www.svarkontakt.com.ua

Руководство по ошиповке экранных труб теплоэнергетических котлов

УДК 621.181.021.004.67(083.96)

Составлено ЦКБ Главэнергоремонта

1. Введение

1.1 Настоящее Руководство разработано в соответствии с ЕСК1 ГОСТ 2.602-68 на следующие основные методы шипования экранных труб паровых котлов:
с применением сварки под флюсом;
с применением сварки в защитном газе (углекислом, аргоне).
1.2 При проведении подготовительных и основных работ, связанных с шипованием труб в топке котла и на ремонтной площадке должны соблюдаться "Правила техники безопасности при эксплуатации теплосилового оборудования электростанций", а также меры предосторожности, приведенные в приложении 1.
1.3 В Руководстве приняты следующие условные обозначения

D_H - наружный диаметр трубы, мм;
$D_ш$- диаметр шипа, мм;
f - плотность шипования, %;
L_1,L_2 - расстояние между крайними шипами, мм;
L_3 - расстояние от конца трубы до начало участка шипованая, мм;
α_1- поперечный шаг шипов, град;
$t_ш$- продольный шаг шипов, мм;
$t_{тр}$- шаг труб, мм;
γ - неперпендикулярность оси шипа к поверхности трубы, град;
n - число продольных рядов шипов на трубе;
α - угол охвата трубы шипами, град.

1.4 При разработке Руководства использованы нормативно-технические материалы, приведенные в приложении 2.
Настоящее Руководство обязательно для использования до выпуска технических условий на изготовление и ремонт шипованных экранных труб котельных агрегатов в условиях электростанции.

2. Технические требования к экранным трубам и шипам

2.1. При замене участков экранов топок котлов используют шипованные трубы диаметром от 32 до 76 мм.
2.2. Для изготовления шипованных труб применяются бесшовные трубы из сталей 20, 12Х1МФ (табл.1 и 2), соответствующие требованиям ОСТ 24.030.40-74.

Таблица № 1

Марка стали	Содержание элементов в стали, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Cu	S	P
	Не более									
20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25	0,25	-	-	0,30	0,025	0,03
12Х1МФ	0,10-0,15	0,17-0,37	0,40-0,70	0,90-1,20	0,25	0,25-0,35	0,15-0,30	0,20	0,025	0,02

Таблица № 2

Марка стали	Механические свойства металла труб		
	Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$, МПа (кгс/мм^2)	Предел текучести $\sigma_т$, МПа (кгс/мм^2), не более	Относительное удлинение δ_1, %
20	412-550 (42-56)	216 (22)	24
12Х1МФ	442-638 (45-65)	275 (28)	21 (19)*

* - для поперечных образцов

2.3 Химический состав и механические свойства металла труб должны быть сертификатом завода-изготовителя.
2.4 Вид сварки, применяемый при шиповании, находится в зависимости от минимальной толщины стенки трубы (табл.3).

Таблица № 3

Вид дуговой сварки	Минимальная толщина стенки трубы, мм
В защитном газе	4
Под флюсом	5

2.5 Шипы, предназначенные для шипования труб, изготавливаются из круглых прутков калиброванной стали по ГОСТ 7417-75 пятого класса точности, марок 10, 20 по ГОСТ 1050-74** и 12Х1МФ по ГОСТ 20072-74.
Примечание. Допускается для изготовления шипов применять металлы и сплавы, обладающие большей жаро- и коррозионностойкостью.
2.6. Конструкция и размеры шипов приведены на рис.1.

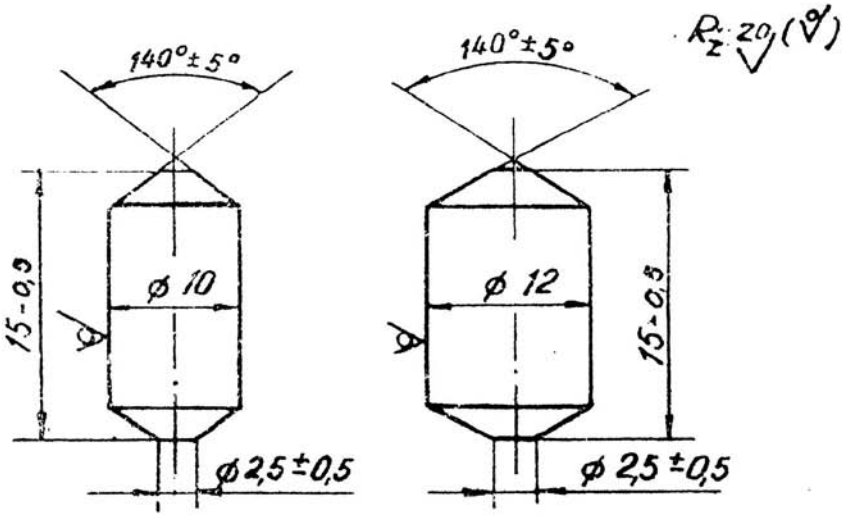


Рис.1. Конструкция и размеры шипа

2.7. Марка стали шипов и плотность шипования экрана выбирается в зависимости от типа топки и давления пара в котле (табл.4).

Примечание. Плотность шипования экрана определяется уравнением:

Таблица № 4

Абсолютное давление пара, МПа (кгс/см^2)	Марка стали шипа	Плотность шипования экрана, %	Тип топки котла
3,9 (40)	10, 20	20 25	Полуоткрытая и открытая Высокофорсированная
9,8 (100)		25 30	Полуоткрытая и открытая Высокофорсированная
13,8 (140)	12Х1МФ	25 30	Полуоткрытая и открытая Высокофорсированная
25,0 (255)		30	Все типы топок

2.8 Порядок расположение шипов на трубах (тип шипования) определяется плотностью шипования экрана (приложение 3 и 4). Отклонение плотности шипования для выбранного типа шипования не должно превышать 10% соответствующего значения (см. табл.4).

Примечания.

1. Порядок расположения шипов на трубах экранов топок котлов, изготовленных до выпуска ОСТ 24.315.08-7.

2. На котлах с жидким шлакоудалением трубы, огибающие лючки, лазы и амбразуры, должны иметь шипы не только с лобовой, но и с боковой стороны для предупреждения их износа от истирания золой и протекания высокотемпературной коррозии.

2.9 Предельные отклонения размеров не должны быть более $\pm 3^0$ для поперечных (α_1) и ±4 мм для продольных ($t_ш$) шагов шипов (рис. 2,3).

