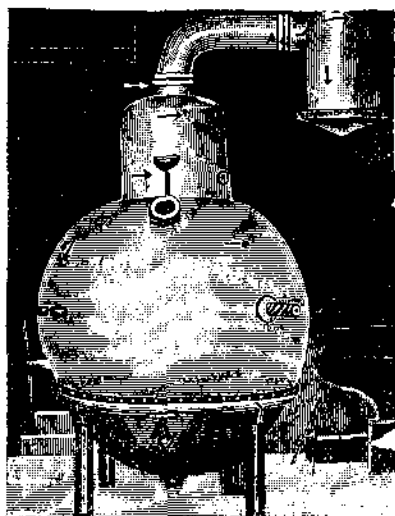
При алюминиевой сварке можно также избежать образования окислов, так как точка плавления самого алюминия лежит около 657°C, в то время как окислы алюминия плавятся при температуре около 3000°C. По Шупу (Schoor) можно все же посредством сварочных порошков, состоящих из хлористых, бромистых и фтористых солей щелочных металлов, растворить окислы алюминия уже при температуре около 700°C. Благодаря этому здесь обеспечивается возможность получения хороших сварочных швов. Сварочный порошок с водой замешивается в мастику; последняя накладывается как на соединяемые и механически очищенные поверхности изделия, так и на сварочный прут. Алюминий сваривают вообще всегда встык.

Для ускорения сварки и большей уверенности в ее доброкачественности необходимо до начала работы места, окружающие шов,

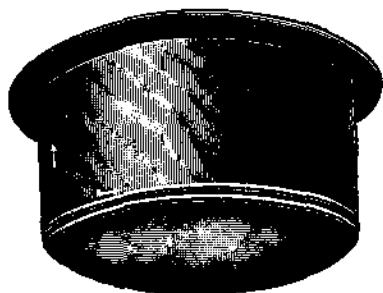
подогреть при помощи сварочного пламени. При толстых частях края обстрогоиваются. При тонких алюминиевых листах вместо ацетилено-кислородного пламени часто больше пригодно пламя светильного газа и кислорода из-за его меньшей температуры горения.

На фиг. 295 изображен алюминиевый котел диаметром в 1500 мм, сваренный из листов толщиной 7 мм с дном в 9 мм¹.

Для суждения о механических свойствах медных швов, полученных газовой сваркой, приво-



Фиг. 294.



Фиг. 293.

дим следующие данные¹. По указаниям Горна хорошая сварка может выдержать такую же прокатку и протяжку, какую выдерживает несваренная медь. При этом трещин и изломов не получается. Испытательные бруски, вырезанные перпендикулярно шву, с двухсторонней сваркой в 16-мм листах дали следующие средние значения:

прочность сварки	20,35 кг/мм ² ,	удлинение 20%
прочность несваренной меди	22,3 " "	41,7%

Эти данные относятся к прокованной сварке, в то время как непрокованные сварочные швы дают прочность почти на 30% ниже. При этом из вышеприведенного мы видим, что удлинение стало меньше на 50%. Отжиг несколько увеличил удлинение места сварки, уменьшив зато прочность, а именно: удлинение — 26%, прочность — 19,5 кг/мм².

При пайке подлежащее соединению место подогревается не до собственной температуры плавления, а лишь до температуры плавления припоя, т. е. сплава, идущего для образования соединения. Это относится к пайке твердыми припоями (см. ниже). При пайке же мягкими припоями нагревается не подлежащий скреплению мате-

¹ Г. Горн, Сварка меди и ее сплавов.

риал, а легкоплавкий мягкий припой, который направляется раскаленным паяльником и наносится тонким слоем на протравленную чистую поверхность металла. Оба вида пайки удачно выполняются при участии в нагреве сварочных горелок, вследствие чего можно говорить в этом смысле об „автогенной“ пайке. В этом случае пользуются ацетиленовым, водородным пламенем или пламенем светильного газа (блугаза) или бензина. Трудно контролируемый, непостоянный и делающий грязной пайку нагрев на древесном угле заменяется, таким образом, более совершенным, поддающимся точной регулировке, пламенем.

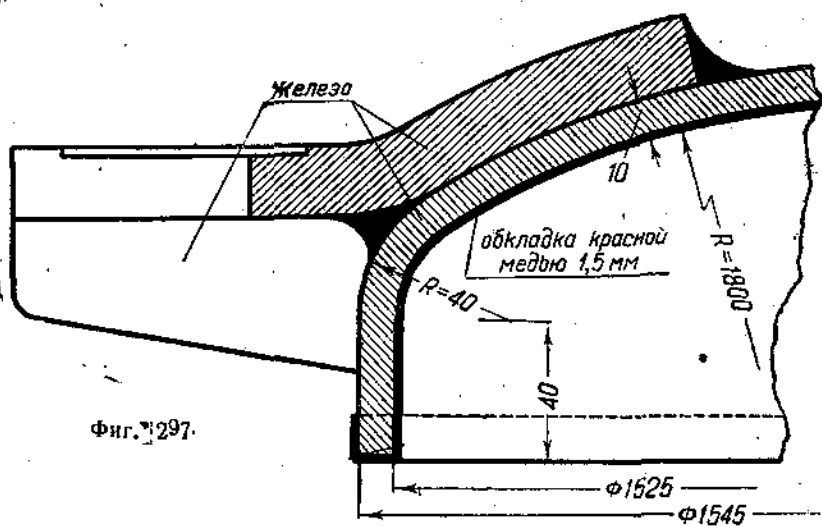
Таким путем производится пайка меди с медью, меди с латунью, железа (стали) с латунью, стали с медью, и при некоторой опытности получается чистый и плотный паяный шов.

При пайке мягким припоем паяльник нагревается ацетиленом или светильным газом в присутствии воздуха.

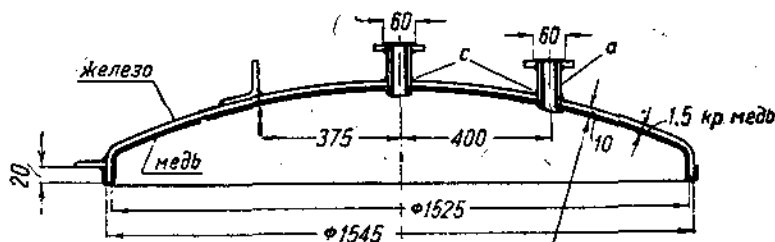
На фиг. 296 представлен двухстенный аппарат (фильтр), состоящий из внутреннего красномедного корпуса, выполненного швами на твердом припое, и наружной стальной рубашки, сваренной электричеством. Фланцы *a* — стальные. Лаз сверху к крышке припаян. Интересно выполнение спускового штуцера внизу, где мы встречаемся со стальным штуцером *b*, выложенным внутри медью *c*, и имеющего сальниковое устройство, достаточно ясное из фигуры.

Другие примеры использования железа в целях экономии дорогой меди в некоторых аппаратах с обкладкой таковых изнутри красномедными листами даны на фиг. 297—299. На первой из них изображена часть крышки аппарата, у которого все части железные, а листами красной меди выложены все внутренние стенки аппарата, соприкасающиеся с его загрузкой. На фиг. 298 показана эта крышка в целом, а на фиг. 299 дан один из штуцеров (*a*, фиг. 298), также железный, но выложенный изнутри медью.

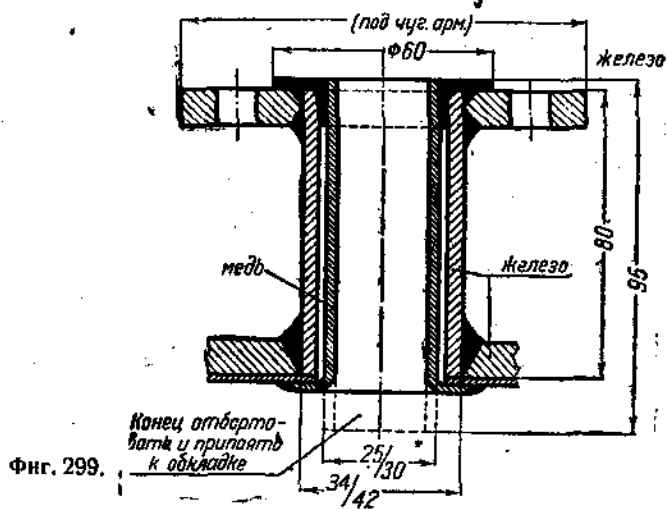
Относительно распределения сварочных или паянных твердым припоем швов на сосудах можно для меди (латуни, никеля и т. д.), а также для алюминия применять те же указания, которые были приведены для сварки стальных листов. У стали имеется в виду, что расположение шва на фиг. 100, *i*, относится только к низким давлениям, так как отбортовка стальной обечайки внутрь затруднительна и недешева. В то же время у медного листа такая отбортовка может быть выполнена без затруднения. Если примыкают при этом зубчатый шов с твердым припоем, то вставляют в зубья отогнутого внутрь борта хорошую, проглаженную молотками часть, предназначенную для днища, которая садится настолько хорошо на свое место, что шов, паянный здесь твердым припоем, получается всегда безукоризненным. Так как кроме того зубчатый шов действует хорошо и как опора, то у меди такое расположение днища на зубчатом шве, как показано на фиг. 100, *i* и 288, применимо также и для более высоких давлений. Если речь идет относительно пароприемников, то предпочтительнее выполнять шов обечайки по фиг. 100, *h* и 287, так как при этом удобнее применять надежные накладки. Паять же легче шов, расположенный в днище, чем на цилиндрической стенке.



Фиг. 297.



Фиг. 298.



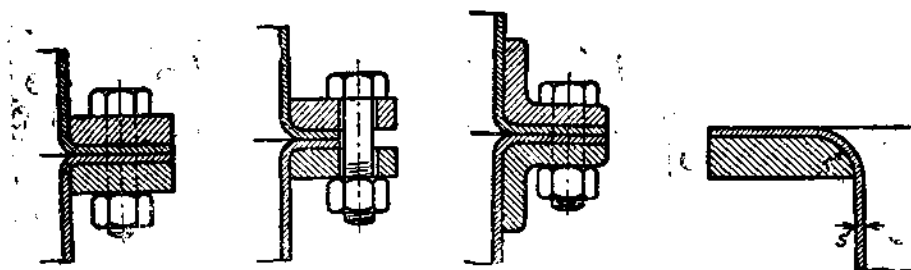
Фиг. 299.

В. БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ У МЕДНЫХ СОСУДОВ

Сказанное в гл. 6 части *D* о болтах и фланцах почти целиком относится и к этой главе за исключением случаев приклепывания болтовых фланцев, которые у меди очень редко применяются. Там же где это имеет место, фланцы почти всегда изготовляются из бронзового литья или латуни и очень редко из стали, которая в этих случаях должна всегда покрываться оловом (лудиться), по крайней мере,—на прилегающих оплавляемых при этом поверхностях.

Для большинства случаев, однако, фланцы из бронзового литья и латуни обходятся очень дорого. Обычно у медных частей сосудов делают борты так, что вся внутренняя поверхность сосудов состоит из меди и фланцы ни в какой части своей не соприкасаются с этой внутренней поверхностью. При этом кольца фланцев делаются из стали.

Фиг. 300—302 изображают болтовые фланцевые соединения для обечаек сосудов. Согласно фиг. 300 у обечаек делаются широкие



Фиг. 300.

Фиг. 301.

Фиг. 302.

Фиг. 303.

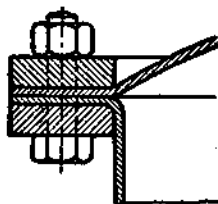
борты, которые зажимаются фланцами из полосовой стали с обеих сторон,—по одному кольцевому фланцу с каждой. Промежуточная уплотняющая прокладка (которая не изображена) проходит по всей ширине фланца. На фиг. 301 показано такое же соединение, но медные борты, равно как и прокладка, достигают только болтов. Такого рода соединения благодаря наличию узких бортов, в которых не нужно делать отверстий, обходятся дешевле, но вследствие возникновения больших напряжений на изгиб в таких фланцах при зажатии их для уплотнения они при более высоких избыточных давлениях не рекомендуются. Вместо фланцевых колец полосовой стали на фиг. 302 показано такое кольцо углового сечения, которое касается обечайки; но оно менее употребительно. Борты здесь также идут по всей ширине фланца.

Как у этих, так и у всех описываемых соединений борты частей сосудов загибаются около примыкающего к ним закругления фланца с большим по возможности радиусом r , как это показано на фиг. 303.

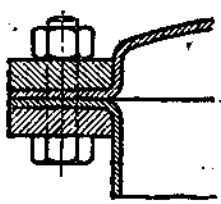
Эти фланцевые кольца должны иметь настолько хорошо закругленный край, чтобы их радиус точно соответствовал радиусу закругления борта и плотно подходил к нему, благодаря чему самый

перегиб борта может получать хорошую опору. Если обозначить через s толщину листа, то радиус закругления борта r должен быть приблизительно равен от 1,5 до $3 \cdot s$.

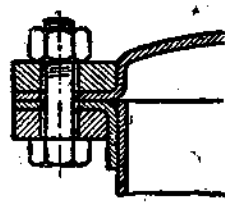
На фиг. 304—306 крышки или днища прикрепляются на болтах. На фиг. 304 и 305 скрепление на болтах обичайки соответствует



Фиг. 304.



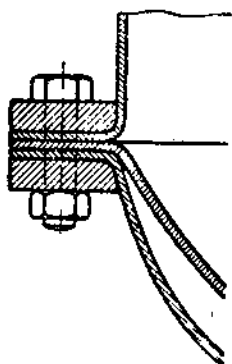
Фиг. 305.



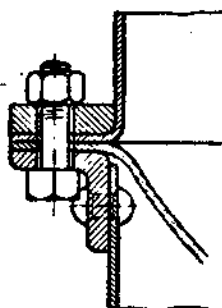
Фиг. 306.

фиг. 300, но только здесь соединения обичайки производятся с тарельчатым или выпуклым днищем. На фиг. 306 борт обичайки отогнут не из самого листа таковой, а насажен как самостоятельная так называемая бортшайба, и в зависимости от назначения и конструкции аппарата наклепан и опаян с оловом или поставлен на твердом припое. Здесь имеется возможность выполнить этот борт крепче, чем при получении его путем отгибания листа обичайки.

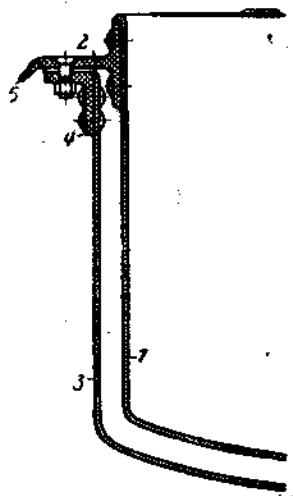
На фиг. 307 показано, как оба фланцевых кольца соединяют три части сосуда: обе чаши двойного днища и царгу. Фиг. 308 изображает сосуд с кованым



Фиг. 307.



Фиг. 308.



Фиг. 309.

стальным наружным днищем вместо медной наружной чаши. Угловое кольцо наружного днища служит здесь в качестве нижнего фланцевого кольца.

У всех встречавшихся до сих пор соединений получается по периметру сосуда желобок треугольного поперечного сечения. В соединениях по фиг. 300—302, а также по фиг. 304—306 желобок оставляется.

Таблица 208

Вес в кг каждого фланцевого кольца из полосовой стали для медных сосудов¹

Внутренний диаметр мм	Вес 1 пог. м полосовой стали, кг						
	3,6	4	5,50	6,02	6,60	7,14	8,16
	Ширина и толщина полосовой стали						
	45 × 10	50 × 10	50 × 14	55 × 14	60 × 14	65 × 14	65 × 16
400	5,03	5,65	7,75	—	—	—	—
405	5,08	5,72	7,85	—	—	—	—
410	5,14	5,78	7,93	—	—	—	—
415	5,20	5,84	8,03	—	—	—	—
420	5,25	5,90	8,09	—	—	—	—
425	5,31	5,97	8,19	—	—	—	—
430	5,36	6,03	8,28	—	—	—	—
435	5,42	6,09	8,37	—	—	—	—
440	5,48	6,20	8,45	—	—	—	—
445	5,54	6,24	8,55	—	—	—	—
450	5,60	6,28	8,64	9,54	—	—	—
455	5,65	6,34	8,73	9,62	—	—	—
460	5,71	6,41	8,82	9,71	—	—	—
465	5,76	6,47	8,90	9,80	—	—	—
470	5,82	6,50	8,98	9,90	—	—	—
475	5,88	6,60	9,07	10,00	—	—	—
480	5,94	6,66	9,16	10,10	—	—	—
485	6,00	6,74	9,29	10,18	—	—	—
490	6,05	6,78	9,32	10,28	—	—	—
495	6,10	6,85	9,42	10,36	—	—	—
500	6,16	6,91	9,52	10,45	11,63	12,41	—
505	6,22	6,98	9,57	10,56	11,74	12,52	—
510	6,27	7,04	9,68	10,66	11,82	12,62	—
515	6,32	7,10	9,78	10,75	11,95	12,74	—
520	6,39	7,16	9,84	10,85	12,05	12,85	—
525	6,45	7,22	9,93	10,94	12,15	12,95	—
530	6,50	7,29	10,00	11,04	12,25	13,07	—
535	6,56	7,35	10,10	11,14	12,36	13,19	—
540	6,61	7,42	10,20	11,25	12,47	13,26	—
545	6,67	7,48	10,30	11,32	12,56	13,41	—
550	6,73	7,54	10,38	11,41	12,68	13,52	15,81
555	6,79	7,60	10,45	11,51	12,77	13,62	15,95
560	6,84	7,66	10,53	11,60	12,87	13,74	16,08
565	6,90	7,73	10,60	11,70	12,96	13,84	16,20
570	6,94	7,79	10,68	11,79	13,09	13,96	16,34
575	7,00	7,86	10,78	11,89	13,19	14,06	16,47
580	7,06	7,92	10,86	11,98	13,29	14,17	16,59
585	7,11	7,98	10,93	12,06	13,40	14,29	16,73
590	7,17	8,04	11,02	12,17	13,50	14,39	16,85
595	7,23	8,10	11,12	12,25	13,61	14,51	16,98

¹ Hausbrand, Hilfsbuch für den Apparatebau, 3 Aufl.

Фланцевые кольца

Внутренний диаметр <i>мм</i>	Вес 1 пог. м полосовой стали, кг					
	4,0	5,50	6,02	6,60	7,14	8,16
	Ширина и толщина полосовой стали					
	50 × 10	50 × 14	55 × 14	60 × 14	65 × 14	65 × 16
600	8,17	11,26	11,23	13,59	14,89	17,02
605	8,23	11,33	12,33	13,69	15,00	17,16
610	8,29	11,43	12,43	13,79	15,14	17,30
615	8,36	11,51	12,51	13,89	15,22	17,40
620	8,42	11,60	12,60	14,00	15,34	17,55
625	8,48	11,68	12,71	14,10	15,45	17,68
630	8,53	11,77	12,80	14,20	15,56	17,78
635	8,61	11,86	12,89	14,30	15,67	17,95
640	8,67	11,95	12,98	14,41	15,79	18,05
645	8,73	12,03	13,08	14,51	15,90	18,19
650	8,80	12,13	13,17	14,62	16,01	18,31
655	8,86	12,21	13,27	14,71	16,09	18,47
660	8,90	12,29	13,36	14,82	16,24	18,59
665	8,98	12,38	13,46	14,92	16,34	18,70
670	9,05	12,47	13,55	15,03	16,46	18,85
675	9,11	12,57	13,66	15,14	16,58	18,96
680	9,17	12,64	13,74	15,24	16,69	19,06
685	9,24	12,72	13,83	15,33	16,79	19,15
690	9,30	12,80	13,92	15,44	16,91	19,25
695	9,36	12,89	14,01	15,54	17,02	19,50
700	9,42	12,99	14,11	15,63	17,13	19,62
705	9,48	13,07	14,20	15,74	17,25	19,72
710	9,54	13,15	14,30	15,84	17,36	19,83
715	9,60	13,24	14,39	15,95	17,46	20,00
720	9,68	13,33	14,48	16,05	17,57	20,14
725	9,73	13,41	14,57	16,15	17,64	20,25
730	9,80	13,50	14,66	16,24	17,81	20,38
735	9,86	13,59	14,76	16,37	17,90	20,50
740	9,95	13,64	14,80	16,46	18,07	20,64
745	10,01	13,70	14,89	16,57	18,16	20,76
750	10,08	13,74	14,98	16,66	18,26	20,89
755	10,14	13,82	15,07	16,77	18,40	21,00
760	10,20	13,91	15,16	16,87	18,51	21,14
765	10,26	13,99	15,26	16,98	18,61	21,26
770	10,33	14,08	15,35	17,08	18,72	21,38
775	10,39	14,16	15,44	17,19	18,85	21,50
780	10,45	14,25	15,54	17,28	18,96	21,65
785	10,52	14,33	15,63	17,39	19,07	21,77
790	10,58	14,42	15,72	17,48	19,12	21,90
795	10,64	14,50	15,82	17,59	19,27	22,02

Фланцевые кольца

Внутренний диаметр мм	Вес 1 пог. м полосовой стали, кг					
	7,14	8,16	8,80	9,42	10,05	11,30
	Ширина и толщина полосовой стали					
	65 × 14	65 × 16	70 × 16	75 × 18	80 × 16	90 × 16
800	18,96	22,18	24,05	25,15	27,20	—
805	19,10	22,30	24,15	25,29	27,24	—
810	19,20	22,42	24,30	25,43	27,48	—
815	19,30	22,56	24,42	25,56	27,62	—
820	19,39	22,68	24,56	25,70	27,77	—
825	19,48	22,71	24,69	25,84	27,92	—
830	19,62	22,93	24,82	25,98	28,07	—
835	19,72	23,03	24,95	26,11	28,23	—
840	19,82	23,18	25,08	26,26	28,37	—
845	19,93	23,30	25,21	26,35	28,52	—
850	20,03	23,42	25,34	26,48	28,67	—
855	20,13	23,54	25,47	26,62	28,81	—
860	20,24	23,67	25,61	26,76	28,96	—
865	20,40	23,79	25,74	26,89	29,09	—
870	20,50	23,91	25,88	27,03	29,25	—
875	20,61	23,93	26,01	27,18	29,30	—
880	20,71	24,05	26,22	27,32	29,54	—
885	20,82	24,18	26,40	27,35	29,70	—
890	20,92	24,40	26,54	27,48	29,84	—
895	21,03	24,52	26,69	27,63	29,99	—
900	21,15	24,64	26,81	27,74	30,12	—
905	21,25	24,77	27,00	27,90	30,29	—
910	21,40	24,90	27,06	28,04	30,43	35,15
915	21,48	25,02	27,20	28,19	30,59	35,40
920	21,59	25,13	27,32	28,32	30,71	35,56
925	21,70	25,25	27,46	28,46	30,87	35,73
930	21,80	25,38	27,57	28,57	31,02	35,88
935	21,89	25,56	27,72	28,87	31,17	36,04
940	22,00	25,65	27,89	29,25	31,32	36,20
945	22,11	25,74	27,98	29,39	31,47	36,36
950	22,22	25,88	28,12	29,54	31,62	36,51
955	22,32	25,99	28,30	29,68	31,76	36,67
960	22,42	26,11	28,42	29,81	31,91	36,83
965	22,53	26,23	28,55	29,95	32,05	36,99
970	22,60	26,35	28,69	30,08	32,21	37,15
975	22,80	26,47	28,82	30,22	32,35	37,30
980	22,91	26,58	28,95	30,38	32,50	37,46
985	23,01	26,71	29,10	30,51	32,65	37,62
990	23,12	26,81	29,21	30,64	32,85	37,78
995	23,22	26,90	29,35	30,78	32,94	37,93

Фланцевые кольца

Внутренний диаметр мм	Вес 1 пог. м полосовой стали, кг						
	7,14	8,16	8,80	9,42	10,05	9,89	11,30
	Ширина и толщина полосовой стали						
	65 × 14	65 × 16	70 × 16	75 × 16	80 × 16	90 × 14	90 × 16
1 000	23,42	27,37	29,65	31,21	33,48	33,10	—
1 005	23,52	27,52	29,79	31,35	33,63	33,34	39,01
1 015	23,73	27,79	30,16	31,64	33,92	33,54	39,36
1 025	23,96	28,05	30,33	31,93	34,30	33,85	39,72
1 035	24,18	28,30	30,62	32,22	34,47	34,16	40,07
1 045	24,39	28,56	30,88	32,50	34,58	34,47	40,54
1 055	24,62	28,79	31,16	32,84	35,21	34,77	40,78
1 065	24,84	29,07	31,45	33,09	35,50	35,08	41,14
1 075	25,05	29,32	31,72	33,37	35,81	35,38	41,50
1 085	25,28	29,65	31,98	33,67	36,12	35,68	41,86
1 095	25,49	29,84	32,28	33,96	36,44	36,00	42,21
1 105	25,60	30,10	32,54	34,25	36,74	36,29	42,57
1 115	25,94	30,36	32,83	34,55	37,05	36,60	42,93
1 125	26,16	30,61	33,11	34,84	37,31	36,94	43,28
1 135	26,39	30,88	33,39	35,12	37,67	37,18	43,63
1 145	26,60	31,12	33,67	35,42	37,98	37,51	44,00
1 155	26,70	31,38	33,93	35,70	38,27	37,83	44,35
1 165	27,03	31,65	34,22	35,99	38,60	38,13	44,71
1 175	27,25	31,91	34,49	36,29	38,91	38,43	45,07
1 185	27,49	32,14	34,78	36,57	39,21	38,74	45,42
1 195	27,70	32,41	35,05	36,87	39,53	39,04	45,81
1 205	27,91	32,68	35,26	37,15	39,85	39,35	46,13
1 215	28,13	32,93	35,61	37,45	40,17	39,65	46,49
1 225	28,36	33,19	35,90	37,74	40,47	39,96	46,84
1 235	28,57	33,44	36,16	38,03	40,68	40,26	47,20
1 245	28,79	33,77	36,44	38,31	41,08	40,56	47,53
1 255	29,01	33,96	36,65	38,60	41,39	40,87	47,91
1 265	29,23	34,43	36,98	38,90	41,71	41,17	48,27
1 275	29,45	34,47	37,26	39,19	42,01	41,49	48,63
1 285	29,67	34,71	37,55	39,50	42,33	41,79	48,98
1 295	29,89	35,00	35,82	39,77	42,64	42,09	49,34
1 305	30,10	35,19	38,10	40,06	42,95	42,40	49,70
1 315	30,33	35,50	38,38	40,35	43,26	42,70	50,05
1 325	30,56	35,76	38,72	40,74	43,56	43,00	50,40
1 335	30,69	36,04	38,92	40,93	43,87	43,31	50,75
1 345	30,92	36,28	39,21	41,22	44,18	43,61	51,11
1 355	31,15	36,53	39,48	41,52	44,49	43,92	51,47
1 365	31,39	36,79	39,77	41,80	44,80	44,20	51,83
1 375	31,62	37,05	40,01	42,08	45,12	44,53	52,19
1 385	31,85	37,31	40,31	42,38	45,42	44,83	52,44

Фланцевые кольца

Внутренний диаметр мм	Вес 1 поз. ж						
	7,14	8,16	8,80	9,42	10,06	9,89	11,30
	Ширина и толщина						
	65 × 14	65 × 16	70 × 16	75 × 16	80 × 16	90 × 14	90 × 16
1 395	32,69	37,57	40,58	43,48	46,61	45,13	52,90
1 405	32,92	37,83	40,78	43,77	46,93	45,45	53,27
1 415	33,13	38,08	41,14	44,07	47,24	45,75	53,61
1 425	33,36	38,34	41,42	44,36	47,55	46,06	53,96
1 435	33,59	38,58	41,72	44,67	47,86	46,36	54,33
1 445	33,80	38,85	41,99	44,96	48,19	46,67	54,67
1 455	34,02	39,11	42,25	45,26	48,49	46,97	55,04
1 465	34,24	39,37	42,54	45,55	48,81	47,28	55,39
1 475	34,45	39,62	42,81	45,85	49,13	47,88	55,74
1 485	34,78	39,88	43,08	46,15	49,34	48,19	56,10
1 495	34,88	40,13	43,43	46,44	49,77	48,52	56,46
1 505	35,10	40,39	43,70	46,83	50,08	49,17	56,82
1 525	35,54	40,91	44,24	47,32	50,61	50,09	57,54
1 550	36,10	41,54	44,91	48,14	51,51	50,86	58,42
1 575	36,77	42,19	45,64	48,80	52,38	51,64	59,31
1 600	37,24	42,57	46,29	49,95	53,09	52,42	60,20
1 625	—	43,48	47,03	50,29	53,87	53,21	61,13
1 650	—	44,11	47,68	51,02	54,67	53,98	62,09
1 675	—	44,76	48,42	51,92	55,45	54,76	62,87
1 700	—	45,40	49,07	52,59	56,24	55,64	63,76
1 725	—	46,05	49,80	53,24	57,02	56,31	64,66
1 750	—	46,68	50,45	53,87	57,82	57,09	65,55
1 775	—	47,33	51,19	54,72	58,60	57,86	66,35
1 800	—	47,97	51,84	55,46	59,41	58,64	67,33
1 825	—	—	52,57	56,21	60,20	59,42	68,22
1 850	—	—	53,22	56,93	60,98	60,19	69,09
1 875	—	—	53,97	57,67	61,81	60,97	69,78
1 900	—	—	54,61	58,35	62,66	61,76	70,90
1 925	—	—	54,79	59,16	63,35	62,53	71,78
1 950	—	—	56,00	59,90	64,14	63,30	72,68
1 975	—	—	56,73	60,64	64,93	64,09	73,56
2 000	—	—	57,38	61,46	65,71	64,86	74,35
2 025	—	—	—	62,09	66,48	65,65	75,34
2 050	—	—	—	62,86	67,28	66,42	76,23
2 075	—	—	—	63,59	68,08	66,83	77,12
2 100	—	—	—	64,33	68,88	67,97	78,02
2 125	—	—	—	65,22	69,68	68,76	78,86
2 150	—	—	—	65,82	70,41	69,52	79,79
2 175	—	—	—	66,56	71,25	70,31	80,66
2 200	—	—	—	67,29	72,04	71,09	81,57

ЮЖНОСОВОЙ СТАЛИ, кг

14,4	12,56	14,13	15,6	17,27		
ЮЖНОСОВОЙ СТАЛИ						
90 × 20	100 × 16	100 × 18	100 × 20	100 × 22		
67,12	57,41	65,84	73,24	—	—	—
67,56	57,84	66,29	73,75	—	—	—
68,00	58,18	66,73	74,24	—	—	—
68,47	58,56	67,17	74,72	—	—	—
68,92	58,95	67,61	75,31	—	—	—
69,37	59,33	68,00	75,70	—	—	—
69,82	59,73	68,50	76,19	—	—	—
70,22	60,10	68,93	76,68	—	—	—
70,73	60,49	69,38	77,17	—	—	—
71,18	60,91	69,87	77,66	—	—	—
71,74	62,61	70,29	78,15	—	—	—
72,27	63,01	70,72	78,64	—	—	—
73,15	63,79	71,83	79,62	—	—	—
74,29	64,88	72,98	80,85	—	—	—
75,44	65,76	74,06	82,17	—	—	—
76,56	66,75	74,97	83,30	92,03	—	—
77,10	67,74	76,26	84,52	93,38	—	—
78,82	68,82	77,37	85,75	94,71	—	—
79,97	69,71	78,47	86,95	96,10	—	—
81,09	70,69	79,59	88,20	97,40	—	—
82,79	71,68	80,69	89,42	98,75	—	—
83,35	72,66	81,79	90,60	100,10	—	—
84,50	73,65	83,10	91,87	101,54	—	—
85,82	73,96	84,02	93,10	102,88	115,5	—
86,77	75,81	85,13	94,32	104,23	116,9	—
87,88	76,59	86,23	95,55	105,58	118,5	—
89,03	77,58	87,35	96,77	106,83	120,0	—
90,15	78,56	88,44	98,00	108,27	122,6	—
91,27	79,55	89,57	99,22	108,94	123,9	—
92,41	80,53	90,66	100,5	110,96	125,5	—
93,54	81,52	91,88	101,7	112,31	126,9	—
94,85	82,49	92,76	102,9	113,85	128,6	142,2
95,88	83,59	94,00	104,3	115,19	130,2	144,1
96,73	84,47	95,11	105,4	116,46	131,7	145,6
97,90	85,46	96,28	106,6	117,31	133,2	147,2
99,31	86,44	97,33	107,8	119,23	134,8	148,9
100,4	87,43	98,48	109,0	120,58	136,1	150,6
101,5	88,41	99,52	110,3	121,92	137,9	152,3
102,6	89,40	100,67	111,5	123,27	139,4	154,0
103,7	90,49	101,81	112,7	125,09	141,2	156,6

Фланцевые кольца

Вес 1 пог. м полусовой стали, кг

Внутрен- ний диа- метр	9,42	10,05	9,89	11,30	14,4	12,56	14,13	15,6	17,27	19,53	21,59	
Нормы к толщине полусовой стали												
мм	75 × 16	80 × 16	90 × 14	90 × 16	90 × 20	103 × 16	100 × 18	100 × 20	100 × 22	100 × 26	110 × 25	
2 225	68,03	72,82	71,86	82,44	104,9	91,37	102,86	114,0	126,96	143,82	158,97	
2 260	68,77	73,62	72,64	83,36	106,0	92,35	104,38	115,2	127,40	145,44	160,99	
2 275	69,53	74,41	73,42	84,25	106,9	93,34	105,14	116,4	128,65	146,96	162,31	
2 300	70,28	75,18	74,18	85,07	108,0	94,31	106,19	117,6	130,10	148,47	164,02	
2 325	70,99	75,98	74,97	85,97	109,9	95,26	107,83	118,9	131,44	150,09	165,44	
2 350	71,72	76,78	75,73	86,82	110,9	96,23	108,38	120,1	132,69	151,80	167,46	
2 375	72,48	77,54	76,53	87,81	111,7	97,24	109,52	121,2	134,13	153,12	169,18	
2 400	73,21	78,36	77,32	88,70	112,6	98,23	110,48	122,5	135,48	154,73	170,79	
2 425	73,92	79,16	78,08	89,59	113,9	99,22	111,71	123,7	136,83	156,25	172,31	
2 450	74,69	79,93	78,86	90,48	114,8	100,21	112,86	125,0	138,59	157,76	173,84	
2 475	75,51	80,75	79,63	91,37	115,9	101,20	113,90	126,2	140,87	159,38	175,94	
2 500	76,27	81,51	80,42	92,27	117,1	102,19	115,05	127,4	142,87	160,79	178,16	
2 525	76,97	82,22	81,20	93,17	118,2	103,18	116,10	128,7	144,31	162,41	179,88	
2 550	77,65	82,92	81,97	94,05	119,3	104,17	117,14	129,9	145,00	163,84	181,09	
2 575	78,39	83,69	82,76	94,94	120,5	105,16	118,41	131,1	146,35	165,54	182,71	
2 600	79,14	84,47	83,53	95,83	121,6	106,15	119,43	132,3	146,35	166,85	184,43	
2 625	79,86	85,47	84,31	96,61	122,7	107,14	120,48	133,5	147,69	168,77	186,14	
2 650	80,59	86,25	85,04	97,51	123,8	108,13	121,62	134,7	149,04	170,08	187,95	
2 675	81,45	87,48	86,36	98,49	124,8	109,12	122,67	136,0	150,12	171,70	189,58	
2 700	82,09	88,63	87,54	99,39	126,1	110,33	123,81	137,2	151,73	173,22	191,29	
2 725	82,81	89,43	88,35	100,40	127,2	111,10	124,86	138,3	153,08	174,83	193,01	
2 750	83,57	89,42	88,05	101,28	128,4	112,09	126,10	139,7	154,43	176,35	194,63	
2 775	84,29	90,29	88,94	102,08	129,5	113,19	127,33	140,9	155,87	177,96	196,24	
2 800	85,03	91,00	89,75	102,85	130,6	114,07	128,29	142,1	157,12	179,48	198,47	
2 825	85,78	91,78	90,53	103,85	131,7	114,95	129,33	143,4	158,56	180,99	199,78	
2 850	86,52	92,73	91,31	104,74	132,7	115,94	130,48	144,7	159,90	182,51	201,19	
2 875	87,38	93,46	92,09	105,63	134,0	116,93	131,62	146,0	161,25	184,12	203,21	
2 900	87,99	94,31	93,17	106,47	135,1	117,92	132,57	147,0	162,50	185,64	204,73	
2 925	88,75	94,95	93,64	107,42	136,3	118,91	133,71	148,2	163,94	187,15	206,56	
2 950	89,47	95,73	94,43	108,26	137,4	119,90	134,85	149,5	165,29	188,16	208,26	
2 975	90,22	96,54	95,19	109,10	138,6	120,89	136,00	150,7	166,63	189,28	209,88	
3 000	90,96	97,32	95,93	110,04	139,7	121,18	137,14	151,9	167,98	190,28	211,70	

Если же, в зависимости от загрузки при болтовых соединениях по фиг. 307 и 308, внутренняя поверхность сосуда покрывается оловом, т. е. лудится, то большей частью помещают и в желобок олово; при этом, чтобы не имело места повреждение прокладки, прибегают к помощи пакли, которую кладут между уплотнительной прокладкой и внутренней частью чаши.

У изображенной на фиг. 271 конструкции и подобных ей такого желобка не образуется. Само собой разумеется, что можно также у кованой стальной или медной наружной чаши царгу прикреплять и другими способами; у последней — как, например, у медной чаши по фиг. 273.

Фиг. 309 показывает один из видов соединения для аппаратов с низким давлением. Вокруг внутренней обечайки 1 приклепано латунное кольцо 2 таврового поперечного сечения; наружная обечайка 3 несет кольцо углового сечения 4. Заклепочные швы колец получают уплотнение мягким припоем; продольный шов и круглый шов dna внутреннего и наружного сосудов опаяны твердым припоем. Идущий вокруг кольца выступ 5 (в форме носика) препятствует загрязнению наружной стенки благодаря протеканию мимо при загрузке аппарата, варке в нем и т. д.

Табл. 206 дает веса фланцевых колец из полосовой стали для сосудов диаметром от 400 до 3000 мм с малыми интервалами (5, 10 и 25 мм). Веса стальных болтов — с механической нарезкой Витворта диаметрами от 1/2 до 3" (табл. 103, стр. 210).

Взяв за основу в приведенных таблицах данные по Геннике, мы внесли в них изменения в соответствии с существующими в СССР стандартами для полосовой стали по ГОСТ 13.

Быстрое определение предварительного диаметра нарезки болта может быть проделано, как и ранее, при помощи эмпирической формулы (27):

$$d'_0 = \frac{D}{100} + s + p,$$

где D (мм) — диаметр сосуда в свету,
 s (мм) — толщина стенки,
 p (кг/см²) — наивысшее рабочее давление.

Для предварительного определения диаметра окружности центров отверстий D_0 болтовых соединений по фиг. 300, и 304 до 306 может служить формула:

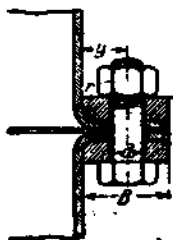
$$D_0 = D + 2(s + x + y).$$

Но здесь $x = 0$. В то же время y должен быть взят как можно больше для того, чтобы соблюсти благоприятный радиус закругления r (фиг. 310).

С $y = 1,5 d$ (или d_0) получаем:

$$D_0 = D + 2 \cdot s + 3 \cdot d_0. \quad (53)$$

При узких бортах по фиг. 301 при таком D_0 уплотняющая поверхность может оказаться в обрез. При угловых кольцах по фиг. 302 и болтовых соединениях по фиг. 307 и 308 необходимо учесть большие толщины стен. В этих случаях должна быть сделана к D_0 соответствующая прибавка.



Фиг. 310.

Для определения толщины фланцев медных сосудов пользуются, так же как и для фланцев стальных сосудов, формулой (31):

$$h = a \cdot \sqrt{\frac{P'(R_0 - R)}{k_s(t - d)} \cdot \frac{t}{d} + 1,2},$$

где $k_s = 600 \text{ кг/см}^2$ для ковки обыкновенной углеродистой стали; $a = 0,43$ или $0,60$. Ширина фланца $B \approx 3d$; к этому следует делать еще необходимую прибавку, чтобы при отвертывании гайка не свисала ни изнутри ни снаружи на поверхности фланца.

Пример. Медный пароприемник для внутреннего избыточного давления насыщенного пара в 6 ат имеет диаметр в свету $D = 800 \text{ мм}$. Продольный шов обихайки паян твердым припоем. Какой толщины должны быть фланцы для болтового соединения из ковки стали?

Толщина стенки до 120°С по табл. 182: $s = 9,09 \text{ мм}$. Принимая во внимание, что продольный шов выполнен на твердом припое и что температура пара при 7 ата равна $164,2^\circ \text{С}$, получаем согласно стр. 318:

$$s'_4 = \frac{3}{4} \cdot 1,16 \cdot 9,09 = 7,908 \approx 8 \text{ мм},$$

откуда

$$d'_0 = \frac{D}{100} + s + p = 8 + 8 + 6 = 22;$$

таким образом

$$d_0 = 25,4 \text{ мм} = 1''$$

и

$$D_0 = D + 2 \cdot s + 3 + d_0 = 800 + 16 + 76 = 892 \text{ мм}.$$

При $d = 1''$ допускаемая нагрузка: $P_1 = 1318 \text{ кг}$. Суммарная нагрузка $P = 31500 \text{ кг}$, так что требуемое число $z = 24$ болтам, на каждый из которых приходится $P' = 1313 \text{ кг}$. Принимая во внимание напряжение от уплотнения, число болтов увеличиваем на 4 болта, т. е. до $z = 28$. Таким образом теперь от рабочего давления приходится на каждый болт $P' = 1125 \text{ кг}$ и остаются в запасе у каждого болта на напряжение от уплотнения $1318 - 1125 = 193 \text{ кг}$, прежде чем будет достигнуто при избыточном давлении P_1 .

Шаг $t = 10,01 \text{ см}$; следовательно, $\frac{t}{d} \approx 4$, что является подходящим. При $R_0 = 44,6 \text{ см}$ и $R = 40 \text{ см}$, если расчет вести с P_1 для широкого борта, т. е. с прокладкой, проходящей по всей ширине фланца, получаем:

$$h = 0,43 \sqrt{\frac{1318(44,6 - 40)}{600(10,1 - 2,54)} \cdot 4 + 1,2} = 2,2 \text{ см}$$

и для узкого борта

$$h = 0,60 \sqrt{\frac{1318(44,6 - 40)}{600(10,1 - 2,54)} \cdot 4 + 1,2} = 2,6 \text{ см}.$$

На фиг. 311 представлена одна из форм исполнения закрывающейся крышки для железных и медных аппаратов с откидными болтами. На раме или кольце отлиты вилки или двойные ушки для поддержания болтов.

Приводим табл. 207—210 стальных (железных) свободно вращающихся фланцев для аппаратов, согласно фиг. 312, размеры которых даны для фланцевых болтовых соединений, изображенных, например, на фиг. 300, 304 и 307.

Эти таблицы нашли себе достаточно широкое применение на практике.