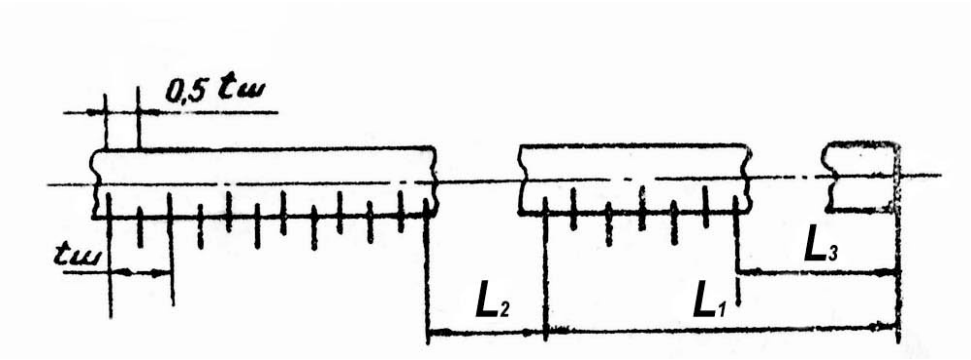
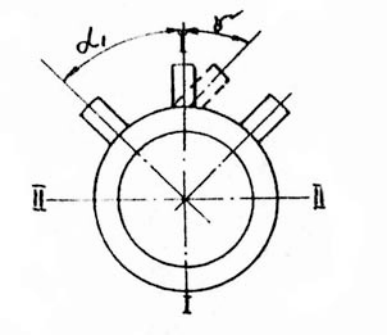


Рис. 2. Схема расположения шипов по длине трубы



Неперпендикулярность оси шипа к поверхности трубы (γ) в месте приварки шипа допускается не более $\pm 5^0$ (рис.3).

2.10 Прогиб шипованной трубы не должен превышать 1,5 мм на 1 м длины в плоскости I-I и 2 мм в плоскости II-II при длине трубы до 10 м; при длине трубы более 10 м прогиб не должен быть более 1,5 и 3 мм соответственно (см. рис.3).

2.11 Предельные отклонения расстояния между крайними шипами (L_1,L_2) от торца трубы до начала участка шипования (L_3) должно составлять ±10мм (рис.2).

3. Сварочные материалы

3.1 При шиповании труб с применением сварки под флюсом используется флюс марок АН-34 8АМ, ОСЦ-45М и ФЦ-9 по ГОСТ 9087-69.
3.2 При шиповании труб с применением дуговой сварки в защитном газе используется аргон марок А, Б и В по ГОСТ 1 0 1 57 7 * или углекислый газ сварочный по ТУ ЦНИИТМАШ, а также допускается использовать углекислый газ осушенный пищевой по ГОСТ 8050-76.
3.3 При шиповании труб с применением ручной дуговой сварки используются электроды типов Э42А, Э46, Э50А (ГОСТ 9467-75), если шипы и трубы изготовлены из малоуглеродистой стали (сталь 10, 20) и электроды типа Э-ХМФ (ГОСТ 9467-75), если и стали 12Х1МФ.
Примечания.
1. Шипы из стали Х6С10 привариваются к трубам электродами типа Э42А, Э46, Э50А (ГОСТ 9467-75).
2. Во всех случаях диаметр применяемых электродов составляет от 2,5-3 мм.

4. Оборудование и приспособления, применяемые при шиповании экранных труб

4.1 Сварочное оборудование.
4.1.1 В качестве источников питания сварочной дуги используются выпускаемые промышленностью:
а) сварочные трансформаторы с падающей внешней характеристикой типа ТСД-100 (при приварке шипов под флюсом);
б) сварочные преобразователи типа ПСО-500, ПСУ-500 и сварочные выпрямители типа ВС-600, ВСК-500, ВКСМ-1000 и др. (при приварке шипов в защитном газе).
4.1.2 Для регулирования силы тока (постоянного), при использовании многопостового источника питания сварочной дуги, меняются балластные реостаты типы РБ-300, РБ-301 и др.
4.1.3 Для обеспечения надежного возбуждения сварочной дуги при приварке шипов под флюсом применяются осцилляторы типа М-3, ОС-1 и др.
4.1.4 В качестве специального сварочного оборудования применяются:
а) шиповочная панель К-1104 с пистолетом (рис.4) для приварки шипов под флюсом;
б) установка для бесфлюсового шипования (УБШ-2) с пистолетом (рис.5) для приварки шипов в защитном газе.