Таблица 207

Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах до 2 ат включительно (фиг. 312)

Номинальный диаметр <i>D</i> мм	Фланцы, мм			Болты		<i>D₁</i> мм
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Диаметр дюймы	Количество	
200	14	40	15	1/2	14	250
225	14	40	15	1/2	14	275
250	14	40	15	1/2	16	300
275	14	40	15	1/2	18	325
300	16	40	15	1/2	20	355
325	16	40	15	1/2	22	380
350	16	40	15	1/2	22	405
375	16	40	15	1/2	24	435
400	16	40	15	1/2	26	460
450	16	40	15	1/2	30	510
500	16	40	15	1/2	36	560
550	16	40	15	1/2	42	610
600	18	50	18	5/8	28	670
650	18	50	18	5/8	32	725
700	18	50	18	5/8	32	775
750	18	50	18	5/8	36	825
800	18	50	18	5/8	38	875
850	18	50	18	5/8	40	925
900	18	50	18	5/8	46	975
950	18	55	22	3/4	38	1030
1000	18	55	22	3/4	40	1085
1100	20	55	22	3/4	44	1185
1200	20	55	22	3/4	48	1285
1300	20	55	22	3/4	52	1385
1400	20	55	22	3/4	58	1485
1500	22	65	25	7/8	50	1595
1600	22	65	25	7/8	54	1695
1700	22	65	25	7/8	56	1800
1800	22	65	25	7/8	60	1900
1900	22	65	25	7/8	66	2000
2000	22	65	25	7/8	74	2100
2200	22	65	25	7/8	88	2300
2400	22	65	25	7/8	104	2505
2600	25	75	28	1	84	2715
2800	25	75	28	1	98	2915
3000	25	75	28	1	112	3120

Таблица 208

Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах от 2 до 4 ат включительно (фиг. 312)

Номинальный диаметр D мм	Фланцы, мм			Болты		D_1 мм
	h	b	e	Диаметр дюйм	Количество	
200	16	40	15	$1/2$	14	260
225	16	40	15	$1/2$	18	285
250	16	40	15	$1/2$	20	310
275	16	40	15	$1/2$	24	335
300	18	50	18	$5/8$	16	370
325	18	50	18	$5/8$	18	400
350	18	50	18	$5/8$	20	425
375	18	50	18	$5/8$	20	450
400	18	50	18	$5/8$	22	475
450	18	50	18	$5/8$	24	525
500	18	50	18	$5/8$	30	575
550	18	50	18	$5/8$	36	625
600	20	55	22	$3/4$	26	685
650	20	55	22	$3/4$	28	735
700	20	55	22	$3/4$	32	785
750	20	55	22	$3/4$	36	835
800	20	55	22	$3/4$	42	885
850	20	55	22	$3/4$	46	940
900	22	65	25	$7/8$	32	1 000
950	22	65	25	$7/8$	36	1 050
1 000	22	65	25	$7/8$	40	1 100
1 100	22	65	25	$7/8$	46	1 200
1 200	22	65	25	$7/8$	56	1 300
1 300	25	75	28	1	44	1 415
1 400	25	75	28	1	50	1 515
1 500	25	75	28	1	58	1 620
1 600	25	75	28	1	66	1 720
1 700	25	75	28	1	74	1 820
1 800	30	85	32	$1 1/8$	60	1 930
1 900	30	85	32	$1 1/8$	68	2 035
2 000	30	85	32	$1 1/8$	74	2 135
2 200	30	85	32	$1 1/8$	88	2 340

Таблица 209

Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах от 4 до 6 ат включительно (фиг. 312)

Номинальный диаметр D мм	Фланцы, мм			Болты		D_1 мм
	a	b	c	Диаметр дюймов	Количество	
200	18	55	18	$\frac{5}{8}$	12	270
225	18	55	18	$\frac{5}{8}$	14	300
250	18	55	18	$\frac{5}{8}$	16	325
275	18	55	18	$\frac{5}{8}$	16	350
300	18	55	18	$\frac{5}{8}$	18	375
325	18	55	18	$\frac{5}{8}$	22	400
350	18	55	18	$\frac{5}{8}$	24	425
375	18	55	18	$\frac{5}{8}$	28	450
400	18	55	18	$\frac{5}{8}$	30	475
450	20	60	22	$\frac{3}{4}$	22	535
500	20	60	22	$\frac{3}{4}$	26	585
550	20	60	22	$\frac{3}{4}$	30	640
600	22	65	25	$\frac{7}{8}$	22	700
650	22	65	25	$\frac{7}{8}$	26	750
700	22	65	25	$\frac{7}{8}$	30	800
750	22	65	25	$\frac{7}{8}$	34	850
800	22	65	25	$\frac{7}{8}$	38	900
850	22	65	25	$\frac{7}{8}$	42	955
900	22	65	25	$\frac{7}{8}$	46	1005
950	25	75	28	1	36	1065
1 000	25	75	28	1	40	1 115
1 100	25	75	28	1	48	1 220
1 200	25	75	28	1	56	1 320
1 300	30	85	32	$1\frac{1}{8}$	48	1 435
1 400	30	85	32	$1\frac{1}{8}$	54	1 535
1 500	30	85	32	$1\frac{1}{8}$	62	1 640
1 600	30	90	35	$1\frac{1}{4}$	52	1 750

Таблица 210

Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах от 6 до 8 ат включительно (фиг. 312)

Номинальный диаметр D мм	Фланцы, мм			Болты		D_1 мм
	h	b	e	Диаметр дюймы	Количество	
200	18	55	18	$\frac{5}{8}$	12	270
225	18	55	18	$\frac{5}{8}$	14	300
250	18	55	18	$\frac{5}{8}$	18	325
275	18	55	18	$\frac{5}{8}$	20	350
300	20	60	22	$\frac{3}{4}$	16	385
325	20	60	22	$\frac{3}{4}$	16	410
350	20	60	22	$\frac{3}{4}$	18	435
375	20	60	22	$\frac{3}{4}$	20	460
400	20	60	22	$\frac{3}{4}$	22	485
450	20	60	22	$\frac{3}{4}$	26	535
500	22	65	25	$\frac{7}{8}$	22	600
550	22	65	25	$\frac{7}{8}$	26	650
600	22	65	25	$\frac{7}{8}$	30	700
650	22	65	25	$\frac{7}{8}$	34	750
700	25	75	28	1	28	815
750	25	75	28	1	32	870
800	25	75	28	1	36	920
850	25	75	28	1	40	970
900	25	75	28	1	42	1 020
950	30	85	32	$1\frac{1}{8}$	36	1 085
1 000	30	85	32	$1\frac{1}{8}$	40	1 135
1 100	30	85	32	$1\frac{1}{8}$	46	1 240

Примечание. При пользовании таблицами в каждом отдельном случае необходимо производить проверку расположения гайки относительно края фланца; при этом гайка не должна выступать за пределы таковых.

Таблицы даны для аппаратов:

а) диаметрами от 200 до 3000 мм — для рабочих давлений внутри аппаратов до 2 ат включительно и ниже;

б) диаметрами от 200 до 2200 мм — при рабочих давлениях свыше 2 и до 4 ат включительно;

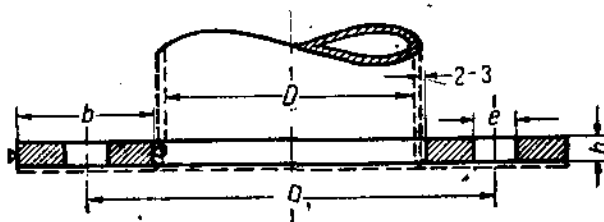
с) диаметрами от 200 до 1600 мм — при рабочих давлениях свыше 4 и до 6 ат включительно и

д) диаметрами от 200 до 1100 мм — при рабочих давлениях свыше 6 и до 8 ат включительно.

Интервалы между диаметрами взяты: для меньших диаметров — в 25 мм,

для средних — в 50 мм и для больших — в 100 мм.

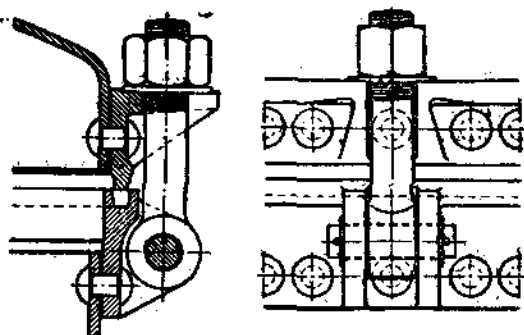
Для пользования указанными таблицами достаточно задаться только диаметром в свету аппарата, который соответствует номинальному диаметру D по таблицам, и рабочим давлением внутри



Фиг. 312.

которых предоставляется конструктору, могут колебаться в некоторых пределах, необходимо в каждом отдельном случае производить проверку на то, чтобы гайка не свисала ни с внутренней, ни с наружной стороны плоской поверхности фланца, как показано на фиг. 313, а располагалась так, как изображено на фиг. 314. И если при этом гайка выходит за пределы краев фланца, что, впрочем, может иметь место в очень редких случаях, то тогда следует только увеличить несколько ширину фланца b против показываемой в таблице.

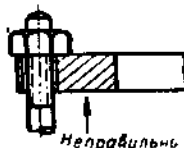
Все же остальные размеры берутся по соответствующей таблице. Отмечаем, что все размеры стальных фланцев — по указанным таблицам, т. е. толщина и ширина их взяты так, что для них



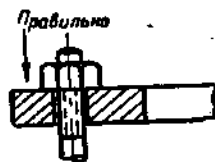
Фиг. 311.

аппарата в атмосферах или кг/см^2 , для того чтобы все данные, касающиеся толщины фланца, числа и диаметра болтов и т. д., найти в соответствующей таблице.

Учитывая то, что толщины стен аппаратов, определение



Фиг. 313.



Фиг. 314.

легко можно подобрать соответствующий материал для заготовок по ОСТ 13 полосовой стали. При этом следует иметь в виду, что к указанной в таблицах ширине b нужно брать такой припуск, какой был бы достаточен для обработки этих фланцев в обычных местах, которые на фиг. 312 показаны значками ∇ . Колеблется этот припуск примерно между 5 и 10 мм. Кроме того, согласно фиг. 312 отверстие во фланце для аппарата делается несколько полнее наружного диаметра самого аппарата или его части, а именно — с прибавкой по 2—3 мм на сторону, что вводится как необходимый допуск на неточность изготовления в данном случае.

Таблицы составлены так, что допускаемые напряжения в болтах находятся в полном соответствии с установленными для этого в СССР нормами для болтов фланцевых соединений арматуры и трубопроводов, которые приведены нами ранее в части Е (стр. 265).

При составлении указанных таблиц для предварительного подбора диаметра болтов нами была использована приведенная выше эмпирическая формула (27), предназначенная для этого. И в этом отношении могут быть, конечно, различные варианты.

В качестве материала для фланцев имелась в виду сталь (сортовое железо) с временным сопротивлением растяжению K_t не менее 36 кг/см².

При расчетах фланцев нами принималось:

$$k_s = 600 \text{ кг/см}^2 \text{ и } a = 0,43,$$

т. е. для случаев, когда прокладка проходит по всей ширине торцевой поверхности фланца.

1.1 МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ТРУБЫ

Паропроводные трубы с внутренним диаметром, начиная с размера более 30 мм, не должны изготавливаться из меди, если пар имеет более высокую температуру, чем 250° С.

В судовых установках¹ в паропроводах не должны применяться бесшовные медные трубы, изготовленные из электролитической меди по способу Ельмора. Далее установлено, что для судов медные паропроводные трубы, начиная с диаметра в свету 10 мм и выше, во время их службы должны иметь защиту против разрыва при помощи обмотки проволокой, если произведение давления пара в кг/см² на диаметр в см больше или равно 125.

Для обмотки применяют проволоочные канаты следующих размеров, имея в виду, что U равно периметру таковых:

для труб диаметром в свету до	150 мм	U	= 0,75 см
" " " " " "	200 " "	U	= 1,0 "
" " " " " "	250 " "	U	= 1,25 "
" " " " " "	300 " "	U	= 1,5 "
" " " " " "	350 " "	U	= 1,75 "
" " " " " "	400 " "	U	= 2,0 "

Толщина стенки труб находится по формуле:

$$s = \frac{p \cdot d}{400} + C, \quad (54)$$

где s (мм) — толщина стенки,
 d — внутренний диаметр трубы,
 p (кг/см²) — рабочее давление,
 $C = 0,5$ при бесшовных трубах,
 $C = 1$ при трубах, паянных твердым припоем.

Если $d < 10$ см или произведение $p \cdot d$ (см) < 125 , то никакой обмотки проволокой не требуется. Тогда толщина стенки определяется по формуле:

$$s = \frac{p \cdot d}{k} + C, \quad (55)$$

где s , p и d имеют те же обозначения, что и выше;
 $k = 360$ при $p \geq 10$ кг/см² и
 $k = 400$ при $p < 10$ кг/см²,
 $C = 1,0$ при бесшовных трубах и
 $C = 1,5$ при трубах, паянных твердым припоем.

По этой же формуле можно рассчитать обмотанные проволокой трубы, если они должны быть изогнуты.

¹ Germanischer Lloyd, Vorschriften für maschinelle Einrichtungen.

Толщины стенок бесшовных медных труб для внутреннего избыточного давления от 2 до 20 ат, рассчитанные по формуле (58)

Внутреннее избыточное давление, кг/см²												
Диаметр к свету d	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	20
Толщины стенок, мм												
10	1,53	1,55	1,57	1,58	1,60	1,62	1,63	1,67	1,7	1,73	1,77	1,83
20	1,57	1,60	1,63	1,67	1,70	1,73	1,77	1,83	1,9	1,97	2,03	2,17
25	1,58	1,63	1,67	1,71	1,75	1,79	1,83	1,92	2,0	2,08	2,17	2,33
30	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	2,00	2,1	2,20	2,30	2,50
35	1,62	1,68	1,73	1,79	1,85	1,91	1,97	2,08	2,2	2,32	2,43	2,67
40	1,63	1,70	1,77	1,83	1,90	1,97	2,03	2,17	2,3	2,43	2,57	2,83
45	1,65	1,73	1,80	1,88	1,95	2,05	2,10	2,25	2,4	2,55	2,70	3,00
50	1,67	1,75	1,83	1,92	2,00	2,08	2,17	2,33	2,5	2,67	2,83	3,17
55	1,68	1,78	1,87	1,96	2,05	2,14	2,23	2,42	2,6	2,78	2,97	3,33
60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,50	2,7	2,90	3,10	3,50
65	1,72	1,83	1,93	2,04	2,15	2,26	2,37	2,58	2,8	3,02	3,23	3,67
70	1,73	1,85	1,97	2,08	2,20	2,32	2,43	2,67	2,9	3,13	3,37	3,83
75	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,75	3,0	3,25	3,50	4,00
80	1,77	1,90	2,03	2,17	2,30	2,43	2,57	2,83	3,1	3,37	3,63	4,17
85	1,78	1,93	2,07	2,21	2,35	2,49	2,63	2,92	3,2	3,48	3,77	4,33
90	1,80	1,95	2,10	2,25	2,40	2,55	2,70	3,00	3,3	3,60	3,90	4,50
95	1,82	1,98	2,13	2,29	2,45	2,61	2,77	3,08	3,4	3,72	4,03	4,67
100	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50	2,67	2,83	3,17	3,5	3,83	4,17	4,83
105	1,85	2,03	2,20	2,38	2,55	2,75	2,90	3,25	3,6	3,95	4,30	5,00
110	1,87	2,05	2,23	2,42	2,60	2,78	2,97	3,33	3,7	4,07	4,43	5,17
115	1,88	2,08	2,27	2,46	2,65	2,84	3,03	3,42	3,8	4,18	4,57	5,33

120	1.90	2.10	2.30	2.50	2.70	2.90	3.10	3.50	3.9	4.30	4.70	5.30
125	1.92	2.13	2.33	2.54	2.75	2.96	3.17	3.58	4.0	4.42	4.83	5.67
130	1.93	2.15	2.37	2.58	2.80	3.02	3.23	3.67	4.1	4.53	4.97	5.83
135	1.95	2.18	2.40	2.63	2.85	3.08	3.30	3.75	4.2	4.65	5.10	6.00
140	1.97	2.20	2.43	2.67	2.90	3.13	3.37	3.83	4.3	4.77	5.23	6.17
145	1.98	2.23	2.47	2.71	2.95	3.19	3.43	3.92	4.4	4.88	5.37	6.33
150	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	4.00	4.5	5.00	5.50	6.50
155	2.02	2.28	2.53	2.79	3.05	3.31	3.57	4.08	4.6	5.12	5.63	6.67
160	2.03	2.30	2.57	2.83	3.10	3.37	3.63	4.17	4.7	5.23	5.77	6.83
165	2.05	2.33	2.60	2.88	3.15	3.45	3.70	4.25	4.8	5.35	5.90	7.00
170	2.07	2.35	2.63	2.92	3.20	3.48	3.77	4.33	4.9	5.47	6.03	7.17
175	2.08	2.38	2.67	2.96	3.25	3.54	3.83	4.42	5.0	5.58	6.17	7.33
180	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.60	3.90	4.50	5.1	5.70	6.30	7.50
185	2.12	2.43	2.73	3.04	3.35	3.66	3.97	4.58	5.2	5.82	6.43	7.67
190	2.13	2.45	2.77	3.08	3.40	3.72	4.03	4.67	5.3	5.93	6.57	7.83
195	2.15	2.48	2.80	3.13	3.45	3.78	4.10	4.75	5.4	6.05	6.70	8.00
200	2.17	2.50	2.83	3.17	3.50	3.83	4.17	4.83	5.5	6.17	6.83	8.17
210	2.20	2.55	2.90	3.25	3.60	3.95	4.30	5.00	5.7	6.40	7.10	8.50
220	2.23	2.60	2.97	3.33	3.70	4.07	4.43	5.17	5.9	6.63	7.37	8.83
230	2.27	2.65	3.03	3.42	3.80	4.18	4.57	5.33	6.1	6.87	7.63	9.17
240	2.30	2.70	3.10	3.50	3.90	4.30	4.70	5.50	6.3	7.10	7.90	9.50
250	2.33	2.75	3.17	3.58	4.00	4.42	4.83	5.67	6.5	7.33	8.17	9.83
260	2.37	2.80	3.23	3.67	4.10	4.53	4.97	5.83	6.7	7.57	8.43	10.17
270	2.40	2.85	3.30	3.75	4.20	4.65	5.10	6.00	6.9	7.80	8.70	10.50
280	2.43	2.90	3.37	3.83	4.30	4.77	5.23	6.17	7.1	8.03	8.97	10.83
290	2.47	2.95	3.43	3.92	4.40	4.88	5.37	6.33	7.3	8.27	9.23	11.17
300	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.50	7.5	8.50	9.50	11.50
325	2.58	3.13	3.67	4.21	4.75	5.29	5.83	6.92	8.0	9.08	10.17	12.33
350	2.67	3.25	3.83	4.42	5.00	5.58	6.17	7.33	8.5	9.67	10.83	13.17
375	2.75	3.38	4.00	4.63	5.25	5.88	6.40	7.75	9.0	10.25	11.50	14.00
400	2.83	3.50	4.17	4.83	5.50	6.17	6.83	8.17	9.5	10.83	12.17	14.83
450	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50	9.00	10.5	12.00	13.50	16.50
500	3.17	4.00	4.83	5.67	6.50	7.33	8.17	9.83	11.5	13.17	14.83	18.17

Гаусбранд, указывая для обыкновенного расчета медных паропроводных труб в промышленных наземных установках формулу:

$$s = \frac{p \cdot d}{600} + 1,5, \quad (56)$$

все же выражает пожелание, чтобы производилось усиление на величину от 0,5 до 1 мм, если требуется особая надежность или трубы должны быть изогнуты. Если воспользоваться формулой (44b) (для медных полых цилиндров без прибавки):

$$s_0 = \frac{D \cdot p \cdot \varphi}{200 \cdot K \cdot \varphi},$$

где для бесшовных труб $\varphi = 1$, для труб со швом $\varphi = 0,8$ и допускаемое значение K при температуре до 120°C будет равно 22, то уже без постоянной прибавки получается 1,5 мм у бесшовных труб при $7\frac{1}{2}$ -кратной и у труб со швом приблизительно $5\frac{1}{2}$ -кратной степени надежности. Если применить данные, на стр. 318 коэффициенты для различных ступеней температур, то оказывается, что даже для изогнутых труб особая прибавка более не требуется. Приведенные выше для работы судов формулы (54) и (55) дают большие толщины стенок и годятся для труб наземных установок при наличии особых требований. В общем формула (56) достаточна для бесшовных труб; толщину же стенок труб со швом следует брать при этом на 0,5—1 мм больше. Табл. 211 подсчитана по формуле (56).

Веса бесшовных красномедных труб с внутренними диаметрами от 3 до 310 мм и с толщиной от 1 до 8 мм, изготовляемых у нас, показаны в табл. 212 и 214¹.

Трубы со швом имеют несколько больший вес (в среднем от 3 до 7%), чем бесшовные трубы одинаковых размеров. Согласно ОСТ 425 для металла этих труб временное сопротивление на растяжение должно быть не менее 21 кг/см^2 , а относительное удлинение не менее 25% на нормальной расчетной длине ($l = 11,3 \sqrt{F}$, где F — площадь поперечного сечения). В случае испытания образцов в отожженном состоянии относительное удлинение должно быть не менее 35% на нормальной расчетной длине $l = 11,3 \sqrt{F}$.

Для медных трубчатых змеевиков, служащих в качестве отопительных приборов, годятся следующие соотношения:

при поверхности нагрева от 0,5 до 0,75 м ²	внутренний диаметр около 28 мм
" " " " 0,75 " 1 " " " " "	" " " " 34 "
" " " " 1 " 1,5 " " " " "	" " " " 40 "
" " " " 1,5 " 2 " " " " "	" " " " 48 "
" " " " 2 " 3 " " " " "	" " " " 56 "
" " " " 3 " 6 " " " " "	" " " " 64 "

Веса бесшовных латунных труб с внутренними диаметрами от 3 до 170 мм и с толщиной стенки от 0,5 до 8 мм даны в табл. 213 и 215¹.

¹ Взято по прейскуранту Цветметсбыта за 1932 г.

Таблица 212

Трубы красной меди бесшовные нормальных размеров

Внутренний и наружный диаметры мм	Теоретический вес 1 пог. м кг	Внутренний и наружный диаметры мм	Теоретический вес 1 пог. м кг	Внутренний и наружный диаметры мм	Теоретический вес 1 пог. м кг
3 × 5	0,112	45 × 49	2,628	100 × 106	8,640
4 × 6	0,114	45 × 51	4,026	100 × 110	14,679
5 × 7	0,168	50 × 54	2,908	110 × 116	9,479
6 × 8	0,196	50 × 56	4,446	110 × 120	16,077
7 × 9	0,224	55 × 59	3,187	120 × 127	12,086
8 × 10	0,252	55 × 62	5,725	120 × 130	17,475
10 × 13	0,482	60 × 64	3,467	130 × 137	13,064
12 × 15	0,566	60 × 67	6,214	130 × 141	20,837
14 × 18	0,895	65 × 70	4,718	145 × 152	14,532
16 × 20	1,007	65 × 73	7,717	145 × 157	25,332
18 × 22	1,118	70 × 75	5,068	160 × 168	18,342
20 × 24	1,230	70 × 78	8,276	160 × 173	30,280
22 × 26	1,342	75 × 80	5,417	175 × 183	20,020
25 × 30	1,922	75 × 84	10,003	175 × 188	32,986
30 × 35	2,272	80 × 86	6,962	190 × 198	21,697
35 × 40	2,621	80 × 89	10,632	190 × 204	38,587
40 × 44	2,349	90 × 96	7,801	205 × 214	26,360
40 × 46	3,607	90 × 100	13,281	205 × 219	41,493

Таблица 213

Латунные бесшовные трубы нормальных размеров

Внутренний и наружный диаметры мм	Теоретический вес 1 пог. м кг	Внутренний и наружный диаметры мм	Теоретический вес 1 пог. м кг	Внутренний и наружный диаметры мм	Теоретический вес 1 пог. м кг
4 × 6	0,133	23 × 25	0,642	44 × 51	4,43
6 × 8	0,187	25 × 28	1,06	45 × 51	3,84
7 × 10	0,341	25 × 29	1,44	47 × 51	2,61
8 × 10	0,241	26 × 28	0,721	51 × 58	5,10
9 × 12	0,420	28 × 30	0,774	52 × 58	4,41
10 × 12	0,293	28 × 32	1,60	51 × 58	3,00
11 × 14	0,500	29 × 35	2,56	57 × 64	5,65
12 × 14	0,347	30 × 32	0,827	58 × 64	4,89
13 × 16	0,581	31 × 35	1,76	60 × 64	3,32
14 × 16	0,401	32 × 35	1,34	63 × 70	6,22
15 × 19	0,908	32 × 38	2,80	64 × 70	5,37
16 × 19	0,701	34 × 38	1,92	68 × 76	7,70
17 × 19	0,480	35 × 38	1,46	70 × 76	5,85
18 × 22	1,070	35 × 42	3,60	82 × 90	9,18
19 × 22	0,821	36 × 42	3,12	84 × 90	6,97
20 × 22	0,561	38 × 42	2,14	94 × 102	10,47
21 × 25	1,230	38 × 45	3,88	96 × 102	7,93
22 × 24	0,610	39 × 45	3,36		
22 × 25	0,942	41 × 45	2,30		

Таблица 214

Трубы красной меди бесшовные специальных размеров

Внутренний диаметр мм	Толщина стенки, мм										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	Теоретический вес 1 пог. м, кг										
2	0,035	0,084	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0,049	0,112	0,189	0,280	—	—	—	—	—	—	—
4	0,063	0,140	0,231	0,336	—	—	—	—	—	—	—
5	0,077	0,168	0,273	0,391	0,524	0,671	—	—	—	—	—
6	0,091	0,196	0,315	0,447	0,594	0,755	—	—	—	—	—
7	0,105	0,224	0,356	0,503	0,664	0,839	—	—	—	—	—
8	0,119	0,252	0,398	0,559	0,734	0,923	—	—	—	—	—
9	0,133	0,280	0,440	0,615	0,804	1,007	—	—	—	—	—
10	0,147	0,308	0,482	0,671	0,874	1,090	1,566	—	—	—	—
12	0,175	0,364	0,566	0,783	1,014	1,258	1,789	—	—	—	—
14	0,203	0,419	0,650	0,895	1,153	1,426	2,013	—	—	—	—
16	0,231	0,475	0,734	1,007	1,293	1,594	2,237	2,936	—	—	—
18	0,259	0,531	0,818	1,118	1,433	1,761	2,461	3,215	—	—	—
20	—	0,587	0,902	1,230	1,573	1,929	2,684	3,495	4,362	—	—
25	—	0,727	1,111	1,510	1,922	2,349	3,243	4,194	5,201	—	—
30	—	0,867	1,321	1,789	2,272	2,768	3,803	4,893	6,039	—	—
35	—	1,007	1,531	2,069	2,621	3,187	4,362	5,592	6,878	—	—
40	—	1,146	1,741	2,349	2,971	3,607	4,921	6,291	7,717	—	—
45	—	1,286	1,950	2,228	3,320	4,026	5,480	6,990	8,556	10,178	—
50	—	1,426	2,160	2,908	3,670	4,446	6,039	7,689	9,395	11,156	—
60	—	—	2,579	3,467	4,369	5,284	7,158	9,087	11,072	13,113	—
70	—	—	2,999	4,026	5,068	6,123	8,276	10,485	12,750	15,071	—
80	—	—	3,418	4,585	5,767	6,962	9,395	11,883	14,427	17,028	—
90	—	—	3,838	5,145	6,466	7,801	10,513	13,281	16,105	18,985	—
100	—	—	4,257	5,704	7,165	8,640	11,641	14,679	17,783	20,942	24,158
110	—	—	—	6,263	7,864	9,479	12,750	16,077	19,460	22,899	26,394
120	—	—	—	6,822	8,563	10,317	13,868	17,475	21,138	24,857	28,631
130	—	—	—	7,382	9,262	11,156	14,987	18,873	22,816	26,814	30,868
140	—	—	—	7,941	9,961	11,995	16,105	20,271	24,493	28,771	33,105
150	—	—	—	8,500	10,660	12,834	17,224	21,669	26,171	30,728	35,342
160	—	—	—	—	—	13,673	18,342	23,067	27,848	32,686	37,579
170	—	—	—	—	—	14,511	19,460	24,465	29,526	34,643	39,815
180	—	—	—	—	—	15,350	20,579	25,863	31,204	36,600	42,052
190	—	—	—	—	—	16,189	21,697	27,261	32,881	38,557	44,289
200	—	—	—	—	—	—	22,816	28,659	34,559	40,514	46,526
250	—	—	—	—	—	—	28,408	35,649	42,947	50,300	57,710
300—310	—	—	—	—	—	—	34,000	42,639	51,335	60,087	—

Примечания: 1. Трубы изготавливаются обычного качества, а также по техническим условиям ОСТ 425.

2. Трубы обычного качества изготавливаются в следующих предельных размерах по длине:

при наружном диаметре до 10 мм включительно	1,25—5 м
больше 10 до 20 мм включительно	1,75—5 м
20 " 70 " "	2,50—5 м
70 " 200 " "	1,50—5 м
200 " (не короче)	1,2 м

3. Трубы с толщиной стенки, не указанной в прейскуранте, расцениваются по цене ближайшего более тонкого размера стенки труб с приплатой.

4. Испытание труб на атмосферное давление производится исключительно гидравлическим способом в пределах до 100 ат.

Таблица 215

Латунные бесшовные трубы специальных размеров

Внутренний диаметр мм	Толщина стенки, мм										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	Теоретический вес 1 пог. м, кг										
3	0,05	0,11	0,18	0,27	—	—	—	—	—	—	—
4	0,06	0,13	0,22	0,32	—	—	—	—	—	—	—
5	0,07	0,16	0,26	0,37	0,50	0,64	—	—	—	—	—
6	0,09	0,19	0,30	0,43	0,56	0,72	—	—	—	—	—
7	0,10	0,21	0,34	0,48	0,63	0,80	—	—	—	—	—
8	0,11	0,24	0,38	0,53	0,70	0,88	—	—	—	—	—
9	0,13	0,27	0,42	0,59	0,77	0,96	—	—	—	—	—
10	0,14	0,29	0,46	0,64	0,83	1,04	1,50	—	—	—	—
12	0,17	0,35	0,54	0,75	0,96	1,20	1,71	—	—	—	—
14	0,19	0,40	0,62	0,85	1,10	1,36	1,92	—	—	—	—
16	0,22	0,45	0,70	0,96	1,23	1,52	2,14	2,80	—	—	—
18	0,25	0,51	0,78	1,07	1,37	1,68	2,35	3,07	—	—	—
20	—	0,56	0,86	1,17	1,50	1,84	2,56	3,34	4,17	—	—
25	—	0,69	1,06	1,44	1,84	2,24	3,10	4,01	4,97	—	—
30	—	0,83	1,26	1,71	2,17	2,64	3,63	4,67	5,77	—	—
35	—	0,96	1,46	1,97	2,50	3,04	4,16	5,34	6,57	—	—
40	—	1,09	1,66	2,24	2,84	3,44	4,70	6,01	7,37	—	—
45	—	1,23	1,86	2,51	3,17	3,84	5,23	6,67	8,17	9,72	—
50	—	1,36	2,06	2,78	3,50	4,25	5,77	7,34	8,97	10,65	—
60	—	—	2,47	3,32	4,17	5,05	6,84	8,67	10,57	12,52	—
70	—	—	2,87	3,85	4,84	5,85	7,90	10,01	12,18	14,39	—
80	—	—	—	4,38	5,50	6,65	8,97	11,34	13,78	16,26	—
90	—	—	—	4,92	6,17	7,45	10,05	12,68	15,38	18,13	—
100	—	—	—	5,45	6,84	8,25	11,11	14,02	16,98	20,00	23,07
110	—	—	—	—	7,52	9,05	12,18	15,35	18,59	21,87	25,21
120	—	—	—	—	8,18	9,85	13,25	16,68	20,19	23,74	27,34
130	—	—	—	—	—	10,66	14,32	18,02	21,79	25,61	29,48
140	—	—	—	—	—	11,46	15,38	19,36	23,39	27,48	31,62
150	—	—	—	—	—	12,26	16,45	20,69	24,99	29,35	33,75
160	—	—	—	—	—	13,06	17,52	22,03	26,60	31,22	35,89
170	—	—	—	—	—	13,87	18,59	23,37	28,20	33,09	38,03

Примечания: 1. Трубы латунные изготавливаются по следующим техническим условиям:

а) обычного качества — по ОСТ 2605,

б) ответственного назначения — по ОСТ 426,

в) трубы конденсаторные (для холодильников), охлаждаемые не морской водой, — из сплава Л-68 по техническим условиям ОСТ 426, а охлаждаемые морской водой — из сплава ЛМ-70 по техническим условиям ОСТ 2606.

2. Трубы обычного качества изготавливаются в следующих предельных размерах по длине, при наружном диаметре:

до 10 мм включительно	1,25—5 м
от 10 до 20 мм включительно	1,75—5 "
" 20 " 70 "	2,50—5 "
" 70 " 200 "	1,50—6 "
200 " (не короче)	1,2 "

3. Трубы с толщиной стенки, не указанной в преysкурante, расцениваются по цене ближайшего более тонкого размера стенки труб с приплатой.

4. Испытание труб на атмосферное давление производится исключительно гидравлическим способом в пределах до 100 атм.

Табл. 216 содержит веса 1 пог. м бесшовных алюминиевых труб, которые рассчитаны для диаметров в свету от 2 до 70 мм с $\gamma = 2,5$.

В табл. 217 даны веса свинцовых и оловянных труб при обозначениях:

d — внутренний диаметр,

s — толщина стенки,

G — вес 1 пог. м трубы,

p — наивысшее внутреннее холодное давление.

Указанные в таблице внутренние давления p относятся только к температурам до 30°C . Прочность свинца и олова значительно падает при продолжительном влиянии давления при более высокой температуре. При холодном давлении можно определить толщину стенки по формуле:

$$s = \frac{d \cdot p}{2 \cdot k},$$

где d и s даны в см;

$k = 50 \text{ кг/см}^2$ для твердого свинца;

$k = 25 \text{ кг/см}^2$ для мягкого свинца;

$k = 60 \text{ кг/см}^2$ для олова.

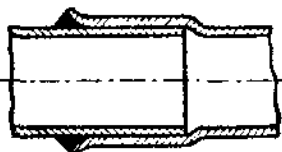
Для давления пара толщины стенок должны быть увеличены, по крайней мере, на 50% .

В табл. 217 выбраны для каждого диаметра самые слабые толщины стенок. Почти все трубы исполняются в действительности с более толстыми стенками. Кроме того может изготовляться целый ряд промежуточных диаметров труб, не содержащихся в таблице.

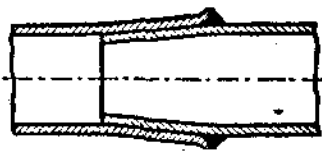
Приводим в табл. 218 размеры изготавливаемых у нас свинцовых труб¹.

2. ФАСОННЫЕ И ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ЧАСТИ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ МЕДНЫХ ТРУБ

В медных трубопроводах для обслуживания судов употребляются большей частью фасонные и промежуточные части из бронзового литья. Для обслуживания промышленных и других наземных установок часто изготавливаются соединения и ответвления непосредственно из медных труб.



Фиг. 315.



Фиг. 316.

Неразъединяемые соединения концов труб могут быть соединены между собой: 1) при помощи вдвигания гладкого конца трубы в другой раздвинутый конец трубы (фиг. 315); 2) посред-

¹ Табл. 216 и 218 взяты по преискуранту Цветметсбыта за 1932 г.

Таблица 216

Алюминиевые бесшовные трубы

Внутренний диаметр мм	Толщина стенок, мм							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
	Теоретический вес 1 пог. м, кг							
2	0,011	—	—	—	—	—	—	—
3	0,015	—	—	—	—	—	—	—
4	—	0,043	—	—	—	—	—	—
6	—	0,060	—	—	—	—	—	—
8	—	0,078	—	—	—	—	—	—
10	—	0,095	—	—	—	—	—	—
13	—	0,121	—	—	—	—	—	—
16	—	0,138	—	—	—	—	—	—
18	—	0,156	0,240	—	—	—	—	—
20	—	0,181	0,279	0,380	—	—	—	—
25	—	0,225	0,343	0,467	0,594	—	—	—
30	—	0,268	0,408	0,553	0,702	—	—	—
35	—	0,311	0,473	0,640	0,810	0,985	1,348	—
40	—	0,354	0,538	0,726	0,918	1,114	1,520	—
45	—	—	0,603	0,812	1,026	1,244	1,693	—
50	—	—	0,667	0,898	1,134	1,373	1,866	2,375
60	—	—	—	—	1,350	1,633	2,212	2,808
70	—	—	—	—	—	1,892	2,557	3,240

Примечание. Трубы изготавливаются наружным диаметром не более 80 мм в следующих предельных размерах по длине при наружном диаметре:

до 10 мм включительно 1,25—5 м; от 10 до 20 мм включительно 1,75—5 м;
от 20 до 40 мм включительно 2—4 м; 40 мм (не короче) 2 м.

Таблица 217

Свинцовые и оловянные трубы

Трубы твердого свинца				Трубы мягкого свинца				Оловянные трубы			
d мм	s мм	G кг	p кг/см ²	d мм	s мм	G кг	p кг/см ²	d мм	s мм	G кг	p кг/см ²
13	1,5	0,8	11,5	3	1,5	0,23	25	4	2	0,30	60
15	1,5	0,9	10	4	2	0,40	25	5	1,5	0,25	36
18	1,5	1,0	8	5	1,5	0,40	15	6	1,5	0,28	30
20	1,5	1,2	7,5	10	1,5	0,60	7	7	1,5	0,32	25
25	1,5	1,4	6	15	2	1,20	6	8	1,5	0,33	22
30	1,5	1,7	5	20	2,5	2,00	6	9	1,5	0,37	20
35	1,5	2,0	4	25	2	1,90	4	10	1,5	0,38	18
40	1,5	2,2	3,5	30	2,5	2,90	4	11	1,5	0,45	16
50	1,5	2,8	3	35	3	4,10	4	12	1,5	0,48	15
60	2,5	5,6	3	40	3	4,60	3,5	13	1,5	0,50	13
70	3,5	9,2	3,5	50	4	7,70	4	15	1,5	0,55	12
80	2,5	7,3	3,5	60	4,5	10,3	3,5	20	2	1,00	12
100	3,5	12,7	4	70	4,5	11,9	3	25	2	1,25	9
120	4	16,1	2,5	80	5	15,1	3	30	2	1,45	8
140	3	14,3	2	100	4	14,8	2	35	2	1,70	6,5
160	3	17,5	1,5	140	5	25,0	1,5	40	2	1,95	6
180	3	19,9	1,5	200	5	25,9	1,2	46	2	2,20	5
200	3,5	24,1	1,5	270	12,5	126	2,3	50	2	2,40	4,5

Таблица 218

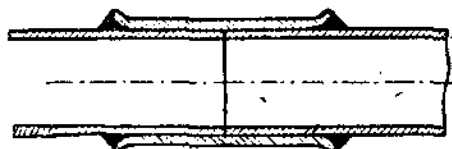
Свинцовые трубы по ОСТ

ОБЩЕСОЮЗНЫЙ СТАНДАРТ		ОСТ 3590
ТРУБЫ СВИНЦОВЫЕ		
Сортамент		Металл

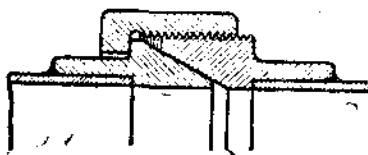
Размеры труб, мм		Допуски, мм		Приблизительный вес 1 пог. м кг	Размеры труб, мм		Допуски, мм		Приблизительный теоретический вес 1 пог. м кг
внутренний диаметр	толщина стенок	по внутреннему диаметру	по толщине стенок		внутренний диаметр	толщина стенок	по внутреннему диаметру	по толщине стенок	
5	1,5	$\pm 0,3$	$\pm 0,25$	0,4	38	(3)	$\pm 0,75$	$\pm 0,25$	4,4
	2		$\pm 0,25$	0,5		4		$\pm 0,45$	6,0
	3		$\pm 0,25$	0,9		5		$\pm 0,45$	7,6
	2	$\pm 0,3$	$\pm 0,25$	0,7		6		$\pm 0,65$	9,2
	3		$\pm 0,25$	1,0		7		$\pm 0,65$	10,9
6	3,5	$\pm 0,3$	$\pm 0,45$	1,2	40	8		$\pm 0,80$	12,8
	2		$\pm 0,25$	0,8		4		$\pm 0,45$	6,3
	3		$\pm 0,25$	1,0		5		$\pm 0,45$	8,0
	2,5		$\pm 0,25$	1,2		6		$\pm 0,65$	9,9
	3		$\pm 0,25$	1,5		7		$\pm 0,65$	11,7
8	3,5	$\pm 0,45$	$\pm 0,45$	2,7	45	8		$\pm 0,80$	13,7
	2		$\pm 0,25$	0,9		4		$\pm 0,45$	7,1
	2,5		$\pm 0,25$	1,2		5		$\pm 0,45$	8,9
	3		$\pm 0,25$	1,5		6		$\pm 0,65$	11,1
	3,5		$\pm 0,45$	2,0		7		$\pm 0,65$	13,1
10	2,5	$\pm 0,45$	$\pm 0,45$	2,7	50	8		$\pm 0,80$	15,1
	3		$\pm 0,25$	1,1		(3)		$\pm 0,25$	5,7
	4		$\pm 0,25$	1,7		4		$\pm 0,45$	7,7
	4		$\pm 0,45$	2,4		5		$\pm 0,45$	9,8
	5		$\pm 0,45$	3,2		6		$\pm 0,65$	12,0
13	2	$\pm 0,45$	$\pm 0,25$			7		$\pm 0,65$	14,2
	3		$\pm 0,25$						
	4		$\pm 0,45$						

16	2	$\pm 0,25$	1,3	55	$\pm 1,25$	$\pm 0,80$	16,6
	3	$\pm 0,25$	2,1			$\pm 0,80$	18,9
	4	$\pm 0,45$	2,8			$\pm 0,45$	8,4
	5	$\pm 0,45$	3,7			$\pm 0,45$	10,7
	2,5	$\pm 0,25$	1,9			$\pm 0,65$	13,1
19	3	$\pm 0,25$	2,4			$\pm 0,65$	15,6
	4	$\pm 0,45$	3,3			$\pm 0,80$	18,0
	5	$\pm 0,45$	4,3			$\pm 0,80$	20,5
	6	$\pm 0,45$	5,3			$\pm 0,45$	11,6
	2,5	$\pm 0,25$	2,2			$\pm 0,65$	14,1
22	3	$\pm 0,25$	2,7	60	$\pm 1,25$	$\pm 0,65$	16,7
	4	$\pm 0,45$	3,7			$\pm 0,80$	19,4
	5	$\pm 0,45$	4,8			$\pm 0,80$	22,1
	6	$\pm 0,65$	6,0			$\pm 0,45$	12,5
	7	$\pm 0,65$	7,1	65	$\pm 1,5$	$\pm 0,65$	17,9
	2,5	$\pm 0,25$	2,4			$\pm 0,80$	23,6
	3	$\pm 0,25$	3,0			$\pm 0,45$	13,4
25	4	$\pm 0,45$	4,2	70	$\pm 1,5$	$\pm 0,65$	19,0
	5	$\pm 0,45$	5,3			$\pm 0,80$	25,3
	6	$\pm 0,65$	6,7			$\pm 0,45$	14,3
	7	$\pm 0,65$	8,2	75	$\pm 1,75$	$\pm 0,65$	20,7
	8	$\pm 0,80$	9,5			$\pm 0,80$	26,6
	3	$\pm 0,25$	3,5			$\pm 0,45$	15,2
	4	$\pm 0,45$	4,9	80	$\pm 1,75$	$\pm 0,65$	21,8
	5	$\pm 0,45$	6,2			$\pm 0,80$	28,6
30	6	$\pm 0,65$	7,7			$\pm 0,45$	17,0
	7	$\pm 0,65$	9,2	90	$\pm 1,75$	$\pm 0,65$	24,9
	8	$\pm 0,80$	11,0			$\pm 0,80$	31,8
	3	$\pm 0,25$	3,9			$\pm 0,45$	18,7
	4	$\pm 0,45$	5,5	100	$\pm 1,75$	$\pm 0,65$	26,8
	5	$\pm 0,45$	6,8			$\pm 0,80$	35,1
33	6	$\pm 0,65$	8,5			$\pm 0,45$	20,5
	7	$\pm 0,65$	10,0	110	$\pm 2,0$	$\pm 0,65$	29,2
	8	$\pm 0,80$	11,7			$\pm 0,80$	38,2
	3	$\pm 0,25$	4,1			$\pm 0,45$	26,8
35	4	$\pm 0,45$	5,6	125	$\pm 2,5$	$\pm 0,65$	46,0
	5	$\pm 0,45$	7,1			$\pm 0,80$	46,5
	6	$\pm 0,65$	8,8	150	$\pm 2,5$	$\pm 0,80$	57,1
	7	$\pm 0,65$	10,5			$\pm 0,80$	
	8	$\pm 0,80$	12,3			$\pm 0,80$	

ством надевания на оттянутый на конус конец одной трубы конца другой прилегающей трубы, также раздвинутого на конус (фиг. 316); 3) при помощи плотно соприкасающейся с двумя трубами муфты или гильзы, которая ставится на место ударом (фиг. 317). Во всех случаях эти соединения опаиваются твердым припоем. Для получения в них более надежных колец твердого припоя все соответствующие наружные края несколько отбортовываются.



Фиг. 317.

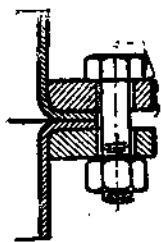


Фиг. 318.

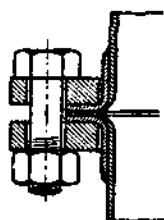
В разъединяемых соединениях медных труб небольших диаметров очень распространено применение навинчиваемых деталей, причем составляющие соединение части могут изготовляться из латуни или, лучше, из бронзового литья. Наилучшей их формой является соединение, изображенное на фиг. 318 с конусным уплотнением. Здесь также имеет место спайка твердым припоем.

Между прочим, такого же рода соединения концов труб при помощи навинчивания частей с нарезкой, как мы видели, имеют широкое распространение и в стальных трубах.

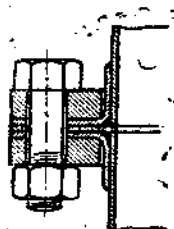
Фланцевые соединения для малых и средних давлений, а также для малых и средних диаметров труб делаются по фиг. 319, где отогнутые узкие борты на концах труб соединяются вместе стальными фланцами.



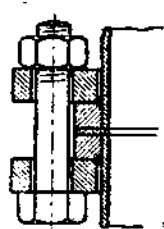
Фиг. 319.



Фиг. 320.



Фиг. 321.

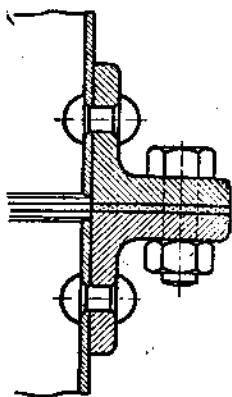


Фиг. 322.

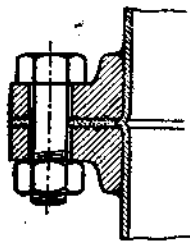
Согласно фиг. 320 имеют применение бортшайбы с узким бортом и такие же бортшайбы с широким бортом по фиг. 321, которые в обоих случаях ставятся на концы труб на твердом припое и зажимаются своими бортами между стальными фланцами. Целесообразно еще всегда, где это возможно, оттягивать концы труб так, как это показано на фиг. 320. Согласно фиг. 322 к концам труб припаиваются на твердом припое бронзовые или стальные кольца различной формы, которые скрепляются на болтах посредством свободно вращающихся стальных фланцев. На фиг. 323—325 при-

клепываются или припаиваются твердым припоем или приклепываются и припаиваются фланцы углового сечения из стали или бронзового литья.

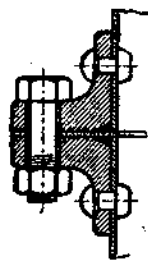
Для больших давлений и больших диаметров труб фланцевые соединения выполняются по фиг. 326 и 327, где концы труб развальцовываются и несколько отбортовываются во фланцах с канавками, причем у этих фланцев иногда делаются незначительные выступы (мундштуки), как показано на фиг. 326, которыми фланцы связываются с трубами заклепками.



Фиг. 323.

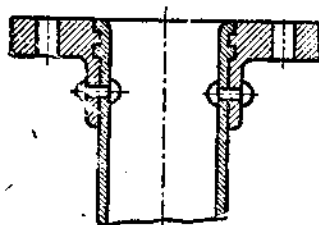


Фиг. 324.

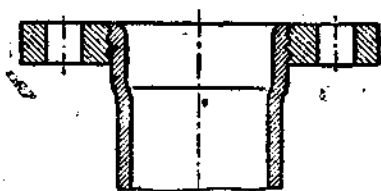


Фиг. 325.

Согласно фиг. 328 фланцы из бронзового литья с высоким выступом в виде воротника или высокие кольца с бортами, также из бронзового литья насаживаются на концы труб с наставленными сзади свободно вращающимися стальными флянцами; в первом случае выступы самих фланцев, а во втором — промежуточные кольца из бронзового литья приклепываются к концам труб, которые, кроме того, для большей прочности отбортовываются.



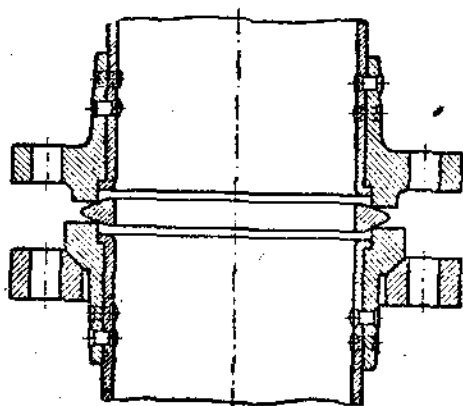
Фиг. 326.



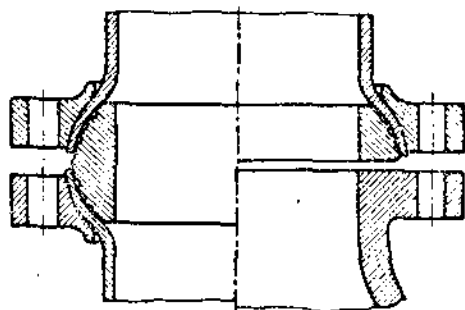
Фиг. 327.

В качестве уплотнения здесь служит кольцо из бронзового литья с сечением линзы. Фиг. 329 показывает распространенный вид фланцевого соединения для судовых установок, как при высоких давлениях, так и при больших размерах труб, в котором линза служит в качестве упора для расширенной медной трубы, содействуя в то же время уплотнению. Соединение это эластично.

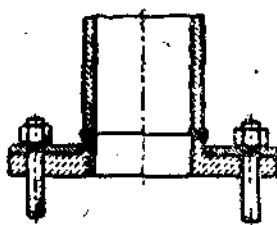
У фланцев для высокого давления всячески избегают опайки твердым припоем, чтобы не происходило при сильном нагреве ослабления или уменьшения прочности материала.



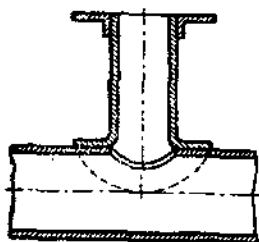
Фиг. 328.



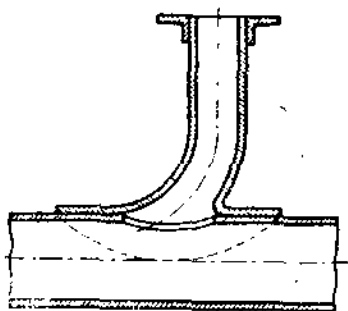
Фиг. 329.



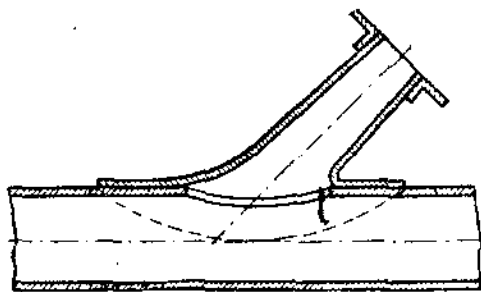
Фиг. 330.



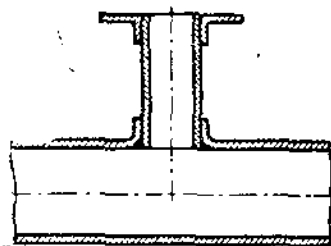
Фиг. 331.



Фиг. 332.

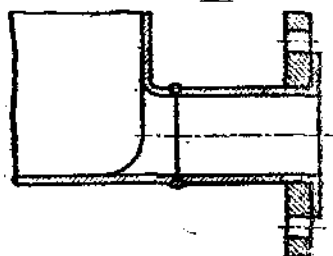


Фиг. 333.

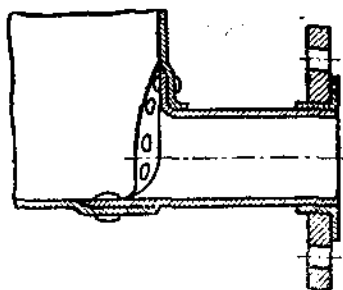


Фиг. 334.

Фланцы из таких чувствительных материалов, как, например, алюминий, обкладываются стальной листовой шайбой для предохранения их от истирания гайками или головками болтов, как показано на фиг. 330.

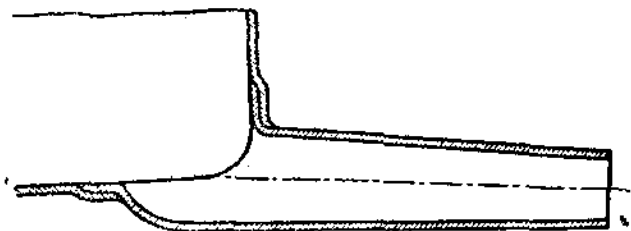


Фиг. 335.



Фиг. 336.

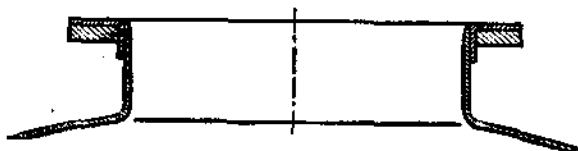
Штуцера или отводы могут выполняться согласно примерам, указанным на фиг. 331—333, где они ставятся своим так называемым башмаком на твердом припое. Перпендикулярные штуцера изготовляют по фиг. 334, где они припаиваются твердым припоем к борту, выдвинутому из трубы наружу. Точно так же применима



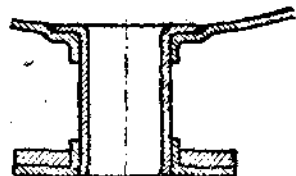
Фиг. 337.

приварка штуцера встык непосредственно к вырезанной в трубе дыре или в равной мере к краю выдвинутого наружу борта.

Такое соединение можно видеть на фиг. 335, которая показывает к тому же отводящий штуцер сосуда. Другие формы выполнения опор для стоков сосудов изображены на фиг. 336 и 337.



Фиг. 338.



Фиг. 339.

При больших отверстиях сосудов выполняют низкие штуцера (согласно фиг. 338) путем выдвигания наружу самой стенки. Узкие и высокие штуцера могут выполняться по фиг. 339 посредством выгонки наружу с бортом самой стенки, к которой припаивается

на мягком припое отбортованный штуцер; можно приклепывать штуцера, как показано на фиг. 236 (стальной штуцер), или вдвигать их и паять на твердом припое по фиг. 334, либо приваривать их к любому месту стенки, как показано на фиг. 335.

На фиг. 340 дана муфточка с газовой нарезкой, которую можно ставить при небольших диаметрах отверстий вместо штуцера, как показано на фиг. 339, и которая может служить для ввертывания кранов и т. п. Обычно эти муфточки изготавливаются из латунного литья. Нормальные размеры их и веса приведены в табл. 219.

Таблица 219

Муфточки газовые

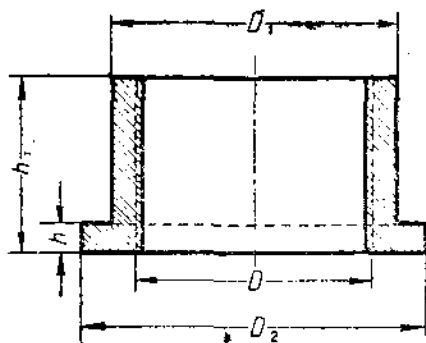
Материал: латунь (фиг. 340)

Диаметр резьбы по ГОСТ 266 D дюймы	D_1 мм	D_2 мм	h мм	h_1 мм	Чистый вес 10 шт. кг
$1/4$	16	24	4	16	0,2
$3/8$	20	30	4	18	0,3
$1/2$	25	35	5	22	0,6
$3/4$	30	42	5	25	0,8
1	38	45	6	30	1,1
$1 1/4$	48	58	6	35	2,1
$1 1/2$	55	68	6	35	2,8
$1 3/4$	60	75	7	40	3,4
2	68	80	7	40	4,3
$2 1/2$	82	95	7	40	4,7

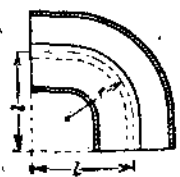
Фасонные части изготавливаются частично из листовой меди.

Фиг. 341 показывает спаянное колено трубы, составленное из двух кусков, выгнанных из листа. Радиус должен быть равен минимум: $r = 1,4d$ и длина колена минимум: $l = 1,4d + 100$ мм.

Внутренний лист при обработке укорачивается и вместе с тем делается



Фиг. 340.

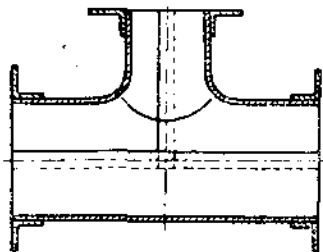


Фиг. 341.

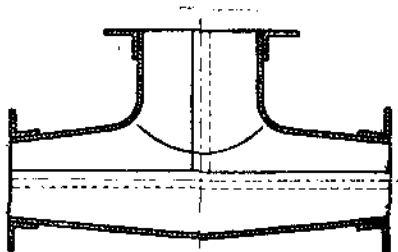
тоньше. Ровный, необработанный лист должен быть поэтому толще минимум на 0,5 мм и на 15 мм шире, чем требуемый размер готовой части. Далее, он должен быть на 30—80 мм длиннее, чем определенный внутренним радиусом размер. Наружный

лист не становится тоньше; он такой же длины, как это требуется по наружному радиусу, и имеет ширину, равную половине периметра плюс одна ширина шва. По этим соотношениям и составлена табл. 220.

Медные трубы меньших размеров при гибке заполняются канифолью, после чего таковая должна быть самым осторожным образом выплавлена согласно указаниям, сделанным в гл. 2 части А („Пробное давление“). При изготовлении отдельных колен из го-



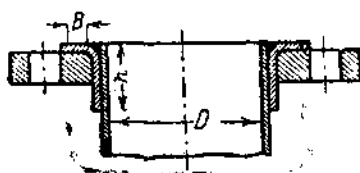
Фиг. 342.



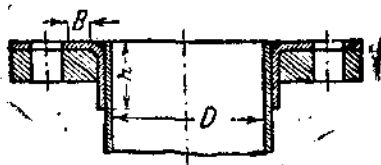
Фиг. 343.

товых медных труб берут средний радиус закруглений, равный минимум $r = 4d$ и длину колен $l = 4d + 100$ мм. В местах загибов трубопроводов из труб нормальной заводской длины r должен быть по возможности еще больше. Для всех изгибов нужно вообще стремиться употреблять исключительно бесшовные трубы. У труб со швом последний не должен находиться ни снаружи ни внутри изгиба, а должен располагаться по среднему радиусу закругления. В табл. 221 указаны размеры и веса для отдельных колен из медных труб диаметром от 25 до 300 мм при толщине стенки в 1 мм.

Отдельные тройники изготавливаются согласно фиг. 342 и 343 из трех листов меди, спаиваемых вместе с бортшайбами для сво-



Фиг. 344.



Фиг. 345.

бодно вращающихся стальных фланцев, особенно когда дело касается больших диаметров. Кроме этого тройники изготавливаются из ровной трубы с насаженным штуцером, особенно в тех случаях, когда ответвление имеет меньший диаметр, чем проход.

Обычно изготавливается относ ответвления: $l = d + 100$ мм; проход имеет длину $2l$. В табл. 222 даны веса медных тройников диаметром от 40 до 300 мм и с толщиной стенки от 2,5 до 6 мм.

Бортшайбы из меди изготавливаются большей частью медницкими цехами. В Германии, например, встречаются также в продаже бесшовные стальные бортшайбы для напайки на медные

Таблица 220

Листы для выгнутых медных колен, состоящих из двух кусков¹, в мм

Размер в свету <i>d</i>	Средний радиус <i>r</i>	Длина колена <i>l</i>	Внутренний лист		Наружный лист	
			Длина	Ширина	Длина	Ширина
200	280	380	565	350	830	340
225	315	415	595	390	915	380
250	350	450	645	435	990	425
275	385	485	675	475	1 070	460
300	420	520	720	515	1 150	500
325	455	555	760	550	1 210	540
450	490	590	805	590	1 285	580
375	525	625	840	630	1 360	620
400	560	660	900	685	1 425	655
425	595	695	935	727	1 500	695
350	630	730	970	765	1 580	735
475	665	765	1 025	805	1 665	775
500	700	800	1 060	845	1 740	815
525	735	835	1 095	888	1 815	860
550	770	870	1 145	925	1 900	895
575	805	905	1 180	965	1 975	935
600	840	940	1 215	1 005	2 050	975
625	875	975	1 265	1 045	2 120	1 015
650	910	1 010	1 300	1 080	2 210	1 050
675	945	1 045	1 335	1 125	2 290	1 095
700	980	1 080	1 400	1 155	2 350	1 135

Таблица 221

Размеры и веса колен, гнутых из медных труб¹

Размер трубы <i>d</i> мм	Радиус <i>r</i> мм	Длина колена <i>l</i> мм	Вес при толщине в 1 мм кг	Размер трубы <i>d</i> мм	Радиус <i>r</i> мм	Длина колена <i>l</i> мм	Вес при толщине в 1 мм кг
25	100	200	0,300	130	520	620	3,84
30	120	220	0,405	140	560	660	4,37
35	140	240	0,530	150	600	700	4,95
40	160	260	0,671	160	640	740	5,55
45	180	280	0,763	170	680	780	6,19
50	200	300	0,843	180	720	820	6,89
55	220	320	0,983	190	760	860	7,60
60	240	340	1,036	200	800	900	8,42
65	260	360	1,238	210	840	940	9,19
70	280	380	1,459	220	880	980	9,98
75	300	400	1,604	230	920	1 020	10,89
80	320	420	1,825	240	960	1 060	11,59
85	340	440	2,000	250	1 000	1 100	12,51
90	360	460	2,180	260	1 040	1 140	13,46
95	380	480	2,391	270	1 080	1 180	14,47
100	400	500	2,610	280	1 120	1 220	15,49
110	440	540	3,029	290	1 160	1 260	16,57
120	480	580	3,544	300	1 200	1 300	17,69

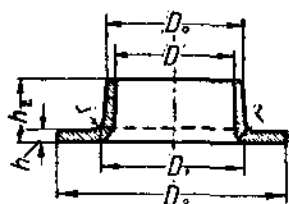
¹ Взято из книги Hausbrand, Hilfsbuch für den Apparatenbau, 3 Aufl.

трубы. Табл. 223 дает размеры и веса стальных бортшайб, так называемых малых или узких бортшайб, согласно фиг. 344. Полные или широкие бортшайбы показаны на фиг. 345.

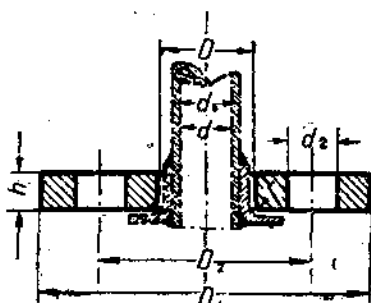
У медных бортшайб следует также обращать внимание на следующие размеры: у них часть, прилегающая к стальному фланцу, должна быть толще приблизительно на 1—2 мм стенки трубы и высота воротника h должна быть несколько больше, чем у стальных бортшайб, как дано (приблизительно) в скобках в табл. 223.

Обычно изготовляют запасные свободно вращающиеся гладкие стальные фланцы для медных труб с бортшайбами с размерами в свету от 10 до 160 мм. Они обрабатываются снаружи и внутри, и один край среднего отверстия имеет закругление, соответствующее закруглению бортшайбы.

Размеры свободно вращающихся фланцев для отбортованных труб по проектам ОСТ с диаметром в 10 мм и выше даны в табл. 141 и 142 на стр. 269.



Фиг. 346.



Фиг. 347.

На фиг. 346 показана красномедная бортшайба, а в табл. 244—ее нормальные конструктивные размеры и веса.

Свободно вращающиеся стальные фланцы, надевающиеся на концы красномедных труб, к которым эти бортшайбы припаиваются, даны на фиг. 347, а конструктивные размеры этих фланцев, построенные на основании табл. 138 (стр. 266), т. е. под бронзовую арматуру, приведены в табл. 225. При этом имеется в виду, что фланцы с показанными в табл. 225 красномедными бесшовными трубами диаметром до 30 мм включительно могут применяться для рабочих давлений до 12 ат, а с трубами больших диаметров — до 8 ат. Трубы взяты по преискуранту Цветметсбыта (б. Госпромцветмета) за 1926 г. Для меньших рабочих давлений может меняться толщина труб за счет изменения соответствующим образом диаметра в свету труб, но при условии оставления того же наружного диаметра. Это же относится и к случаям применения давлений от 8 и до 12 ат для труб диаметром более 30 мм.

При длинных паропроводах должно быть обращено внимание на удлинение таковых вследствие влияния повышения температуры. Где возможно, рассчитывают положение изменений длины по всей прокладываемой

Таблица 222

Вес медных тройников

Диаметр трубы в свету d , мм	Толщины стенок, мм					Диаметр трубы в свету d , мм	Толщины стенок, мм				
	2 $\frac{1}{2}$	3	3 $\frac{1}{2}$	4	5		3	3 $\frac{1}{2}$	4	5	6
	Вес 1 шт., кг						Вес 1 штуки, кг				
40	1,5	1,8	2,2	2,5	3,2	140	10,6	12,3	14,1	17,8	21,4
50	2,0	2,4	2,8	3,3	4,2	150	11,7	13,7	15,7	19,8	23,9
60	2,5	3,1	3,6	4,2	5,3	160	12,9	15,2	17,4	21,8	25,4
70	3,3	3,9	4,5	5,2	6,7	170	14,2	16,7	19,2	23,9	28,0
80	3,8	4,6	5,3	6,2	7,9	175	14,9	17,4	20,1	25,0	29,8
90	4,4	5,4	6,4	7,3	9,2	180	15,6	18,2	20,8	26,2	31,6
100	5,2	6,3	7,4	8,5	10,7	190	17,1	19,9	22,9	28,8	34,7
110	6,0	7,3	8,5	9,7	12,3	200	18,6	21,7	24,9	31,3	37,6
120	6,8	8,3	9,6	11,0	14,0	225	22,6	26,5	30,3	38,1	45,7
125	7,3	8,8	10,3	11,8	14,9	250	—	—	36,2	45,0	54,0
130	—	9,4	10,9	12,6	15,8	300	—	—	49,5	62,0	74,0

Таблица 223

Размеры бесшовных стальных бортшайб для медных труб и вес 100 шт. каждого размера

Размеры в мм

Наружный диаметр трубы	Размер в свету борт- шайбы	Наружный диаметр горизонтальной полки	Толщина горизонталь- ной полки	Высота воротника	Вес 100 шт., кг	Наружный диаметр трубы	Размер в свету борт- шайбы	Наружный диаметр горизонтальной полки	Толщина горизонталь- ной полки	Высота воротника	Вес 100 шт., кг
24	23	48	3	10(16)	5,0	75	74	115	5	21(28)	28,0
30	29	61	4	12(18)	6,0	81	80	125	5	21(28)	31,5
34	33	76	4	18(20)	7,5	85	84	132	5	21(30)	34,5
37	36	76	4	18(20)	9,0	87	86	140	5	22(30)	35,5
43	42	88	4	19(22)	11,0	93	92	144	6	22(30)	41,0
49	48	95	4	20(22)	12,5	100	99	148	6	22(32)	45,5
54	53	95	4	20(24)	14,5	106	105	150	6	22(32)	49,0
56	55	102	5	20(24)	16,0	123	122	170	6	22(32)	65,0
62	61	108	5	20(26)	19,0	134	133	174	6	22(34)	74,5
69	68	115	5	21(26)	22,5	137	136	174	6	22(34)	76,0

Таблица 224

Бортшайбы красномедные для припайки к медным трубам (фиг. 346)

Внутренний диаметр труб d	Наружный диаметр труб d_1	Диаметр отверстия в бортшайбе D	D_0	D_1	D_2	h	h_1	r	r_1	Чистый вес 100 шт. кг
14	18	18	22	23	38	2,5	10	1,5	3,5	2
20	24	24	28	29	48	2,5	13	2	4	3
25	30	30	34	35	60	2,5	14	2	4,5	5
30	35	35	40	40	62	3,5	14	2	4,5	5
40	44	44	49	49	72	2,5	16	2	4	6
45	49	49	54	54	82	3	16	2	4	8
50	54	54	59	60	90	3	16	3	5	9
65	70	70	75	76	105	3	18	3	5,5	14
75	80	80	85	86	140	3	18	3	5,5	26
90	96	96	102	103	150	3,5	24	3	6	36
100	106	106	112	113	160	3,5	24	4	7	38
110	116	116	122	123	175	3,5	28	4	7	48
130	137	137	143	144	185	3,5	28	4	7,5	52
145	152	152	159	160	215	4	28	4	7,5	71
175	183	183	190	191	245	4	28	4	8	93
205	214	214	222	223	275	4,5	28	4	8,5	117

Таблица 225

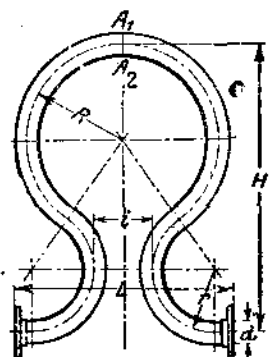
Фланцы стальные свободно вращающиеся для медных труб под бронзовую арматуру (фиг. 347)

Внутренний диаметр труб d , мм	Наружный диаметр труб d_1 , мм	Диаметр отверстия во фланце D , мм	Наружный диаметр фланца D_1 , мм	Диаметр окружности центров болтов D_2 , мм	Толщина фланца h , мм	Болты			Радиус закругления r , мм	Чистый вес 10 шт. (приблизительный), кг
						Число n , шт.	Диаметр d_1 дюймов	Отверстие d_2 мм		
10	13	18	65	45	8	3	5/16	10	2	1,70
14	18	24	70	50	8	3	5/16	10	2	1,87
20	24	30	85	60	10	3	3/8	11	3	3,44
25	30	36	100	75	10	4	3/8	11	3	4,66
30	35	42	110	80	11	4	1/2	15	3	5,94
40	44	52	120	90	11	4	1/2	15	3	7,00
45	49	55	130	100	12	4	1/2	15	3	8,87
50	54	62	140	110	12	4	5/8	18	3	10,15
65	70	70	165	125	12	4	5/8	18	4	14,45
75	80	80	200	160	16	4	5/8	18	4	28,84
90	96	105	210	170	16	6	5/8	18	4	29,34
100	106	115	230	180	16	6	5/8	18	4	35,56
110	116	125	245	195	18	6	5/8	18	5	45,01
130	137	145	260	210	18	6	3/4	22	5	46,61
145	152	162	290	240	18	6	3/4	22	5	57,22
175	183	195	320	270	18	6	3/4	22	5	65,18
205	214	225	350	300	20	6	3/4	22	5	78,54

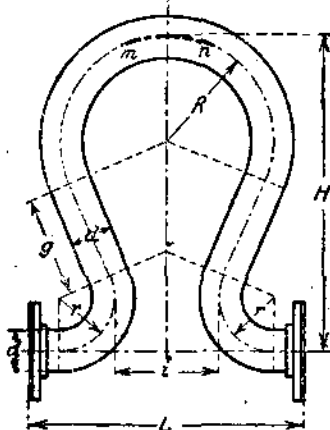
линии и для устранения действия таких удлинений специально ставят в подходящих местах выравнивающие устройства. К таким относятся так называемые сальниковые компенсаторы, которые нуждаются в тщательнейшем присмотре, так как они могут застревать. Они должны быть также обеспечены от слишком большого растягивания.

Пружинящие трубы (из меди или литой стали) образуют очень простое и надежное выравнивающее приспособление. Отдельные пружинящие узлы таких труб состояются либо только из дуг окружностей по фиг. 348, либо они содержат также ровные промежуточные участки длиной g (фиг. 349).

Табл. 226 содержит размеры пружинящих труб из меди с ровными промежуточными участками и коленами. Однако нужно отметить, что при вылетах H , отпечатанных курсивом, дуги окружно-



Фиг. 348.



Фиг. 349.

стей приходят в соприкосновение. Они, следовательно, соответствуют фиг. 348, которая изображает такую трубу с $d=100$ мм и $H=1280$ мм. Гаусбранд отмечает, что „формы, которые имеют ровные колена, обладают большей подвижностью, чем состоящие только из дуг окружностей“.

В табл. 227 помещены размеры компенсаторов, изготавливаемых у нас.

Бантлин (Bantlin)¹ проделал целый ряд опытов с уравнивающими трубами из литой стали различных диаметров и установил, что при изгибе трубы на внутренней стороне в местах дуг, жирно обведенных на фиг. 348, образующиеся малые складки оказывают такое значительное влияние на все пружинящее устройство, что фактические прогибы значительно превосходят расчетные.

Испытываемые трубы имели диаметр в свету 200 и 125 мм; радиусы изгибов дуг отличались очень мало друг от друга. При 200-мм трубе фактическое пружинение было почти в 5 раз, а при 125-мм — почти в 2,5 раза больше рассчитанного. Параллельные

¹ Z. V. d. I. Jg., 1910. S. 43 ff.

Таблица 226

Пружинящие трубы. Компенсаторы

Внутренний диаметр трубы d мм	Размеры узлов, мм					Вылет H			
	L	r	R	i					
30	100	100	250	145	760	955	1180	1410	1655
40	150	120	275	160	810	1000	1215	1450	1690
50	200	150	300	175	890	1060	1280	1500	1745
60	250	175	325	190	965	1115	1330	1540	1775
70	300	200	350	205	1025	1150	1350	1550	1800
80	350	225	375	220	1115	1235	1405	1610	1845
90	400	250	400	235	1225 ^a	1295	1460	1660	1885
100	450	275	425	250	1280	1365	1515	1710	1925
125	600	300	450	300	1385	1435	1580	1770	1970
150	750	335	475	325	1450	1520	1650	1850	2040
175	900	375	525	350	—	1650	1765	1950	2115
200	1050	375	600	400	—	1780	1865	2010	2195
225	1200	375	675	457	—	1935	2010	2130	2300
250	1350	375	750	475	—	2075	2145	2250	2400
275	1450	375	825	512	—	2215	2265	2355	2490
300	1500	375	900	550	—	2370	2410	2470	2620
Полное пружинение, мм					40	60	80	100	120

^a Это по Hausbrand: Hilfsbuch für den Apparatebau, 36 Aufl.^b Г. Ренник: Восточник — 1200 мм; торидисму, здесь опечатка, так как при 1200 мм оба дуга окружностей должны друг друга пересекать.

опыты над двумя подобными пружинящими изогнутыми стальными квадратными прутьями и одной чугунной, т.е. свободной от образования складок, пружинящей трубой, дали точное совпадение опыта и расчета.

Таким образом эти складки для данной цели являются желательными. Их положительное влияние здесь становится тем заметнее, чем меньше радиус изгиба трубы, но до необходимого предела, после которого уже вместо очень малых складок может произойти просто перелом. На 200-мм трубе складки были исследованы и измерены. Сложив результаты измерений и приняв их как длину стенки трубы, которая сократилась из-за складок, мы получим в среднем, что при удвоенных глубинах складок дужки головок и оснований складок составляют приблизительно 10% общего равномерно распределенного укорочения против среднего радиуса изгиба.

Наиболее напряженным местом пружинящей трубы будет поперечное сечение $A_1 - A_2$ на фиг. 348 и примерно участок $m - n$ на фиг. 349. Наиболее опасной частью будет наружная сторона трубы A_1 уже потому, что при изгибе она подверглась ослаблению. Чтобы ее предохранить, растягивают при установке этот узел приблизительно на половину целого пружинения и ставят, таким

Лирообразные компенсаторы с наваренными кольцами
и подвешенными фланцами (фиг. 350)¹

D дюймов	R	L
2	5 D	34 D
2 1/4	4,5 D	33 D
2 1/2	4,5 D	31,4 D
2 3/4	4 D	29,2 D
3	3,8 D	28,3 D
3 1/4	3,6 D	26,8 D
3 1/2	3,4 D	26,4 D
3 3/4	3,2 D	25,4 D
4	3 D	24,5 D
4 1/4	2,8 D	23,8 D

Размеры труб				Размеры компенсаторов, мм			
D дюймов	D мм	d мм	R	H	H_1	L	
2	51	48	255	550	610	1740	3970
2 1/4	57	51	260	585	640	1900	4080
2 1/2	63 1/2	57,5	280	640	695	2000	4270
2 3/4	70	64	280	665	715	2050	4360
3	76	70	305	725	780	2220	4530
3 1/4	83	76,5	335	790	855	2430	4860
3 1/2	89	82,5	355	840	910	2600	4980
3 3/4	95	88,5	380	890	975	2780	5300
4	102	94,5	410	970	1050	2980	5410
4 1/4	108	100,5	425	1015	1095	3160	5690
4 1/2	114	106,5	455	1080	1165	3390	6000
5	127	119	495	1175	1260	3600	6303
5 1/4	133	125	505	1225	1315	3770	—

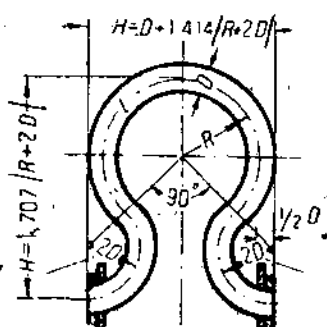
Примечание: Компенсаторы могут быть снабжены также другого рода фланцами, соответствующими фланцам труб, для которых они предназначены.

¹ Ватта по проекту объединения "Сталь" за 1930 г.

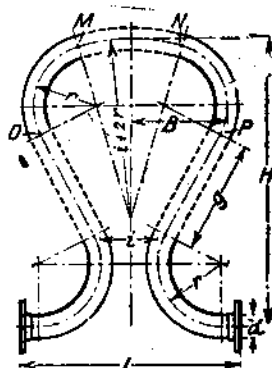
образом, наружную сторону трубы на участке $m-n$ в условия напряжения давления.

Далее, при растяжении трубопроводной ветви появляется вначале ослабление пружинения трубы. Чтобы использовать благоприятное влияние этих складок в самом начале, стали применять пружинные трубы на участках дугового очертания. Но такое выполнение относительно дорого.

Другой способ защиты участка $m-n$ показан на фиг. 351. Головной дуговой участок $M-N$ изогнут большим радиусом; например, здесь $R = i + 2r$; соединяющие участки $M-O$ и $N-P$ имеют радиус r дуги у основания. При этом получаются относительно длинные ровные промежуточные куски g , как на фиг. 351, с теми же главными размерами d , H , L , i и $B = R$, как показано на фиг. 348.



Фиг. 350.



Фиг. 351.

На участке $M-N$ внутренняя сторона показывает меньше складок, и ослабление стенки на наружной стороне значительно меньше. Соединяющие участки $M-O$ и $N-P$ пружинят сильнее, так как их радиус изгиба меньше. Длинные колена g связывают соединительные и основные дуги друг с другом благоприятнее, чем при обыкновенной форме. При форме по фиг. 348, с одной стороны, имеет место ослабленная стенка и, с другой, — поперечное сечение A_1-A_2 , лежащее в зоне сильного пружинения, действует как центр вращения и вызывает очень сильное напряжение.

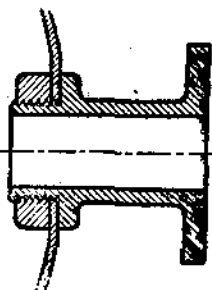
Напряжения, которые при этом концентрируются в самом поперечном сечении или близко от него, распределяются при форме по фиг. 351 по возможности по всему участку $M-N$. Возникает наиболее благоприятное распределение напряжений во всем узле.

Выполнять участок $M-N$ слишком ровным, чтобы не ослаблять, главным образом, наружной стороны трубы, меньше всего рекомендуется, так как при этом нет достаточной уверенности в том, что можно будет достигнуть также легко приблизительно равномерного распределения напряжений на участке $M-N$. Напротив, можно — и даже предпочтительнее — в этом участке делать изгиб не вогнутым, как на фиг. 351, а выпуклым (с большим радиусом).

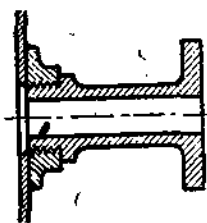
3. СОЕДИНЕНИЯ, ПРОХОДЫ И Т. Д. В СТЕНКАХ СОСУДОВ

Соединения медных труб и проходы требуют большей частью промежуточного включения штуцеров из бронзового литья или припайки хорошо пригнанных на конец трубы муфт также из бронзового литья. Также и в стальных сосудах для стальных труб имеют применение разные распространенные конструкции деталей этого рода.

На фиг. 352 показан штуцер, изготавливаемый из бронзового литья или латуни, продетый нарезанной цапфой через отверстие в медной стенке, в которую он упирается заплечиком и укрепляется посредством гайки. При этом здесь такие промежуточные шайбы, как у стального сосуда (по фиг. 238), не нужны, так как несколько изогнутая медная стенка в месте присоединения легко поддается, делаясь плоской.



Фиг. 352.



Фиг. 353

Согласно фиг. 353 к медной стенке припаяется твердый припоем нарезанная бабышка из бронзового литья или латунная, в которую плотно ввинчивается своей нарезкой штуцер.

На фиг. 354 стенка сосуда выгоняется, в углубление вкладывается бабышка и оплавляется; затем в нарезанное отверстие бабышки ввертывается штуцер.

В табл. 228 даны нормалы подобных бронзовых бабышек; при этом заклепки служат не для прикрепления этих бабышек, а только для предварительного их удерживания на месте при огибании около них меди и оплавивании их.

На фиг. 355 изображена пунктиром листовая медь вокруг бабышки.

Фиг. 356 показывает фланцевое соединение, применяемое в крайних случаях (последующая установка и т. д.). На внутренней стороне сосуда укрепляется кольцо посредством, потайных заклепок, в промежутках между которыми делаются отверстия с гаечной нарезкой. Изогнутый фланец штуцера посредством ввернутых болтов с головками прижимается к стенке. Такие изогнутые уплотнения гораздо менее надежны, чем плоские. Головки болтов должны быть снабжены при этом уплотнением в виде пеньковой веревки со свинцовым суриком. В новых конструкциях следует такого рода соединений избегать.

Согласно фиг. 357 штуцер с изогнутым фланцем приклепывается к медному сосуду так же, как и у стального сосуда. Отверстия во фланце раззенковываются и медный лист втягивается в эти углубления.

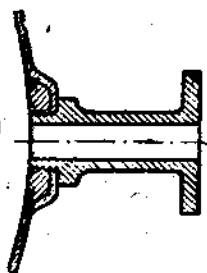
На фиг. 358 стенка сосуда выгнана для помещения в углубление большой шайбы. Последняя припаяется оловом, и ровный фланец штуцера укрепляется на шпильках, не проходящих сквозь всю толщину шайбы.

Таблица 228

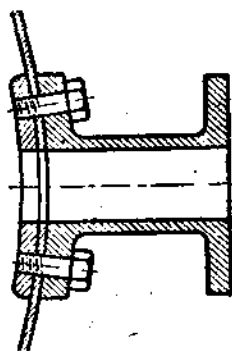
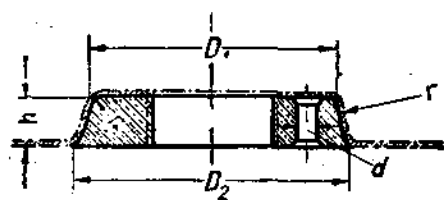
Бронзовые бабышки с трубной резьбой (фиг. 355)

Трубная резьба по ОСТ 266 <i>D</i> дюймы	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>r</i> ₀	<i>r</i>	<i>h</i>	Заклепки			Чистый вес 10 шт. кг
	мм					Число дыр	Диаметр окружности дыр <i>D</i> ₃ мм	Диаметр дыр <i>d</i> мм	
1/4	35	42	1,5	12	8	2	24	4	0,68
3/8	38	45	1,5	15	9	2	28	4	0,85
1/2	45	52	2	20	10	2	32	5	1,25
3/4	48	55	2	25	10	3	38	5	1,27
1	55	65	2	30	12	3	45	5	2,00
1 1/4	65	78	2	35	14	3	55	5	3,20
1 1/2	70	82	2	40	14	3	60	5	3,30
1 3/4	78	92	2	45	15	3	65	5	4,42
2	80	95	2	50	16	3	70	5	5,39
2 1/2	98	112	2	55	16	3	88	5	6,70
3	115	138	2	60	20	3	100	5	11,78

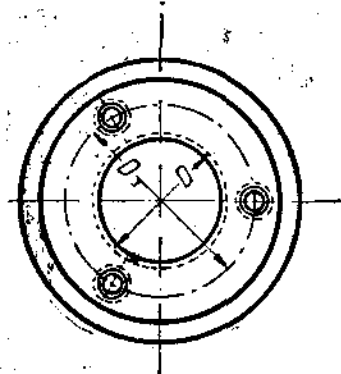
Выполнение конструкций по фиг. 354 и 358 следует считать наилучшим.



Фиг. 354.



Фиг. 356.

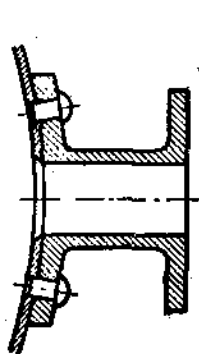


Фиг. 355.

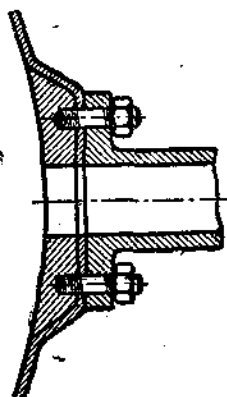
Фиг. 359 показывает проход трубы через простую стенку. При этом находящаяся в сосуде труба имеет нарезанную

гильзу с заплечиком. Снаружи наворачивается другая муфта с фланцем.

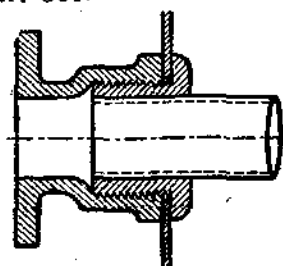
На фиг. 360 и 361 изображены также подобная гильза с заплечиком и наружная навертная муфта с фланцем. При этом, как видим, указанная гильза по фиг. 360 имеет помимо заплечика *b* еще выступ *a*, который дает возможность увеличить поверхность соприкосновения трубы и напаяваемой на нее гильзы. На выступающий через отверстие в стенке сосуда конец с гильзы наворачивается муфта с фланцем, показанная на фиг. 361.



Фиг. 357.

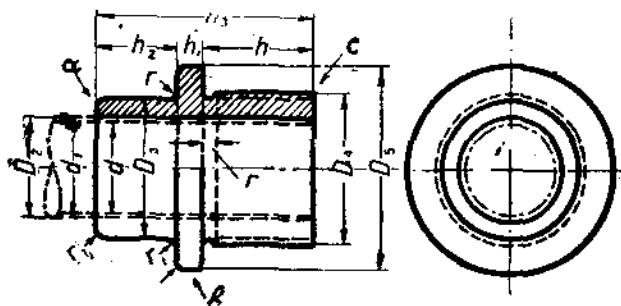


Фиг. 358.



Фиг. 359.