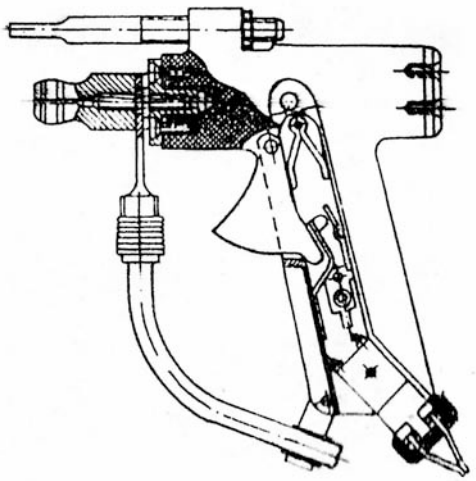


Рис. 4. Пистолет для ручной приварки шипов под флюсом

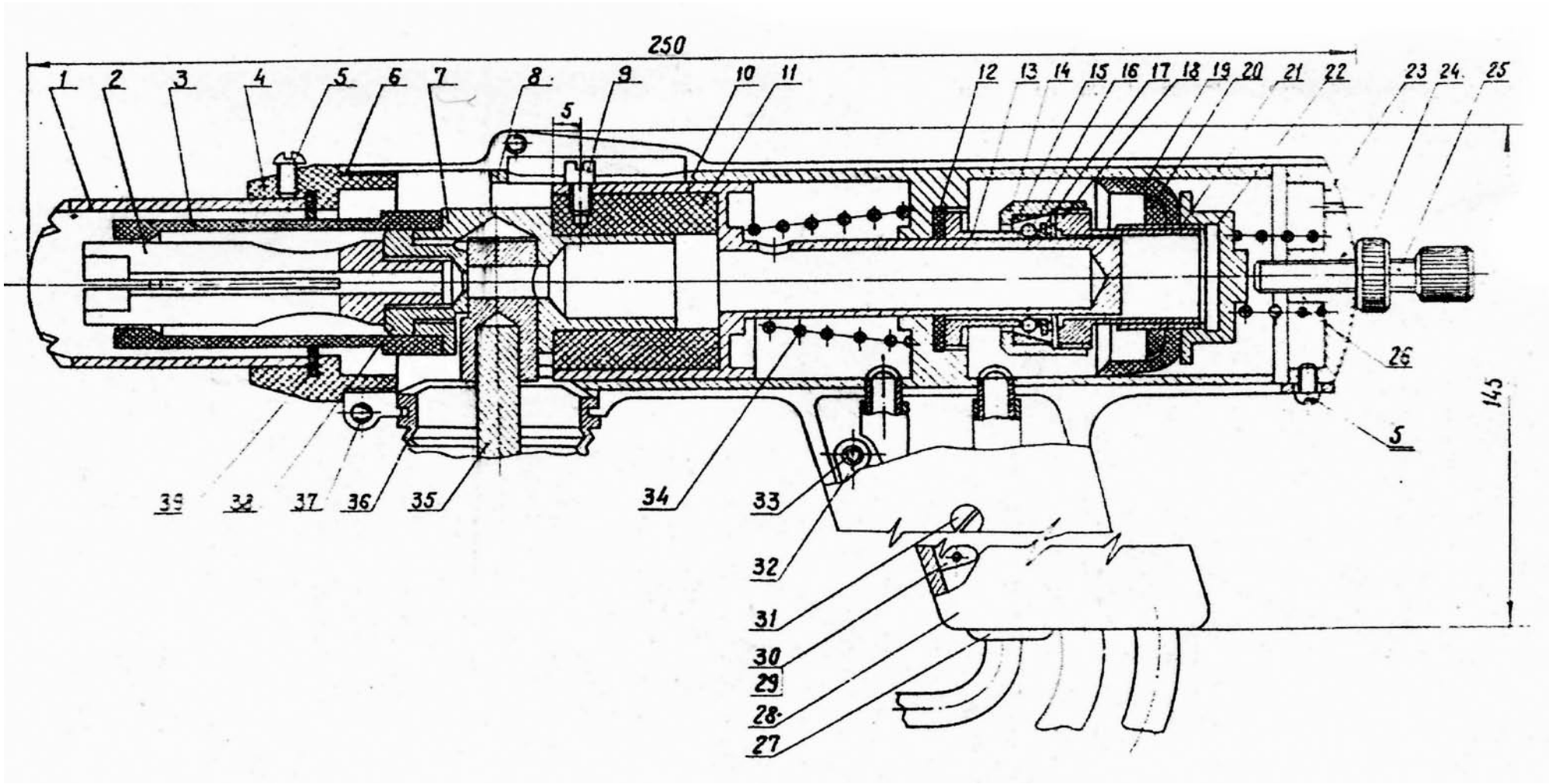


Рис. 5. Пистолет для приварки шипов в защитных газах и установке УБШ-2:

1- защитное сопло; 2 – цанга; 3, 11,13 – втулка; 4 – соплодержатель; 5, 9, 29, 31, 33, 37 – винт; 6 – правая щека; 7 – штуцер; 8 – корпус в сборе; 10 – шток; 12 – сальник; 14 – корпус захвата; 15 – обойма; 16 – шарик; 17 – сепаратор; 18 – пружинная шайба; 19, 36 – манжета; 20, 24 – гайка; 21 – штуцер захвата; 22 – колпачок; 23 – крышка; 25 – регулировочный винт; 26, 34 – пружина; 27 – муфта; 28 – левая щека; 30 – микропереключатель; 32 – курок; 35 – кабель; 38 – ниппель; 39 – сальник.

www.svarkontakt.com.ua

4.2 Оборудование для очистки поверхностей трубы и шипов.

4.2.1 Для очистки поверхностей гладких и шипованных труб от грязи применяется пескоструйная обработка с использованием одного из видов аппаратов или установки, конструкции которых приведены на рис. 6, 7, 8.

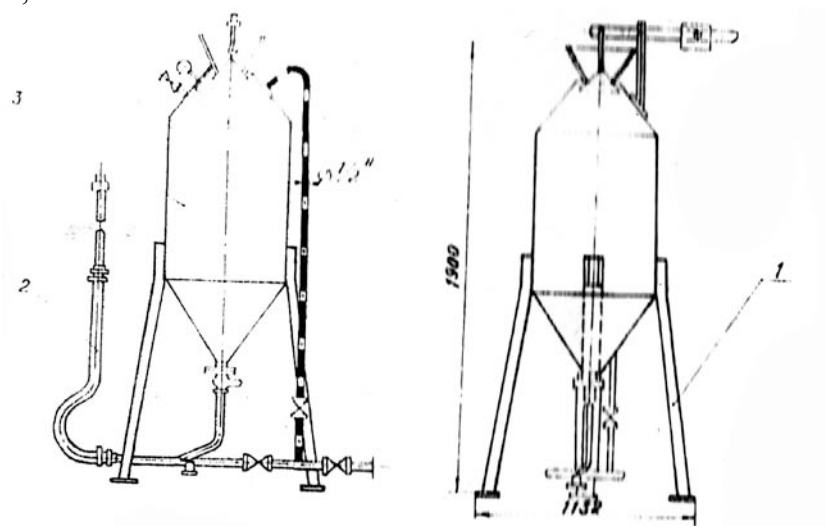


Рис. 6. Пескоструйный аппарат:
1 – стойка; 2 – шланг; 3 – бак для песка

Примечание. Очистка производится сухим или влажным песком с соблюдением действующих Правил техники безопасности и промышленной санитарии.

4.2.2 Очистка шипов от загрязнений производится с помощью установки барабанного типа, конструкция которой (без привода) приведена на рис.9.

4.3 Приспособления

4.3.1 При приварке шипов под флюсом к вертикально расположенным трубам (в топке котла) применяются флюсодержатели.

4.3.2 Для механической обработки обгоревших шипов применяется приспособление с электро- или пневмоприводом, режущим инструментом которого является торцевая фреза.

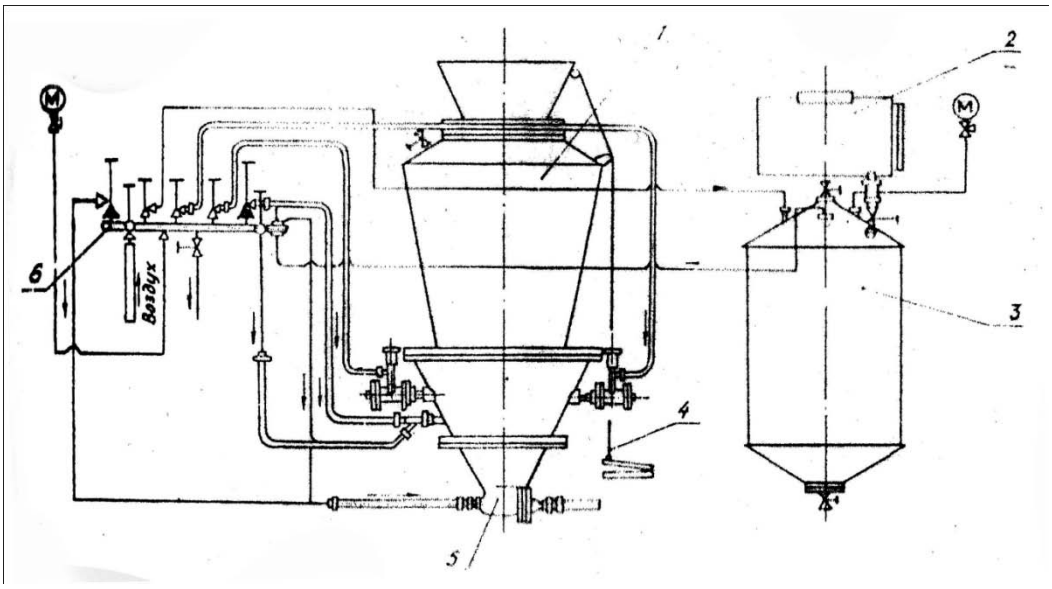


Рис. 7. Схема установки для очистки влажным песком:

1 – пескоструйный аппарат; 2 – бак антикоррозийного раствора; 3 – бак для воды; 4 – быстрозапорное устройство; 5 – смеситель; 6 – коллектор

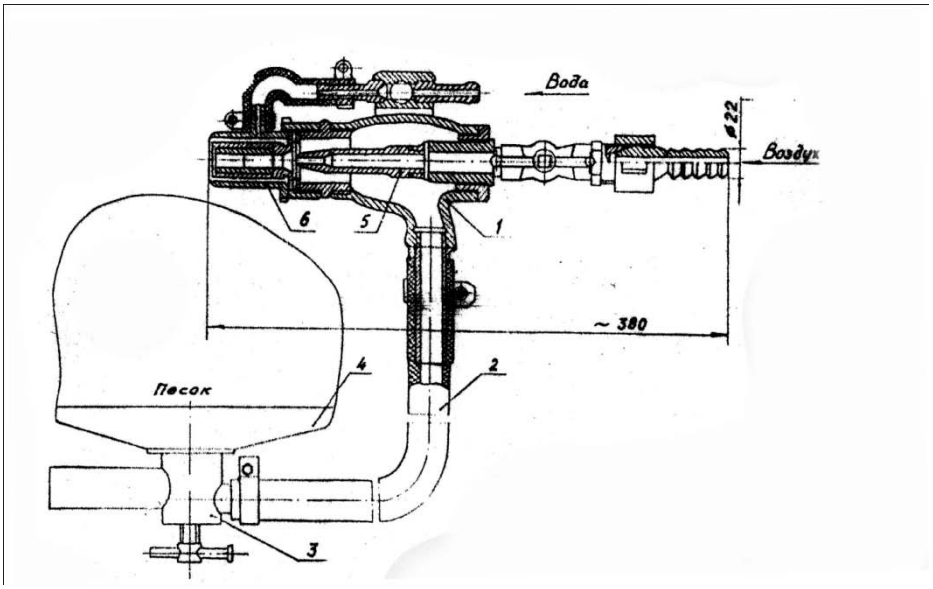


Рис. 8. Переносный гидропескоструйный аппарат:

1 – вакуумный пистолет; 2 – шланг для подачи песка; 3 – смесительная коробка; 4 – питательный блок; 5 – воздушный наконечник; 6 – сопло

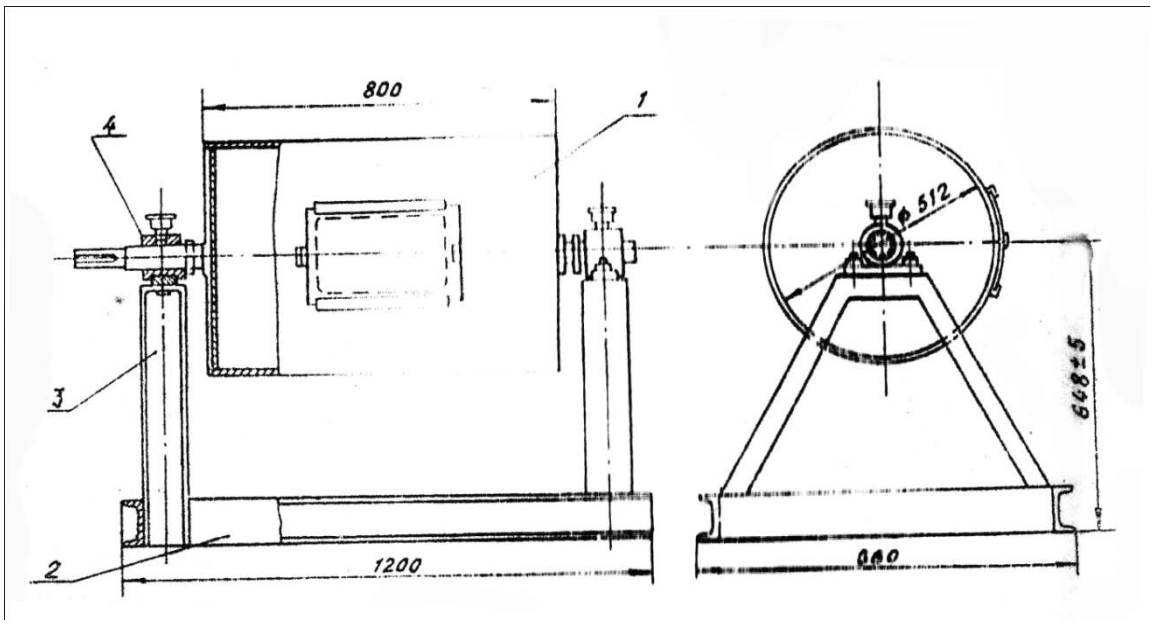


Рис. 9. Барабан для очистки шипов:

1 – барабан; 2 – рама; 3 – стойка; 4 – подшипник

5. Основные указания по организации и технологии шипования экранных труб

5.1 Шипование труб производится с целью изготовления новых экранных труб, предназначенных для замены дефектных участков экранов.

Примечания.

1. Допускается восстановление (методом наращивания) проектных размеров шипов экранных труб, обгоревших при эксплуатации котла, что является крайней мерой и выполняется в технически обоснованных случаях.
2. Допускается ремонт экранных труб с обгоревшими при эксплуатации котла шипами методом приварки новых шипов к трубам в промежутках между старыми.

5.2 Типовой технологический процесс изготовления и ремонта экранных труб производится по общей схеме (рис.10).

5.3 Очистка шипов сухими древесными опилками в установке барабанного типа (см. рис. 9) выполняется двукратно, продолжительностью по 1 – 1,5 ч со сменой опилок. Частота вращения барабана не более 40-45 об/мин. разовая загрузка барабана 5-7 тыс. шипов.

Примечание. Перед приваркой из каждой партии шипов (1000 шт.) проверяется не менее 10 шт. на соответствие марки материала, размеров и чистоты поверхности требованиям раздела 2.