Соединения, в которых участвуют подобные гильза и навертная муфта, имеют частое применение; на табл. 229 и 230 приведены размеры и веса указанных деталей. При этом номинальные размеры для последних в таблицах выражены в дюймах условно, исключительно с целью удобства комплектования каждой навертной муфты и соответствующей ей гильзы. Так, например, для навертной муфты



Фиг. 360.

по табл. 230 с номинальным диаметром $3\frac{1}{2}''$ нужно взять гильзу по табл. 229 того же номинального диаметра, т. е. в $3\frac{1}{2}''$. Кстати отметим, что номинальные диаметры по указанным таблицам соответствуют внутреннему диаметру в дюймовом выражении той красномедной трубы, для которой эти детали предназначаются. Далее, имеется в виду, что эти детали для труб диаметром до 30 мм включительно, т. е. до номинального диаметра $1\frac{1}{4}''$, пригодны

Таблица 229

Гильзы, наплавляемые на красномедные трубы (фиг. 360)

Материал: бронза (фосфористая)

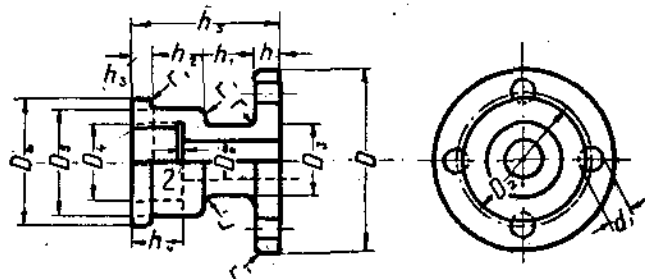
Номинальный диаметр дюймы	Диаметры красномедных труб мм		D_0	D_1	D_2	h	h_1	h_2	h_3	r_1	Размеры по ГОСТ 211 мм		Чистый вес 1 шт. кг	Вместо метрического резьбы по ГОСТ 211 можно сделать следующую трубную резьбу по ГОСТ 266 дюймы
	внутренние d	наружные d_1									D_1	Шаг		
$1/2$	14	18	18,5	28	30	22	6	18	46	3	30	2	0,23	$7/8$
$3/4$	20	24	24,5	34	60	25	6	21	52	3	36	3	0,33	$1 1/8$
1	25	30	30,5	42	70	23	7	21	56	3	45	3	0,54	$1 3/8$
$1 1/4$	30	35	35,5	46	80	32	7	24	63	3	48	3	0,64	$1 1/2$
$1 1/2$	40	44	44,5	58	90	38	8	24	70	3	60	4	1,02	2
$1 3/4$	45	49	49,5	62	100	40	9	24	73	4	64	4	1,18	$2 1/4$
2	50	54	54,5	68	105	43	9	28	80	4	68	4	1,84	$2 1/4$
$2 1/2$	65	70	70,5	85	120	46	10	32	88	4	85	4	1,84	—
$2 3/4$	70	75	75,5	90	125	46	10	32	88	4	90	4	1,95	—
3	75	80	80,5	95	130	48	10	34	92	4	95	4	2,15	$3 1/4$
$3 1/2$	90	96	96,5	110	150	48	12	35	95	5	115	4	3,06	4
4	100	106	106,5	120	160	48	12	35	95	5	125	4	3,34	$4 1/2$
$4 1/2$	110	116	116,5	135	170	53	13	42	108	5	135	4	4,40	—
5	130	137	137,5	155	195	53	13	42	108	5	160	4	5,64	—
6	145	152	152,5	170	215	58	14	46	118	5	175	4	6,56	—
7	175	183	183,5	200	250	60	14	46	120	6	205	4	8,68	—
8	205	214	214,5	235	290	60	14	46	120	6	235	4	10,96	—

Муфты наварные с фланцем под бронзовую арматуру согласно табл. 138^а (фиг. 361)
Материал: бронза (фосфористая)

Номи- наль- ный диам- метр долей	Диаметры красномед- ных труб соответ- ствующей толщины		Отверстие				мм										Резьба по ОСТ 271		Болты		Чистый вес шт.	Вместо метрической резьбы по ОСТ 271 можно нарезать резьбу по ОСТ 266																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	внут- ренний d	наруж- ный d _н	D _в	D _н	D _н	D _н	Диаметры		D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н			D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н	D _н

По фиг. 360.

для максимального рабочего давления до 12 ат, а для труб большего диаметра — для рабочего давления максимум в 8 ат, для каковых максимальных давлений и приведены в указанных таблицах диаметры красномедных бесшовных труб¹. Резьба у этих свертных частей взята метрическая по ОСТ 271. Все же для рассматриваемых деталей нами приведены в последней графе табл. 229 и 230 диаметры трубной резьбы по ОСТ 266, которые могут здесь

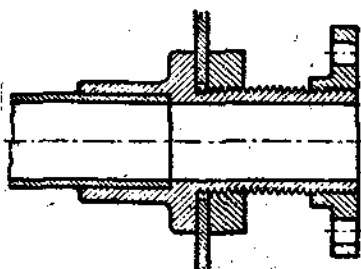


Фиг. 361

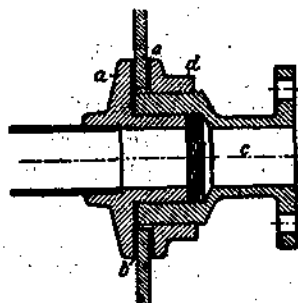
с успехом заменить метрическую резьбу по ОСТ 271. Приводя здесь два вида резьбы, обращаем внимание на необходимость строго соблюдать одинаковую резьбу у комплектных деталей.

При этом, поскольку эти детали взяты из практики как пример нормалей по аппаратостроению, в них сохранены также и фланцы, находящиеся в полном соответствии с данными табл. 138, помещенной выше (стр. 266).

На фиг. 362 нарезанная гильза с заплечиком имеет особый отросток для припайки трубы. Укрепление достигается при помощи отдельной гайки и фланец наворачивается на наружный нарезанный конец.



Фиг. 362.



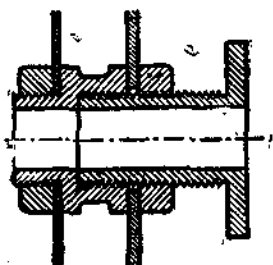
Фиг. 363.

На фиг. 363 нарезанная гильза имеет заплечик *a* с размерами фланца. Последний лежит лобовой поверхностью своей наружной кольцевой половины на стенке сосуда. Отверстие в стенке настолько велико, что против внутренней половины фланца *a* у нарезанной гильзы с уплотняющим кольцом *b* может быть прижата

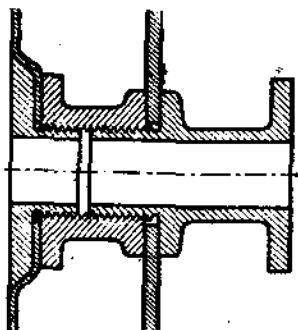
¹ По преискуранту б. Госпромцветмета за 1926 г.

торцевая поверхность штуцера *c*. Гайка *d* прижимается к стенке с уплотняющим кольцом *e*, которое может во всякое время снаружи обновляться.

Соединение или проводка через двойную стенку показана на фиг. 364. К внутренней стенке укрепляется при по-



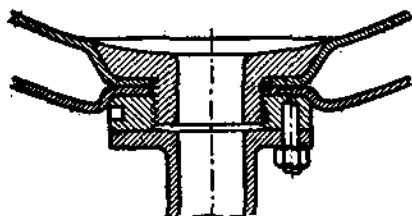
Фиг. 364.



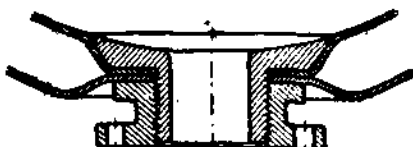
Фиг. 365.

мощи гайки гильза с внутренней и наружной нарезкой. Во внутреннюю нарезку этой гильзы ввертывается наружный штуцер. Противоположающая гайка содействует уплотнению в наружной стенке.

На фиг. 365 на внутренней стенке сосуда сидит утопленная бабышка с нарезанной трубчатой цапфой. На последней на нарезке



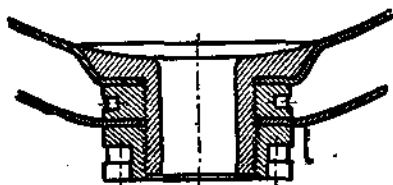
Фиг. 366.



Фиг. 367.

сидит промежуточный штуцер, во внутреннюю нарезку которого ввернут наружный штуцер.

Спуски для медных двойных днищ могут выполняться, согласно фиг. 366, посредством утопленной бабышки с нарезанным штуце-

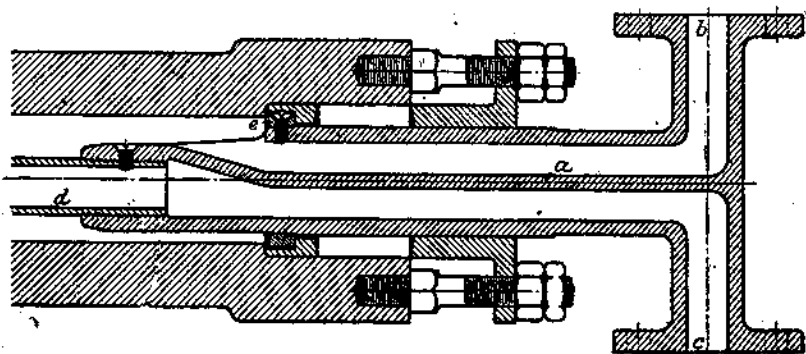


Фиг. 368.

ром и противоположающей гайкой, к которой укрепляется при помощи шпилек фланец спускного крана или какой-либо другой части. Согласно фиг. 367, противоположающая муфта представляет собой нарезанную гильзу с заплеком и фланцем. Фиг. 368 изображает форму выполнения этого рода соединения с двумя муфтами, из которых одна

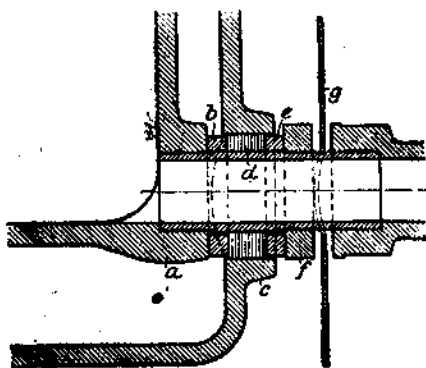
находится между стенками двойного днища, а другая снаружи. Последняя приспособлена для закладных болтов.

Примерами простоты сборки, изготовления деталей и минимальности количества их могут служить проходы с сальниковыми устройствами, изображенные на фиг. 369 и 370. Здесь, как видим, на первой из них к стенке стального холодильника приварен фланец *a* с ввернутыми в него шпильками и со скосом для уплотня-

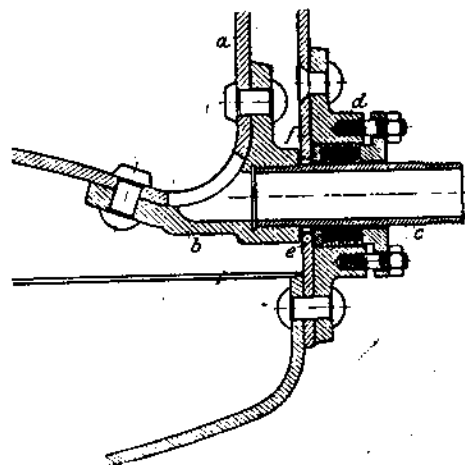


Фиг. 372.

ющей набивки, которая прижимается другим фланцем *b*. На фиг. 370 у аппарата с двухстенным дном стенка *a* — медная, а стенка *b* — железная, и к первой из них припаяна трубка с воронкообразной верхушкой. К наружной железной стенке с отверстием, в которое заводится трубка *c*, приварена бабышка *e* с ввернутыми шпильками и с отверстием, в которое закладывается уплотняющая на-



Фиг. 373.



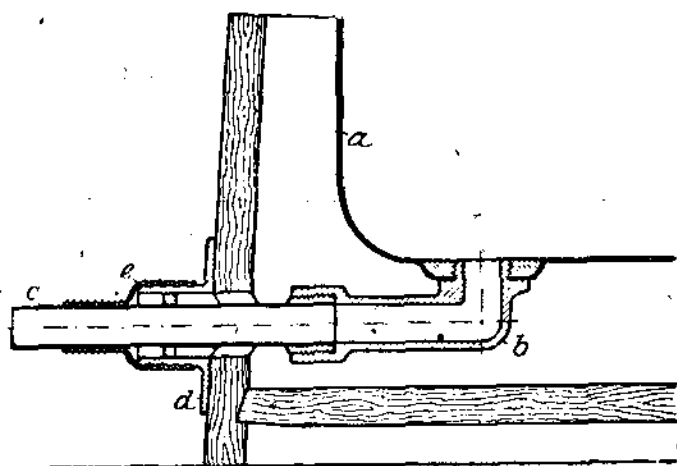
Фиг. 374.

бивка, прижимаемая буксой *d*; последняя, в свою очередь, зажимается фланцем присоединяемой части. Но эти устройства могут применяться лишь в случаях полного отсутствия избыточных давлений или при незначительности таковых.

Сальник для высоких давлений применяется в железных и медных сосудах согласно фиг. 371. Медная труба впаяна

на твердом припое в длинную красномедную муфту *a*. Болты *b* держат прочно эту муфту на сальнике *c*. Фланец *d* навинчен на наружный конец муфты.

Фиг. 372 дает пример конструкции для подвода пара и отвода конденсационной воды через цапфы вращающегося сушильного барабана. Литой трубчатый штуцер с делящей стенкой *a* кончается снаружи пароподводящим штуцером *b* и отводящим конденсационную воду штуцером *c*. Труба *d* подводится в самое глубокое место внутри барабана для конденсационной воды. Трубчатый штуцер прочно укрепляется в осевом направлении посредством кольца *e* и либо при помощи присоединенных в *b* и *c* труб, либо другими способами создается препятствие его вращению. Посредством сальника штуцер уплотняется во вращающейся цапфе.

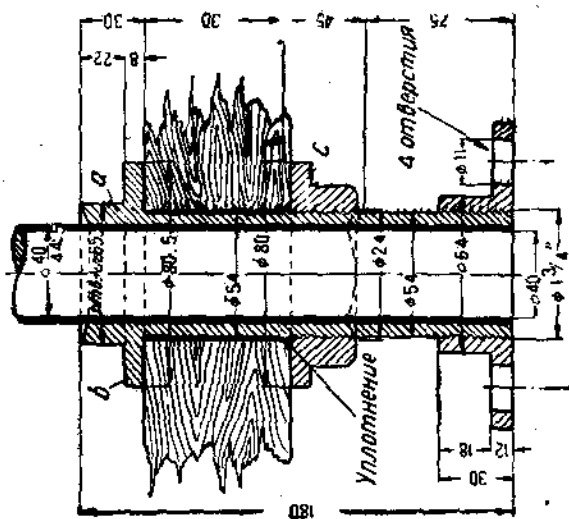


Фиг. 375.

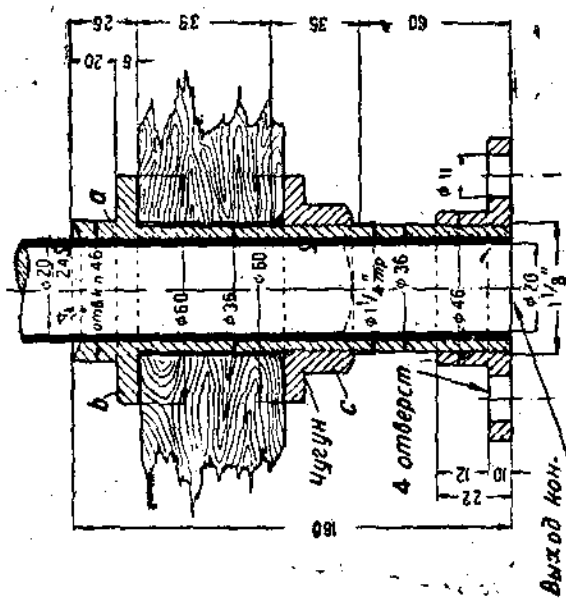
При опрокидывающихся варочных котлах употребляют обе полые цапфы, так как здесь нет необходимости обращать внимание на механические усилия. При этом через одну цапфу проводят пар, а через другую — конденсационную воду. Поднимающаяся труба, по которой проходит вода, прикреплена к котлу, а не к штуцеру, и находится либо на наружной чаше, либо в двойном кожухе.

На фиг. 373 в выступ внутренней стенки ввернута трубчатая муфта. Против выступа *a* ложится кольцо *b*, которое достигает отверстия выступа наружной стенки. В этом отверстии кольца набивки *d* совместно сжимаются наподобие сальника при помощи второго кольца *e* и гайки *f*. Далее привинчивается, после облицовки кожуха *g*, либо паровой вентиль, либо трубопровод и т. п.

Описанные соединительные провода годятся только для жестких сосудов и низких давлений. Изображаемая же на фиг. 374 конструкция может иметь, напротив, применение также и в медных сосудах при средних и высоких давлениях. На изгибе двизица мед-



Фиг. 377.



Фиг. 376.

ного внутреннего котла *a* находится штуцер *b* из бронзового литья. Ввинченная в последний труба *c* уплотняется также сальником *d*; основное закладное кольцо *e* этого сальника опирается на противостоящую кольцевую часть *f* ковкого железного наружного котла. Таким образом осевое давление сальника переносится на внутренний котел.

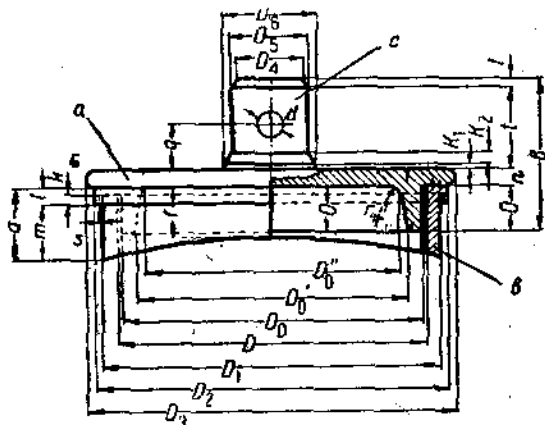
На фиг. 375 представлен провод стока через деревянный бак. Во внутреннем медном сосуде *a* укреплена и опаяна небольшая утопленная бабышка. Отводящий штуцер *b* одним концом с нарезкой ввинчен в бабышку и воспринимает на другом конце с внутренней нарезкой медную трубу *c* с помощью напаянной на последнюю нарезанной муфты. На деревянном чане имеется широкий кожаный штуцер *d*; резина *e* создает уплотнение.

Примерами другого способа провода конца трубы через деревянную стенку могут служить свертные соединения, изображенные со своими конструктивными размерами на фиг. 376 и 377.

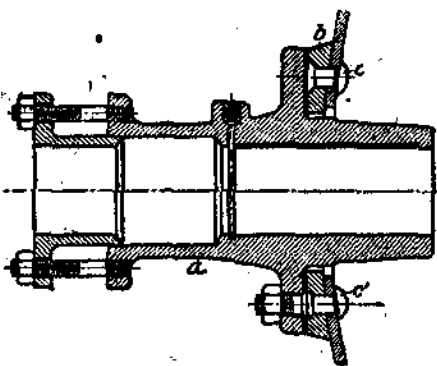
Здесь *a* — бронзовая длинная гильза, напаянная на конец красномедной трубы, между буртиком *b* которой и намертвой гайкой *c* зажата деревянная стенка. При этом для уплотнения отверстия в деревянной стенке имеется скос, куда накладывается уплотняющая набивка, также прижимаемая гайкой *c*. К намертвому на конец гильзы *a* фланцу присоединяется нужная часть или конец трубы с контрфланцем. Все части свертного соединения здесь имеют газовую (трубную) нарезку.

На фиг. 378 представлена применяющаяся в аппаростроении так называемая регарда, изготавливаемая обычно из латуни и состоящая из крышки *a* и кольца *b*.

Конструктивные размеры и веса таких регард даны в табл. 231, причем здесь номинальные размеры, приблизительно соответствующие внутреннему диаметру нарезки регарды, выражены в дюймах. Как видим, в табл. 231 даны такие регарды с номинальными



Фиг. 378.



Фиг. 379.

Рогарды латунные (фиг. 378)

Номер D пера Номер D пера	мм																				Паска по ГОСТ 771	Паска по ГОСТ 771															
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀			r ₁	r	o ₁	o	k ₁	k ₂	n	o	k ₁	k ₂	r ₁	r	q	Намер D	Мат
4	90	85	115	125	130	28	6	22	3	3	25	35	40	48	13	65	4	35	6	20	2	3	20	5	3	20	105	3	1,96								
5	115	110	140	150	155	30	8	22	3	3	25	35	40	48	13	70	4	36	8	22	2	3	22	6	4	20	130	3	2,43								
5 1/2	130	125	155	165	170	30	8	22	3	3	25	35	40	48	13	70	4	36	8	22	2	4	22	6	4	20	145	3	3,28								
5 5/8	135	130	160	170	175	30	8	22	3	3	25	35	40	48	13	70	4	36	8	22	2	4	22	6	4	20	150	3	3,51								
6	140	135	170	180	185	30	8	22	3	3	25	35	40	48	13	70	4	36	8	22	2	4	22	6	4	20	160	3	3,99								

диаметрами: 4; 5; $5\frac{1}{2}$; $5\frac{5}{8}$ и 6", которым приблизительно соответствуют следующие внутренние диаметры метрической нарезки по ОСТ 271, берущиеся для такой регарды: 99,5; 124,5; 139,5; 144,5 и 154,5 мм. Наружные же диаметры нарезки указаны в таблице (буква D). Кольцо *b* обычно припаивается к выгнанному у стенки борту. Сплошной прилив в крышке *c* имеет отверстие, служащее для отвертывания и завертывания крышки.

Фиг. 379 представляет сальник для прохода приводного вала через стенку пароприемника. Для укрепления корпуса сальника *a* служит крепкий приклепываемый фланец *b*. Кроме потайных заклепок *c* здесь прикрепляют фланец к стенке сосуда также вклепанные болты *c'*.

В Германии принято в устанавливаемых свободно пароприемниках, т. е. у которых (согласно п. 4 на стр. 11) емкость меньше 50 л или произведение емкости пространства, подвергающегося действию избыточного давления, на имеющееся рабочее давление меньше 300¹, — толщины стенок и другие размеры рассчитывать также согласно правилам об изготовлении пароприемников.

Так как не исключена возможность несчастных случаев со всеми последствиями в работе этих, хотя относительно и малых или с малыми пространствами, приборов, то конструкция их, само собой разумеется, должна быть выполнена также достаточно надежно.

Это относится и к устанавливаемым свободно аппаратам (согласно п. 1 на стр. 10). При изготовлении относящихся к этой группе сушильных и шлихтовальных барабанов вследствие преобладания в них низкого рабочего напряжения (доходящего максимум до 4 кг/см²) могут быть допущены следующие облегчения.

Для медных обечаек допускается степень надежности $\sigma = 3,5$.

Для расчета толщины стенки можно пользоваться формулой, приведенной в гл. 1 части F (стр. 314). Медные обечайки толщиной ниже 6 мм должны паяться твердым припоем или свариваться без применения надежной накладки.

До рабочего давления в 2,5 ат чугун как материал для целых цилиндров разрешается. При двухстенных цилиндрах, у которых наружный корпус и его торцевые стенки должны быть из вязкого материала, диаметром максимум до 1000 мм и при более высоких рабочих давлениях, может также применяться чугун. При этом качество чугуна должно соответствовать техническим условиям, установленным для материалов, употребляемых в котлостроении, которые можно применять и для аппаратостроения. При пробном давлении чугун должен нести напряжение на растяжение не более 200 кг/см², если особые качества материала при этом не оговариваются.

Освобождаются от пробного давления цилиндры, которые разобщаются с атмосферой выкидной вертикальной трубой, наполненной ртутью или водой, благодаря чему давление не может подняться выше 0,1 кг/см², что равно 1 м водяного столба или 74 мм ртутного столба.

Так называемые аппараты низкого давления, к которым относятся приборы и сосуды, снабженные вертикальной выкидной

¹ У нас, как дано на стр. 10, эти числа берутся соответственно равными не 50 и 300, а 25 и 200.

трубой, благодаря чему давление в них не может стать выше $0,5 \text{ ат}$, рассчитывают в наилучшем случае согласно принятой в Германии практике, на избыточное давление, большее или равное двойному рабочему давлению.

Если аппарат с открытым или легко доступным загрузочным пространством имеет наружное пространство, окруженное жожухом, например, паровую рубашку или двойное днище и т. п., в котором наблюдается избыточное давление, то нужно особенно обращать внимание на надежность в работе этих наружных стенок. При этом, согласно германским правилам, прибор может и не рассматриваться как пароприемник, хотя бы произведение из его емкости в литрах на рабочее давление в кг/см^2 и было больше 300. Это относится к тем случаям, когда содержимое загрузочного пространства (например растворы) не находится в жидком виде (п. 2 на стр. 11). При этом загружаемые хотя бы и в твердом виде материалы должны рассматриваться как жидкости, если содержание влажности в них достаточно высоко или обработка их должна идти с жидкостью.

Если сосуд сообщается с атмосферой, но поперечное сечение соединяющей части настолько мало, что давление в сосуде может превзойти $0,5 \text{ кг/см}^2$, то в таких случаях сосуд должен рассматриваться как пароприемник.

Вакуумаппараты и вакуумпроводы могут вообще рассматриваться как пароприемники и паропроводы. В таких случаях нужно считать, что на стенки, распорные укрепления болтовые соединения и прочие части действует рабочее давление как бы снаружи. Особого внимания требуют здесь к себе прокладки и их правильное выполнение. От хорошего уплотнения аппарата в громадной степени зависит его коэффициент полезного действия. Если речь идет о наивысшем вакууме или таковой может иметь место, то в основу расчетов целесообразно класть избыточное наружное давление $\geq 1,5 \text{ ат}$ или внутреннее избыточное давление $\geq 2 \text{ ат}$.

Вакуумаппараты на сахарных производствах для варки, например, уфеля и другие выпарные установки, а также сушильные барабаны для плотных материалов с настолько низким содержанием влаги, что в загрузочном пространстве не может произойти повышения давления (бурый каменный уголь, суперфосфат, торф и т. п.), не относятся по германским правилам к пароприемникам. Вакуумаппараты для варки сока на сахарных заводах и подобные многокорпусные выпарные установки требуют разрешения как паровые котлы и рассматриваются в производстве как пароприемники.

При определении всех размеров аппаратов нужно обращать особое внимание на цель или назначение таковых, а также на качество изготовления аппаратов. В отдельных случаях получающиеся при расчетах размеры для изготовления аппаратов необходимо, учитывая опыт, еще увеличивать.

Наоборот, в других случаях делаемые обычно к расчетным величинам прибавки могут снижаться. Примером может служить прибавка в $0,4 \text{ см}$ на ржавление как изнутри, так и снаружи при

расчете стенок открытых водяных баков (стр. 121). Например, у баков, предназначенных для жиров и масел, можно не делать подобной прибавки на ржавление изнутри, конечно, если исключена возможность хранения в этих баках жирных кислот. Но совершенно недопустимо не делать полностью указанных прибавок тогда, когда эти баки должны быть установлены в таких местах, где следует ожидать значительно более сильного их ржавления снаружи. Таким образом берут как минимум во всех формулах от (15 а) до (15 с) половину обыкновенной прибавки, т. е. равную 2 мм, в особенности тогда, когда обращают внимание на коэффициент прочности шва φ .

Вообще же в большинстве случаев приходится считаться при изготовлении пароприемников и аппаратов с явлениями коррозии, особенно на внутренних поверхностях сосудов и приборов, от загрузки, так как уход за наружными поверхностями часто может быть осуществлен легче.

Обращают внимание, чтобы конструкция не только удовлетворяла условиям прочности, но могла бы и достаточно долго служить.

В заключение отметим некоторые дефекты, встречающиеся в чертежах, особенно в тех случаях, когда последние выполняются не непосредственно на заводе-изготовителе.

1) Не указываются рабочие и пробные давления для отдельных частей аппаратов.

2) Не указывается род прокладок и набивки.

3) Опускаются основные размеры о расположении на аппаратах штуцеров, лазов, опорных лап, бабышек (для термометров, кранов и т. д.); при этом нужно иметь в виду, что для завода-изготовителя удобнее, когда расположение осей этих частей показывается не только при помощи углов, но и длин соответствующих дуг.

4) Не дается указаний о том, какая арматура должна идти к аппарату, и кроме того часто вообще опускается установка необходимых деталей к аппаратам, например водомерных кранов, или указательных поплавков, выходных спусков и т. д.

5) Не вычерчиваются рабочие чертежи всех деталей. Следует иметь в виду, что не должны вычерчиваться только такие детали, которые заводом-изготовителем аппаратуры не выполняются, а покупаются (болты, гайки, арматура и т. д.), и то в тех случаях, когда они целиком идут в дело с размерами, указанными в ОСТ или преysкурантах; если же и эти детали должны претерпеть какое-либо изменение, то и для них необходимо давать рабочие чертежи.

6) Не даются спецификации нужных материалов, труб и т. д.

7) Ставятся такие детали, которые с успехом могли бы быть заменены деталями, нормальными для завода-изготовителя.

8) Не даются подробные и точные спецификации всех входящих в аппарат деталей с точным совпадением нумерации и названий деталей на чертежах и в спецификациях.

9) Не даются технические условия на материалы, идущие для изготовления аппаратов, с указанием рода их, марки и т. д.

10) У чугунных литых деталей не предусматривается достаточная плавность перехода от тонких стенок к более толстым.

11) В конструкцию вводится слишком большое разнообразие профилей, например, угловой и полосовой стали, болтов и других деталей, которые иногда с успехом могут быть сведены к гораздо меньшему количеству разнородных видов частей.

12) Даются конструкции отдельных частей такими, что либо для них трудно подобрать необходимый материал, либо, что особенно часто встречается, выполнение этих деталей практически чрезвычайно затруднительно или вообще невозможно. Например, длина отдельных цилиндрических звеньев, из которых собирается аппарат, дается слишком длинной благодаря чему невозможно рационально подобрать материал; соединения отдельных частей даются на чертежах так, что осуществление их невозможно вследствие недоступности и т. д.

Примером в смысле трудности проникновения изнутри к узлам А, когда перегородки и одна из решеток уже приварены, может служить теплообменник, изображенный выше на фиг. 132.

Необходимо отметить, что слишком трудно охватить все возможные дефекты, встречающиеся в чертежах, но некоторые из них мы постарались, поскольку это было в наших силах, здесь указать. Наилучшим средством для решения всех таких вопросов является не только знание технологического процесса изготовления аппаратов и службы их, но и постоянная связь и теснейший контакт с заводами-изготовителями, особенно при новизне вводимых в настоящее время на каждом шагу сварных конструкций и других более простых способов изготовления аппаратуры. Понятно, что здесь необходимы постоянное изучение этого дела и максимальное освещение с целью обмена опытом в литературных и технических изданиях вопросов о достижениях соответствующих специалистов.

Таблица пара Шюлле. Насыщенный водяной пар от 0,02 до 25 кг/см² абс. 1

Давление p кг/см ² абс.	Температура t °C	Удельный объем жидкости 1000τ л/кг	Удельный объем пара v_g м ³ /кг	Удельный вес пара γ_g кг/м ³	Теплота жидкости q кал/кг	Теплота парообразо- вания r кал/кг	Общее тепло $q + r = \lambda$ кал/кг	Теплота парообразования	
								внешняя Ap ($q_g - q_0$) кал/кг	внутренняя r кал/кг
0,02	17,2	1,0013	68,28	0,01465	17,2	586,0	603,2	32,0	554,0
0,04	28,6	1,0040	35,47	0,02819	28,6	580,0	608,6	33,2	546,8
0,06	35,8	1,0063	24,19	0,04134	35,7	576,2	611,9	34,0	542,2
0,08	41,15	1,0083	18,45	0,05420	41,1	573,4	614,5	34,7	538,7
0,10	45,4	1,0100	14,96	0,06631	45,3	571,4	616,7	35,3	536,1
0,15	53,6	1,0131	10,22	0,09785	53,5	566,6	620,1	36,1	530,5
0,20	59,7	1,0165	7,80	0,1282	59,6	563,1	622,7	36,6	526,5
0,25	64,6	1,0193	6,33	0,1580	64,5	560,1	624,6	37,0	523,1
0,30	68,7	1,0219	5,33	0,1876	68,6	557,9	626,5	37,5	520,4
0,35	72,3	1,0241	4,620	0,2164	72,2	555,7	627,9	37,8	517,9
0,40	75,4	1,0260	4,062	0,2462	75,3	553,9	629,2	38,1	515,8
0,45	78,2	1,0278	3,630	0,2755	78,1	552,2	630,3	38,3	513,9
0,50	80,9	1,0296	3,290	0,3039	80,8	550,4	631,2	38,5	511,9
0,60	85,45	1,0327	2,775	0,3603	85,4	547,2	632,6	39,0	508,2
0,70	89,4	1,0355	2,400	0,4167	89,4	544,6	634,0	39,3	505,3
0,80	93,0	1,0381	2,115	0,4728	93,0	542,5	635,4	39,6	502,9
0,90	96,2	1,0405	1,900	0,5263	96,2	540,6	636,8	40,0	500,6
1,00	99,1	1,0426	1,721	0,5811	99,1	538,8	637,9	40,3	498,5
1,20	104,25	1,0467	1,451	0,6992	104,3	535,7	640,0	40,7	495,0
1,40	108,7	1,0503	1,258	0,7949	108,8	532,9	641,7	41,2	491,7
1,60	112,7	1,0535	1,108	0,9025	112,8	530,4	643,2	41,6	489,8
1,80	116,3	1,0563	0,993	1,007	116,5	528,0	644,5	41,9	486,1
2,00	119,6	1,0589	0,902	1,109	119,9	525,7	645,6	42,2	483,5
2,50	126,8	1,0650	0,735	1,361	127,2	520,3	647,5	42,9	477,4
3,00	132,9	1,0705	0,619	1,615	133,4	516,1	649,5	43,4	472,7

3,50	138,2	1,0755	0,5335	1,874	138,7	512,3	651,0	43,7	468,6
4,00	142,9	1,0803	0,4710	2,123	143,8	508,7	652,5	44,1	464,6
4,50	147,2	1,0848	0,4220	2,370	148,1	505,8	653,9	44,4	461,6
5,00	151,1	1,0890	0,3823	2,616	152,0	503,2	655,2	44,7	458,5
5,50	154,7	1,0933	0,3494	2,862	155,7	500,6	656,3	44,9	455,7
6,00	158,1	1,0973	0,3218	3,107	159,3	498,0	657,3	45,1	452,9
6,50	161,2	1,1011	0,2983	3,352	162,4	495,9	658,3	45,3	450,6
7,00	164,2	1,1049	0,2778	3,600	165,5	493,8	659,3	45,5	448,3
7,50	167,0	1,1085	0,2608	3,834	168,5	491,6	660,1	45,7	445,9
8,00	169,6	1,1119	0,2450	4,082	171,2	489,7	660,9	45,8	443,9
8,50	172,2	1,1153	0,2318	4,314	173,9	487,8	661,7	45,9	441,9
9,00	174,6	1,1186	0,2194	4,557	176,4	486,1	662,5	46,0	440,1
9,50	176,9	1,1208	0,2080	4,808	178,6	484,5	663,2	46,1	438,4
10,00	179,1	1,1246	0,1980	5,050	181,2	482,6	663,8	46,2	436,4
10,50	181,2	1,1278	0,1896	5,274	183,3	481,2	664,5	46,4	434,8
11,00	183,2	1,1308	0,1815	5,510	185,4	479,8	665,2	46,5	433,3
11,50	185,2	1,1337	0,1740	5,747	187,5	478,3	665,8	46,6	431,7
12,00	187,1	1,1364	0,1668	5,995	189,5	476,9	666,4	46,6	430,3
12,50	189,0	1,1382	0,1607	6,223	191,6	475,5	667,1	46,7	428,8
13,00	190,8	1,1419	0,1544	6,477	193,4	474,1	667,5	46,8	427,3
13,50	192,5	1,1447	0,1492	6,702	195,2	472,8	668,0	46,9	425,9
14,00	194,2	1,1474	0,1442	6,935	197,0	471,4	668,4	47,0	424,4
14,50	195,8	1,1500	0,1395	7,169	198,7	470,1	668,8	47,1	423,0
15	197,4	1,1525	0,1350	7,407	200,4	468,9	669,3	47,2	421,7
16	200,5	1,156	0,1272	7,862	203,7	466,6	670,3	47,3	419,3
17	203,4	1,163	0,1203	8,312	206,8	464,1	670,9	47,5	416,6
18	206,2	1,167	0,1140	8,772	209,8	461,8	671,6	47,6	414,2
19	208,9	1,171	0,1086	9,208	212,7	459,5	672,2	47,8	411,7
20	211,45	1,176	0,1035	9,662	215,4	457,4	672,8	47,8	409,6
21	213,9	1,180	0,0985	10,15	218,0	455,3	673,3	47,8	407,5
22	216,3	1,184	0,0942	10,62	220,6	453,3	673,9	47,9	405,4
23	218,6	1,189	0,0901	11,10	223,1	451,4	674,5	47,9	403,5
24	220,8	1,193	0,0864	11,57	225,5	449,5	675,0	47,9	401,6
25	223,0	1,197	0,0829	12,06	227,9	447,7	675,6	47,9	399,8

116 Z. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 156, W. Schöle, Die Eigenschaften des Wasserdampfes nach den neuesten Versuchen.

Таблица 233

Стальной сварной лаз со скобой под налив и вакуум диаметром 400 мм (фиг. 380)

Спецификация деталей

№	Наименование	Количество	Материал	Вес кг	Примечание
1	Горловина с проушинами	1	Ст. 0	10,8	
2	Крышка с фланцем	1	Ст. 0	11,65	
3	Скоба	1	Ст. 0	3,5	
4	Откидной болт $l=20; \varnothing 1/4"$	1	Ст. 3	0,46	
5	Гайка	1	Ст. 3	0,105	
6	Валик $l=85; \varnothing 18$	1	Ст. 0	0,12	
7	" $l=70; \varnothing 18$	1	Ст. 0	0,15	
8	" $l=186; \varnothing 18$	1	Ст. 0	0,26	
9	Уплотнение	1	Резина	—	

Описание см. на стр. 176.

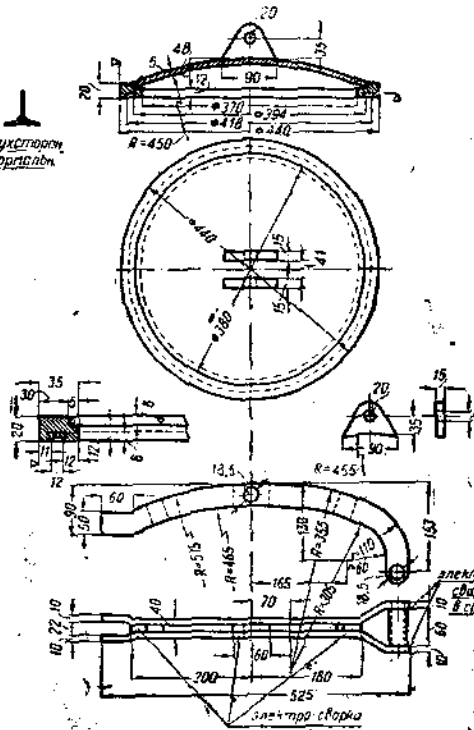
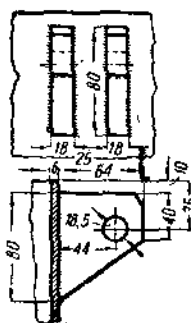
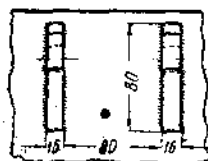
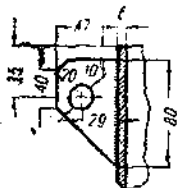
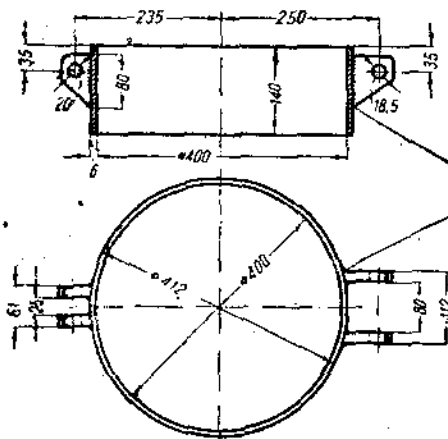
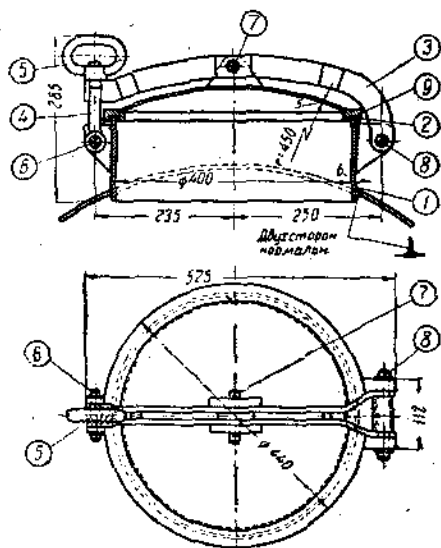


Таблица 234

Стальной сварной лаз на откидных болтах диаметром 400 мм на условное давление до 6 и от 6 до 10 ат и для температур до 200—250° С. (фиг. 381)

Спецификация деталей

№ по порядку	Наименование	Количество	Материал	До 6 ат			6 — 10 ат			Примечание
				размера диаметра дюймов или мм	вес, кг		размера диаметра дюймов или мм	вес, кг		
1	Горловина с проушинами	1	Ст. 3	—	См. деталь	—	—	См. деталь	—	
2	Крышка с фланцем . .	1	Ст. 0	—	26,5	—	—	35,5	—	
3	Откидной болт $l = 100$		и Ст. 3							
4	с гайкой	8	Ст. 3	$7/8$	0,53	1	0,75			
5	Валик $l = 105$	1	Ст. 0	20	0,25	24	0,37			
6	" $l = 70$	7	Ст. 0	80	0,17	24	0,25			
7	Уплотнение	1	Резина	—	—	—	—	—	—	

Укажите материал гайки; материал болтов должен удовлетворять условиям, допускающим коэффициент 0,40 согласно стр. 210.

Примечание. Размеры лаза брать по деталям.

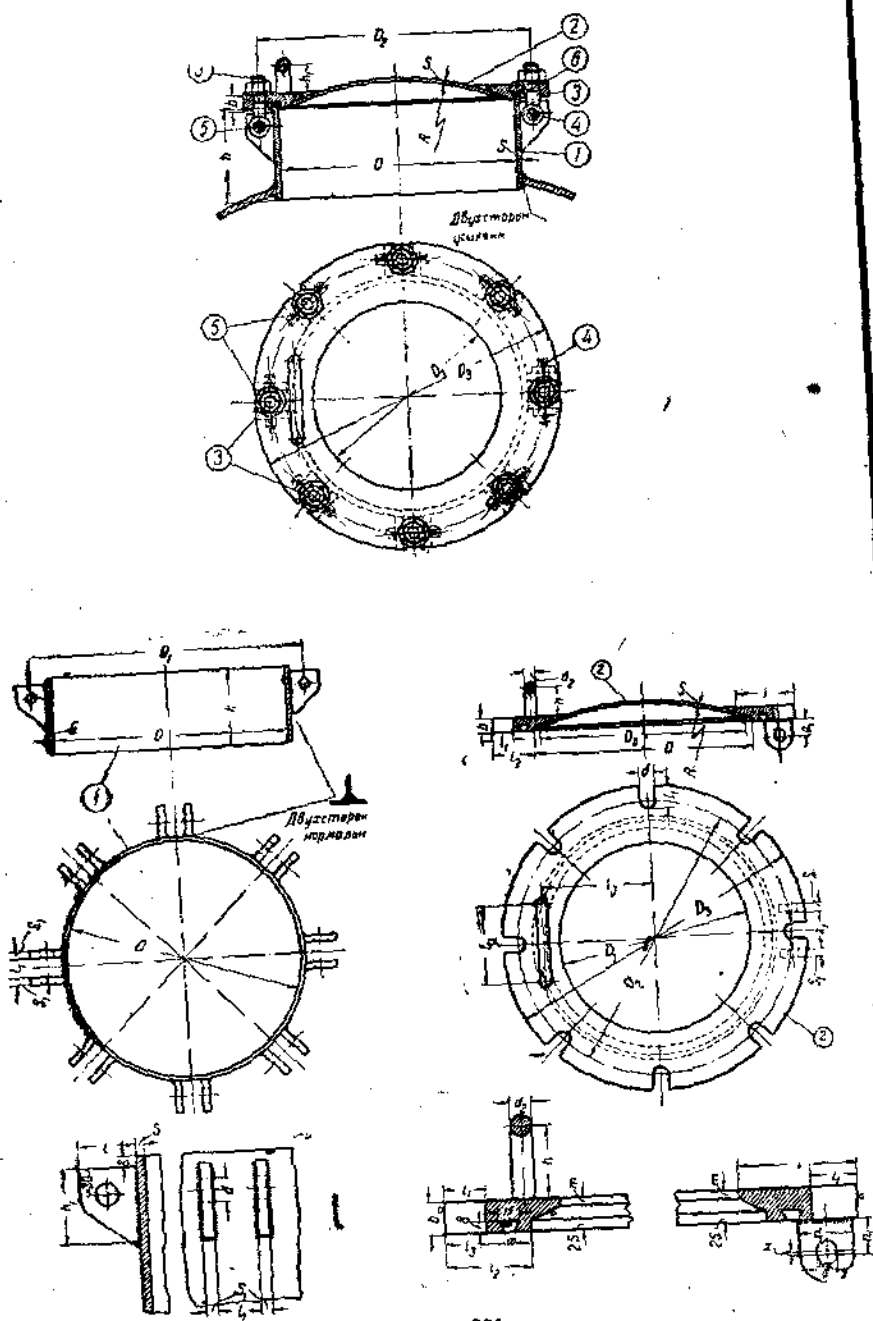
Продолжение 1

Условное давление ат	Горловина											
	Обичайка		Ушки									
	D	h	D_1	a	h_1	l	s_1	l_1				
До 6	400	130	465	20	60	50	12	28				
От 6 до 10	400	130	480	24	70	60	12	32				
Стенка обичайки мм	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	24
Стенка горловины лаза s , мм	10			16			20			24		
Вес горловины с ушками, кг	22,5			32,0			38,5			44,5		

Продолжение 2

Давление ат	Крышка																								
	Днище			Фланец										Ушко						Ручка					
	R	s	D ₀	D	D ₁	D ₂	D ₃	a	l	l ₁	l ₂	l ₃	2s	m	a ₁	x	d	d ₁	s ₁	x ₁	l ₄	h	d ₄	l ₅	
До 6	560	4	360	370	320	475	530	24	24	100	40	75	51	8	10	34	5	20	40	12	41	135	60	16	186
От 6 до 10	560	5	360	370	320	480	540	32	28	115	44	85	60	12	10	34	5	24	50	12	45	135	60	16	190

Описание см. стр. 176.



Фиг. 381.

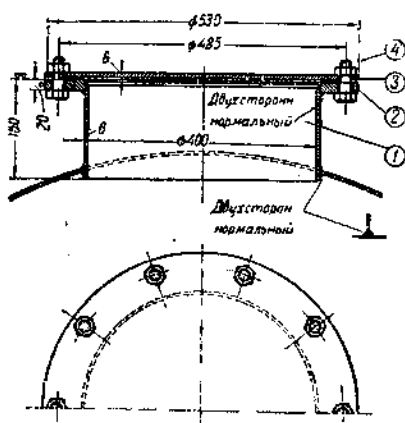
Таблица 235

Лаз стальной сварной с плоской крышной под налив диаметром 400 мм (фиг. 382).

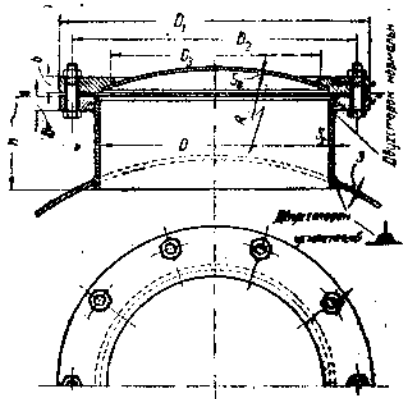
Спецификация деталей

№ позиции	Наименование детали	Количество на комплект	Материал	Вес кг	Примечание
1	Горловина	1	Ст. 0	9,5	
2	Фланец	1	Ст. 0	15	
3	Крышка	1	Ст. 0	11	
4	Болт $\varnothing 3/4"$; $l = 55$ с гайкой	10	—	0,36	ОСТ 133, 147

Описание см. стр. 176.



Фиг. 382.



Фиг. 383.

Таблица 236

Стальной сварной лаз на глухих болтах диаметром 400 мм на условное давление до 6 и от 6 до 10 ат и для температур до 200—250°C (фиг. 383).

Давление <i>ат</i>	Горловина Ст. 3		Крышка						Болты ОСТ133				
			Сфера Ст. 0		Фланец Ст. 3								
	<i>D</i>	<i>h</i>	<i>R</i>	<i>s</i> ₀	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>b</i>	Количество	Диаметр дюймы	Длина		
До 6	400	160	560	4	530	485	370	24	20	3/4	80		
От 6 до 10 . .	400	160	560	6	540	490	356	32	16	7/8	100		
Стенка обичайки <i>s</i> . .	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
Стенка горловины лаза <i>s</i> ₁	10				16			20		24		30	

Примечание. На фиг. число болтов показано вдвое меньшее.

Описание см. стр. 176.

Таблица 238

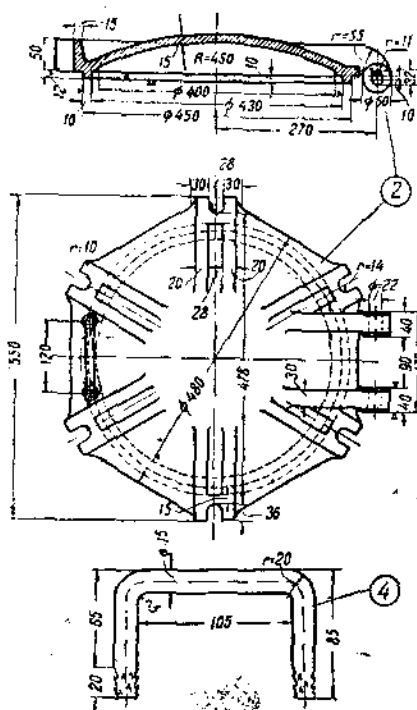
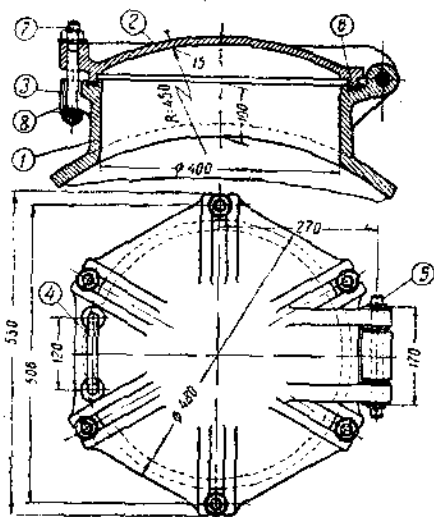
Лаз чугунный литой на условное давление до 6 ат (с горловиной отлитой вместе с аппаратом) (фиг. 385)

Спецификация деталей

№ по поз.	Наименование детали	Количество на комплект	Материал	Вес кг	Примечание
1	Горловина	1	—	33,5	
2	Крышка	1	—	30	
3	Скоба для откидных болтов	6	Ст. 0	1,08	
4	Ручка	1	Ст. 0	3,2	
5	Валик $\varnothing 20$, $l = 100$ мм ≈ 200 кс.	1	Ст. 0	0,44	
6	Прокладка	1	Резина	—	
7	Откидной болт $\varnothing 17$, $l = 160$ мм	6	Ст. 2	0,6	
8	Шуруп $l \approx 15$	12	Ст. 3	—	ОСТ 216

Примечание. Крышка лаза изготавливается из того же материала, что и аппарат.

Описание см. стр. 176.



Фиг. 385.

Таблица 239

Штампованный лаз 400×300 мм на условное давление от 6 до 16 ат.
(фиг. 386)

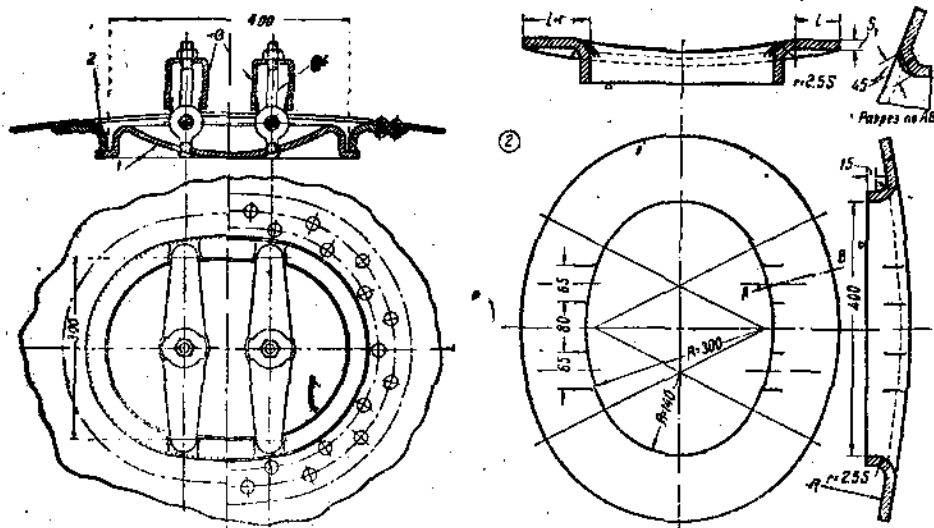
Спецификация деталей

№ по пор.	Наименование детали	Количество на комплект	Материал	Вес кг	Примечание
1	Штампованная крышка . . .	1	Ст. 2	См. детали	
2	Штампованный воротник . .	1	Ст. 3		
3	Штампованная скобка . . .	2	Ст. 0	4,8	
4	Болт затяжной $\varnothing \frac{7}{8}$ " с серьгой и гайкой	2	Ст. 0	1,5	

Примечания. 1. Размеры лаза см. по деталям.

2. Лаз, как правило, располагается большой осью перпендикулярно продольной оси аппарата.

Описание см. стр. 176.



Фиг. 386.

Таблица 239

Диаметр аппарата D	Радиус воротника R	Диаметр аппарата D	Радиус воротника R
900	500	1 700	825
1 000		1 800	
1 100		2 000	
1 200	650	2 200	1 300
1 300		2 400	
1 400		2 600	
1 500		2 800	
1 600	825	3 000	
		3 200	

Толщина воротника s_1			12					18			20				
Толщина стенки аппарата s			5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
Диаметр заклепок . . .			11,5	13,5	13,5	16,5	16,5	16,5	19	22	22	25	28	31	31
Количество заклепок . .			13					15			18				
Борт воротника	клепанный	l	60	70	70	80	80	80	95	110	110	125	140	140	150
		Вес, кг . . .	17	18		20		34	36	42	46	53	56		60
	сварной	l	20	25	30	35	40	40	50	55	60	70	80	85	90
		Вес, кг . . .	11	12		14		22	25		31	34	36	38	40

Примечание. Радиус воротника R дан средний; для других диаметров аппаратов воротник подгоняется по месту.

Таблица 240

Болты черные откидные с кольцевой головкой и резьбой Витворта от $\frac{3}{8}$ до 2"

<i>d</i> , дюймы	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	1 $\frac{1}{8}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{3}{4}$	2
<i>d</i> _н , мм	10	12	16	20	22	24	27	30	36	42	48
<i>d</i> _г , "	20	24	32	40	44	48	54	60	72	84	96
<i>s</i> , "	12	14	18	22	26	30	32	36	42	48	56
Длина болта <i>l</i>	Длина нарезной части стержня болта (включая сбеги резьбы) <i>l</i> ₀										
40	20	20									
45	20	20									
50	20	20	20								
55	25	25	25								
60	25	30	30	30							
65	25	30	30	30							
70	25	30	30	30	35						
75	25	30	35	35	35						
80	30	35	35	35	35	35					
85	30	35	35	35	40	40					
90	30	35	40	40	40	40	45				
100	30	35	40	40	45	45	45				
110		40	40	40	45	45	55	55			
120		40	40	40	45	50	55	55			
130			50	50	50	50	60	60	70		
140			50	50	50	50	60	60	70		
150			50	55	55	55	60	60	70	70	80
160				55	55	55	70	70	80	80	80
170				60	60	60	70	70	80	80	90
180				60	60	60	70	70	80	90	90
200				60	60	70	70	70	80	90	100
220					60	70	70	70	80	90	100
240					60	70	80	80	90	100	100
260					60	70	80	80	90	100	100
280						70	80	80	90	100	100
300						70	80	80	90	100	100

(Описание см. на стр. 214, фиг. 154)

Таблица 241

Болты черные откидные с кольцевой головкой, резьба метрическая диаметром от 10 до 48 мм

d_1 мм d_2 мм с	10 20 12	12 24 14	16 32 18	20 40 22	22 44 26	24 48 30	27 54 32	30 60 36	36 72 42	42 84 48	48 96 55
Длина болта l	Длина нарезной части стержня болта (включая сбеги резьбы) l_0										
40	20	20									
45	20	20									
50	20	20	20								
55	25	25	25								
60	25	30	30	30							
65	25	30	30	30							
70	25	30	30	30	35						
75	25	30	35	35	35						
80	30	35	35	35	35	35					
85	30	35	35	35	40	40					
90	30	35	40	40	40	40	45				
100	30	35	40	40	45	45	45				
110		40	40	40	45	45	55	55			
120		40	40	40	45	50	55	55			
130			50	50	50	50	60	60	70		
140			50	50	50	50	60	60	70		
150			50	55	55	55	60	60	70	70	80
160				55	55	55	70	70	80	80	80
170				60	60	60	70	70	80	80	90
180				60	60	60	70	70	80	90	90
200				60	60	70	70	70	80	90	100
220					60	70	70	70	80	90	100
240					60	70	80	80	90	100	100
260					60	70	80	80	90	100	100
280						70	80	80	90	100	100
300						70	80	80	90	100	100

Описание см. на стр. 214, фиг. 154.

Таблица 242

Болты черные откидные с Т-образной головкой, резьба Витворта диаметром от $\frac{3}{8}$ до 2"

d , дюймы	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2
d , мм с н	10 25	12 35	16 45	20 55	22 65	24 80	27 90	30 100	36 110	42 120	48 130
Длина болта l	Длина нарезной части стержня болта (включая сбеги резьбы) l_0										
40	20	20									
45	20	20									
50	20	20	20								
55	25	25	25								
60	25	30	30	30							
65	25	30	30	30							
70	25	30	30	30	35						
75	25	30	35	35	35						
80	30	35	35	35	35	35					
85	30	35	35	35	40	40					
90	30	35	40	40	40	40	45				
100	30	35	40	40	45	45	45				
110		40	40	40	45	45	55	55			
120		40	40	40	45	50	55	55			
130			50	50	50	50	60	60	70		
140			50	50	50	50	60	60	70		
150			50	55	55	55	60	60	70	70	80
160				55	55	55	70	70	80	80	80
170				60	60	60	70	70	80	80	90
180				60	60	60	70	70	80	90	90
200				60	60	70	70	70	80	90	100
220					60	70	70	70	80	90	100
240					60	70	80	80	90	100	100
260					60	70	80	80	90	100	100
280						70	80	80	90	100	100
300						70	80	80	90	100	100

Описание см. на стр. 214, фиг. 155.

Таблица 243

Болты черные, откидные, с Т-образной головкой, резьба метрическая
диаметром от 10 до 48 мм.

d_b , мм с и	10 25	12 35	16 45	20 55	22 65	24 80	27 90	30 100	36 110	42 120	48 130
Длина болта l	Длина нарезной части стержня болта (включая сбеги резьбы) l_0										
40	20	20									
45	20	20									
50	20	20	20								
55	25	25	25								
60	25	30	30	30							
65	25	30	30	30							
70	25	30	30	30	35						
75	25	30	35	35	35						
80	30	35	35	35	35	35					
85	30	35	35	35	40	40					
90	30	35	40	40	40	40	45				
100	30	35	40	40	45	45	45				
110		40	40	40	45	45	55	55			
120		40	40	40	45	50	55	55			
130			50	50	50	50	60	60	70		
140			50	50	50	50	60	60	70		
150			50	55	55	55	60	60	70	70	80
160				55	55	55	70	70	80	80	80
170				60	60	60	70	70	80	80	90
180				60	60	60	70	70	80	90	90
200				60	60	70	70	70	80	90	100
220					60	70	70	70	80	90	100
240					60	70	80	80	90	100	100
260					60	70	80	80	90	100	100
280						70	80	80	90	100	100
300						70	80	80	90	100	100

Описание см. на стр. 214, фиг. 155.

Таблица 244

Болты заводные черные, резьба Витворта от $\frac{3}{8}$ до 2".

<i>d</i> дюймы	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	2
<i>D</i> , мм	22	28	35	42	48	54	60	66	74	84	100
<i>t</i> "	10	13	16	20	23	26	30	32	38	45	50
<i>h</i> "	8	10	13	16	18	20	22	22	25	25	30
<i>H</i> "	10	12	16	18	20	22	25	28	34	38	44
<i>r</i> "	20	30	40	50	60	70	80	80	90	100	110
Длина болта <i>l</i>	Длина нарезной части стержня болта (включая сбеги резьбы) <i>l</i> ₀										
40	20	20									
45	20	20									
50	20	20	20								
55		25	25								
60		30	30	30							
65		30	30	30							
70		30	30	30	35						
75			35	35	35						
80			35	35	35	35					
85			35	35	40	40					
90			40	40	40	40	45				
100			40	40	45	45	45				
110				40	45	45	55	55			
120				40	45	50	55	55			
130				50	50	50	60	60	70		
140				50	50	50	60	60	70		
150				55	55	55	60	60	70	70	80
160				55	55	55	70	70	80	80	80
170					60	60	70	70	80	80	90
180					60	60	70	70	80	90	90
200					60	70	70	70	80	90	100
220						70	70	70	80	90	100
240						70	80	80	90	100	160
260						70	80	80	90	100	100
280							80	80	90	100	100
300							80	80	90	100	100

Описание см. на стр. 215, фиг. 156.

Таблица 245

Болты заводные черные, метрическая резьба диаметром от 10 до 48 мм

$d, \text{мм}$ D	10	12	16	20	22	24	27	30	36	42	48
l	10	13	16	20	23	26	30	32	38	45	50
h	8	10	13	16	18	20	22	22	25	25	30
H	10	12	16	18	20	22	25	28	34	38	44
r	20	30	40	50	60	70	80	80	90	100	110
Длина болта l	Длина нарезной части стержня болта (включая сбеги резьбы) l_0										
40	20	20									
45	20	20									
50	20	20	20								
55		25	25								
60		30	30	30							
65		30	30	30							
70		30	30	30	35						
75			35	35	35						
80			35	35	35	35					
85			35	35	40	40					
90			40	40	40	40	45				
100			40	40	45	45	45				
110				40	45	45	55	55			
120				40	45	50	55	55			
130				50	50	50	60	60	70		
140				50	50	50	60	60	70		
150				55	55	55	60	60	70	70	80
160				55	55	55	70	70	80	80	80
170					60	60	70	70	80	80	90
180					60	60	70	70	80	90	90
200					60	70	70	70	80	90	100
220						70	70	70	80	90	100
240						70	80	80	90	100	100
260						70	80	80	90	100	100
280							80	80	90	100	100
300							80	80	90	100	100

Описание см. на стр. 215, фиг. 156.

Таблица 246

Фланцы из неравнобокой угловой стали
Расчетное давление 2,5 ат

Обозначения	№ профиля											
	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65	80/70	80/70	80/70
Фланец	D_0	520	550	550	600	600	650	650	700	700	800	800
	D_0	585	585	635	635	685	735	785	785	885	885	900
	F	2120	2120	2550	3000	3000	3540	4080	4080	5385	5385	6000
	F_p	5300	5300	6400	7300	7300	7880	10200	10200	13400	13400	16450
	πD_0	1800	1800	1950	2150	2150	2310	2470	2470	2790	2790	3120
	t	75	90	83	71	89	82,5	73	76	89	87	86
Плат	t	4,70	4,75	4,36	4,45	4,7	4,4	4,55	4,68	4,68	3,93	3,95
	d	1,81	1,81	1,82	1,79	1,86	1,66	1,85	1,93	1,93	2,1	1,96
	$b_{расч}$	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	24
	$b_{прив}$	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	24
	d_0 (дюйм)	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
	P_0	220	265	266	228	313	268	246	320	364	520	305

Обозначения	№ профиля											
	80/70	80/70	80/70	80/80	80/80	80/80	80/80	80/80	80/80	80/80	80/80	80/80
Фланец	D_0	1200	1200	1400	1400	1500	1500	1500	1600	1600	1600	1600
	D_0	1290	1290	1490	1490	1600	1600	1600	1700	1700	1700	1700
	F	11690	11690	15806	15806	18146	18146	18146	20612	20612	20612	20612
	F_p	29200	29200	39000	39000	45500	45500	45500	51700	51700	51700	51700
	πD_0	4053	4053	4660	4660	5020	5020	5020	5325	5325	5325	5325
	t	101	92,5	106	84	105	78	125	108	121	117	115
Плат	t	4,65	4,85	4,85	4,49	4,75	4,12	5	4,68	3,8	4,8	4,8
	d	2,16	2,19	2,28	2,22	2,34	2,25	2,34	2,37	2,28	2,38	2,52
	$b_{расч}$	24	24	24	24	26	28	28	28	28	28	28
	$b_{прив}$	24	24	24	24	26	28	28	28	28	28	28
	d_0 (дюйм)	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	1	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	1	$\frac{1}{8}$
	P_0	728	685	885	885	950	710	1100	980	718	680	1110

Примечания: 1. Для всех случаев, где числа отпечатаны жирно, имеется в виду применение специальных болтов, удовлетворяющих требованиям правил колостроения, предусмотренных для болтов, рассчитанных с коэффициентом 0,40 (стр. 249). 2. В—толщина фланца. 3. Значения остальных букв см. стр. 237.

Планы из неравнобокого углового железа

Расчетное давление 6 ат

Обозначение	№ профиля									
	80/70	80/70	80/70	80/70	80/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80
D_0	500	500	550	600	650	700	700	700	800	900
D_6	500	500	640	680	750	800	800	800	900	1 000
F	2 100	2 100	2 500	3 040	3 590	4 100	4 100	4 100	5 300	6 600
F_p	12 600	15 600	15 800	18 100	21 400	24 200	24 200	24 200	31 800	39 700
πD_0	1 584	1 584	2 000	2 168	2 450	2 510	2 510	2 510	2 820	3 140
t	93	93	100,5	108	102	108	108	125	102	98
$\frac{t}{d}$	4,27	4,23	4,35	4,93	4,63	4,05	4,9	3,87	4,5	4,44
$\frac{b}{расч}$	2,15	2,1	2,16	2,28	2,31	2,28	2,37	2,34	2,22	2,43
$b_{прям}$	24	24	24	24	28	28	28	28	28	28
d_0 (действ.)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
n_0	30	30	20	20	24	24	20	20	28	28
P_0	630	630	775	905	990	1 020	871	1 210	1 149	1 420

Обозначение	№ профиля									
	90/80	100/90	100/90	100/90	110/100	110/100	110/100	110/100	110/100	130/120
D_0	1 000	1 000	1 100	1 200	1 200	1 400	1 500	1 500	1 700	2 000
D_6	1 100	1 215	1 215	1 315	1 315	1 630	1 630	1 630	1 830	2 130
F	8 020	10 060	11 060	11 900	16 200	18 400	18 400	18 400	28 500	32 800
F_p	48 200	60 350	71 200	71 200	97 500	110 000	110 000	124 100	153 000	194 000
πD_0	3 450	3 800	4 130	4 130	4 820	5 100	5 100	5 430	6 040	6 680
t	108	105	135	128	150	141	108	124	120	104
$\frac{t}{d}$	4,32	4,23	4,65	4,43	4,15	4,43	3,65	4	3,75	3,40
$\frac{b}{расч}$	2,08	2,76	2,88	2,85	2,75	2,37	3,15	3,06	3,21	3,24
$b_{прям}$	28	32	32	32	32	38	33	36	38	36
d_0 (действ.)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
n_0	32	36	28	32	44	40	33	48	45	52
P_0	1 080	1 680	2 150	2 220	1 820	3 050	2 200	2 250	3 000	3 040

См. примечания к табл. 246.

Таблица 243

Планы из неравнобокого углового железа
Расчетное давление 10 ат.

Обозначения	№ профиля											
	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80	90/80
D_0	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 050
D_6	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 050	1 100	1 150
F	2 170	2 600	3 078	3 470	3 878	4 300	4 730	5 180	5 650	6 130	6 620	7 120
F_p	21 700	26 000	30 780	34 700	38 780	43 000	47 300	51 800	56 500	61 300	66 200	71 200
$\times D_6$	1 885	2 045	2 200	2 350	2 510	2 680	2 850	3 030	3 210	3 400	3 590	3 780
t	117,5	94	102	85	110	78,5	90	120	91	98	107	116
$\bar{a}$	4,7	4,28	4,1	3,67	4,4	3,57	3,6	4,2	3,6	3,5	3,4	3,3
$\bar{b}$	24,9	24,6	22,6	22,2	25,6	22,3	26,8	28,8	27,2	2,9	31,8	32,5
$\bar{b}_{пр}$	28	28	28	28	28	28	28	32	32	32	36	36
$\{ \bar{a} \bar{b} (D_0 \bar{b}_{пр}) \}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\bar{m} \bar{b}$	16	20	20	24	20	24	28	24	32	32	36	35
$\bar{P}$	1 800	1 085	1 800	1 080	1 800	1 490	1 490	2 200	1 680	2 120	3 000	2 820
$\bar{S}$	1 800	1 085	1 800	1 080	1 800	1 490	1 490	2 200	1 680	2 120	3 000	2 820

См. примечания к табл. 246.

Таблица 243

Планы из неравнобокого углового стали
Расчетное давление 16 ат.

Обозначения	№ профиля											
	100/90	100/90	110/100	110/100	130/120	130/120	130/120	140/135	140/135	140/135	140/135	150/150
D_0	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 050
D_6	615	665	730	780	850	900	950	1 000	1 050	1 100	1 150	1 200
F	2 126	2 640	3 115	3 618	4 206	4 806	5 422	6 050	6 690	7 340	8 000	8 670
F_p	34 016	42 940	49 840	58 018	68 786	80 832	94 266	110 496	128 840	149 382	172 120	197 060
$\times D_6$	1 831	2 068	2 292	2 499	2 699	2 899	3 099	3 299	3 499	3 699	3 899	4 099
t	120	184	114	122	165	185	199	137	154	166	188	208
$\bar{a}$	4,3	3,7	3,6	3,8	4,9	3,9	3,9	3,6	4,2	3,8	3,5	3,1
$\bar{b}$	28,5	28,5	30	31,8	34,8	36,7	38,7	38,6	40,8	41,4	40,8	40
$\bar{b}_{пр}$	32	32	36	36	40	40	40	40	44	44	44	44
$\{ \bar{a} \bar{b} (D_0 \bar{b}_{пр}) \}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\bar{m} \bar{b}$	16	20	20	20	24	24	24	24	24	24	24	24
$\bar{P}$	2 126	2 112	2 492	2 900	4 206	4 806	5 422	6 050	6 690	7 340	8 000	8 670

См. примечания к табл. 246.

Таблица 250

Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление до 2,5 ат (фиг. 36)

Материалы крышки Ст. 0 для $s \leq 8$ и Ст. 3 для $s \leq 8$
 фланца Ст. 3
 болтов стр. 109 и 236

Размеры в мм
 Вес в кг
 Расчет толщин стенок s см. стр. 282

Обработка поверхности под прокладку у размера:
 $b = 3-4$ мм (максимум)

D	H	Днище		№ угловой стали	Фланец		Болты		Отверстия для болтов	Вес 1 шт. без обработки
		D	s		D ₁	D ₂	d дюймы	n		
300	130	300	4	70/65	430	385	3/4	16	22	22
350	140	350	4	70/65	480	435	3/4	16	22	26
400	150	400	4	70/65	530	485	3/4	20	22	30
450	160	450	4	70/65	580	535	3/4	20	22	34
500	180	500	4	80/70	640	590	3/4	20	22	44
550	190	550	4	80/70	690	640	3/4	24	22	49
600	200	600	4	80/70	740	690	3/4	24	22	54
(650)	210	650	4	80/70	790	740	3/4	28	22	59
700	220	700	4	80/70	840	790	3/4	28	22	63
800	240	800	6	80/70	940	890	3/4	32	22	88
900	260	900	6	80/70	1 040	990	7/8	32	25	102
1 000	280	1 000	6	80/70	1 140	1 090	7/8	32	25	116
1 100	300	1 100	6	80/70	1 240	1 190	7/8	36	25	134
1 200	320	1 200	6	80/70	1 340	1 290	7/8	40	25	152
1 300	340	1 300	6	80/70	1 440	1 390	7/8	40	25	169
1 400	360	1 400	8	80/70	1 540	1 490	7/8	44	25	223
1 500	390	1 500	8	90/80	1 600	1 600	1	40	29	278
1 600	410	1 600	10	90/80	1 760	1 700	1	44	29	350
(1 700)	430	1 700	10	90/80	1 860	1 800	1	48	29	386
1 800	450	1 800	10	90/80	1 960	1 900	1	52	29	425
2 000	490	2 000	12	90/80	2 160	2 100	1	56	29	566
2 200	530	2 200	12	90/80	2 360	2 300	1	60	29	661

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 251

Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 36)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	Днище		Фланец			Болты		Отверстия для болтов	Вес 1 шт. без обработки
		D	s	№ угловой стали	D ₁	D ₂	d	n		
300	130	300	4	70/65	430	385	3/4	16	22	22
350	140	350	4	70/65	480	435	3/4	16	22	26
400	150	400	4	70/65	530	485	3/4	20	22	30
450	160	450	4	70/65	580	535	3/4	20	22	34
500	180	500	4	80/70	640	590	7/8	20	25	44
550	190	550	4	80/70	690	640	7/8	20	25	49
600	200	600	4	80/70	740	690	7/8	20	25	54
(650)	210	650	4	80/70	790	740	7/8	24	25	59
700	230	700	4	80/70	840	790	1	20	25	63
800	250	800	6	90/80	960	900	1	24	29	105
900	270	900	6	90/80	1 060	1 000	1	28	29	122
1 000	290	1 000	6	90/80	1 160	1 100	1	32	29	138
1 100	320	1 100	8	100/90	1 280	1 215	1 1/8	28	33	204
1 200	340	1 200	8	100/90	1 380	1 315	1 1/8	32	33	230
1 300	370	1 300	8	110/100	1 500	1 430	1 1/4	28	35	287
1 400	390	1 400	8	110/100	1 600	1 530	1 1/4	32	37	317
1 500	410	1 500	10	110/100	1 700	1 630	1 1/4	36	37	390
1 600	430	1 600	10	110/100	1 800	1 730	1 1/4	40	37	425
(1 700)	450	1 700	10	110/100	1 900	1 830	1 1/4	48	37	468
1 800	470	1 800	12	110/100	2 000	1 930	1 1/4	52	37	563
2 000	510	2 000	12	110/100	2 200	2 130	1 1/4	60	37	660
2 200	570	2 200	14	130/120	2 440	2 350	1 1/2	44	44	947

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 252

Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 36)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	Данце		Фланец			Болты		Отверстие для болтов	Вес 1 шт. без обра-ботки
		D	s	№ угловой стали	D ₁	D ₂	d дюйм	n		
300	140	300	4	80/70	440	390	$\frac{7}{8}$	12	25	27
350	150	350	4	80/70	490	440	$\frac{7}{8}$	16	25	30
400	160	400	4	80/70	540	490	$\frac{7}{8}$	16	25	35
450	170	450	6	80/70	590	540	$\frac{7}{8}$	16	25	44
500	190	500	6	90/80	660	600	1	16	29	61
550	200	560	6	90/80	710	650	1	20	29	68
600	210	600	6	90/80	760	700	1	20	29	75
(650)	220	650	6	90/80	810	750	1	24	29	83
700	265	700	6	90/80	860	800	1	28	29	92
800	300	800	6	100/90	980	915	$1\frac{1}{8}$	24	33	127
900	325	900	6	100/90	1080	1015	$1\frac{1}{8}$	32	33	146
1000	360	1000	8	110/100	1200	1130	$1\frac{1}{4}$	28	37	214
1100	385	1100	8	110/100	1300	1230	$1\frac{1}{4}$	32	37	241
1200	410	1200	8	110/100	1400	1330	$1\frac{1}{4}$	40	37	271
1300	455	1300	10	130/120	1540	1450	$1\frac{1}{2}$	28	44	402
1400	480	1400	10	130/120	1640	1550	$1\frac{1}{2}$	32	44	443
1500	505	1500	12	130/120	1740	1650	$1\frac{1}{2}$	36	44	527
1600	540	1600	12	140/135	1870	1770	$1\frac{3}{4}$	32	50	637
(1700)	565	1700	12	140/135	1970	1870	$1\frac{3}{4}$	36	50	691
1800	590	1800	14	140/135	2070	1970	$1\frac{3}{4}$	36	50	808
2000	640	2000	14	140/135	2270	2170	$1\frac{3}{4}$	44	50	946
2200	700	2200	16	150/150	2500	2390	2	40	56	1275

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 253

Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 36)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщины стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	Днище		Фланец			Болты		Отверстия для болтов	Вес 1 шт. без обработки
		D	s	Из угловой стали	D ₁	D ₂	d дюймы	n		
300	155	300	4	80/70	440	390	7/8	12	25	28
350	178	350	4	90/80	510	450	1	12	29	40
400	190	400	6	90/80	560	500	1	16	29	49
450	213	450	6	100/90	630	565	1 1/8	16	33	69
500	225	500	6	100/90	680	615	1 1/8	16	33	74
550	238	550	6	100/90	730	665	1 1/8	20	33	81
600	250	600	8	110/100	800	730	1 1/4	20	37	97
(650)	262	650	8	110/100	850	780	1 1/4	20	37	106
700	305	700	8	130/120	940	850	1 1/8	16	44	183
800	330	800	10	130/120	1 040	950	1 1/2	20	44	222
900	355	900	10	130/120	1 140	1 050	1 1/2	24	44	255
1 000	390	1 000	12	140/135	1 270	1 170	1 3/4	20	50	349
1 100	415	1 100	12	140/135	1 370	1 270	1 3/4	24	50	389
1 200	440	1 200	14	140/135	1 470	1 370	1 3/4	28	50	463
1 300	475	1 300	16	150/150	1 600	1 490	2	24	56	605
1 400	500	1 400	16	150/150	1 700	1 590	2	24	56	675

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 254

Штампованные крышки с прилепанным фланцем из угловой стали на условное давление до 2,5 ат (фиг. 37)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	Диаметр		Фланец			Болты		Защелки		Отверстия		Вес 1 шт. без обра- ботки
		D	s	из угловой стали	D ₁	D ₂	d дюй- мы	n	δ	л	для болтов	для защел- нок	
300	135	300	4	70/65	430	385	3/4	16	11,5	32	22	12	22
350	145	350	4	70/65	480	435	3/4	16	11,5	36	22	12	26
400	155	400	4	70/65	530	485	3/4	20	11,5	44	22	12	30
450	165	450	4	70/65	580	535	3/4	20	11,5	48	22	12	34
500	185	500	6	80/70	640	590	3/4	20	13,5	44	22	14	49
550	195	550	6	80/70	690	640	3/4	24	13,6	48	22	14	56
600	205	600	6	80/70	740	690	3/4	24	13,5	52	22	14	61
(650)	215	650	6	80/70	790	740	3/4	28	13,5	60	22	14	68
700	225	700	6	80/70	840	790	3/4	28	13,5	64	22	14	74
800	245	800	6	80/70	940	890	3/4	32	13,5	72	22	14	82
900	265	900	6	80/70	1 040	990	7/8	32	13,5	88	25	14	97
1 000	285	1 000	6	80/70	1 140	1 090	7/8	32	13,5	88	25	14	112
1 100	305	1 100	6	80/70	1 240	1 190	7/8	36	13,5	100	25	14	129
1 200	325	1 200	6	80/70	1 340	1 290	7/8	40	13,5	108	25	14	147
1 300	345	1 300	6	80/70	1 440	1 390	7/8	40	13,5	116	25	14	169
1 400	375	1 400	8	80/70	1 540	1 490	7/8	44	16,5	108	25	17	223
1 500	395	1 500	8	90/80	1 660	1 600	1	40	16,5	116	29	17	280
1 600	410	1 600	10	90/80	1 760	1 700	1	44	19	112	29	20	354
(1 700)	430	1 700	10	90/80	1 860	1 800	1	48	19	120	29	20	390
1 800	450	1 800	10	90/80	1 960	1 900	1	52	19	124	29	20	429
2 000	500	2 000	10	90/80	2 160	2 100	1	56	19	124	29	20	579
2 200	530	2 200	12	90/80	2 360	2 300	1	60	22	140	29	23	899

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 235

Штампованные крышки с приклепанным фланцем из угловой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 37)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные применения см. табл. 250.

D	H	Днище		Фланец			Болты		Защелки		Отверстия		Вес 1 шт. без обра- ботки
		D	s	М угловой стали	D ₁	D ₂	d дюймы	n	z	n	для болтов l	для защел- пок	
300	135	300	4	70/65	430	385	3/4	16	11,5	32	22	12	22
350	145	350	4	70/65	480	435	3/4	16	11,5	36	22	12	26
400	155	400	4	70/65	530	485	3/4	20	11,5	44	22	12	30
450	165	450	4	70/65	580	535	3/4	20	11,5	48	22	12	34
500	185	500	6	80/40	640	590	7/8	20	13,5	44	25	14	49
550	195	550	6	80/40	690	640	7/8	20	13,5	48	25	14	55
600	205	600	6	80/40	740	690	7/8	20	13,5	52	25	14	61
(650)	215	650	6	80/40	790	740	7/8	24	13,5	60	25	14	68
700	235	700	6	80/40	840	790	1	20	13,5	64	25	14	74
800	255	800	6	90/80	960	900	1	24	13,5	72	29	14	105
900	275	900	6	90/80	1060	1000	1	28	13,5	88	29	14	122
1000	295	1000	9	90/80	1160	1100	1	32	13,5	88	29	14	138
1100	325	1100	8	100/90	1280	1215	1 1/8	28	16,5	84	33	17	204
1200	345	1200	8	100/90	1380	1315	1 1/8	32	16,5	96	33	17	231
1300	375	1380	8	110/100	1500	1430	1 1/4	28	16,5	104	37	17	268
1400	395	1400	8	110/100	1600	1530	1 1/4	32	16,5	108	37	17	317
1500	410	1500	10	110/100	1700	1630	1 1/4	36	19	104	37	20	394
1600	430	1600	10	110/100	1800	1730	1 1/2	40	19	112	37	20	429
(1700)	450	1700	10	110/100	1900	1830	1 1/4	48	19	120	37	20	472
1800	474	1800	12	110/100	2000	1930	1 1/4	52	22	112	37	23	574
2000	514	2000	12	110/100	2200	2130	1 1/4	60	22	124	37	23	673
2200	570	2200	14	130/120	2400	2350	1 1/2	44	22	140	44	23	961

Описание см. стр. 102 и 210.

Таблица 236

Штампованные крышки с приклепанным фланцем из угловой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 37)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	Днище		Фланец			Болты		Заклепки		Отверстия		Вес 1 шт. без обра- ботки
		D	s	№ угловой стали	D ₁	D ₂	d дюй- м	n	d	n	для болтов	для закле- пок	
300	145	300	4	80/70	440	390	7/8	12	11,5	32	25	12	27
350	155	350	4	80/70	490	440	7/8	16	11,5	36	25	12	30
400	165	400	4	80/70	540	490	7/8	16	11,5	44	25	12	35
450	175	450	6	80/70	590	540	7/8	16	13,5	40	25	14	44
500	195	500	6	90/80	660	600	1	16	13,5	44	29	14	61
550	205	550	6	90/80	710	650	1	20	13,5	48	29	14	68
600	215	600	6	90/80	760	700	1	20	13,5	52	29	14	75
(650)	225	650	6	90/80	810	750	1	24	13,5	60	29	14	83
700	270	700	6	90/80	860	800	1	28	13,5	64	29	14	96
800	305	800	6	100/90	980	915	1 1/8	24	13,5	72	33	14	127
900	330	900	6	100/90	1 080	1 015	1 1/8	32	13,5	88	33	14	146
1 000	365	1 000	8	110/100	1 200	1 130	1 1/4	28	16,5	80	37	17	215
1 100	390	1 100	8	110/100	1 300	1 230	1 1/4	32	16,5	88	37	17	242
1 200	415	1 200	8	110/100	1 400	1 330	1 1/4	40	16,5	96	37	17	272
1 300	455	1 300	10	130/120	1 540	1 450	1 1/2	28	19	92	44	20	405
1 400	480	1 400	10	130/120	1 640	1 550	1 1/2	32	19	100	44	20	447
1 500	505	1 500	12	130/120	1 740	1 650	1 1/2	36	22	96	44	23	536
1 600	540	1 600	12	140/135	1 870	1 770	1 3/4	32	22	100	50	23	646
(1 700)	565	1 700	12	140/135	1 970	1 870	1 3/4	36	22	108	50	23	701
1 800	590	1 800	14	140/135	2 070	1 970	1 3/4	36	22	112	50	23	820
2 000	640	2 000	14	140/135	2 270	2 170	1 3/4	44	22	128	50	23	961
2 200	680	2 200	16	150/150	2 500	2 390	2	40	25	128	56	26	1 285

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 257

Штампованные крышки с приклепанным фланцем из угловой стали на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 37)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	Днище		Фланец			Болты		Заклепки		Отверстия		Вес 1 шт. без обра- ботки
		D	s	№ угловой стали	D ₁	D ₂	d дюйм- мы	n	d	л	для болтов	для закле- пок	
300	160	300	4	80/70	440	390	7/8	12	11,5	32	25	12	28
350	183	350	4	90/80	510	450	1	12	11,5	36	29	12	40
400	195	400	6	90/80	560	500	1	16	13,5	36	29	14	49
450	218	450	6	100/90	630	565	1 1/8	16	13,5	40	33	14	69
500	225	500	6	100/90	680	615	1 1/8	16	16,5	40	33	17	75
550	238	550	6	100/90	730	665	1 1/8	20	16,5	44	33	17	83
600	255	600	8	110/100	800	730	1 1/8	20	16,5	48	37	17	99
650	267	650	8	110/100	850	780	1 1/8	20	16,5	52	37	17	109
700	310	700	8	130/120	940	850	1 1/2	16	16,5	56	44	17	183
800	330	800	10	130/120	1 040	950	1 1/2	20	19	56	44	20	224
900	355	900	10	130/120	1 140	1 050	1 1/2	24	19	64	44	20	257
1 000	390	1 000	12	140/135	1 270	1 170	1 3/4	20	22	64	50	23	354
1 100	415	1 100	12	140/135	1 370	1 270	1 3/4	24	22	68	50	23	396
1 200	440	1 200	14	140/135	1 470	1 370	1 3/4	28	22	76	50	23	471
1 300	465	1 300	16	150/150	1 600	1 490	2	24	25	76	56	26	616
1 400	490	1 400	16	150/150	1 700	1 590	2	24	25	80	56	26	680

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 258

Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление до 2,5 ат (фиг. 38)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщины стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	H ₁	Днище		Фланец					Болты		Отверстия для болтов	Вес 1 шт. без обработки
			D	s	D ₁	D ₂	a	b	b ₁	d дюймы	n		
300	104	92	300	4	430	385	65	20	20	3/4	16	22	16
350	114	108	350	4	480	435	65	20	20	3/4	16	22	18
400	124	112	400	4	530	485	65	20	20	3/4	20	22	23
450	134	122	450	4	580	535	65	20	20	3/4	20	22	25
500	156	138	500	6	640	585	70	20	20	3/4	20	22	35
550	166	148	550	6	690	635	70	20	20	3/4	24	22	39
600	176	158	600	6	740	685	70	20	20	3/4	24	22	44
(650)	186	168	650	6	790	735	70	20	20	3/4	28	22	50
700	196	178	700	6	840	785	70	20	20	3/4	28	22	56
800	216	198	800	6	940	885	70	20	20	3/4	32	22	66
900	236	218	900	6	1040	990	70	22	22	7/8	32	25	82
1000	256	238	1000	6	1140	1090	70	22	22	7/8	32	25	94
1100	276	258	1100	6	1240	1190	70	22	22	7/8	36	25	109
1200	296	278	1200	6	1340	1290	70	22	22	7/8	40	25	126
1300	316	298	1300	6	1440	1390	70	22	22	7/8	40	25	141
1400	343	319	1400	8	1540	1490	70	25	25	7/8	44	25	200
1500	363	339	1500	8	1660	1600	80	25	25	1	40	29	236
1600	390	360	1600	10	1760	1700	80	25	25	1	44	29	307
(1700)	410	380	1700	10	1860	1800	80	25	25	1	48	29	340
1800	430	400	1800	10	1960	1900	80	25	25	1	52	29	376
2000	482	446	2000	12	2160	2100	80	25	25	1	56	29	521
2200	522	486	2200	12	2360	2300	80	25	25	1	60	29	610

Описание см. стр. 102 и 240.

b₁ — толщина фланца по фиг. 38, II.