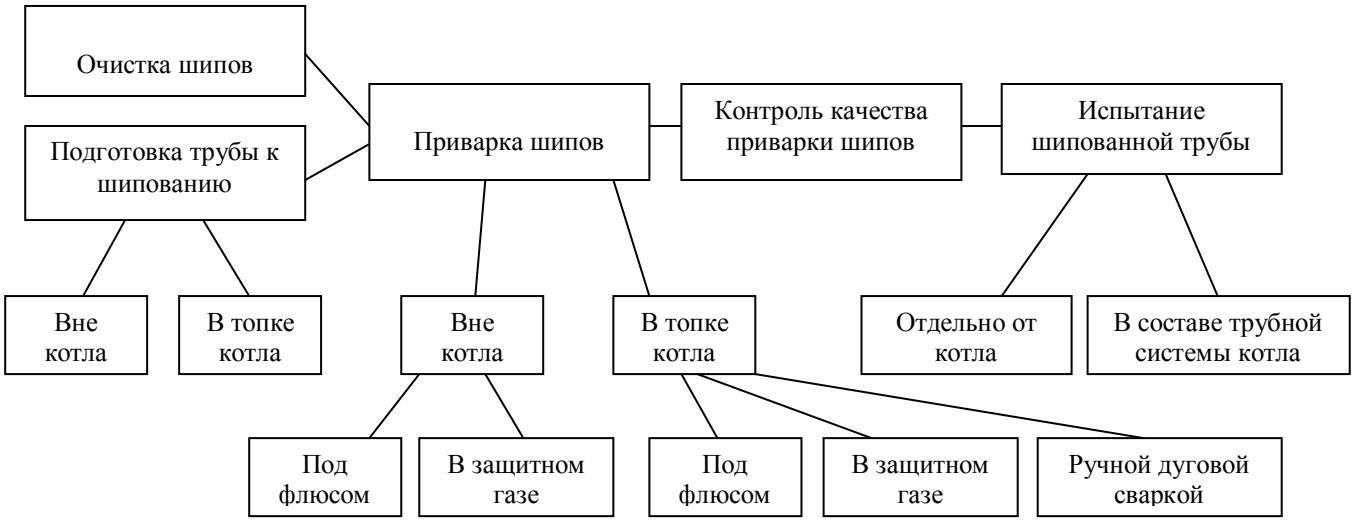


Рис.10. Обобщенная схема типового технологического процесса изготовления и ремонта экранных труб

5.4 Подготовка трубы к шипованию.

5.4.1 Очистка наружной поверхности трубы ведется до матового металлического блеска с применением пескоструйных аппаратов (установок):

а) вне котла, на специально оборудованном участке, имеющем пескоструйную камеру с вытяжной вентиляцией;

б) в топке котла, с соблюдением необходимых правил техники безопасности и требований промышленной санитарии.

Примечания.

1. В топке котла пескоструйная очистка экранных труб с обгоревшими шипами производится после удаления с них теплоизоляционной массы и механической обработки обгоревших шипов.
2. Допускается применение других методов очистки поверхности трубы, обеспечивающих равноценное качество и нормальные гигиенические условия труда.

5.4.2 Конусообразные остатки обгоревших шипов обрабатываются механическим способом до высоты не более 2 мм.

Примечание. Восстановлению подлежат шипы, высота которых менее 8 мм.

5.5 Приварка шипов к трубам

5.5.1 Приварка (под флюсом или в защитном газе) шипов к трубе вне котла производится на специально оборудованном участке.

В состав оборудования участка входят:

а) стенд для укладки, закрепления и создания предварительного прогиба, имеющий устройство или приспособление, обеспечивающее приварку шипов в соответствии с требованиями разд.2;

б) сварочный пост (рис. 11,12);

в) подъемно-транспортное средство для укладки, выемки и перемещения труб в пределах участка;

г) стеллажи для складирования гладких и шипованных труб.

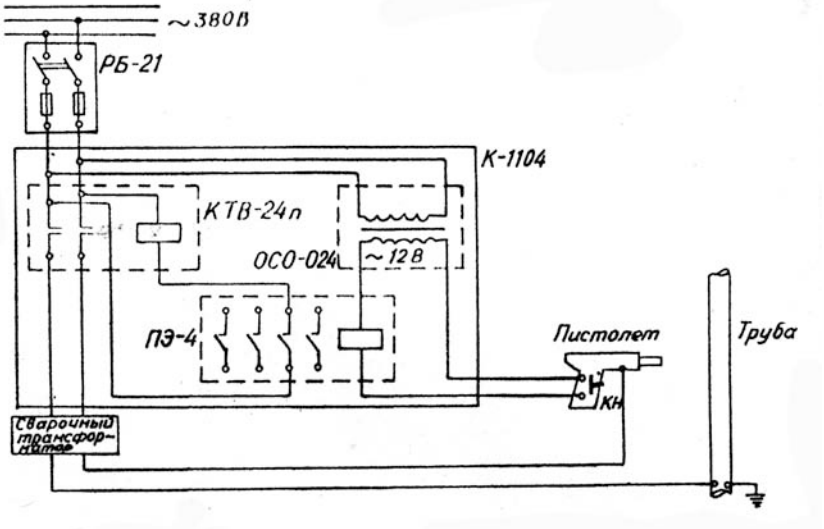


Рис. 11. Принципиальная электрическая схема сварочного поста с шиповочной панелью К-1104

5.5.2 Приварка (под флюсом или в защитном газе) шипов к трубе (остаткам шипов) в топке котла осуществляется по разметке лесов или подмостей. В состав применяемого оборудования и приспособлений входят:

а) сварочный пост (см. рис. 11,12);

б) приспособления для удержания флюса (при приварке шипов к вертикально расположенной трубе).

Примечание. В труднодоступных (для работы пистолетом) местах допускается ручная дуговая приварка шипов.