Таблица 259

Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 38)

Материал болтов см. стр. 209 и 226.

Расчет толщины стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	H_1	Днище		Фланец					Болты		Отверстия для болтов l	Вес 1 шт. без обработки
			D	s	D_1	D_2	a	b	b_1	d дюймы	n		
300	104	92	300	4	430	385	65	20	20	$\frac{3}{4}$	16	22	16
350	114	102	350	4	480	435	65	20	20	$\frac{3}{4}$	16	22	18
400	124	112	400	4	530	485	65	20	20	$\frac{3}{4}$	20	22	23
450	134	122	450	4	580	535	65	20	20	$\frac{3}{4}$	20	22	25
500	156	138	500	6	640	590	70	22	22	$\frac{7}{8}$	20	25	36
550	166	148	550	6	690	640	70	22	22	$\frac{7}{8}$	20	25	41
600	176	158	600	6	740	690	70	22	22	$\frac{7}{8}$	20	25	46
(650)	186	168	650	6	790	740	70	22	22	$\frac{7}{8}$	24	25	52
700	196	178	700	6	840	790	70	22	22	1	20	25	58
800	216	198	800	6	960	900	80	25	25	1	24	29	79
900	236	218	900	6	1060	1000	80	25	25	1	28	29	92
1000	256	238	1000	6	1150	1100	80	25	25	1	32	29	107
1100	283	259	1100	8	1280	1130	90	28	30	$1\frac{1}{8}$	28	33	166
1200	303	279	1200	8	1380	1330	90	28	30	$1\frac{1}{8}$	32	33	190
1300	323	299	1300	8	1500	1430	100	30	30	$1\frac{1}{4}$	28	37	222
1400	343	319	1400	8	1600	1530	100	32	35	$1\frac{1}{4}$	32	37	267
1500	370	340	1500	10	1700	1630	100	32	35	$1\frac{1}{4}$	36	37	338
1600	390	360	1600	10	1800	1730	100	32	35	$1\frac{1}{4}$	40	37	371
(1700)	410	380	1700	10	1900	1830	100	32	35	$1\frac{1}{4}$	48	37	407
1800	442	406	1800	12	2000	1930	100	32	35	$1\frac{1}{4}$	52	37	508
2000	482	446	2000	12	2200	2130	100	32	35	$1\frac{1}{4}$	60	37	599
2200	524	482	2200	14	2440	2350	120	38	40	$1\frac{1}{2}$	44	44	853

Описание см. стр. 102 и 240.

b_1 — толщина фланца по фиг. 38, II.

Таблица 250

Штампованные крышки с приварными фланцами из полозовой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 38)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщины стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	H ₁	Диаметр		Фланцы					Болты		Отверстия для болтов	Вес 1 шт. без обработки
			D	s	D ₁	D ₂	a	b	b ₁	d дюймы	n		
300	104	92	300	4	440	390	70	22	22	7/8	12	25	18
350	114	102	350	4	490	440	70	22	22	7/8	16	25	21
400	124	112	400	4	540	490	70	22	22	7/8	16	25	25
450	146	128	450	6	590	540	70	22	22	7/8	16	25	33
500	156	138	500	6	660	600	80	25	25	1	16	29	44
550	166	148	550	6	710	650	80	25	25	1	20	29	49
600	176	158	600	6	760	700	80	25	25	1	20	29	54
(650)	186	168	650	6	810	750	80	25	25	1	24	29	61
700	221	213	700	6	860	800	80	25	25	1	28	29	73
800	256	238	800	6	980	915	90	28	30	1 1/8	24	33	98
900	281	263	900	6	1080	1015	90	28	30	1 1/8	32	33	114
1000	313	289	1000	8	1200	1130	100	32	35	1 1/4	28	37	174
1100	338	314	1100	8	1300	1230	100	32	35	1 1/4	32	37	197
1200	363	339	1200	8	1400	1330	100	32	35	1 1/4	40	37	224
1300	395	365	1300	10	1540	1450	120	36	40	1 1/2	28	44	331
1400	420	390	1410	10	1640	1550	120	36	40	1 1/2	32	44	369
1500	457	416	1500	12	1740	1650	120	36	40	1 1/2	36	44	433
1600	482	446	1600	12	1860	1770	130	40	40	1 3/4	32	50	518
(1700)	507	471	1700	12	1960	1870	130	40	40	1 3/4	36	50	564
1800	534	492	1800	14	2060	1970	130	45	50	1 3/4	36	50	720
2000	584	542	2000	14	2260	2170	130	45	50	1 3/4	44	50	929
2200	636	588	2200	16	2500	2390	150	50	50	2	40	56	115

Описание см. стр. 102 и 240.

b_1 — толщина фланца по фиг. 38, II.

Таблица 261

Штампованные крышки с приварными фланцами из полосовой стали на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 38)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

D	H	H ₁	Днище		Фланцы					Болты		Отверстия для болтов l	Вес 1 шт. без обработки
			D	s	D ₁	D ₂	a	b	b ₁	d дюймы	n		
300	119	107	300	4	440	390	70	24	25	1/8	12	25	21
350	132	120	350	4	510	450	80	25	25	1	12	29	27
400	156	138	400	6	560	500	80	25	25	1	16	29	35
450	169	151	430	6	630	565	90	28	30	1 1/8	16	33	50
500	181	163	500	6	680	615	90	28	30	1 1/8	16	33	55
550	194	176	550	6	730	665	90	30	30	1 1/8	20	33	62
600	213	189	600	8	800	730	100	30	35	1 1/4	20	37	71
(650)	225	201	650	8	850	780	100	32	35	1 1/4	20	37	85
700	238	214	700	8	940	850	120	36	40	1 1/2	16	44	110
800	270	240	800	10	1 040	950	120	36	40	1 1/2	20	44	174
900	295	265	900	10	1 140	1 050	120	38	40	1 1/2	24	44	203
1 000	332	296	1 000	12	1 260	1 170	130	42	50	1 3/4	20	50	267
1 100	357	321	1 100	12	1 360	1 270	130	42	50	1 3/4	24	50	302
1 200	384	342	1 200	14	1 460	1 370	130	42	50	1 3/4	28	50	370
1 300	411	363	1 300	16	1 600	1 490	150	50	50	2	24	56	532
1 400	436	388	1 400	16	1 700	1 590	150	50	50	2	28	56	592

Описание см. стр. 102 и 240.

b_1 — толщина фланца по фиг. 38, II.

Таблица 252

Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление до 2,5 ат (фиг. 19)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

Крышка		Сферическая часть			Фланец						Болты		Отверстия для болтов l	Вес
D	H	R	D заготовки	s	D ₁	D ₂	a	e	b	t	d дюймы	n		
300	33	450	300	4	430	385	65	80	20	6	3/4	16	22	14
350	38	505	350	4	480	435	65	80	20	6	3/4	16	22	17
400	43	560	400	4	530	485	65	80	20	6	3/4	20	22	20
450	49	620	455	4	580	535	65	80	20	6	3/4	20	22	23
500	55	670	505	4	640	590	70	85	20	6	3/4	20	22	27
550	58	790	550	4	690	640	70	85	20	6	3/4	24	22	30
600	59	900	605	4	740	690	70	85	22	8	3/4	24	22	36
(650)	60	1 010	655	4	790	740	70	85	24	10	3/4	28	22	42
700	68	1 010	705	4	840	790	70	85	26	12	3/4	28	22	48
800	71	1 230	800	4	940	890	70	85	30	16	3/4	32	22	62
900	84	1 350	905	4	1 040	990	70	85	36	22	7/8	32	25	83

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 253

Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 39)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

Крышка		Сферическая часть			Фланец						Болты		Отверстия для болтов l	Вес
D	H	R	D заготовки	s	D ₁	D ₂	a	e	b	t	d дюймы	n		
300	33	450	300	4	430	385	65	80	20	6	3/4	16	22	14
350	38	505	350	4	480	435	65	80	22	8	3/4	16	22	19
400	43	560	400	4	530	485	65	80	24	10	3/4	20	22	23
450	49	620	455	4	580	535	65	80	28	14	3/4	20	22	30
500	55	670	505	4	640	590	70	85	30	16	7/8	20	25	39
550	58	790	550	4	690	640	70	85	32	18	7/8	20	25	43
600	59	900	605	4	740	690	70	85	36	22	7/8	20	25	52
(650)	64	1 010	650	6	790	740	70	92	40	18	7/8	24	25	69
700	72	1 010	705	6	840	790	70	92	42	20	1	20	25	77
800	75	1 230	800	6	960	900	80	102	48	26	1	24	29	110

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 284

Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 39)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок s см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

Крышка		Сферическая часть			Фланец						Болты		Отверстия для болтов l	Вес
D	H	R	D заготовки	s	D_1	D	a	e	b	m	d дюймы	n		
300	40	450	300	4	440	390	70	85	24	10	$7/8$	12	25	19
350	48	505	350	4	490	440	70	85	28	14	$7/8$	16	25	25
400	50	580	400	6	540	490	70	92	32	10	$7/8$	16	25	34
450	60	620	450	6	590	540	70	92	36	14	$7/8$	16	25	43
500	70	670	505	6	660	600	80	102	38	16	1	16	29	57

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 285

Штампованные крышки с приварным фланцем из полосового железа на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 39)

Материал болтов см. стр. 209 и 236.

Расчет толщин стенок см. стр. 82.

Остальные примечания см. табл. 250.

Крышка		Сферическая часть			Фланец						Болты		Отверстия для болтов l	Вес
D	H	R	D заготовки	s	D_1	D_2	a	e	b	m	d дюймы	n		
300	44	365	500	6	440	390	70	92	30	8	$7/8$	12	25	22
350	50	450	350	6	510	450	80	102	34	12	1	12	29	36
400	52	500	400	6	560	500	80	102	38	16	1	16	29	45
450	70	550	450	8	630	565	90	120	45	18	$1 1/8$	16	33	70
500	83	590	500	8	680	615	90	120	50	23	$1 1/8$	16	33	85

Описание см. стр. 102 и 240.

Таблица 268

Сортамент прокатываемых прямоугольных листов стали

Толщина листов мм	При шк										
	650	710	750	780	800	900	950	1 000	1 050	1 100	1 200
	Максималь										
3	6 000	2 500	—	—	4 250	—	5 000	3 000	—	6 400	2 400
4	6 000	—	—	—	6 400	—	6 400	8 000	—	6 400	—
5	6 000	—	—	—	9 000	—	9 000	8 000	—	9 000	—
6	9 750	—	—	—	10 000	—	10 000	8 000	—	10 000	—
7	9 750	—	12 500	—	10 000	12 500	10 700	8 000	10 970	10 000	10 000
8	12 200	—	12 500	—	12 000	12 500	12 200	10 000	12 190	10 000	11 000
9	12 200	—	12 500	—	12 000	12 500	12 200	10 000	12 190	11 000	11 000
10	12 200	—	12 500	—	12 000	16 000	12 200	16 000	12 500	16 000	16 000
11	12 200	—	12 500	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	12 500	16 000	16 000
12	12 200	—	12 500	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	12 500	16 000	16 000
13	12 200	—	12 500	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	12 500	16 000	16 000
14	12 200	—	12 500	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	12 500	16 000	16 000
15	12 200	—	11 000	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	10 000	16 000	16 000
16	12 200	—	11 000	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	10 000	16 000	16 000
17	11 000	—	11 000	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	9 000	16 000	16 000
18	11 000	—	10 000	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	8 500	16 000	16 000
19	11 000	—	10 000	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	8 500	16 000	16 000
20	11 000	—	10 000	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	8 500	16 000	16 000
22	11 000	—	9 000	10 000	12 000	16 000	12 200	16 000	8 000	16 000	16 000
24	11 000	—	9 000	9 000	11 000	16 000	12 200	16 000	8 000	16 000	15 600
26	11 300	—	8 000	—	11 000	16 000	11 000	16 000	8 000	15 300	14 000
28	12 200	—	8 000	—	11 000	16 000	11 000	15 500	8 000	14 200	13 000
30	12 200	—	9 000	—	11 000	16 000	11 000	14 500	9 000	13 200	12 100
32	12 200	—	9 000	—	—	15 000	10 700	13 750	10 000	12 500	11 450
34	11 000	—	9 000	—	—	14 000	10 700	12 700	9 000	11 600	10 600
36	11 000	—	—	—	—	—	10 700	—	—	10 700	—

Примечания: 1. Таблица составлена по данным Стальсбыта. 2. Рекомендуемые размеры прямоугольных листов стали см. табл. 268. 3. Листы могут заказываться мерными с размерами в пределах указанных.

рине

1 250	1 300	1 400	1 450	1 500	1 550	1 600	1 650	1 700	1 800	1 850	1 900

ная длина

5 500	5 500	—	4 300	3 000	3 700	—	—	—	—	—	—
6 400	6 400	6 000	6 400	4 500	4 300	—	—	—	—	—	—
9 000	9 000	6 000	9 000	5 600	9 000	—	—	—	—	—	—
10 000	10 000	10 000	9 750	10 000	8 000	6 000	8 000	7 350	7 500	6 700	—
10 000	9 000	10 000	9 750	10 000	9 150	6 000	9 000	7 350	8 000	7 350	—
12 200	10 000	10 000	11 000	10 000	9 750	6 000	9 000	7 350	8 000	7 950	—
12 200	10 000	10 000	11 000	10 000	9 750	6 000	9 000	8 550	8 000	7 950	—
12 200	16 000	16 000	11 000	16 000	11 000	16 000	9 000	14 000	14 000	9 150	14 000
12 200	16 000	16 000	11 000	16 000	11 000	16 000	9 000	14 000	14 000	9 150	14 000
12 200	16 000	16 000	11 000	16 000	11 000	16 000	9 000	14 000	14 000	9 150	14 000
12 200	16 000	16 000	11 000	16 000	11 000	16 000	8 000	14 000	14 000	9 150	15 000
12 200	16 000	16 000	12 200	16 000	11 000	16 000	8 000	14 000	14 000	9 150	15 000
12 200	16 000	16 000	12 200	16 000	11 000	16 000	7 000	14 000	14 000	9 750	15 800
12 200	16 000	16 000	11 000	16 000	11 000	16 000	7 000	15 000	15 000	9 750	14 400
12 200	16 000	16 000	11 000	16 000	11 000	16 000	7 000	14 600	14 600	9 750	13 800
12 200	16 000	16 000	11 000	16 000	11 000	15 600	7 000	13 900	13 900	8 550	13 000
12 200	16 000	16 000	11 000	15 800	11 000	14 800	6 500	13 200	13 200	8 550	12 500
11 000	16 000	16 000	11 000	15 000	11 000	14 000	6 500	12 500	12 500	8 550	11 800
11 000	15 300	14 300	10 700	13 300	9 450	12 500	5 500	11 000	11 000	8 250	10 500
11 000	14 400	13 400	10 700	12 500	9 450	11 700	5 000	10 400	10 400	8 250	9 800
11 300	13 000	12 000	10 700	11 200	9 450	10 500	4 000	9 400	9 400	8 250	8 900
12 200	12 000	11 100	11 000	10 400	9 750	9 800	4 000	8 700	8 700	8 250	8 200
12 200	11 100	10 300	11 000	9 700	9 750	9 000	3 500	8 000	8 000	8 250	7 600
12 200	10 550	9 350	11 000	9 150	9 750	8 600	3 500	7 650	7 650	8 250	7 200
11 000	9 800	9 100	10 400	8 500	9 150	7 950	3 200	7 100	7 100	7 950	6 700
11 000	—	—	10 400	—	9 150	—	—	—	—	7 950	—

льных листов см. табл. 269. 3. Размеры прямоугольных листов котельной стали см. табл. 267. 4. Размеры ква-
Долуски по длине и ширине по ГОСТ 19 и 20.

Толщина листов мм	При ширине									
	2 000	2 100	2 150	2 200	2 300	2 400	2 450	2 600	2 650	2 800
	Максимальная длина									
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	6 700	—	6 100	—	—	—	—	—	—	—
9	6 700	—	6 100	—	—	—	—	—	—	—
10	14 000	12 000	7 350	12 000	—	—	—	—	—	—
11	14 000	12 000	7 350	12 000	—	—	—	—	—	—
12	14 000	14 000	7 350	14 000	—	8 500	—	8 200	—	7 900
13	15 000	14 000	7 350	14 000	—	8 500	—	8 200	—	7 900
14	15 000	14 000	7 350	14 000	13 500	13 000	—	8 200	—	7 900
15	15 000	14 300	7 050	13 500	13 000	12 500	—	8 200	—	7 900
16	13 700	13 000	7 050	12 500	12 000	11 500	5 400	6 700	—	6 400
17	13 000	12 500	7 050	12 000	11 500	11 000	5 400	6 700	—	6 400
18	12 500	12 000	7 350	11 500	11 000	10 500	5 400	6 700	—	6 400
19	11 900	11 300	7 350	10 800	10 500	10 000	5 400	6 700	—	6 400
20	11 200	10 700	7 350	10 200	9 800	9 400	5 400	6 700	—	6 400
22	10 000	9 500	6 400	9 100	8 700	8 300	5 400	6 700	—	6 400
24	9 400	8 900	6 400	8 500	8 100	7 800	5 400	5 200	5 400	4 900
26	8 400	8 000	6 400	7 700	7 300	7 200	5 400	5 200	5 400	4 900
28	7 800	7 400	6 400	7 100	6 800	6 500	5 400	5 200	5 400	4 900
30	7 650	6 900	6 400	6 600	6 300	6 000	5 400	4 200	5 400	3 900
32	7 650	6 550	6 400	6 250	6 100	5 700	5 200	4 200	4 900	3 900
34	7 350	6 050	6 400	5 800	6 100	5 500	5 200	4 200	4 900	3 900
36	7 350	—	6 400	—	6 100	—	5 200	—	4 900	—

Примечания: 1. Таблица составлена по данным Стальсбита.

2. Рекомендуемые размеры прямоугольных листов см. табл. 269.

3. Размеры прямоугольных листов котельной стали см. табл. 267.

4. Размеры квадратных листов стали см. табл. 268.

5. Листы могут заказываться мерными с размерами в указанных пределах.

6. Допуски по длине и ширине—по ГОСТ 19 и 20.

Таблица 267

Сортамент прокатываемых прямоугольных листов котельной стали

Материал. Ст. 2 норм., Ст. 3 норм., Ст. 4 норм.

Толщина листов мм	При ширине									
	650	710	750	780	800	900	950	1 000	1 050	1 100
	Максимальная длина									
8	9 100	—	9 400	—	9 000	9 400	9 100	7 500	9 100	7 500
9	9 100	—	9 400	—	9 000	9 400	9 100	7 500	9 100	8 250
10	9 100	—	9 400	—	9 000	12 000	9 100	12 000	9 400	12 000
11	9 100	—	9 400	7 500	9 000	12 000	9 100	12 000	9 400	12 000
12	9 100	—	9 400	7 500	9 000	12 000	9 100	12 000	9 400	12 000
13	9 100	—	9 400	7 500	9 000	12 000	9 100	12 000	9 400	12 000
14	9 100	—	9 400	7 500	9 000	12 000	9 100	12 000	9 400	12 000
15	9 100	—	8 250	7 500	9 000	12 000	9 100	12 000	7 500	12 000
16	9 100	—	8 250	7 500	9 000	12 000	9 000	12 000	7 500	12 000
17	8 250	—	8 250	7 500	9 000	12 000	9 000	12 000	6 750	12 000
18	8 250	—	7 500	7 500	9 000	12 000	9 000	12 000	6 375	12 000
19	8 250	—	7 500	7 500	9 000	12 000	9 000	12 000	6 375	12 000
20	8 250	—	7 500	7 500	9 000	12 000	9 000	12 000	6 375	12 000
22	8 250	—	6 750	7 500	9 000	12 000	9 000	12 000	6 000	12 000
24	8 250	—	6 750	6 750	8 250	12 000	9 000	12 000	6 000	12 000
26	8 475	—	6 000	—	8 250	12 000	8 250	12 000	6 000	11 475
28	9 100	—	6 000	—	8 250	12 000	8 250	11 725	6 000	10 650
30	9 100	—	6 750	—	8 250	12 000	8 250	10 875	6 750	9 900
32	9 100	—	6 750	—	—	11 250	8 050	10 300	7 500	9 375
34	8 250	—	6 750	—	—	10 500	8 050	9 525	6 750	8 700
36	8 250	—	—	—	—	—	8 050	—	—	8 025

Примечания: 1. К прокатной котельной стали относится литая сталь толщиной 8 мм и выше (согласно ОСТ 4133), идущая для изготовления котлов давлением не выше 22 ат, за исключением топок и их частей, и удовлетворяющая помимо условий механического испытания условиям содержания серы и фосфора не более 0,05% для каждого элемента.

2. Таблица составлена по данным Стальбюта.

3. Рекомендуемые размеры прямоугольных листов см. табл. 269.

4. Листы могут заказываться мерными с размерами в указанных пределах.

5. Допуск по длине и ширине по—ОСТ 19.

Сортамент прокатываемых прямоугольных листов катальной стали
 Материал — сталь марок: Ст. 2 норм., Ст. 3 норм., Ст. 4 норм.

Толщина листов мм	При ш										
	1 200	1 250	1 300	1 400	1 450	1 500	1 550	1 600	1 650	1 700	1 800
	Максималь										
8	8 250	9 100	7 500	7 500	8 250	7 500	7 300	4 500	6 750	5 500	6 000
9	8 250	9 100	7 500	7 500	8 250	7 500	7 300	4 500	6 750	6 400	6 000
10	12 000	9 100	12 000	12 000	8 250	12 000	8 250	12 000	6 750	10 500	10 500
11	12 000	9 100	12 000	12 000	8 250	12 000	8 250	12 000	6 750	10 500	10 500
12	12 000	9 100	12 000	12 000	8 250	12 000	8 250	12 000	6 750	10 500	10 500
13	12 000	9 100	12 000	12 000	8 250	12 000	8 250	12 000	6 000	10 500	10 500
14	12 000	9 100	12 000	12 000	9 100	12 000	8 250	12 000	6 000	10 500	10 500
15	12 000	9 100	12 000	12 000	9 100	12 000	8 250	12 000	5 250	10 500	10 500
16	12 000	9 100	12 000	12 000	8 250	12 000	8 250	12 000	5 250	11 250	11 250
17	12 000	9 000	12 000	12 000	8 250	12 000	8 250	12 000	5 250	10 950	10 950
18	12 000	9 000	12 000	12 000	8 250	12 000	8 250	11 700	5 250	10 425	10 425
19	12 000	9 000	12 000	12 000	8 250	11 850	8 250	11 100	4 875	9 900	9 900
20	12 000	8 250	12 000	12 000	8 250	11 250	8 250	10 500	4 875	9 375	9 375
22	12 000	8 250	11 475	10 725	8 025	10 975	7 075	9 375	4 125	9 250	8 250
24	11 700	8 250	10 600	10 050	8 025	9 375	7 075	8 775	3 750	7 800	7 800
26	10 500	8 475	9 750	9 000	8 025	8 400	7 075	7 875	3 000	7 050	7 050
28	9 750	9 100	9 000	8 250	8 250	7 800	7 300	7 350	3 000	6 525	6 525
30	9 075	9 100	8 325	7 725	8 250	7 275	7 300	6 750	2 625	6 000	6 000
32	8 585	9 100	7 900	7 000	8 250	6 860	7 300	6 450	2 625	5 725	5 725
34	7 950	8 250	7 350	6 825	7 800	6 375	6 850	5 950	2 400	5 325	5 325
36	—	8 250	—	—	7 800	—	6 850	—	—	—	—

рине

1 850	1 900	2 000	2 100	2 150	2 200	2 300	2 400	2 450	2 600	2 650	2 800

наз длина

5 950	—	5 025	—	4 575	—	—	—	—	—	—	—
5 950	—	5 025	—	4 575	—	—	—	—	—	—	—
6 850	10 500	10 500	9 000	5 500	9 000	—	—	—	—	—	—
6 850	10 500	10 500	9 000	5 500	9 000	—	—	—	—	—	—
6 850	10 500	10 500	10 500	5 500	10 500	—	6 375	—	6 150	—	5 925
6 850	11 250	11 250	10 500	5 500	10 500	—	6 375	—	6 150	—	5 925
6 850	11 250	11 250	10 500	5 500	10 500	10 125	9 750	—	6 150	—	5 925
7 300	11 850	11 250	10 725	5 275	10 125	9 750	9 350	—	6 150	—	5 925
7 300	10 800	10 275	9 750	5 275	9 375	9 000	8 625	4 075	5 025	—	4 800
7 300	10 350	9 750	9 375	5 275	9 000	8 625	8 250	4 075	5 025	—	4 800
6 400	9 750	9 375	9 000	5 500	8 625	8 250	7 875	4 075	5 025	—	4 800
6 400	9 375	8 925	8 475	5 500	8 100	7 875	7 500	4 075	5 025	—	4 800
6 400	8 850	8 400	8 025	5 500	7 650	7 350	7 050	4 075	5 025	—	4 800
6 175	7 875	7 500	7 125	4 800	6 825	6 525	6 225	4 075	5 025	—	4 800
6 175	7 350	7 050	6 675	4 800	6 375	6 075	5 850	4 075	3 900	4 050	3 675
6 175	6 675	6 300	6 000	4 800	5 775	5 475	5 400	4 075	3 900	4 050	3 675
6 175	6 150	5 850	5 550	4 800	5 325	5 100	4 875	4 075	3 900	4 050	3 675
6 175	5 700	5 725	5 125	4 800	4 950	4 725	4 500	4 075	3 150	4 050	2 925
6 175	5 400	5 725	4 900	4 800	4 675	4 575	4 275	3 900	3 150	3 675	2 925
5 950	5 025	5 500	4 525	4 800	4 350	4 575	4 125	3 900	3 150	3 675	2 925
5 950	—	5 500	—	4 800	—	4 575	—	3 900	—	3 675	—

Сортамент изготавливаемых квадратных листов стали

Ширина и длина мм	Толщина листа, мм																							
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	17	18	19	20	21	24	26	28	30	32	34	36
650 × 650	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
710 × 710	●																							
750 × 750																								
780 × 780																								
800 × 800	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
900 × 900																								
950 × 950	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 000 × 1 000	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1 050 × 1 050																								
1 100 × 1 100	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 200 × 1 200	○																							
1 250 × 1 250	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1 300 × 1 300	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 400 × 1 400		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1 450 × 1 450	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 500 × 1 500	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1 550 × 1 550	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 600 × 1 600				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1 650 × 1 650				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 700 × 1 700				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1 800 × 1 800				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1 850 × 1 850																								
1 900 × 1 900																								
2 000 × 2 000																								
2 100 × 2 100																								
2 150 × 2 150																								
2 200 × 2 200																								
2 300 × 2 300																								
2 400 × 2 400																								
2 450 × 2 450																								
2 600 × 2 600																								
2 650 × 2 650																								
2 800 × 2 800																								

Примечания: 1. Круги ○ и ● соответствуют размерам изготавливаемых листов; из них листы с кружками ● являются рекомендуемыми и могут быть получены в минимальные сроки.
 2. Квадратные листы по этой таблице предназначаются для изготовления из них круглых труб на котельных заводах, так как заводы объединения „Сталь“ не отпускают листов в виде кругов.
 3. Составлена по данным Стальбюро.
 4. Заказы на жареные квадратные листы в указанных пределах могут делаться с согласованием этого вопроса в каждом отдельном случае с объединением „Сталь“.
 5. Котельная листовая сталь — толщина 8 мм и выше.
 6. Допуски по длине и ширине — по ГОСТ 19 и 20.

Таблица 269

Рекомендуемые размеры прямоугольных листов стали

Ширина и длина мм	Толщина листа, мм							
	3	4	6	7	8 9 10 11 12	13 14 15 16 18	19 20 22 24 26	28 30 32 34 36
710 × 1 420	⊙	○	○	○	○			
1 000 × 2 000	○							
1 250 × 2 500	○	○	○	○	○			
1 400 × 2 800	○	⊙	○	●				
1 400 × 4 200		⊙	⊙	⊙	●	●	●	●
1 500 × 3 000			○	○	○			
1 500 × 4 500			⊙	⊙	⊙	●	●	●
1 500 × 6 000			○	○	○			
1 600 × 6 000				●	●	●	●	●
1 700 × 8 000				●	●	●	●	●
1 800 × 5 000					○			
1 800 × 5 000				●	●	●	●	●
1 800 × 10 000					○			

Примечания: 1. Таблица составлена по ГОСТ 500 и данным Стальсбыта.

2. Значки ● обозначают, что размеры листов рекомендуются Стальсбытом.

3. Значки ○ обозначают, что размеры листов рекомендуются ГОСТ 500.

4. Значки ⊙ обозначают, что размеры рекомендуются обоими указанными источниками.

5. Рекомендуемые размеры листов могут поставляться в наименьшие сроки.

6. Полный сортимент всех прокатываемых прямоугольных листов стали см. табл. 266.

7. Допуски по длине и ширине—по ГОСТ 19 и 20.

Таблица 270

Допуски по длине, ширине и толщине листов стали толщиной от 5 мм

Допуски по длине и ширине

1. Для листов толщиной до 20 мм допуск $\pm 0,5\%$ длины или ширины при минимуме в 10 мм для размеров меньше 2000 мм и максимуме 30 мм для размеров свыше 7000 мм.

2. Для листов толщиной более 20 мм допуск $\pm 0,5\%$ при минимуме 15 мм — для размеров менее 8000 мм и максимуме 40 мм — для размеров свыше 8000 мм

Допустимые отклонения в толщине листов

Для листов толщиной мм	5		8	11	16	22	26	32	36	
	6	7	9	12	17		28		38	42
				13	18			34		
			10	14	19	24	30		40	
Допустимые отклонения мм	-0,3	-0,3	-0,3	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8
Для длины мм	6	7	8	9	10	10	10	10	10	10

Таблица составлена по ГОСТ 19 редакции 1932 г.

Рекомендуемые диаметры сверл на проход

Диаметр сверла мм	Сверление отверстий под				Сверление дыр на проход под болты, винты с межзаческой резьбой, шпильки и пр.			Диаметр сверла мм	Сверление отверстий под			Сверление дыр на проход под болты, винты с межзаческой резьбой, шпильки и пр. (в дюймах)				
	шпильки ОСТ 150 условный диаметр	винты для дерева ОСТ 188—190	закладки ОСТ 184—187, 301, 302, 304 и 305	глухари ОСТ 191 и 192	обыкновен- ная сборка	грубая сборка	очень грубая сборка		закладки ОСТ 301, 302, 304 и 305	глухари ОСТ 191 и 192	обыкновен- ная сборка	грубая сборка	очень грубая сборка			
1	1	—	—	—	—	—	—	17	16,5	—	—	—	—	5/8	—	—
1,5	2	1,4	—	—	—	—	—	18	—	—	—	—	—	—	5/8	—
2	2,5	1,7	2	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	3/4	—
2,3	—	—	2,3	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	—	—	—	—	—	—	—	21	—	—	—	—	—	—	—	—
2,6	—	—	2,6	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	3	2,3	3	—	—	—	—	23	—	—	—	—	—	—	7/8	—
3	—	2,6	3,5	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—	—	—	—
3,5	4	3	4	—	3 мм	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	3,5	4,5	—	—	—	—	26	—	—	—	—	—	—	—	—
4,5	5	4	5	—	—	—	—	27	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	4,5	5	—	—	—	—	28	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	6	5	—	—	3/16" 5 мм	—	—	29	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	31	—	—	—	—	—	—	—	—
6,5	—	6	6	—	—	—	—	32	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	7	7	6	—	6 мм	—	33	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	8	—	—	—	—	1/4"	—	34	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	8	8	—	—	—	—	35	—	—	—	—	—	—	—	—
8,5	—	—	—	—	—	—	—	37	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	38	—	—	—	—	—	—	—	—
9,5	10	—	—	—	—	—	—	41	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	42	—	—	—	—	—	—	—	—
10,5	—	10	—	—	—	—	—	44	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	48	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	11,5	10	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	13,5	12	—	—	—	52	—	—	—	—	—	—	—	—
14,5	—	—	—	—	—	—	—	54	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	—	56	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	58	—	—	—	—	—	—	—	—

Рекомендуемые диаметры сверл под резьбу и под развертку

Диаметр сверла, мм	Под резьбу			Под развертку диаметр	Диаметр сверла, мм	Под резьбу		Под развертку, диаметр
	Витворта механи- ческую по ОСТ 33	Витворта трубную по ОСТ 266	метри- ческую по ОСТ 32 и 94			Витворта механи- ческую по ОСТ 33	Витворта трубную по ОСТ 266	
	дюймы							
2,5	—	—	3	—	19	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{2}$	—
2,9	—	—	—	3	19,6	—	—	20
3,3	—	—	4	—	21,6	—	—	22
3,6	$\frac{3}{16}$	—	—	—	21,8	1	—	—
3,9	—	—	—	4	23,6	—	—	24
4,1	—	—	5	—	24,5	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	—
4,9	—	—	6	5	24,6	—	—	25
5	$\frac{1}{4}$	—	—	—	25,6	—	—	26
5,8	—	—	—	6	27,5	$1\frac{1}{4}$	—	—
6,4	$\frac{5}{16}$	—	—	—	29,5	—	—	30
6,7	—	—	8	—	30,7	—	1	—
6,8	—	—	—	7	31,5	—	—	32
7,8	$\frac{3}{8}$	—	—	8	33,3	$\frac{1}{2}$	—	—
8,4	—	—	10	—	33,5	—	—	34
8,8	—	—	—	9	34,5	—	—	35
9,7	—	—	—	10	35,5	—	—	36
10,3	$\frac{1}{2}$	—	—	—	37,5	—	—	38
10,7	—	—	—	11	38,5	$1\frac{3}{4}$	—	—
11,7	—	$\frac{1}{4}$	—	12	39,5	—	$1\frac{1}{4}$	40
12,7	—	—	—	13	41,5	—	—	42
13,3	$\frac{5}{8}$	—	—	—	43,5	—	—	44
13,7	—	—	—	14	44,2	2	—	—
14,7	—	—	—	—	44,5	—	—	45
15,2	—	$\frac{3}{8}$	—	—	45,2	—	$1\frac{1}{2}$	—
15,7	—	—	—	16	45,5	—	—	46
16,2	$\frac{3}{4}$	—	—	—	47,5	—	—	48
17,6	—	—	—	18	49,5	—	—	50

Примечания: 1. Стружка подсчитана с точностью до 0,1 мм.

2. Диаметр проката по ГОСТ 8.

3. Диаметры после обточки приняты как нормальные.

Общесоюзный стандарт
ОСТ 739
ДАВЛЕНИЯ

а) условные, б) рабочие и в) пробные для арматуры и трубопроводов (ступени давлений)

 кг/см^2

Давления условные	Давления рабочие наибольшие допустимые			Давления пробные — вода при $t < 100^\circ\text{C}$
	для воды, жидкостей и легкосжимаемых газов при $t < 100^\circ\text{C}$	для пара, газов и трудноиспаряемых жидкостей при $t > 100$ и $< 300^\circ\text{C}$	для газов и пара при $t > 300$ и $< 400^\circ\text{C}$	
$P_{\text{ул}}$	$P_{\text{в}}$ (воды)	$P_{\text{п}}$ (пара)	$P_{\text{г.л}}$ (перегрет. пара)	$P_{\text{пробн}}$
1	1	1	—	2
2,5	2,5	2	—	5
6	6	5	—	10
10	10	8	—	16
16	16	13	10	24
25	25	20	16	35
(32)	32	25	20	45
40	40	32	25	55
(50)	50	40	32	65
65	65	52	40	85
(80)	80	65	50	100
100	100	80	64	125
(125)	125	—	—	160
160	160	—	—	200
(200)	200	—	—	260
250	250	—	—	320
(320)	320	—	—	400
400	400	—	—	500
(500)	500	—	—	625
650	650	—	—	800
(800)	800	—	—	1000
1000	1000	—	—	1250

Примечания: 1. Указанные давления являются избыточными (сверхатмосферного).

2. Условные давления, заключенные в скобки, распространяются лишь на трубы; применение этих давлений для соединений трубопроводов и арматуры не рекомендуется.

3. Трубопроводы, работающие при вакууме, испытываются пробным давлением 2 кг/см^2 .

4. Проба арматуры и трубопроводов при температуре проводимой среды, соответствующей рабочим давлениям $P_{\text{п}}$ и $P_{\text{г.л}}$, оговаривается в стандартах изделий и проводится при давлении, превышающем данное рабочее давление на 1 кг/см^2 .

ПРОХОДЫ
(условные)
арматуры и трубопроводов

Диаметры проходов мм	Соответствующая резьба на арматуре и трубах дюймов	Площади про- ходов см ²
3*	—	0,07
6	1/4 труб	0,28
8*	—	0,50
10	3/8 труб	0,79
18	1/2 "	1,33
18*	—	2,01
19	3/4 труб	2,84
25	1 "	4,91
32	1 1/4 "	8,04
38	1 1/2 "	11,34
50	2 "	19,64
65	2 1/2 "	33,18
76	3 "	45,36
(90)	3 1/2 "	68,62
100	4 "	78,54
125	5 "	122,7
150	6 "	176,7
(175)	7 "	240,5
200	8 "	314,2
250	—	490,9
300	—	706,9
350	—	962,1
400	—	1 257
450	—	1 590
500	—	1 964
600	—	2 827
700	—	3 848
800	—	5 027
900	—	6 362
1 000	—	7 854
1 200	—	11 310

1. Указанные диаметры проходов применяются для условного обозначения арматуры соединительных частей трубопроводов и труб и служат для подсчета площадей проходов; возможные, в зависимости от условий fabrication изделий, отступления фактических проходов от условных оговариваются в стандартах этих изделий.

2. Размеры, отмеченные звездочкой, применяются исключительно в арматуре и трубопроводах специального назначения.

3. Размеры, поставленные в скобки, по возможности не применять.

4. Резьба трубная по ОСТ 266.

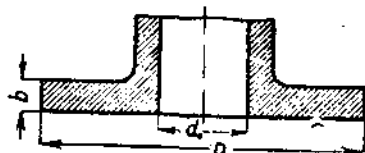
Ф Л А Н Ц Ы
 бронзовой арматуры
 Основные размеры

$$P_{\text{исл}} \leq 25 \text{ кг/см}^2$$

$$P_{\theta} \leq 25 \text{ "}$$

$$P_{\text{н}} \leq 20 \text{ "}$$

$$P_{\text{пробн}} \leq 35 \text{ "}$$



мм

Проход условный d_0	Диаметр фланца D	Толщина фланца $b_{\text{норм}}$
10	60	7
13	70	8
19	85	9
25	100	10
32	110	11
38	125	12
50	145	13
65	165	14
76	180	16

Диаметр окружности центров отверстий во фланце и диаметр самых отверстий не нумеруются.

Примечания (во всех указанных ОСТ—от 744 по 751): 1. Давления условные по ОСТ 739.

2. Проходы условные по ОСТ 740.

3. Приводимые ниже ОСТ от 744 по 751 утверждены Комитетом по стандартизации при СТО 12 ноября 1929 г. Обязательность применения каждого из них, а равно срок и порядок их введения устанавливаются для каждого стандарта изделий в отдельности.

ФЛАНЦЫ

арматуры и трубопроводов для условных проходов
от 10 до 500 мм включительно

Присоединительные размеры

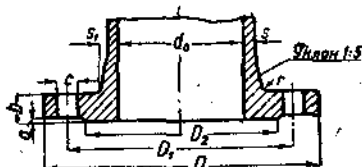
Давления условные 2,5 и 6 кг/см²

$$P_{\text{усл}} = 2,5 \text{ и } 6 \text{ кг/см}^2$$

$$P_a = 2,5 \text{ „ } 6 \text{ „}$$

$$P_n = 2 \text{ „ } 5 \text{ „}$$

$$P_{\text{пробн}} = 5 \text{ „ } 10 \text{ „}$$



мм

Проход услов- ный d_0	D	D_1	D_2	s	s_1	r	a	b	c	Болты	
										коли- чество	диа- метр дюймы
10	75	50	—	6	8	3	—	12	11	4	3/8
13	80	55	—	6	8	3	—	12	11	4	3/8
19	90	65	50	7	9	4	2	14	11	4	3/8
25	100	75	60	7	9	4	2	14	11	4	3/8
32	120	90	70	7	10	4	3	16	15	4	1/2
38	130	100	80	8	11	4	3	16	15	4	1/2
50	140	110	90	8	11	4	3	16	15	4	1/2
65	160	130	110	9	12	4	3	16	15	4	1/2
76	190	150	128	9	12	4	3	18	18	4	5/8
(90)	200	160	138	9	13	5	3	18	18	4	5/8
100	210	170	148	9	13	5	3	18	18	4	5/8
125	240	200	178	10	14	5	3	20	18	8	5/8
150	265	225	202	10	14	5	3	20	18	8	5/8
200	320	280	258	11	15	6	3	22	18	8	5/8
250	375	335	312	12	16	6	4	24	18	12	5/8
300	440	395	365	13	17	7	4	26	22	12	3/4
350	490	445	415	14	18	7	4	26	22	12	3/4
400	540	495	465	15	20	8	4	28	22	16	3/4
450	595	550	520	16	22	8	4	30	22	16	3/4
500	645	600	570	16	22	8	4	30	22	16	3/4

Размеры b , s , s_1 и r указываются как ориентировочные для чугуна литья.

См. примечание ОСТ 744.

Ф Л А Н Ц Ы

арматуры и трубопроводов для условных проходов
от 10 до 500 мм включительно

Присоединительные размеры

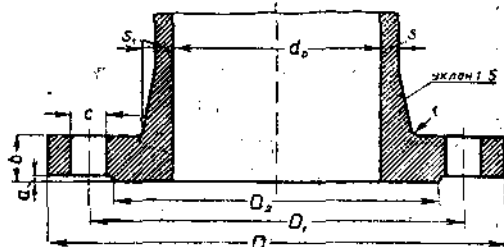
Давление условное 10 кг/см²

$$P_{\text{усл}} = 10 \text{ кг/см}^2$$

$$P_g = 10 \text{ "}$$

$$P_n = 8 \text{ "}$$

$$P_{\text{пробн}} = 16 \text{ "}$$



мм

Проход услов- ный d_0	D	D_1	D_2	s	s_1	r	a	b	c	Болты	
										коли- чество	диа- метр дюймы
10	90	60	—	6	10	3	—	14	15	4	1/2
13	96	65	—	6	10	4	—	14	15	4	1/2
19	105	75	58	7	11	4	2	16	15	4	1/2
25	115	85	68	7	11	4	2	16	15	4	1/2
32	140	100	78	7	11	4	3	18	18	4	5/8
38	150	110	88	8	13	4	3	18	18	4	5/8
50	165	125	102	8	13	4	3	20	18	4	5/8
65	185	145	122	9	14	4	3	20	18	4	5/8
76	200	160	138	9	14	4	3	22	18	4	5/8
(90)	210	170	148	9	14	5	3	22	18	8	5/8
100	220	180	158	9	15	5	3	22	18	8	5/8
125	250	210	188	10	15	5	3	24	18	8	5/8
150	285	240	212	10	16	5	3	24	22	8	3/4
200	340	295	268	11	18	6	3	26	22	8	3/4
250	395	350	320	12	20	6	4	28	22	12	3/4
300	445	400	370	13	22	6	4	28	22	12	3/4
350	505	460	430	14	22	7	4	30	22	16	3/4
400	565	515	480	15	24	8	4	32	25	16	7/8
450	615	565	530	16	24	9	4	32	25	20	7/8
500	670	620	585	16	26	9	4	34	25	20	7/8

1. Чугунные фланцы применимы для паровой арматуры и паропроводов при условных проходах не свыше 300 мм.

2. Размеры b , s , s_1 и r указываются как ориентировочные для чугуна и стального литья.

См. примечание к ОСТ 744.

Ф Л А Н Ц Ы

арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 400 мм включительно
Присоединительные размеры
Давление условное 25 кг/см²

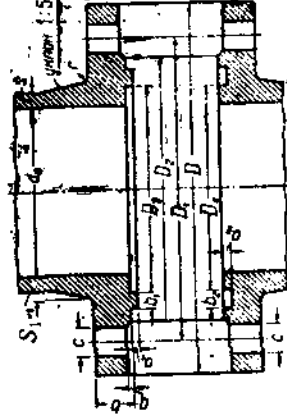
$$P_{\text{усл}} = 25 \text{ кг/см}^2$$

$$P_6 = 25$$

$$P_n = 20$$

$$P_{n,n} = 16$$

$$P_{\text{пробн}} = 35$$



мм

Проход услов- ный d_0	D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	s		r		a ₁ = a ₂	b		b ₁	b ₂	c	Болты	
						чугун	сталь	чугун	сталь		чугун	сталь				количес- тво	диаметр дюймов
10	90	60	—	—	—	7	6	11	10	4	4	4	—	—	15	4	1/2
13	95	65	—	—	—	7	6	12	10	4	4	4	—	—	15	4	1/2
19	105	75	55	36	35	7	6	12	10	4	4	4	7	8	15	4	1/2
25	115	85	65	43	42	8	7	13	11	4	4	4	7	8	15	4	1/2
32	140	100	78	51	50	8	7	14	12	4	4	4	7	8	18	4	5/8
38	150	110	88	61	60	8	8	14	13	4	4	4	7	8	18	4	5/8
50	165	125	102	73	72	9	8	15	14	5	4	4	7	8	18	4	5/8
65	185	145	122	95	94	10	9	16	15	5	5	5	7	8	18	8	5/8
76	200	160	138	106	105	10	9	16	15	5	5	5	7	8	18	8	5/8
(90)	225	180	152	117	116	11	10	18	16	5	5	5	7	8	22	8	3/4
100	235	190	162	129	128	11	10	18	16	5	5	5	10	11	22	8	3/4
125	270	220	188	155	154	12	11	20	18	6	5	5	10	11	25	8	7/8
150	300	250	218	183	182	13	12	20	20	6	6	6	10	11	25	8	7/8
200	360	310	278	239	238	15	13	24	22	7	7	7	10	11	29	12	1
250	425	370	335	292	291	18	15	28	24	9	8	8	10	11	29	12	1
300	485	430	390	343	342	20	16	32	26	9	9	9	10	11	29	16	1
350	555	490	450	395	394	22	17	34	28	10	9	9	13	14	33	16	1 1/8
400	620	550	500	447	446	24	20	36	30	12	10	10	13	14	37	16	1 1/4

1. Для паровой арматуры и трубопроводов чугунные фланцы не должны применяться.

2. Допустимо выполнение фланцев по типу А (см. фигуру) с сохранением размеров, указанных в таблице (при этом размеры D₃, D₄, a₁, a₂, b₁, b₂ исключаются).

3. Размеры b, s, r и r указываются как ориентировочные для чугуно и стального литья.

См. примечание к ОСТ 744.

Ф Л А Н Ц Ы

арматуры и трубопроводов для условных проходов
от 10 до 350 мм включительно

Присоединительные размеры

Давление условное 40 кг/см²

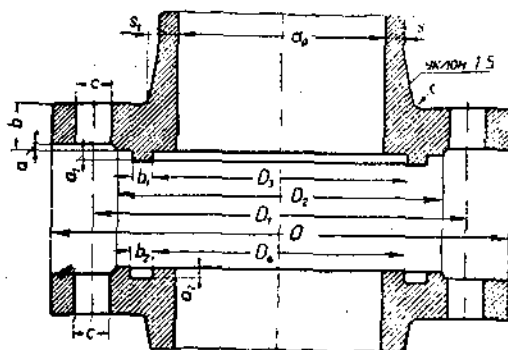
$$P_{\text{усл}} = 40 \text{ кг/см}^2$$

$$P_g = 40 \text{ "}$$

$$P_n = 32 \text{ "}$$

$$P_{n,n} = 25 \text{ "}$$

$$P_{\text{пробн}} = 55 \text{ "}$$



мм

Прокладочный условный проход d_0	D	D_1	D_2	D_3	D_4	s	s_1	r	a	$a_1 = a_2$	b	b_1	b_2	c	Болты	
															количество	диаметр дюймы
10	90	60	—	—	—	6	10	4	—	—	16	—	—	15	4	1/2
13	95	65	—	—	—	6	10	4	—	—	16	—	—	15	4	1/2
19	105	75	55	36	35	6	10	4	2	4	17	7	8	15	4	1/2
25	115	80	65	43	42	7	12	4	2	4	17	7	8	15	4	1/2
32	140	100	78	51	50	7	12	4	2	4	18	7	8	18	4	5/8
38	150	110	88	61	60	8	14	4	3	4	20	7	8	18	4	5/8
50	165	125	102	73	72	8	15	5	3	4	22	7	8	18	4	5/8
65	185	145	122	95	94	9	16	5	3	4	22	7	8	18	8	5/8
76	200	160	138	106	105	10	17	5	3	4	24	7	8	18	8	5/8
(90)	225	180	152	117	116	10	17	5	3	4	24	7	8	22	8	5/8
100	235	190	162	129	128	11	18	6	3	4,5	24	10	11	22	8	7/8
125	270	220	188	155	154	11	20	6	3	4,5	26	10	11	25	8	3/4
150	300	250	218	183	182	12	22	7	3	4,5	28	10	11	25	8	3/4
200	375	320	285	239	238	14	25	8	3	4,5	32	10	11	29	12	1
250	450	385	345	292	291	15	27	8	4	5	36	10	11	33	12	1 1/8
300	515	450	410	343	342	16	29	10	4	5	40	10	11	33	16	1 1/8
350	580	510	465	395	394	18	32	10	4	5	44	13	14	37	16	1 1/4

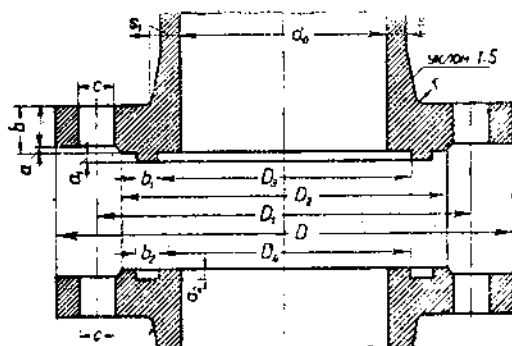
Размеры b , s , s_1 и r указываются как ориентировочные для стаального литья.

См. примечание к ОСТ 744.

Ф Л А Н Ц Ы **арматуры и трубопроводов для условных проходов** **от 10 до 300 мм включительно**

Присоединительные размеры
Давление условное 65 кг/см²

$P_{\text{усл}} = 65 \text{ кг/см}^2$
 $P_6 = 65 \text{ "}$
 $P_n = 52 \text{ "}$
 $P_{n.n} = 40 \text{ "}$
 $P_{\text{пробн}} = 85 \text{ "}$



мм

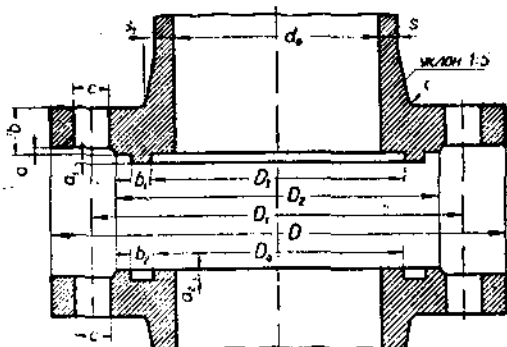
Проход услов- ный d_0	D	D_1	D_2	D_3	D_4	s	s_1	r	a	$a_1 =$ a_2	b	b_1	b_2	c	Болты	
															коли- чество	диа- метр дюймы
10	100	70	—	—	—	8	15	5	—	—	20	—	—	15	4	1/2
13	105	75	—	—	—	8	15	5	—	—	20	—	—	15	4	1/2
19	130	90	68	36	35	9	16	5	2	4	22	7	8	18	4	5/8
25	140	100	78	43	42	9	16	5	2	4	24	7	8	18	4	5/8
32	155	110	85	51	50	9	17	5	2	4	24	7	8	22	4	3/4
38	170	125	98	61	60	9	17	5	3	4	26	7	8	22	4	3/4
50	180	135	108	73	72	10	18	5	3	4	26	7	8	22	4	3/4
65	205	160	130	95	94	10	18	5	3	4	28	7	8	22	8	3/4
76	215	170	142	106	105	11	19	6	3	4	28	7	8	22	8	3/4
(90)	240	190	160	117	116	11	20	6	3	4	28	7	8	25	8	7/8
100	250	200	170	129	128	12	20	6	3	4,5	30	10	11	25	8	7/8
125	295	240	205	155	154	13	23	7	3	4,5	32	10	11	29	8	1
150	345	280	240	183	182	14	26	7	3	4,5	36	10	11	33	8	1 1/8
200	415	345	305	239	238	16	30	8	4	4,5	40	10	11	37	12	1 1/4
250	470	400	365	292	291	19	33	9	4	5	44	10	11	37	12	1 1/4
300	530	460	420	343	342	21	36	10	4	5	48	10	11	37	16	1 1/4

1. Размеры b , s , s_1 и r указываются как ориентировочные для стального лития.

2. Материал болтов должен особо оговариваться во всех случаях, когда температура проводимой среды превышает 100°C.

См. примечание к ОСТ 744.

Ф Л А Н Ц Ы

арматуры и трубопроводов для условных проходов
от 10 до 250 мм включительноПрисоединительные размеры
Давление условное 100 кг/см² $P_{\text{усл}} = 100 \text{ кг/см}^2$ $P_a = 100$ " $P_n = 80$ " $P_{\text{н.н}} = 64$ " $P_{\text{пробн}} = 125$ "

мм

Проход услов- ный d^0	D	D_1	D_2	D_3	D_4	s	s_1	r	a	$a_1 = a_2$	b	b_1	b_2	c	Болты	
															коли- чество	диам- метр дюймы
10	100	70	—	—	—	10	16	4	—	—	20	—	—	15	4	1/2
13	105	75	—	—	—	10	16	4	—	—	20	—	—	15	4	1/2
19	130	90	68	36	35	11	16	5	2	4	22	7	8	18	4	5/8
25	140	100	78	43	42	11	18	5	2	4	24	7	8	18	4	5/8
32	155	110	85	51	50	11	18	5	2	4	24	7	8	22	4	3/4
38	170	125	98	61	60	11	18	6	3	4	26	7	8	22	4	3/4
50	195	145	112	73	72	12	21	6	3	4	28	7	8	25	4	7/8
65	220	170	130	95	94	13	22	6	3	4	28	7	8	25	8	7/8
76	230	180	142	106	105	14	23	7	3	4	30	7	8	25	8	7/8
(90)	255	200	160	117	116	14	23	7	3	4	32	7	8	29	8	1
100	265	210	170	129	128	15	25	7	3	4,5	34	10	11	29	8	1
125	315	250	205	155	154	16	28	8	3	4,5	36	10	11	33	8	1 1/8
150	355	290	240	183	182	18	32	9	3	4,5	42	10	11	33	12	1 1/8
200	430	360	320	239	238	21	38	10	4	4,5	50	10	11	37	12	1 1/4
250	515	430	380	292	291	25	44	12	4	5	58	10	11	44	12	1 1/2

1. Размеры b , s , s_1 и r указываются как ориентировочные для стального литья.

2. Материал болтов должен особо оговариваться во всех случаях, когда температура проводимой среды превышает 100°C.

См. примечание к ОСТ 744.

ПРИПОИ ОЛОВЯНИСТО-СВИНЦОВЫЕ

Настоящий стандарт распространяется на сплавы олова со свинцом, применяемые в качестве припоев и содержащие олова в пределах от 25 до 90%; остальное—свинец.

В зависимости от химического состава устанавливаются следующие марки оловянисто-свинцовых припоев:

Марки и их обо- значения	Химический состав %					Примерное назначение
	Sn		Примеси		Pb	
	норм. состав	до- пуск	Sb не более	всего не более		
ПОС 25	25	±1	1,5	2	Ос- таль- ное	Для пайки свинцовых труб и т. п.
ПОС 33	33	±1	1,5	2	То же	Для пайки цинковых и оцинкованных ли- стов, кабельных сви- нцовых пластин. Для пайки в строительном и жестяном деле
ПОС 50	50	±1	1,5	2	То же	Для пайки листов из латуни и белой жести; для электротехниче- ских целей, — например, в производстве электро- счетчиков
ПОС 64	64	±1	1,5	2	То же	Для легкоплавких ме- таллических предметов
ПОС 90	60	±1	1,5	2	То же	Для особого употре- бления, обусловленного гигиеническими и ме- дицинскими требова- ниями; для пищевой промышленности

Примечание. Обозначение отдельных марок оловянисто-свинцовых припоев произведено по содержанию в нем олова: знак П означает слово припой, знак ОС оловянисто-свинцовый, цифра—процент олова.

ПРИПОИ МЕДНО-ЦИНКОВЫЕ

Настоящий стандарт распространяется на сплавы меди с цинком, применяемые в качестве припоев и содержащие медь в пределах 36—65%; остальное—цинк.

В зависимости от химического состава устанавливаются следующие марки припоев:

Марки и их обо- значения	Химический состав						Примерное назначение
	Sn		Примеси			Pb	
	норм. состав	до- пуск	Sb не более	Pb не более	всего не более		
ПМЦ 36	36	±2	0,05	0,5	1,5	Оста- льное	Для пайки латуни, содержащей 60% и более меди
ПМЦ 42	42	±2	0,05	0,5	1,5	То же	
ПМЦ 51	51	±2	0,05	0,4	1,5	То же	Для пайки латуни и медных сплавов, со- держащих меди 67% и выше, а также для меди и бронзы
ПМЦ 65	65	±2	0,05	0,5	1,5	То же	Для пайки железа

Примечание. Обозначение отдельных марок медно-цинковых припоев произведено по содержанию наиболее ценной составной части—меди; знак П означает слово припой, знак МЦ — медно-цинковый, цифра — процент меди.

Листы красной меди повышенной точности прокатки

СОРТАМЕНТ

Допускаемые отклонения по толщине

мм

Толщина	Ширина и длина				Теоретический вес 1 м ² , кг
	600 × × 1 500	(600 × × 2 000)	710 × × 1 410	1 000 × × 2 000	
0,20	± 0,03	± 0,03	—	—	1,78
0,25	± 0,03	± 0,03	—	—	2,23
0,30	± 0,03	± 0,03	—	—	2,67
0,35	± 0,03	± 0,03	—	—	3,12
0,40	± 0,04	± 0,04	± 0,05	—	3,56
0,45	± 0,04	± 0,04	± 0,05	—	4,01
0,50	± 0,04	± 0,04	± 0,05	—	4,45
0,60	± 0,05	± 0,05	± 0,06	—	5,34
0,70	± 0,05	± 0,05	± 0,06	—	6,23
0,80	± 0,05	± 0,05	± 0,06	± 0,08	7,12
0,90	± 0,06	± 0,06	± 0,08	± 0,08	8,01
1,00	± 0,06	± 0,06	± 0,08	± 0,10	8,90
1,20	± 0,06	± 0,06	± 0,08	± 0,10	10,68
1,50	± 0,08	± 0,08	± 0,10	± 0,12	13,35
1,80	± 0,08	± 0,08	± 0,10	± 0,12	16,02
2,00	± 0,08	± 0,08	± 0,10	± 0,15	17,80
2,50	± 0,10	± 0,10	± 0,12	± 0,15	22,25
3,00	± 0,10	± 0,10	± 0,12	± 0,15	26,70
3,50	—	—	± 0,14	± 0,15	31,15
4,00	—	—	± 0,14	± 0,18	35,60
5,00	—	—	± 0,15	± 0,18	44,50
6,00	—	—	± 0,15	± 0,22	53,40
7,00	—	—	± 0,18	± 0,22	62,30
8,00	—	—	± 0,18	± 0,25	71,20
9,00	—	—	± 0,20	± 0,25	80,10
10,00	—	—	± 0,20	± 0,25	89,00

1. Допускаемые отклонения по ширине и длине листов ± 5 мм.

2. Материалы — по ОСТ 308.

3. Технические условия будут разработаны дополнительно.

4. Теоретический вес листов взят по удельному весу 8,9.

5. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии ближе 100 мм от угла листа и 40 мм от края листа.

6. Размеры, указанные в скобках, по возможности не применять.

7. Пример обозначения листов красной меди марки М4 повышенной точности прокатки при толщине 0,5 мм, ширине 600 мм и длине 1500 мм:

Листы М4—0,5 × 600 × 1500 ОСТ 2561.

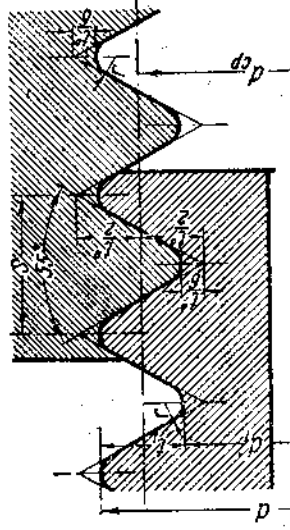
РЕЗЬБА ТРУБНАЯ

Цилиндрическая

$$s = \frac{25,4}{n} = \frac{127}{n_1} \text{ мм}$$

n — число ниток на 1"

n_1 — число ниток на 127 мм



$$t_0 = 0,96019 \cdot s$$

$$t_1 = 0,64031 \cdot s$$

$$r = 0,18733 \cdot s$$

мм

Обозначение резьбы дюймы	Диаметр резьбы			Шаг резьбы s	Глубина резьбы t_1	Радиус r	Число ниток	
	наружный d	внутренний d_1	средний d_{cp}				на 1"	на 127 мм n_1
$\frac{1}{8}$	9,729	8,567	9,148	0,907	0,581	0,125	28	140
$\frac{1}{4}$	13,158	11,446	12,302	1,337	0,856	0,184	19	95
$\frac{3}{8}$	16,663	14,951	15,807	1,337	0,856	0,184	19	95
$\frac{1}{2}$	20,956	18,632	19,794	1,814	1,162	0,249	14	70
$\frac{3}{4}$	27,912	20,588	21,750	1,814	1,162	0,249	14	70
$\frac{1}{2}$	26,442	24,119	25,281	1,814	1,162	0,249	14	70
$\frac{3}{4}$	30,202	27,878	29,040	2,309	1,479	0,317	11	55
1	38,250	30,293	31,771	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{1 1}{8}$	37,898	34,941	36,420	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{1 1}{4}$	41,912	38,954	40,433	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{1 3}{8}$	44,325	41,367	42,846	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{1 1}{2}$	47,805	44,847	46,326	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{1 3}{4}$	53,748	50,791	52,270	2,309	1,479	0,317	11	55
2	59,616	56,659	58,137	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{2 1}{4}$	65,712	62,755	64,234	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{2 3}{8}$	75,187	72,230	73,708	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{2 1}{2}$	81,537	78,580	80,058	2,309	1,479	0,317	11	55
3	87,887	84,930	86,409	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{3 1}{4}$	93,984	91,026	92,505	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{3 1}{2}$	100,334	97,376	98,855	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{3 3}{4}$	106,684	103,727	105,205	2,309	1,479	0,317	11	55
4	113,034	110,077	111,556	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{4 1}{4}$	125,735	122,777	124,256	2,309	1,479	0,317	11	55
5	138,435	135,478	136,957	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{5 1}{4}$	151,136	148,178	149,657	2,309	1,479	0,317	11	55
$\frac{5 1}{2}$	163,836	160,879	162,357	2,309	1,479	0,317	11	55
6	189,237	185,984	187,611	2,309	1,479	0,317	11	55
7	214,638	211,385	213,012	2,309	1,479	0,317	11	55
8	240,039	236,786	238,412	2,309	1,479	0,317	11	55
9	265,440	262,187	263,818	2,309	1,479	0,317	11	55
10	290,841	286,775	288,808	2,309	1,479	0,317	11	55
11	316,242	312,176	314,209	2,309	1,479	0,317	11	55
12	347,485	343,419	345,452	2,309	1,479	0,317	11	55
13	372,886	368,820	370,853	2,309	1,479	0,317	11	55
14	398,287	394,221	396,254	2,309	1,479	0,317	11	55
15	423,688	419,622	421,655	2,309	1,479	0,317	11	55
16	449,089	445,023	447,056	2,309	1,479	0,317	11	55
17	474,490	470,424	472,457	2,309	1,479	0,317	11	55
18								

1. Дюйм принят равным 25,4 мм.

2. Диаметров резьбы, обозначение которой поставлено в скобки, по возможности не применять.

3. Пример обозначения трубной цилиндрической резьбы $2\frac{1}{2}''$; $2\frac{1}{2}$ труб*.

4. Данная таблица трубной резьбы заменяет все встречающиеся в промышленности СССР варианты цилиндрической трубной резьбы, имевшей наименование „резьба газовая“.

Листы красной меди обычной точности прокатки
СОРТАМЕНТ

Допускаемые отклонения по толщине

мм

Толщина	Ширина и длина					Теоретич. вес 1 м ² кг
	600 × × 1 500	710 × × 1 410	1 000 × × 2 000	1 200 × × 3 600	1 800 × × 3 600	
0,40	± 0,05	± 0,06	—	—	—	3,56
0,50	± 0,05	± 0,06	—	—	—	4,45
0,60	± 0,06	± 0,08	—	—	—	5,34
0,70	± 0,06	± 0,08	—	—	—	6,23
0,80	± 0,06	± 0,08	± 0,10	—	—	7,12
0,90	± 0,08	± 0,10	± 0,10	—	—	8,01
1,00	± 0,08	± 0,10	± 0,10	—	—	8,90
1,20	± 0,08	± 0,10	± 0,10	—	—	10,68
1,50	± 0,10	± 0,12	± 0,12	± 0,18	—	13,35
1,80	± 0,10	± 0,12	± 0,12	± 0,18	—	16,02
2,00	± 0,10	± 0,12	± 0,15	± 0,18	—	17,80
2,50	± 0,12	± 0,14	± 0,15	± 0,18	—	22,25
3,00	± 0,12	± 0,14	± 0,18	± 0,20	—	26,70
3,50	—	± 0,16	± 0,18	± 0,20	—	31,15
4,00	—	± 0,16	± 0,22	± 0,20	—	35,60
5,00	—	± 0,20	± 0,22	± 0,25	± 0,30	44,50
6,00	—	± 0,20	± 0,25	± 0,25	± 0,30	53,40
7,00	—	± 0,25	± 0,25	± 0,25	± 0,30	62,30
8,00	—	± 0,25	± 0,25	± 0,25	± 0,35	71,20
9,00	—	± 0,25	± 0,30	± 0,35	± 0,35	80,10
10,00	—	± 0,25	± 0,30	± 0,35	± 0,35	89,00

1. Допускаемые отклонения: по ширине ± 10 мм
по длине $+15$ —
 -5 —

2. Материалы — по ОСТ 308.

3. Технические условия будут разработаны дополнительно.

4. Теоретический вес листов взят по удельному весу 8,9.

5. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 мм от угла листа и 40 мм от края листа.

6. Пример обозначения листов красной меди марки М-4 обычной точности прокатки при толщине 0,6 мм, ширине 710 мм и длине 1 410 мм:
Листы М4-0,6 × 710 × 1 410 ОСТ 2562.

Листы латунные обычной точности прокатки
СОРТАМЕНТДопускаемые отклонения по толщине
мм

Толщина	Ширина и длина			Теоретический вес 1 м ² кг
	600 × 1 500	710 × 1 410	1 000 × 2 000	
0,20	± 0,04	—	—	1,70
0,25	± 0,04	—	—	2,13
0,30	± 0,04	—	—	2,55
0,35	± 0,04	—	—	2,98
0,40	± 0,05	± 0,06	—	3,40
0,50	± 0,05	± 0,06	—	4,25
0,60	± 0,06	± 0,08	—	5,10
0,70	± 0,06	± 0,08	—	5,95
0,80	± 0,06	± 0,08	—	6,80
0,90	± 0,08	± 0,10	—	7,65
1,00	± 0,08	± 0,10	± 0,12	8,50
1,20	± 0,08	± 0,10	± 0,12	10,20
1,50	± 0,10	± 0,12	± 0,14	12,75
1,80	± 0,10	± 0,12	± 0,14	15,30
2,00	± 0,10	± 0,12	± 0,14	17,00
2,50	± 0,12	± 0,14	± 0,16	21,25
3,00	± 0,12	± 0,14	± 0,16	25,20
3,50	± 0,14	± 0,16	± 0,20	29,75
4,00	± 0,14	± 0,16	± 0,20	34,00
5,00	± 0,16	± 0,20	± 0,25	42,50
6,00	± 0,16	± 0,20	± 0,25	51,00
7,00	± 0,18	± 0,25	± 0,30	59,50
8,00	± 0,18	± 0,25	± 0,30	68,00
9,00	± 0,20	± 0,25	± 0,30	76,50
10,00	± 0,20	± 0,25	± 0,30	85,00

1. Допускаемые отклонения: по ширине ±10 мм, по длине +15 мм и —5 мм.

2. Материалы — латунь марок Л62 и Л59 по ОСТ 312.

Листы алюминиевые

СОРТАМЕНТ

Допускаемые отклонения по толщине
мм

Толщина	Ширина и длина				Теоретический вес 1 м ² , кг
	600 × 1 500	710 × 1 410	1 000 × 2 000	500 × 2 000	
0,3	—	—	—	± 0,05	0,82
0,4	—	—	—	± 0,05	1,09
0,5	± 0,04	± 0,05	—	—	1,37
0,6	± 0,05	± 0,06	—	—	1,64
0,7	± 0,05	± 0,06	—	—	1,91
0,8	± 0,05	± 0,06	—	—	2,18
0,9	± 0,06	± 0,08	—	—	2,46
1,0	± 0,06	± 0,08	± 0,08	—	2,73
1,2	± 0,06	± 0,08	± 0,08	—	3,28
1,5	± 0,08	± 0,10	± 0,10	—	4,10
(1,8)	± 0,08	± 0,10	± 0,10	—	4,91
2,0	± 0,08	± 0,10	± 0,12	—	5,46
2,5	± 0,10	± 0,12	± 0,12	—	6,83
3,0	± 0,10	± 0,12	± 0,15	—	8,19
3,5	± 0,12	± 0,14	± 0,15	—	9,56
4,0	± 0,12	± 0,14	± 0,18	—	10,92
5,0	± 0,14	± 0,16	± 0,18	—	13,65
6,0	± 0,14	± 0,16	± 0,22	—	16,38
7,0	± 0,16	± 0,18	± 0,22	—	19,11
8,0	± 0,16	± 0,18	± 0,25	—	21,84
9,0	± 0,18	± 0,20	± 0,25	—	24,57
10,0	± 0,18	± 0,20	± 0,25	—	27,30

1. Допускаемые отклонения по ширине и длине листов +5 мм.

Примечание. Для Авинообъединения устанавливается только односторонний допуск +10 мм.

2. Технические условия и классификация будут разработаны дополнительно.

3. Измерение толщины листов должно производиться на расстоянии не ближе 100 мм от угла листа и 40 мм от края листа.

4. Теоретический вес листа взят по удельному весу 2,73.

5. Размер, указанный в скобках, по возможности не применять.

6. Пример обозначения листов алюминиевых толщиной 0,8 мм, шириной 600 мм и длиной 1 500 мм:

ЛИСТЫ АЛ-0,8 × 600 × 1 500 ОСТ 2557.

ФЛАНЦЫ

арматуры и трубопроводов для условных проходов
от 10 до 500 мм включительно

Присоединительные размеры

Давление условное 16 кг/см²

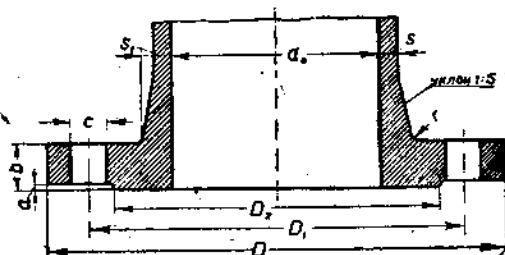
$$P_{\text{усл}} = 16 \text{ кг/см}^2$$

$$P_a = 16 \text{ "}$$

$$P_n = 13 \text{ "}$$

$$P_{n,n} = 10 \text{ "}$$

$$P_{\text{пробн}} = 24 \text{ "}$$



мм

Проход услов- ный d_0	D	D_1	D_2	s	s_1	r	a	b	c	Болты	
										коли- чество	диа- метр дюймы
10	90	60	—	6	10	3	—	14	15	4	1/2
13	95	65	—	6	10	4	—	14	15	4	1/2
19	105	75	58	7	11	4	2	16	15	4	1/2
25	115	85	68	7	11	4	2	16	15	4	1/2
32	140	100	78	7	11	4	3	18	18	4	5/8
38	150	110	88	8	13	4	3	18	18	4	5/8
50	165	125	102	8	13	4	3	20	18	4	5/8
65	185	145	122	9	14	4	3	20	18	4	5/8
76	200	160	138	9	15	4	3	22	18	8	5/8
(90)	210	170	148	9	15	5	3	24	18	8	5/8
100	220	180	158	10	16	5	3	24	18	8	5/8
125	250	210	188	11	16	5	3	26	18	8	5/8
150	285	240	212	11	18	5	3	28	22	8	3/4
200	340	295	268	12	20	6	3	30	22	12	3/4
250	405	355	320	14	22	7	4	32	25	12	7/8
300	460	410	378	15	24	8	4	32	25	12	7/8
350	520	470	438	16	26	8	4	36	25	16	7/8
400	580	525	490	18	28	9	4	38	29	16	1
450	640	585	550	19	30	9	4	40	29	20	1
500	715	650	610	21	32	10	4	42	33	20	1 1/8

1. Чугунные фланцы применимы для паровой арматуры и паропроводов при условных проходах не свыше 200 мм.

2. Размеры b , s , s_1 и r указываются как ориентировочные для чугунного и стального литья.

См. примечание к ОСТ 744.

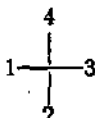
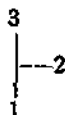
Ко всем приводимым ниже ОСТ соединительных частей (фиттингов) для трубопроводов необходимо иметь в виду следующие общие примечания:

- 1) всюду резьба трубная — по ОСТ 266;
- 2) поставка всех частей ковкого чугуна — в очищенном (в барабане или пескоструйке) виде без какой-либо отделки;
- 3) цинкование и лужение всех частей как ковкого чугуна, так и железных, — по соглашению;
- 4) технические условия для:
 - а) частей ковкого чугуна см. ОСТ 753;
 - в) частей железных см. ОСТ 3358;
- 5) ОСТ всех приведенных частей:

а) утверждены Комитетом по стандартизации при СТО 12 ноября 1929 г. как обязательные с 1 октября 1931 г. } для всех частей ковкого чугуна;

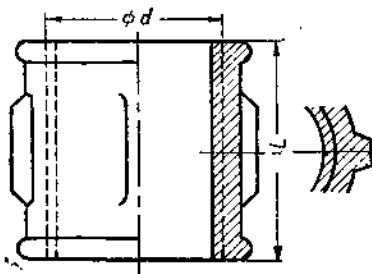
в) утверждены Комитетом по стандартизации при Госплане 25 июля 1931 г. как обязательные с 1 января 1932 г. } для частей железных.

При условном обозначении тройников и крестовин имеется в виду следующий порядок:



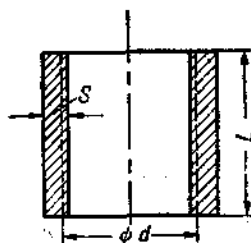
Общесоюзный стандарт

Соединительные части (фиттинги)
для трубопроводов



Муфты прямые ковкого чугуна
ОСТ 769

Пример условного обозначения:
„Муфта 2" к. ч. ОСТ 769“



Муфты прямые железные
ОСТ 3363

Пример условного обозначения:
„Муфта 2" жел. ОСТ 3363“

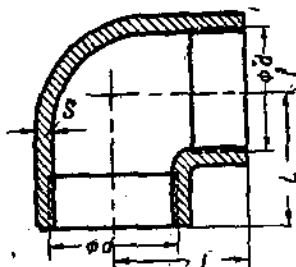
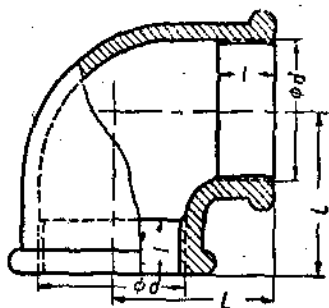
М.М.

Общее			Муфты по ОСТ 769			Муфты по ОСТ 3363				
Номинальный размер дюймы	Условный проход	Резьба	L	Число ребер	$P_{усл}$ кг/см ²	L	$s \approx$	Вес 1 шт. (ориентировочно) кг	$P_{усл}$ кг/см ²	
		d дюймы								
$1/4$	6	$1/4$ труб.	26	2	16	25	4	0,030	16	
$3/8$	10	$3/8$ "	30	2	16	30	4	0,038	16	
$1/2$	13	$1/2$ "	34	2	16	35	5	0,066	16	
$3/4$	19	$3/4$ "	38	2	16	40	5	0,11	16	
1	25	1 "	42	4	16	40	6	0,19	16	
$1 1/4$	32	$1 1/4$ "	48	4	16	45	6	0,24	16	
$1 1/2$	38	$1 1/2$ "	52	4	16	50	7	0,45	16	
2	50	2 "	56	6	10	60	7	0,63	16	
$2 1/2$	65	$2 1/2$ "	64	6	10	65	8	1,1	16	
3	76	3 "	70	6	10	70	8	1,3	16	
$(3 1/2)$	(90)	$3 1/2$ "	76	6	10	—	—	—	—	
4	100	4 "	84	6	10	90	10	2,3	16	
5	125	5 "	—	—	—	90	10	3,3	16	
6	150	6 "	—	—	—	110	12	5,7	16	
8	200	8 "	—	—	—	120	14	9,4	16	

* — толщина заготовки.

Общесоюзный стандарт

Соединительные части (фиттинги)
для трубопроводов



Угольники прямые ковкого чугуна
ОСТ 755

Пример условного обозначения:
„Угольник 2" к. ч. ОСТ 755“

Угольники прямые железные
ОСТ 3359

Пример условного обозначения:
„Угольник 2" жел. ОСТ 3359“

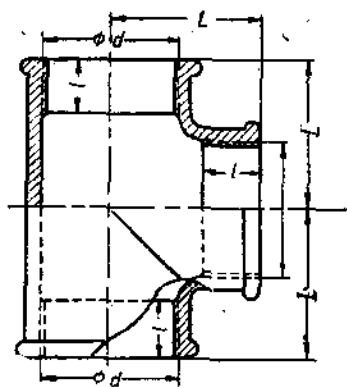
мм

Общее				Угольники по ОСТ 755		Угольники по ОСТ 3359				
Номинальный размер дюймов	Условные проходы	Резьба		L	P _{усл} кг/см ²	L	s ≈	Вес. 1 шт. (ориентировочно) кг	P _{усл} кг/см ²	
		d дюймы	l							
1/4	6	1/4	труб.	10	24	16	22	4	0,058	16
3/8	10	3/8	"	12	28	16	25	4	0,078	16
1/2	13	1/2	"	14	32	16	30	5	0,13	16
3/4	19	3/4	"	16	36	16	35	5	0,2	16
1	25	1	"	18	40	16	40	6	0,34	16
1 1/4	32	1 1/4	"	20	46	16	50	6	0,5	16
1 1/2	38	1 1/2	"	22	52	16	55	7	0,7	16
2	50	2	"	24	60	10	65	7	1	16
2 1/2	65	2 1/2	"	27	72	10	80	8	1,9	16
3	76	3	"	30	82	10	90	8	3	16
(3 1/2)	(90)	3 1/2	"	32	90	10	—	—	—	—
4	100	4	"	36	100	10	110	10	5,9	16
5	125	5	"	38	—	—	125	10	9,3	16
6	150	6	"	42	—	—	150	12	14	16
8	200	8	"	48	—	—	190	14	25	16

1. Размеры в скобках по возможности не применять.
2. l — наименьшая длина резьбы с полным профилем (для ОСТ 3359).
3. s — толщина заготовки.

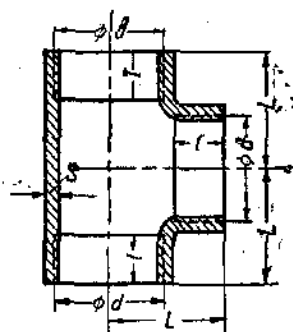
Общесоюзный стандарт

Соединительные части (фиттинги)
для трубопроводов



Тройники прямые ковкого чугуна
ОСТ 757

Пример условного обозначения:
„Тройник 3" к. ч. ОСТ 757"



Тройники прямые железные
ОСТ 3360

Пример условного обозначения:
„Тройник 2" жел. ОСТ 3360"

мм

Общее				Тройники по ОСТ 757		Тройники по ОСТ 3360			
Номи- нальный размер дюймы	Услов- ный про- ход	Резьба		L	P _{усл} кг/см ²	L	s ≈	Вес 1 шт. (ориенти- ровочно) кг	P _{усл} кг/см ²
		d дюймы	l						
1/4	6	1/4 труб.	10	24	16	22	4	0,061	16
3/8	10	3/8 "	12	28	16	25	4	0,082	16
1/2	13	1/2 "	14	32	16	30	5	0,14	16
3/4	19	3/4 "	16	36	16	35	5	0,21	16
1	25	1 "	18	40	16	40	5	0,41	16
1 1/4	32	1 1/4 "	20	46	16	50	6	0,62	16
1 1/2	38	1 1/2 "	22	52	16	55	6	0,85	16
2	50	2 "	24	60	10	65	7	1,2	16
2 1/2	65	2 1/2 "	27	72	10	80	7	2,5	16
3	76	3 "	30	82	10	90	8	3,5	16
(3 1/2)	(90)	3 1/2 "	32	90	10	—	—	—	—
4	100	4 "	36	100	10	110	10	7,0	16
5	125	5 "	38	—	—	125	10	10	16
6	150	6 "	42	—	—	150	12	15	16
8	200	8 "	48	—	—	190	14	25	16

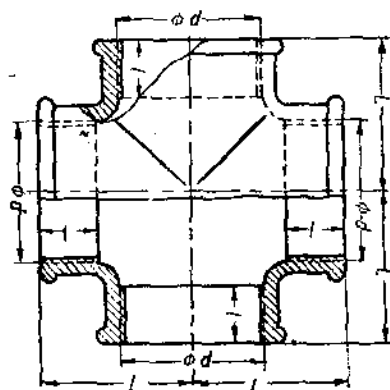
1. Размер в скобках по возможности не применять.

2. l — наименьшая длина резьбы с полным профилем (для ОСТ 3360).

3. s — толщина заготовки.

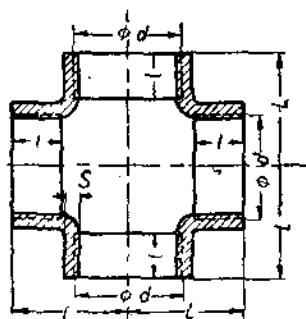
Общесоюзный стандарт

Соединительные части (Фиттинги)
для трубопроводов



Кресты прямые ковкого чугуна
ОСТ 763

Пример условного обозначения:
„Крест 2" к. ч. ОСТ 763“



Кресты прямые железные
ОСТ 3362

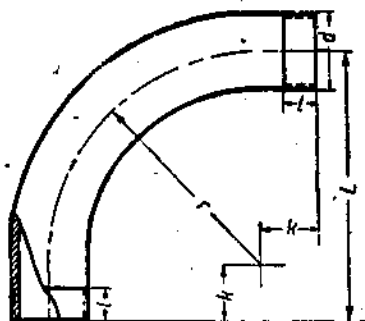
Пример условного обозначения:
„Крест 2" жел. ОСТ 3362“

М.М.

Общие				Кресты по ОСТ 763		Кресты по ОСТ 3362				
Номинальный размер дюймы	Условный проход	Резьба		L	Р _{усл} кг/см ²	L	s ≈	Вес 1 шт. (ориентировочно) кг	Р _{усл} кг/см ²	
		d дюймы	l							
(1/4)	6	1/4	труб.	10	24	16	—	—	—	—
(3/8)	10	3/8	"	12	28	16	—	—	—	—
1/2	13	1/2	"	14	32	16	30	5	0,17	16
3/4	19	3/4	"	16	36	16	35	5	0,30	16
1	25	1	"	18	40	16	40	6	0,44	16
1 1/4	32	1 1/4	"	20	46	16	50	6	0,66	16
1 1/2	38	1 1/2	"	22	52	16	55	7	0,93	16
2	50	2	"	24	60	10	65	7	1,3	16
2 1/2	65	2 1/2	"	27	72	10	80	8	2,9	16
3	76	3	"	30	82	10	90	8	4,1	16
(3 1/2)	(90)	3 1/2	"	32	90	10	—	—	—	—
4	100	4	"	36	100	10	110	10	7,7	16

1. Размеры в скобках по возможности не применять.
2. l — наименьшая длина резьбы с полным профилем (для ОСТ 3362).
3. s — толщина заготовки.