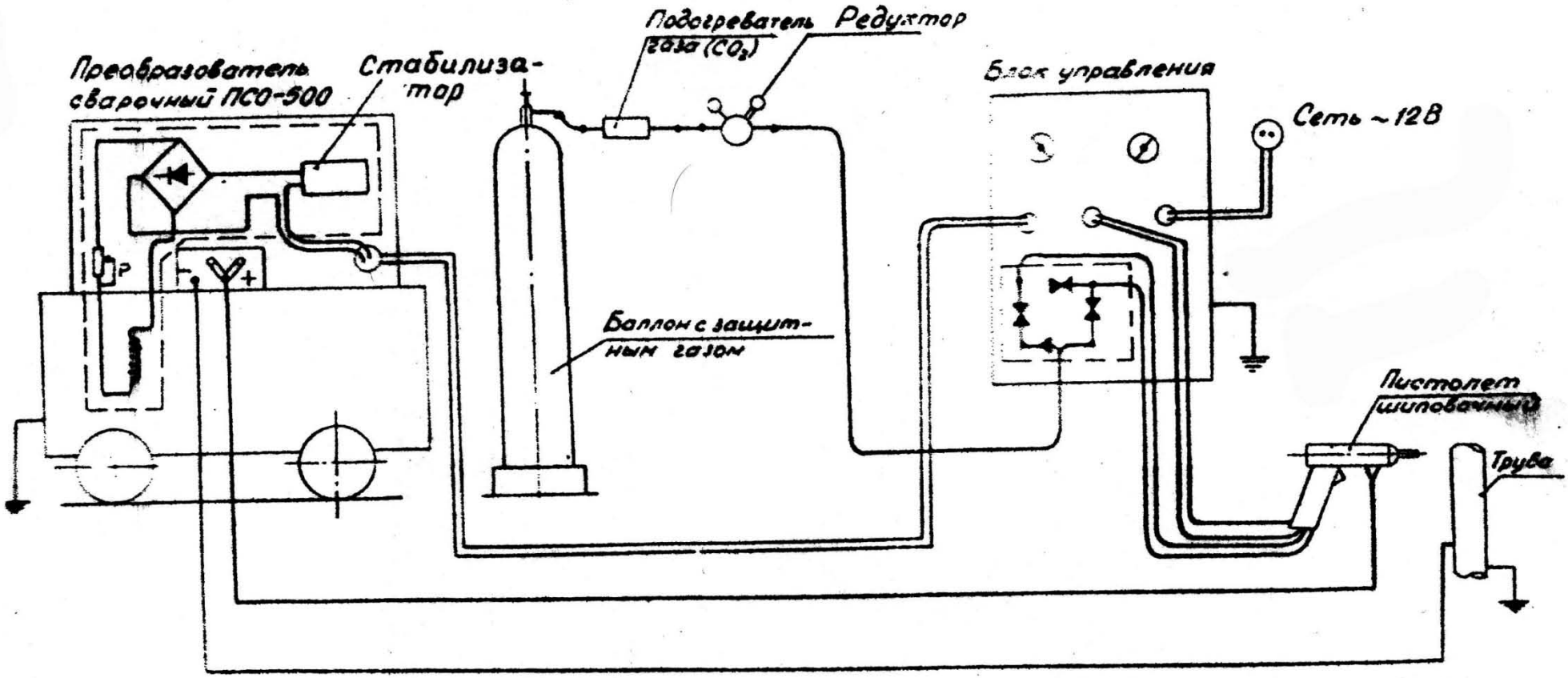


Рис.12. Принципиальная электрическая схема сварочного поста с полуавтоматической установкой УБШ-2

СВАРКОНТАКТ
www.svarkontakt.com.ua

5.5.3 Способ подвода строчного напряжения к трубе должен обеспечивать минимальное магнитное дутье дуги.
5.5.4 Приварка шипов к трубе ведется в последовательности, обеспечивающей минимальное ее коробление.
5.5.5 Основные параметры режима, оказывающие влияние на качество приварки шипов к трубе пистолетом, находятся в следующих пределах:
сила сварочного тока (50-60) $d_ш$ А;
длина дуги 2-5 мм;
продолжительность сварки 0,25-0,55 с;
расход защитного газа 12-20 л/мин;
толщина слоя флюса 10-15 мм.
5.5.6 С целью проверки наладки оборудования и выбора режима сварки перед началом шипования производится контрольная приварка 8-10 шипов к отрезку трубы в условиях, аналогичных производственным.
Все приваренные к отрезку трубы шипы отбиваются и методом сравнения с эталоном определяется площадь зоны сплавления каждого шипа с трубой в месте излома, которая должна составлять не менее 85% площади поперечного сечения шипа.
До получения положительных результатов испытания качества приварки шипов приступать к шипованию труб не разрешается.
5.5.7. К выполнению работ по шипованию труб допускаются электросварщики, прошедшие специальную подготовку и получившие, удостоверение на право производства ошиповочных работ в соответствии с утвержденными Госгортехнадзором "Правилами аттестации сварщиков" ("Металлургия", 1971).

6. Контроль качества приварки шипов и испытание шипованных труб

6.1 Трубы, шипованные в топке котла и вне его, независимо от применяемого вида сварки подлежат следующим видам контроля: внешнему осмотру и измерению, испытанию прочности приварки шипов металлографическому исследованию образца сварного соединения шип-труба и гидравлическому испытанию.
6.2 Внешнему осмотру и измерению подлежат все шипованные трубы.
При осмотре проверяется:
а) состояние поверхностей шипов и труб;
б) отсутствие трещин всех видов и направлений в районе сварного соединения шип-труба;
в) отсутствие несплавления шипов с трубой, прожогов, подрезов.
Правильность расположения шипов на каждой трубе путем изменения длины шипованного участка, угла охвата трубы шипами, шага шипов и перпендикулярности шипов к поверхности трубы (измерения проводятся при помощи специальных шаблонов и измерительного инструмента).
6.3 Испытание прочности приварки шипов производится на всех шипованных трубах путем легкого обстукивания шипов молотком массой 250 г со стороны наименьшей ширины венчика.
6.4 На каждой шипованной трубе обстукиванию подлежат не менее 5% приварочных шипов в трех-четырех различных участка, расположенных на концах и в середине трубы. Количество шипов, не выдержавших испытания (отскочивших от трубы), не должно превышать 3% общего числа шипов, подвергнутых обстукиванию. В противном случае необходимо испытывать прочность приварки всех шипов.
6.5 После выполнении обстукивания, в местах сплавления отскочивших шипов, трубы должны быть тщательно зачищены (зашлифованы) и осмотрены на предмет выявления трещин, прожогов, надрывов и других недопустимых дефектов металла.
6.6 Все вновь приваренные (взамен отскочивших) шипы подлежат испытанию на прочность приварки.
6.7 Для металлографического исследования сварных соединений шипов с трубами из стали перлитного класса, выполненных дуговой сваркой, изготавливаются контрольные отрезки шипованных труб длиной не менее 300 мм в количестве не менее одного на каждые 200 м длины производственных труб, шипованных каждым сварщиком в условиях, аналогичных производственным.
6.8 При изготовлении шлифов для металлографического исследования вырезку образцов сварных соединений необходимо производить таким образом, чтобы оси шипов, качество приварки которых вызывает сомнение при внешнем осмотре, находились в плоскостях резов.
6.9 Из каждого контрольного отрезка шипованной трубы поперечные шлифы должны быть изготовлены в количестве, обеспечивающем исследование не менее, чем четырех сварных соединений шипов с трубой.
6.10 При металлографическом исследовании сварных соединений шипов с трубами суммарная протяженность непровара (в зоне сплавления шипа с трубой), включая поры и шлаковые включения, не должна превышать 15% номинального диаметра шипа.
6.11 Гидравлическое испытание шипованных труб производи после получения удовлетворительного заключения по всем видам контроля, предусмотренным п.6.1. Трубы, шипованные вне котла, подвергаются обязательному гидравлическому испытанию давлением, превышающим рабочее в полтора раза.
Трубы, шипованные в котле, подвергаются гидравлическому испытанию совместно с котлом.
6.12 Исправлению подлежат следующие дефекты шипования:
а) подрезы и выемки на трубах (на месте отбитых шипов);
б) значительная неравномерность венчика вокруг шипов.
Исправление производится ручной дуговой сваркой дипломированным сварщиком.

Приложение 1

Меры предосторожности при шиповании экранных труб

1. Корпус источника сварочного тока, блока управления, осциллятора, рубильника (пускателя), стенда, а также вторичная обмотка сварочного трансформатора должны быть надежно заземлены.
Пусковая и управляющая аппаратура сварочного поста должна иметь четкие надписи, указывающие на их функциональное назначение.
Источник сварочного тока и баллон со сжатым газом должны располагаться вне топки котла таким образом, чтобы подход к ним и обслуживание их были удобны.
4. Пусковая кнопка на пистолете долила находиться в электрической цепи управления с напряжением не более 12 В.
5. В зоне проведения шиповочных работ (на участке поверхности топки котла) не должны приводиться другие работы.
6. Перед началом работ по шиповке труб руководитель должен проверить исправность и безопасность лесов и подмостей. О проверке исправности лесов должна быть сделана запись в журнале осмотра.
7. Сварщик должен следить за чистотой и порядком на рабочем месте и за исправным состоянием изоляции рабочих проводов, кабелей, шлангов.
8. Приварку шипов в топке котла разрешается производить с лесов при условии принятия мер против загорания деревянных элементов от капель расплавленного металла и применения сварщиком диэлектрических галош.
9. Сварочное оборудование должно быть аварийно отключено в случае появления признаков ненормальной его работы.
При аварийном отключении оборудования сварщик должен вывесить на его пусковую аппаратуру плакат, запрещающий включение.
10. Для местного освещения при проведении шиповочных работ в топке котла должны быть установлены переносные лампы, в количестве не менее двух, с питанием их от разных источников напряжения 12 В. Общее освещение в топке от сети напряжением 127-220 В может применяться при условии расположения проводки и светильника на высоте, исключающей возможность прикосновения к ним людей.
11. Сварщик должен иметь спецодежду, кожаные перчатки и защитную маску /при шиповке в защитном газе/.
12. Перемещение баллонов с защитным газом разрешается только на специальных ручных тележках или носилках.
13. Баллон со сжатым газом должен устанавливаться на расстоянии не менее 1 м от радиаторов отопления нагревательных приборов, а от источников тепла с открытым огнем - на расстоянии не менее 10м.
14. На рабочем месте баллон со сжатым газом должен быть закреплен специальным хомутом, исключающим его падение.
15. Сварщику запрещается разбирать и ремонтировать вентиль баллона.
16. После окончания работы или при длительном перерыве оборудование сварочного поста должно быть отключено от сети.
17. На месте проведения работы должны находиться огнетушитель пенного типа и другой противопожарный инвентарь по указанию пожарной охраны.

Приложение 2

Перечень нормативно-технической документации

1. Сборник отраслевых стандартов. Экраны шипованные топок стационарных паровых котлов.
ОСТ 24.030.32-73. Технические требования;
ОСТ 24.315.08-73. Расположение шипов на трубах;
ОСТ 24.410.23-73. Шип. Конструкция и размеры.
2. ОСТ 24.030.40-74. Трубные элементы поверхностей нагрева стационарных паровых котлов. Соединительные трубы в пределах котла. Коллекторы. Общие технические условия.
3. Правила безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. "Недра", 1975.
4. Правила контроля сварных соединений трубных систем котлоагрегатов и трубопроводов тепловых электростанций. ЦНИИТМаш, М., 1967.
5. Сварка и термообработка сварных соединений трубных систем котлоагрегатов и трубопроводов тепловых электростанций. ЦНИИТМаш, М., 1967.
6. Правила техники безопасности при эксплуатации теплосилового оборудования электростанций. Атомиздат, 1972.

Приложение 3

Расположение шипов на трубах экранов

Обозначение шипования трубы экрана	Наружный диаметр трубы, мм	Шаг трубы $t_ш$, мм	Число продольных рядов шиповния	Продольный шаг шипов $t_ш$, мм	Количество шипов на 1 м трубы, шт.	Количество шипов на 1 м^2 экрана, шт.	Плотность шипования экрана, %	Угол охвата трубы шипами	Угол между шипами α_1, град.
32/36-10-2-16	32	36	2	16	125	3470	27,3	46	23
32/36-10-2-20	32	36	2	20	100	2780	21,8	46	23
32/36-10-3-20	32	36	3	20	150	4160	32,8	46	23
32/36-10-3-25	32	36	3	25	120	3340	26,2	46	23
32/36-10-3-30	32	36	3	30	100	2780	21,8	46	23
50/54-10-3-16	50	54	3	16	187	3470	27,3	66	33
50/54-10-3-20	50	54	3	20	150	2880	21,8	66	33
50/54-10-4-20	50	54	4	20	200	3700	29,0	66	22
57/60-10-3-16	57	60	3	16	187	3126	24,5	68	34
58/64-10-4-16	60	64	4	16	250	3900	30,6	69	23
60/64-10-4-20	60	64	4	20	200	3130	24,5	69	23
60/64-10-5-20	60	64	5	20	250	3900	30,6	68	17
60/64-10-5-25	60	64	5	25	200	3100	24,5	68	17
50/54-12-3-25	50	54	3	25	120	2220	25,2	62	31
50/54-12-4-25	50	54	4	25	160	2960	33,4	63	21
50/54-12-4-30	50	54	4	30	133	2460	27,8	63	21
57/60-12-3-20	57	60	3	20	150	2500	28,2	66	33
60/64-12-4-25	60	64	4	25	160	2500	28,2	69	23
60/64-12-4-30	60	64	4	30	133	2080	23,5	69	23

Пример обозначения. Труба шипованная экрана 32/36-10-3-20 ОСТ 24.315.08-73
где 32 – диаметр трубы;
36 – шаг трубы;
10 – диаметр шипа;
3 – число продольных рядов шипов;
20 – продольный шаг шипов.

Примеры расположения шипов на трубах экранов приведены на рис. 13-16.