Соединительные части (фиттинги)
железные для трубопроводов
ОТВОДЫ



Пример условного обозначения:

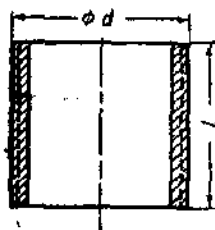
„Отвод 2" жел. ОСТ 3367“

мм

Номи- нальный размер дюймы	Резьба			$r_{\text{наим}}$	k	L	Вес 1 шт. (ориенти- ровочно) кг
	d дюймы	l	Наименьшая длина с полным профилем				
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$ труб.	13	10	40	20	60	0,064
$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$ "	15	12	50	22	72	0,010
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ "	18	14	60	25	85	0,18
$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$ "	20	16	80	30	110	0,30
1	1 "	23	18	100	35	135	0,55
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$ "	25	20	125	35	160	0,83
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ "	27	22	150	40	190	1,2
2	2 "	29	24	180	45	225	1,8
$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$ "	32	27	220	50	270	2,9
3	3 "	35	30	260	60	320	4,4
4	4 "	41	36	340	70	410	7,3
5	5 "	43	38	410	90	500	12
6	6 "	47	42	500	100	600	18
8	8 "	53	48	650	130	780	43

$P_{\text{усл}} = 16 \text{ кг/см}^2$

Соединительные части (фитинги)
железные для трубопроводов
НИППЕЛЯ



Пример условного обозначения:
„Ниппель 2" жел. ОСТ 3365“

мм

Номи- нальный размер дюймы	Условные проходы	Резьба	L	Вес 1 шт. (ориенти- ровочно) кг
		d дюймы		
1/4	6	1/4 труб	20	0,012
3/8	10	3/8 "	24	0,020
1/2	13	1/2 "	28	0,035
3/4	19	3/4 "	32	0,052
1	25	1 "	36	0,087
1 1/4	32	1 1/4 "	40	0,13
1 1/2	38	1 1/2 "	44	0,17
2	50	2 "	48	0,23
2 1/2	65	2 1/2 "	55	0,37
3	76	3 "	60	0,50
4	100	4 "	72	0,78
5	125	5 "	75	1,1
6	150	6 "	85	1,5

$$P_{\text{усл}} = 16 \text{ кг/см}^2$$

Соединительные части (фиттинги)
железные для трубопроводов
СГОНЫ



Пример условного обозначения:
„Сгон 2" жел. ОСТ 3368“

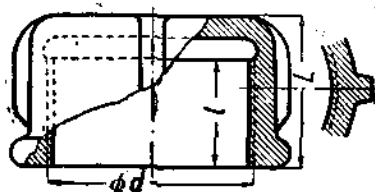
мм

Номи- нальный размер дюймы	Условный проход	Резьба			L	Вес 1 шт. (ориенти- ровочно) кг
		d дюймы	l ₁	l ₂		
1/4	6	1/4 труб.	13	38	80	0,050
3/8	10	3/8 "	15	42	90	0,074
1/2	13	1/2 "	18	50	100	0,12
3/4	19	3/4 "	20	60	110	0,18
1	25	1 "	23	65	120	0,29
1 1/4	32	1 1/4 "	25	70	130	0,41
1 1/2	38	1 1/2 "	27	75	140	0,54
2	50	2 "	29	85	155	0,76
2 1/2	65	2 1/2 "	32	90	170	1,1
3	76	3 "	35	100	185	1,5

$$P_{\text{вел}} = 16 \text{ кг/см}^2$$

Соединительные части (фиттинги) ковкого чугуна
для трубопроводов

КОЛПАКИ



Пример условного обозначения:

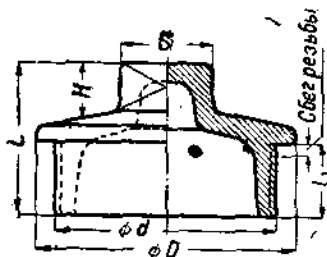
„Колпак 2" к. ч. ОСТ 775“

мм

Номиналь- ный размер дюймы	Резьба		L	Число ребер	Р _{усл} кг/см ²
	d дюймы	l			
1/2	1/2 труб.	16	22	2	16
3/4	3/4 "	16	24	2	16
1	1 "	18	26	4	16
1 1/4	1 1/4 "	20	30	4	16
1 1/2	1 1/2 "	22	32	4	16
2	2 "	24	34	6	10

Соединительные части (фиттинги) ковкого чугуна
для трубопроводов

ПРОБКИ



Пример условного обозначения:

„Пробка 2” к. ч. ОСТ 776”

мм

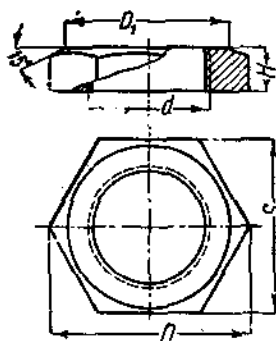
Номи- нальный размер дюймы	Резьба		L	D	Размер „под ключ”		H	Р _{усл} кг/см ²
	d	l ₁			S _{номинал} = S _{наиб}	S _{наим}		
1/4	1/4 труб.	13	22	20	9	8,6	6	16
3/8	3/8 "	15	26	25	11	10,6	7	16
1/2	1/2 "	18	30	30	14	13,5	7	16
3/4	3/4 "	20	35	38	17	16,5	9	16
1	1 "	23	40	45	19	18,5	10	16
1 1/4	1 1/4 "	25	45	55	22	21,4	12	16
1 1/2	1 1/2 "	27	58	62	22	21,4	12	16
2	2 "	29	52	75	27	26,4	14	10
2 1/2	2 1/2 "	32	58	92	32	31,4	16	10
3	3 "	35	65	105	36	35,2	18	10
(3 1/2)	3 1/2 "	37	70	120	41	40,2	20	10
4	4 "	41	76	135	46	45,2	22	10

1. Размер в скобках по возможности не применять.

2. Размеры s по ОСТ 95а и 95б — допуски для черных изделий.

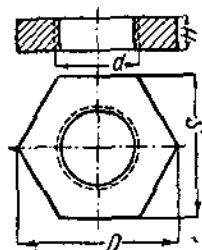
Общесоюзный стандарт

Соединительные части (фиттинги) для трубопроводов



Контргайки ковкого чугуна¹

ОСТ 774



Контргайки железные²

ОСТ 3366

Пример условного обозначения:

„Контргайка 2" к. ч. ОСТ 774“¹

Пример условного обозначения:

„Контргайка 2" жел. ОСТ 3366“²

мм

Общее		Контргайки по ОСТ 774					Контргайки по ОСТ 3366				
Номинальный размер, дюймы	Резьба d дюймы	H	Размер „под ключ“		D	D_1	H	Размер „под ключ“		D	Вес 1 шт. (ориентиро- вочно) кг
			$s_{\text{номин}} = s_{\text{наиб}}$	$s_{\text{наим}}$				$s_{\text{номин}} = s_{\text{наиб}}$	$s_{\text{наим}}$		
(1/4)	1/4 труб.	6	22	21,4	25,4	20	6	22	21,4	—	—
(3/8)	3/8 "	6	27	26,4	31,2	25	6	27	26,4	—	—
(1/2)	1/2 "	8	32	31,4	36,9	30	8	32	31,4	—	—
3/4	3/4 "	10	36	35,2	41,6	33	8	41	40,2	—	—
1	1 "	11	46	45,2	53,1	43	10	46	45,2	—	—
1 1/4	1 1/4 "	12	55	54	63,5	52	10	55	54	—	—
1 1/2	1 1/2 "	14	60	59	69,3	56	10	60	59	—	—
2	2 "	14	75	74	86,5	70	10	75	74	—	—
2 1/2	2 1/2 "	16	95	93,8	110	90	12	95	93,8	—	—
3	3 "	20	105	103,6	121	100	12	105	103,6	—	—
(3 1/2)	3 1/2 "	20	120	118,6	139	115	—	—	—	—	—
4	4 "	22	135	133,4	156	128	14	135	133,4	—	—

Размеры в скобках по возможности не применять.

¹ Размеры s по ОСТ 95а и 95б — допуски для черных изделий.

² Обрабатывать только одну из торцевых плоскостей.

Трубы стальные качественные бесшовные
под резьбу

СОРТАМЕНТ

Резьба трубная дюймы	Условный проход	Наружный диаметр	Наименьшая толщина стенки
$\frac{1}{4}$	6	13,5	2,75
$\frac{3}{8}$	10	17	2,75
$\frac{1}{2}$	13	21,25	3,25
($\frac{5}{8}$)	(16)	23,50	3,5
$\frac{3}{4}$	19	26,75	3,5
1	25	33,5	4
$1\frac{1}{4}$	32	42,25	4
$1\frac{1}{2}$	38	48	4,25
2	50	60	4,5
$2\frac{1}{2}$	65	75,5	4,5
3	76	88,5	4,75
$3\frac{1}{2}$	(90)	101	5
4	100	114	5
5	125	140	5,5
6	150	165	5,5

1. Наружные диаметры труб те же, что у газовых труб по ОСТ 5095 и 5096.

2. Трубы $\frac{5}{8}$ " только для судостроения.

3. Трубы $3\frac{1}{2}$ " по возможности не применять.

4. Рекомендуемые толщины стенок труб при разных давлениях и температурах см. в приложении (стр. 505).

5. Трубы поставляются нормально без резьбы. По заказу трубы изготавливаются с нарезанными концами. Резьба трубная по ОСТ 266 цилиндрическая или конусная (см. ОСТ 5096).

6. Нормальная длина труб 4—7 м. Поставка труб определенной длины оговаривается заказом.

7. Условные проходы — по ОСТ 740.

8. Материал: сталь 35—46 кг/мм².

Рекомендуемые толщины стенок качественных
стальных труб под резьбу

Приложение к ОСТ 6160

Резьба трубная дюймов	Условные проходы	Наружные диаметры мм	Условное давление, кг/см ²									
			до 40		50		64		80		100	
			Рабочее давление									
			$P_s - 40$		$P_s - 50$		$P_s - 64$		$P_s - 80$		$P_s - 100$	
			$P_n - 32$		$P_n - 40$		$P_n - 50$		$P_n - 64$		$P_n - 80$	
			$P_{n.n} - 25$		$P_{n.n} - 32$		$P_{n.n} - 40$		$P_{n.n} - 50$		$P_{n.n} - 64$	
тол- щина мм	вес кг/м	тол- щина мм	вес кг/м	тол- щина мм	вес кг/м	тол- щина мм	вес кг/м	тол- щина мм	вес кг/м	тол- щина мм	вес кг/м	
1/4	6	13,5	●	—	—	—	—	—	—	2,75	0,73	
3/8	10	17	—	—	—	—	—	—	—	3	1,04	
1/2	13	21,25	—	—	—	—	—	—	—	3,25	1,44	
(5/8)	(16)	23,50	—	—	—	—	—	—	—	3,5	1,73	
3/4	19	26,75	—	—	—	—	—	—	—	3,5	2,01	
1	25	33,5	—	—	—	—	—	—	—	4	2,91	
1 1/4	32	42,25	—	—	—	—	—	—	—	4	3,77	
1 1/2	38	48	●	—	—	—	—	—	—	4,25	4,58	
2	50	60	—	—	—	—	—	—	—	4,5	6,16	
2 1/2	65	75,5	—	—	—	—	4,5	7,88	—	—	6	10,28
3	76	88,5	—	—	—	—	4,75	9,81	—	—	6	12,21
3 1/2	90	101	—	—	—	—	5	11,84	—	—	6,5	15,14
4	100	114	—	—	5,5	13,44	6	15,98	—	—	7,5	19,70
5	125	140	—	—	5,5	18,24	7	22,96	—	—	9	29,08
6	150	165	5,5	21,63	6,5	25,41	7,5	29,13	9	34,62	11	41,86

При давлениях, для которых толщины стенок труб в таблице не показаны, берутся толщины для ближайшего большего давления.
Срок введения — 1 марта 1934 г.

Газовые фланцы с цилиндрической нарезкой¹



Внутренний диаметр труб дюймы	A	B	C	D	E	F	Число ниток на 1"	Нормальный вес кг —
	мм							
1/4	62	22,5	13,2	12	6	5,5	19	—
3/8	75	25,5	16,7	14	6	5,5	19	—
1/2	95	29	20,9	15,5	7	5,5	14	0,369
3/4	100	35	26,5	14	7	5,5	14	0,475
1	110	42	33	17	7	6	11	0,629
1 1/4	129	52	42	18	7	6,5	11	0,716
1 1/2	138	58	47,80	16	8,5	6,5	11	1,059
2	150	70,5	59,6	21	9	7	11	1,249
2 1/2	175	90	75,2	24	10,5	8,5	11	1,853
3	190	104	87,9	25	12	9	11	2,130
(3 1/2)	205	117,5	100,4	25	12	9,5	11	2,662
4	220	132	113	24	12	10,5	11	3,061
5	260	157	138,5	36	14	10,5	11	4,730
6	290	186	163,8	34	14	10,5	11	5,549

Газовые фланцы изготавливаются без дыр.

По особому соглашению дыры могут быть просверлены.

Размер в скобках по возможности не применять.

¹ Взято по техническому сортаменту б. Югостали (Стальбыт) за 1926 г. с внесением изменений в диаметрах резьбы, согласно ОСТ 266.

Таблица 1. Главные материалы для изготовления пароприемников и аппаратов	14
Таблица 2. Качество котельных листов при высоких температурах	17
Таблица 3. Качество ковального котельного материала при высоких температурах	18
Таблица 4. Нержавеющая сталь V2A (Крупн)	19
Таблица 5. Формулы для диаметров цилиндрических сосудов (фиг. 2)	36
Таблица 5а. Формулы для диаметров цилиндрических сосудов (фиг. 3)	37
Таблица 6. Диаметры: 1) штампованных днищ и крышек, 2) литых сосудов, 3) литых днищ и крышек (проект ОСТ)	38
Таблица 7. Баки открытые клепаные и сварные (низкие)	40
Таблица 8. Баки открытые клепаные и сварные (высокие)	41
Таблица 9. Емкости в литрах горизонтальных цилиндрических котлов с диаметрами от 300 до 2000 мм и длиной 1000 мм при наполнении их высотой от 50 до 2000 мм	42
Таблица 10. Емкости в литрах горизонтальных цилиндрических котлов диаметрами от 2100 до 2500 мм и длиной 1000 мм при наполнении их высотой от 50 до 2000 мм	43
Таблица 11. Емкости в литрах горизонтальных цилиндрических котлов с диаметрами 2100 до 3500 мм и длиной 1000 мм при наполнении их высотой от 2050 до 3500 мм	44
Таблица 12. Размеры частей круга	46
Таблица 13. Габаритные размеры и условные емкости сосудов вертикальных и горизонтальных (клепаные — фиг. 10 и 11) (сварные — фиг. 12 и 13) .	47
Таблица 14. Приблизительная емкость сферической части выпуклых котельных днищ без приваятия во внимание толщин стенок (фиг. 14)	49
Таблица 15. Объемы шаров	52
Таблица 16. Размеры прямоугольных резервуаров	53
Таблица 17. Толщина стенок s в мм у стальных (железных) цилиндров с однорядным заклепочным швом при внутреннем избыточном давлении от 1 до 7 ат	58
Таблица 18. Толщина стенок s в мм у стальных (железных) цилиндров с однорядным заклепочным швом при внутреннем избыточном давлении от 8 до 20 ат	59
Таблица 19. Толщина стенок s в мм горизонтальных стальных (железных) цилиндров, склепанных внахлестку для наружного избыточного давления при $a = 100$	62
Таблица 20. Толщины стенок s в мм вертикальных стальных (железных) цилиндров, склепанных внахлестку для наружного избыточного давления при $a = 70$	64
Таблица 21. Вес в кг 1 пог. м бесшовных стальных (железных) цилиндров диаметрами от 300 до 2000 мм с толщиной стенки s от 7 до 13 мм	66
Таблица 22. Вес в кг 1 пог. м бесшовных стальных (железных) цилиндров диаметрами от 500 до 2500 мм с толщиной стенки s от 14 до 20 мм	67

Таблица 23. Значения α и β для расчета веса бесшовных стальных (железных) цилиндров толщиной стенки s при $\lambda = 8$	69
Таблица 24. Вес g' в 1 м^2 металлических листов в кг	71
Таблица 25. Толщины стенок s в мм цельных выпуклых днищ из литой стали (железа) для внутреннего избыточного давления от 1 до 7 ат ; $k_s = 600 \text{ кг/см}^2$	73
Таблица 26. Толщины стенок s в мм цельных выпуклых днищ из литой стали (железа) для внутреннего избыточного давления от 8 до 20 ат ; $k_s = 600 \text{ кг/см}^2$	74
Таблица 27. Сравнение толщины стенок нагруженных изнутри котельных днищ	78
Таблица 28. Наивысшие значения для выпуклых днищ литой стали при наружном избыточном давлении	84
Таблица 29. Толщина стенок s в мм цельных, из одного куска, выпуклых днищ литой стали для наружного избыточного давления от 1 до 7 ат	84
Таблица 30. Толщина стенок s в мм цельных, из одного куска, выпуклых днищ литой стали для наружного избыточного давления от 8 до 14 ат	85
Таблица 31. Размеры и веса обыкновенных выпуклых котельных днищ из литой стали (железа)	88
Таблица 32. Размеры и приближенные веса штампованных выпуклых днищ для паровых котлов с одной жаровой трубой (фиг. 30) по данным одного из южных заводов СССР	89
Таблица 33. Размеры и приближенные веса штампованных выпуклых днищ для паровых котлов с двумя жаровыми трубами (фиг. 31) по данным заводов СССР	89
Таблица 34. Выпуклые штампованные днища с отверстием для лаза по данным одного из южных заводов СССР (фиг. 32)	90
Таблица 35. Котельные днища с малым радиусом выпуклости и большим радиусом закругления (Рейнские сталелитейные заводы)	90
Таблица 35а. Штампованные днища литой стали, изготавливаемые в СССР	91
Таблица 36. Выпуклые штампованные днища литой стали под сварку и под клепку для низких давлений ($k = 2,5$)	94
Таблица 37. Выпуклые штампованные днища литой стали под сварку и под клепку ($k = 2$)	96
Таблица 38. Формулы для определения максимальных внутренних рабочих давлений $p \text{ кг/см}^2$, которые могут быть допущены для днищ по табл. 36 и 37	100
Таблица 39. Размеры (в мм) диффузорных днищ литой стали (днищ броидиальных котлов) из одного куска. Толщина стенок от 6 до 26 мм	101
Таблица 40. Размеры и веса вытянутых машинным способом плоских днищ литой стали (фиг. 40)	104
Таблица 41. Толщина стенок s в мм плоских днищ литой стали для избыточного давления от 1 до 12 ат	106
Таблица 42. Овальные плоские днища для паровых котлов по данным завода СССР (фиг. 41)	107
Таблица 43. Плоские штампованные днища под сварку литой стали	108
Таблица 44. Плоские штампованные днища под клепку литой стали	109
Таблица 45. Максимальное давление для плоских штампованных днищ литой стали	110
Таблица 46. Толщина листов двойных плит литой стали (железа) для давления от 1 до 8 ат при $e = 100$ до 500 мм	113
Таблица 47. Число труб в шестигульниках	115
Таблица 48. Размеры простенков и других данных для трубных плит (решеток) литой стали	117
Таблица 49. Наибольшие шаги труб e и ширина простенков (в мм) для пучков труб при $\sigma = \frac{f \cdot p}{\pi \cdot d} = 25$	118

Таблица 50. Трубные решетки литой стали в мм	119
Таблица 51. Толщины листов для открытых круглых резервуаров, где h —высота резервуаров (или положение высот $h_1, h_2, h_3, \dots$ обозначенных поясов)	122
Таблица 52. Баки стальные (железные) прямоугольной формы с плоскими стенками и дном (фиг. 60)	125
Таблица 53. Заклепки с полукруглой головкой диаметром от 9,5 до 37 мм (фиг. 61) (в мм)	129
Таблица 54. Заклепки с потайной головкой диаметром от 9,5 до 37 мм (фиг. 63)	130
Таблица 55. Приблизительные веса 1000 заклепочных головок	131
Таблица 56. Заклепочные швы в резервуарах	132
Таблица 57. Однорядные швы резервуаров для заклепок по ОСТ (размеры в мм)	132
Таблица 58. Двухрядные швы резервуаров для заклепок по ОСТ (размеры в мм)	133
Таблица 59. Формулы для расчета диаметров заклепок стальных пароприемников	133
Таблица 60. Шаг, расстояние от края и т. п. для швов пароприемников	134
Таблица 61. Однорядные швы внахлестку или с односторонней накладкой	138
Таблица 62. Двухрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой	138
Таблица 63. Трехрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой	138
Таблица 64. Однорядные швы с двумя накладками	139
Таблица 65. Двухрядные швы с двумя накладками	139
Таблица 66. Трехрядные швы с двумя накладками	139
Таблица 67. Сравнение шагов для однорядного шва внахлестку	147
Таблица 68. Сравнительные данные для продольного заклепочного шва пароприемника с диаметром $D = 3000$ мм и $p = 10$ ат	149
Таблица 69. Однорядные заклепочные швы внахлестку (и с односторонней накладкой) с $\varphi = \text{const} = 0,6$	156
Таблица 70. Двухрядные заклепочные швы внахлестку (и с односторонней накладкой) с $\varphi = \text{const} = 0,667$	156
Таблица 71. Трехрядные заклепочные швы внахлестку (и с односторонней накладкой) с $\varphi = \text{const} = 0,70$	157
Таблица 72. Однорядные заклепочные швы с двумя накладками $\varphi = \text{const} = 0,667$	157
Таблица 73. Двухрядные заклепочные швы с двумя накладками с $\varphi = \text{const} = 0,75$	158
Таблица 74. Трехрядные заклепочные швы с двумя накладками с $\varphi = \text{const} = 0,857$	158
Таблица 75. Размеры в мм для стержневых заклепок системы Jöllenbek-Schuch (фиг. 86)	160
Таблица 76. Диаметры заклепок для односрезных швов, которые существовали до сего времени	162
Таблица 77. Диаметры заклепок по ОСТ для односрезных швов	164
Таблица 78. Обзор сопротивлений скольжению	168
Таблица 79. Обзор сопротивлений скольжению	169
Таблица 80. Однорядный шов внахлестку или с односторонней накладкой для заклепок	172
Таблица 81. Двухрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой для заклепок	172
Таблица 82. Трехрядные швы внахлестку или с односторонней накладкой для заклепок	173
Таблица 83. Однорядные швы с двойными накладками для заклепок	173
Таблица 84. Двухрядные швы с двумя накладками для заклепок	174
Таблица 85. Трехрядные швы с двумя накладками для заклепок	174

Таблица 86. Ацетилено-кислородная сварка	178
Таблица 87. Автогенная резка	185
Таблица 88. Электросварные непрерывные односторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 117)	188
Таблица 89. Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 118)	189
Таблица 90. Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные X-образные швы (фиг. 119)	190
Таблица 91. Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные швы внахлестку (фиг. 120)	190
Таблица 92. Электросварные непрерывные Т-образные, двухсторонние, усиленные швы (фиг. 121)	191
Таблица 93. Электросварные непрерывные, двухсторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 122) для соединения сферических днищ встык с обечайками	192
Таблица 94. Электросварные непрерывные, двухсторонние, усиленные Х-образные швы (фиг. 123) для соединения сферических днищ встык с обечайками	193
Таблица 95. Электросварные непрерывные, односторонние, усиленные V-образные швы (фиг. 124) для соединения плоских днищ встык с обечайками	193
Таблица 96. Электросварные, непрерывные, двухсторонние, усиленные Х-образные швы (фиг. 125) для соединения встык плоских днищ с обечайками	194
Таблица 97. Электросварные, непрерывные, угловые, усиленные швы (фиг. 128) для соединения днищ и крышек впритык для неотвественных изделий (под налив)	194
Таблица 98. Электросварные, непрерывные, усиленные швы (фиг. 126) для соединения внахлестку плоских днищ с обечайками	195
Таблица 99. Электросварные, непрерывные, усиленные Т-образные швы (фиг. 127) для соединения плоских днищ с обечайками	196
Таблица 100. Электросварные, непрерывные, усиленные швы (фиг. 129) для соединения угловой стали с листовой	197
Таблица 101. Электросварные, непрерывные, усиленные швы для тонких листов (фиг. 130)	198
Таблица 102. Болты с механической нарезкой Витворта для пароприемников	210
Таблица 103. Приблизительные веса в кг стальных болтов с механической нарезкой Витворта	210
Таблица 104. Откидные болты	214
Таблица 105. Примеры с применением эмпирической формулы для приближенного расчета болтовых соединений в пароприемниках	224
Таблица 106. Примеры для d , при чугунных сосудах	225
Таблица 107. Деление длины окружности на n частей	226
Таблица 108. Толщина фланцев h для фланцевых соединений по табл. 105	232
Таблица 109. Профили угловых колец для изготовления пароприемников	232
Таблица 110. Профили цельнокатаных угловых колец (завода Борзига) с неравными толщинами полок	232
Таблица 111. Сталь угловая неравнобокая с разной толщиной полок	234
Таблица 112. Сталь угловая неравнобокая с разной толщиной полок (для двухрядного шва)	234
Таблица 113. Допускаемые напряжения и нагрузки для болтов по „Промстандарту“ вып. 30 от 1928 г.	236
Таблица 114. Сравнение толщин фланцев из неравнобокого углового железа	237
Таблица 115. Приклепываемые фланцы из неравнобокой угловой стали (фиг. 182)	239
Таблица 116. Приклепываемые фланцы из неравнобокой угловой стали (фиг. 183)	239
Таблица 117. Минимальные расстояния между болтами	239
Таблица 118. Нажимные винты из ковкой стали с самоторможением	244

Таблица 119. Лапа сварная для приваривания к стенке аппарата (фиг. 187)	245
Таблица 120. Лапа штампованная для приваривания к стенке аппарата (фиг. 189)	246
Таблица 121. Лапа штампованная для приваривания к стенке (фиг. 191)	246
Таблица 122. Опора для горизонтального аппарата (фиг. 193)	249
Таблица 123. Опора для горизонтального аппарата (фиг. 194)	249
Таблица 124. Ступени давлений для трубопроводов по DIN	250
Таблица 125. Наименьшие толщины стальных, гладких, бесшовных труб общего назначения (фиг. 196) (ОСТ 5098)	251
Таблица 126. Рекомендуемые толщины труб—стальных, гладких, бесшовных для трубопроводов. Сталь 36—45 кг/мм ² (фиг. 196)	252
Таблица 127. Рекомендуемые толщины труб стальных, гладких, бесшовных для трубопроводов. Сталь 45—55 кг/мм ² (фиг. 196)	253
Таблица 128. Рекомендуемые толщины труб—стальных, гладких, бесшовных для трубопроводов. Сталь 55—65 кг/мм ² (фиг. 196)	254
Таблица 129. Рекомендуемые толщины стальных труб, сваренных внахлестку (фиг. 196) (ОСТ 5099)	255
Таблица 130. Рекомендуемые толщины стальных труб, сваренных водяным газом (фиг. 196) (ОСТ 5100)	256
Таблица 131. Трубы стальные с резьбой (фиг. 197). (Газовые трубы, обыкновенные)	258
Таблица 132. Трубы стальные с резьбой (фиг. 197). (Газовые трубы усиленные)	259
Таблица 133. Трубы стальные вязные (фиг. 196)	261
Таблица 134. Трубы стальные кипящие (фиг. 196)	262
Таблица 135. Трубы стальные пароперегревательные (фиг. 196)	263
Таблица 136. Элементы фланцев (фиг. 198)	264
Таблица 137. Наибольшие напряжения и нагрузки в болтах фланцевого соединения	265
Таблица 138. Фланцы бронзовой арматуры (фиг. 198, но без выступа на торцевой части)	266
Таблица 139. Толщины фланцев δ по DIN и формуле (31)	267
Таблица 140. Толщина фланцев арматуры по ОСТ и по формуле (31)	267
Таблица 141. Фланцы стальные, свободно вращающиеся под отбортовку для условного давления 2,5 ат (фиг. 199) (проект ОСТ)	269
Таблица 142. Фланцы стальные, свободно вращающиеся под отбортовку для условного давления 6 ат (фиг. 199) (проект ОСТ)	269
Таблица 143. Фланцы стальные, приварные для условного давления 2,5 ат (проект ОСТ) (фиг. 200)	270
Таблица 144. Фланцы стальные приварные для условного давления 6 ат (проект ОСТ) (фиг. 201)	272
Таблица 145. Фланцы стальные, приварные для условного давления 10 ат (проект ОСТ) (фиг. 201)	272
Таблица 146. Фланцы стальные, приварные для условного давления 16 ат (проект ОСТ) (фиг. 202)	273
Таблица 147. Фланцы стальные, приварные для условного давления 25 ат (проект ОСТ) (фиг. 203)	273
Таблица 148. Фланцы стальные, приварные для условного давления 25 ат (проект ОСТ) (фиг. 202)	274
Таблица 149. Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 6 ат (проект ОСТ) (фиг. 204)	275
Таблица 150. Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 6 ат (проект ОСТ) (фиг. 205)	275
Таблица 151. Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 10 ат (проект ОСТ) (фиг. 205)	276
Таблица 152. Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 16 ат (проект ОСТ) (фиг. 205)	276

Таблица 153. Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 25 ат (проект ОСТ) (фиг. 206)	277
Таблица 154. Фланцы стальные под развальцовку для условного давления 25 ат (проект ОСТ) (фиг. 205)	277
Таблица 155. Фланцы стальные с нарезкой для условного давления 6 ат (проект ОСТ) (фиг. 207)	280
Таблица 156. Фланцы стальные с нарезкой для условного давления 10 ат (проект ОСТ) (фиг. 207)	280
Таблица 157. Фланцы стальные с нарезкой для условного давления 16 ат (проект ОСТ) (фиг. 207)	281
Таблица 158. Овальные фланцы с нарезкой (фиг. 208 и 209)	281
Таблица 159. Фланцы, приклепываемые из фланцевого железа, для паровых котлаков и подобных профилей (фиг. 210)	283
Таблица 160. Фланцы, приварные с передней стороны (приварка внапуск) (фиг. 211)	284
Таблица 161. Фланцы, свободно вращающиеся, с приварным кольцом (фиг. 212)	285
Таблица 162. Фланцы, свободно вращающиеся, с привариваемым кольцом спереди (фиг. 213 и 214) для приварки внапуск водяным газом и автогенной сваркой встык	286
Таблица 163. Длины стальных штуцеров (фиг. 215—219)	288
Таблица 164. Стальные приварные бабышки с трубной нарезкой (фиг. 229)	291
Таблица 165. Бабышка стальная, приварная, под шпильки для условных проходов от 10 до 200 мм. Давление условное от 2,5 до 6 ат (фиг. 230)	293
Таблица 166. Бабышка стальная, приварная, под шпильки для условных проходов от 10 до 200 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 230)	293
Таблица 167. Бабышки стальные под шпильки, приклепываемые к аппарату для условных проходов от 10 до 200 ат. Давление условное от 2,5 до 6 мм (фиг. 231)	294
Таблица 168. Бабышки стальные под шпильки, приклепываемые к аппарату для условных проходов от 25 до 200 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 231)	294
Таблица 169. Бабышка чугунная под шпильки для условных проходов от 10 до 200 мм. Давление условное 2,5—6 ат (фиг. 232)	295
Таблица 170. Бабышка чугунная под шпильки, прикрепляемая к аппарату заклепками, для условных проходов от 10 до 200 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 232)	295
Таблица 171. Бабышка фланцевая, литая, под заводные болты для условных проходов от 25 до 300 мм. Давление условное от 2,5 до 6 ат (фиг. 233)	296
Таблица 172. Бабышка фланцевая, литая, под заводные болты для условных проходов от 25 до 300 мм. Давление условное 10 ат (фиг. 233)	296
Таблица 173. Смотровое стальное приварное окно (круглое) (фиг. 240)	300
Таблица 174. Смотровое стальное окно на заклепках (круглое) (фиг. 241)	300
Таблица 175. Смотровое чугунное привинное окно. Вариант I (круглое) (фиг. 242)	301
Таблица 176. Смотровое чугунное окно на заклепках (круглое) (фиг. 243)	301
Таблица 177. Смотровое чугунное привинное окно. Вариант II (круглое) (фиг. 244)	302
Таблица 178. Смотровое стальное окно продольное (приварное) (проект ОСТ) (фиг. 245)	302
Таблица 179. Смотровое стальное окно продольное (на заклепках) (проект ОСТ) (фиг. 246)	304
Таблица 180. Смотровое чугунное продольное, привинное окно (проект ОСТ) (фиг. 247)	304
Таблица 181. Смотровое чугунное окно продольное (на заклепках) (проект ОСТ) (фиг. 248)	304
Таблица 182. Толщины стенок (в мм) медных цилиндров при внутреннем избыточном давлении для температур до 120° С при однократном заклепочношве	315

Таблица 183. Толщина стенок (в мм) медных цилиндров при внутреннем избыточном давлении для температур до 120° при двухрядном заклепочном шве	316
Таблица 184. Толщины стенок (в мм) медных цилиндров при наружном избыточном давлении для 1 и 2 ат для температур до 120° С	319
Таблица 185. Толщины стенок (в мм) медных цилиндров при наружном избыточном давлении для 3 и 4 ат для температур до 120° С	320
Таблица 186. Веса бесшовных цилиндров из медных или никелевых листов с толщиной стенки от 2 до 7 мм, диаметром от 300 до 2000 мм и длиной в 1 м	321
Таблица 187. Веса бесшовных цилиндров из медных или никелевых листов с толщиной стенки от 8 до 18 мм, диаметром от 300 до 2000 мм и длиной в 1 м	322
Таблица 188. Значения α и β для определения веса в кг полых цилиндров с толщиной стенок s в мм из меди, бронзы или никеля ($\gamma \approx 9$)	323
Таблица 189. Значения α и β для определения веса в кг полых цилиндров с толщиной стенок s в мм из латуни и нового серебра ($\gamma \approx 8,6$)	323
Таблица 190. Значения α и β для определения веса в кг полых цилиндров с толщиной стенок s в мм из алюминия ($\gamma = 2,6$)	324
Таблица 191. Толщина стен медных полых шаров из одного куска диаметром в свету от 200 до 3000 мм, при внутреннем избыточном давлении от 1 до 10 ат с прибавкой 0,1 (3— s) до $s = 3$ мм и для температур до 200° С	327
Таблица 192. Толщины стенок медных полых шаров из одного куска (т. е. цельных) диаметром в свету от 200 до 3000 мм при наружном избыточном давлении от 1 до 10 ат, с прибавкой: 0,1 (3— s) до $s = 3$ мм и для температур до 200° С	329
Таблица 193. Размеры, наружные поверхности, емкости и веса (при толщине в 1 мм) медных чаш по фиг. 250	331
Таблица 194. Главные размеры емкости и веса (при 1 мм толщины) выпуклых медных днищ при: $R = D$ и $H = 0,134 D$ (фиг. 252 и 253)	338
Таблица 195. Толщины листов медных двойных плит для рабочих давлений от 1 до 8 ат при расстоянии между анкерами e , равном от 75 до 200 мм	340
Таблица 196. Размеры простенков и т. д. для медных трубчатых плит (решеток)	341
Таблица 197. Наибольшие шаги труб e и ширина простенков b по формуле $\sigma = \frac{F \cdot P}{\pi \cdot d} = 25$ для медных трубных плит (решеток)	342
Таблица 198. Размеры и вес G 1000 шт. штампованных из меди или латуни заклепок по фиг. 277	346
Таблица 199. Размеры медных заклепочных швов с уплотнением таковых спайкой мягким припоем	346
Таблица 200. Размеры головок и предельные длины стержня заклепок красной меди, латуни и алюминия (фиг. 278)	347
Таблица 201. Однорядные заклепочные медные швы (фиг. 267)	352
Таблица 202. Двухрядные заклепочные медные швы (фиг. 268)	352
Таблица 203. Вес 100 медных заклепок (фиг. 279)	353
Таблица 204. Размеры чеканенных медных однорядных заклепочных швов внахлестку	354
Таблица 205. Размеры чеканенных медных двухрядных заклепочных швов внахлестку	354
Таблица 206. Веса в кг каждого фланцевого кольца из полосовой стали для медных сосудов	367
Таблица 207. Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах до 2 ат включительно (фиг. 312)	375

Таблица 208. Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах от 2 до 4 ат включительно (фиг. 312)	376
Таблица 209. Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах от 4 до 6 ат включительно (фиг. 312)	377
Таблица 210. Фланцы для аппаратов полосовой стали для внутренних рабочих давлений в пределах от 6 до 8 ат включительно (фиг. 312)	378
Таблица 211. Толщины стенок бесшовных медных труб для внутреннего избыточного давления от 2 до 20 ат, рассчитанные по формуле (56)	382
Таблица 212. Трубы красной меди бесшовные нормальных размеров	385
Таблица 213. Латунные бесшовные трубы нормальных размеров	385
Таблица 214. Трубы красной меди бесшовные специальных размеров	386
Таблица 215. Латунные бесшовные трубы специальных размеров	387
Таблица 216. Алюминиевые бесшовные трубы	389
Таблица 217. Свинцовые и оловянные трубы	389
Таблица 218. Свинцовые трубы по ОСТ	390
Таблица 219. Муфточки газовые	396
Таблица 220. Листы для выгнанных медных колен, состоящих из двух кусков	398
Таблица 221. Размеры и веса колен, гнутых из медных труб	398
Таблица 222. Размеры медных тройников	400
Таблица 223. Размеры бесшовных стальных бортшайб для медных труб и вес 100 шт. каждого размера	400
Таблица 224. Бортшайбы красномедные для припайки к медным трубам (фиг. 346)	401
Таблица 225. Фланцы стальные, свободно вращающиеся для медных труб под бронзовую арматуру (фиг. 347)	401
Таблица 226. Пружинящие трубы. Компенсаторы	403
Таблица 227. Лирообразные компенсаторы с сваренными кольцами и подвижными фланцами (фиг. 350)	404
Таблица 228. Бронзовые бабашки с трубной резьбой (фиг. 355)	407
Таблица 229. Гильзы, напавиваемые на красномедные трубы (фиг. 360)	409
Таблица 230. Муфты навертные с фланцем под бронзовую арматуру, согласно табл. 138 (фиг. 361)	410
Таблица 231. Регарды латунные (фиг. 378)	418
Таблица 232. Таблица пара Шюлле. Насыщенный водяной пар от 0,02 до 25 кг/см ² абс.	424
Таблица 233. Стальной сварной лаз со скобой под налив и вакуум диаметром 400 мм	426
Таблица 234. Стальной сварной лаз на откидных болтах диаметром до 400 мм на условное давление до 6 и от 6 до 10 ат и для температур 200—250° С	427
Таблица 235. Лаз стальной сварной с плоской крышкой под налив диаметром 400 мм	429
Таблица 236. Стальной сварной лаз на глухих болтах диаметром 400 мм на условное давление до 6 и от 6 до 10 ат и для температур до 200—250° С	429
Таблица 237. Лаз чугунный под налив и вакуум диаметром до 400 мм	430
Таблица 238. Лаз чугунный литой на условное давление до 6 ат (с горловиной, отлитой вместе с аппаратом)	431
Таблица 239. Штампованный лаз 400×300 мм на условное давление от 6 до 16 ат	432
Таблица 240. Болты черные, откидные с кольцевой головкой и резьбой Витворта от $\frac{3}{8}$ до 2"	435
Таблица 241. Болты черные, откидные с кольцевой головкой, резьба метрическая диаметром от 10 до 48 мм	436
Таблица 242. Болты черные, откидные с Т-образной головкой, резьба Витворта диаметром от $\frac{3}{8}$ до 2"	437

Таблица 243. Болты черные, откидные с Т-образной головкой, резьба метрическая диаметром от 10 до 48 мм	438
Таблица 244. Болты заводные, черные, резьба Витворта от $\frac{3}{8}$ до 2"	439
Таблица 245. Болты заводные, черные, метрическая резьба диаметром от 10 до 48 мм	440
Таблица 246. Фланцы из неравнобокой угловой стали. Расчетное давление 2,5 ат	441
Таблица 247. Фланцы из неравнобокого углового железа. Расчетное давление 6 ат	442
Таблица 248. Фланцы из неравнобокого углового железа. Расчетное давление 10 ат	443
Таблица 249. Фланцы из неравнобокой угловой стали. Расчетное давление 16 ат	443
Таблица 250. Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление до 2,5 ат (фиг. 36)	444
Таблица 251. Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 36)	445
Таблица 252. Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 36)	446
Таблица 253. Штампованные крышки с приварным фланцем из угловой стали на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 36)	447
Таблица 254. Штампованные крышки с приклепанным фланцем из угловой стали. Условное давление до 2,5 ат (фиг. 37)	448
Таблица 255. Штампованные крышки с приклепанным фланцем из угловой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 37)	449
Таблица 256. Штампованные крышки с приклепанным фланцем из угловой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 37)	450
Таблица 257. Штампованные крышки с приклепанным фланцем из угловой стали на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 37)	451
Таблица 258. Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление до 2,5 ат (фиг. 38)	452
Таблица 259. Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 38)	453
Таблица 260. Штампованные крышки с приварными фланцами из полосовой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 38)	454
Таблица 261. Штампованные крышки с приварными фланцами из полосовой стали на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 38)	455
Таблица 262. Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление до 2,5 ат (фиг. 39)	456
Таблица 263. Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление от 2,5 до 6 ат (фиг. 39)	456
Таблица 264. Штампованные крышки с приварным фланцем из полосовой стали на условное давление от 6 до 10 ат (фиг. 39)	457
Таблица 265. Штампованные крышки с приварным фланцем из полосового железа на условное давление от 10 до 16 ат (фиг. 39)	457
Таблица 266. Сортамент прокатываемых прямоугольных листов стали	458
Таблица 267. Сортамент прокатываемых прямоугольных листов котельной стали	461
Таблица 268. Сортамент изготавливаемых квадратных листов стали	464
Таблица 269. Рекомендуемые размеры прямоугольных листов стали	466
Таблица 270. Допуски по длине, ширине и толщине листов стали толщиной от 5 мм	467
ОСТ 739. Давления	471
ОСТ 740. Проходы	472
ОСТ 744. Фланцы бронзовой арматуры	473

ОСТ 745. Фланцы арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 500 мм включительно	474
ОСТ 746. Фланцы арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 500 мм включительно	475
ОСТ 748. Фланцы арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 400 мм включительно	476
ОСТ 749. Фланцы арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 350 мм включительно	478
ОСТ 750. Фланцы арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 300 мм включительно	479
ОСТ 751. Фланцы арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 250 мм включительно	480
ОСТ 2933. Припой оловянисто-свинцовые	481
ОСТ 2984. Припой медно-цинковые	482
ОСТ 2581. Листы красной меди повышенной точности прокатки	483
ОСТ 19. Железо листовое	484
ОСТ 266. Резьба трубная	486
ОСТ 2562. Листы красной меди обычной точности прокатки	488
ОСТ 2534. Листы латунные, обычной точности прокатки	489
ОСТ 2567. Листы алюминевые	490
ОСТ 747. Фланцы арматуры и трубопроводов для условных проходов от 10 до 500 мм включительно	491
ОСТ 769. Муфты прямые ковкого чугуна	493
ОСТ 3363. Муфты прямые железные	493
ОСТ 735. Угольники прямые ковкого чугуна	494
ОСТ 3353. Угольники прямые железные	494
ОСТ 757. Тройники прямые ковкого чугуна	495
ОСТ 3360. Тройники прямые железные	495
ОСТ 763. Кресты прямые ковкого чугуна	496
ОСТ 3362. Кресты прямые железные	496
ОСТ 3367. Отводы	497
ОСТ 3385. Ниппеля	498
ОСТ 3363. Сгоны	499
ОСТ 775. Колпаки	500
ОСТ 776. Пробки	501
ОСТ 774. Контргайки ковкого чугуна	502
ОСТ 3366. Контргайки железные	502
ОСТ 6160. Трубы стальные качественные бесшовные под резьбу	503
ОСТ 6160 (приложение). Рекомендуемые толщины стенок качественных стальных труб под резьбу	504

Редактор Ю. М. Хай.

Технический редактор Г. И. Крastoшевский.

Сдана в набор 2/IV 1934 г.

Подписано к печати 8/VIII 1934 г.

МС-80-5-2. Прот. ТКК № 104 от 3/VII.
Формат $62 \times 94 \frac{1}{16}$. Изд. № 98. Бум. листов $46 \frac{1}{16}$. Тип. зн. в 1 бум. л. 104 332.
Учоди. Главлита № В-76958. Тираж 4.000—авт. л. $42 \frac{1}{16}$. Заказ 2553.

И-и типография ОНТИ им. Евгения Соколовой. Ленинград, пр. Красных Командиров, 20.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
6	6 снизу	литературы	аппаратуры
36	4 сверху	$D \geq H$	$D \leq H$
51	5 "	табл. 232 на стр. 424	табл. 194 на стр. 338
71	8 снизу	$2\pi \cdot R \cdot s k_s$	$2\pi \cdot R \cdot s K_s$
71	6 "	$s = \frac{R \cdot p}{2k_s}$	$s = \frac{R \cdot p}{2K_s}$
262	22 сверху	d_n , мм	d , мм
263	15 "	d_n	d
473	8 снизу	нумеруются	нормируются

Г. Геннике, Справочник для конструирования и расчетов пароприемников и аппаратов.