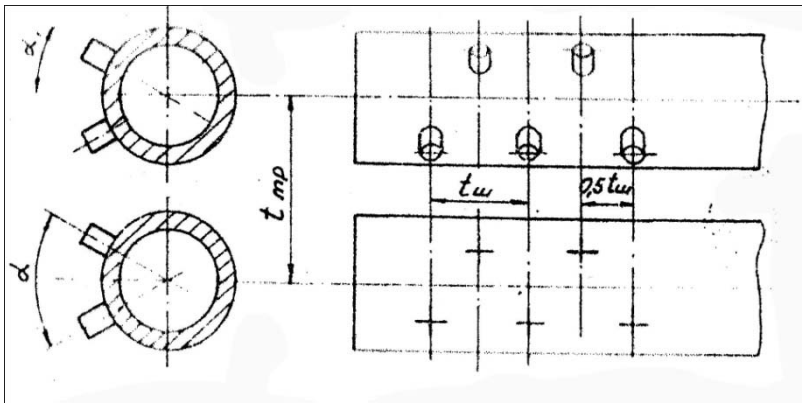


Рис.13. Шип диаметром 10мм, труба наружным диаметром 32 мм

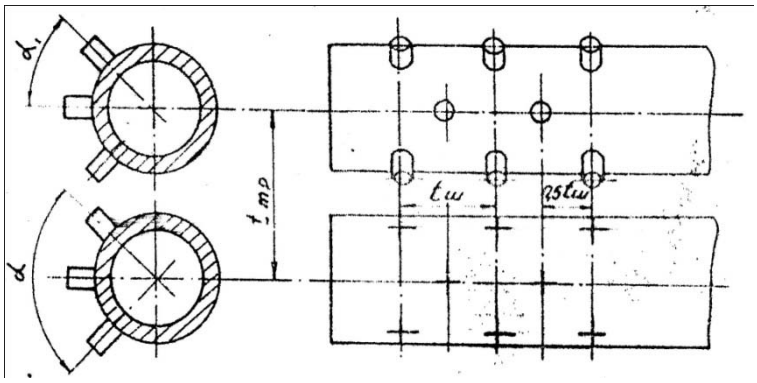


Рис. 14. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 32, 50 и 57 мм. Шип диметром 12 мм, труба наружным диаметром 50 и 57 мм

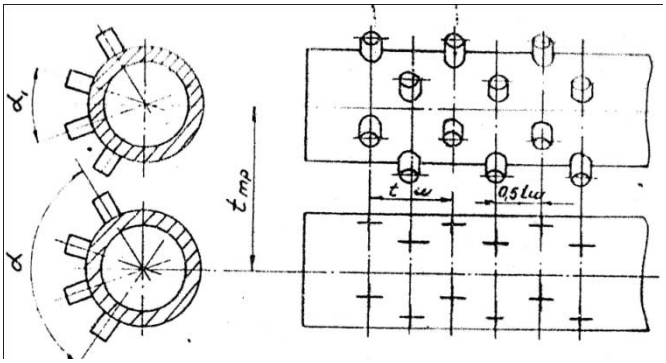


Рис. 15. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 50 и 60 мм. Шип диаметром 12 мм, труба наружным диаметром 50 и 60 мм

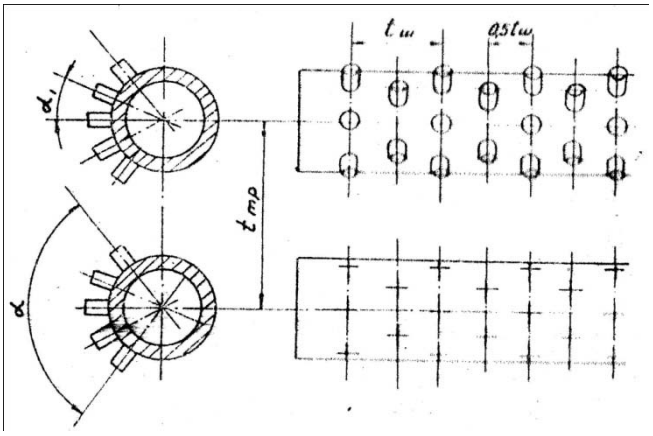


Рис. 16. Шип диаметром 10 мм, туба наружным диаметром 60 мм

Приложении 4

Расположение шипов на трубах цельносварных экранов

Обозначение шипования трубы экрана	Наружный диаметр трубы, мм	Шаг трубы $t_ш$, мм	Число продольных рядов шиповния	Продольный шаг шипов $t_ш$, мм	Количество шипов на 1 м трубы, шт.	Количество шипов на 1 м^2 экрана, шт.	Плотность шипования экрана, %	Угол охвата трубы шипами	Угол между шипами α_1, град.
32/46-10-3-18	32	46	3	18	116	3610	28,4	80	40
32/46-10-3-20	32	46	3	20	150	3260	25,6	80	40
32/46-10-2-20II	32	46	2	20	150	3260	25,6	40	20
38/50-10-2-20II	38	50	2	20	150	3000	23,5	44	22
38/60-10-2-16II	38	60	2	16	187	3110	24,5	44	22
50/70-10-3-16II	50	70	3	16	250	3570	28,0	60	30
50/70-10-5-20	50	70	5	20	250	3570	28,0	100	25
50/70-10-5-25	50	70	5	25	200	2860	22,5	100	25
57/75-10-3-16II	57	75	3	16	250	3330	26,1	66	33
60/80-10-6-20	60	80	6	20	300	3770	29,6	110	22
60/80-10-6-25	60	80	6	25	240	3000	23,6	110	22
60/80-10-4/20II	60	80	4	20	250	3130	24,5	66	22
50/70-12-4-25	50	70	4	25	160	2290	26,0	90	30
50/70-12-3-25II	50	70	3	25	160	2290	26,0	56	28
60/80-12-4-25	60	80	4	25	160	2000	22,5	90	30
60/80-12-3-25II	60	80	3	25	160	2000	22,5	64	32

Примечание. II – один ряд шипов приваривается к плавнику.
Обозначение шипованной трубы см. приложение 3.
Примеры расположения шипов на трубах экранов приведены на рис. 17-24.

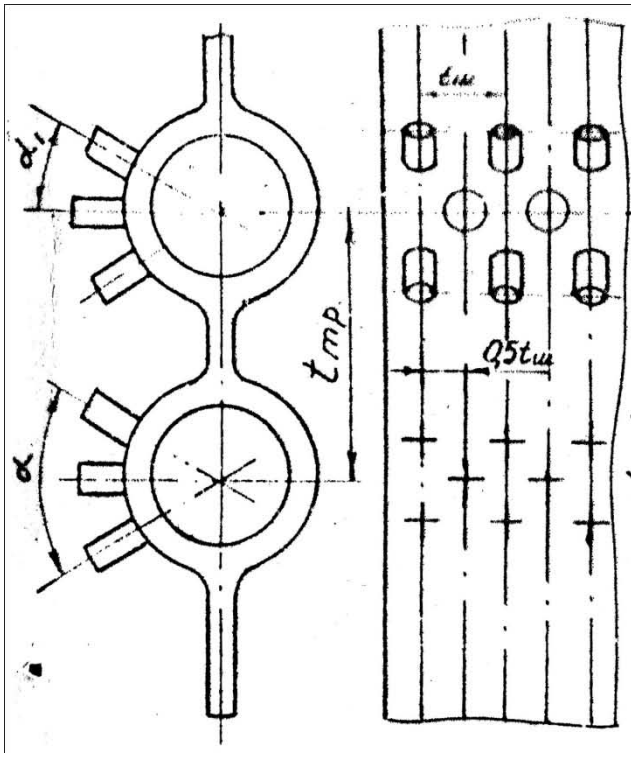


Рис. 17. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 32 мм

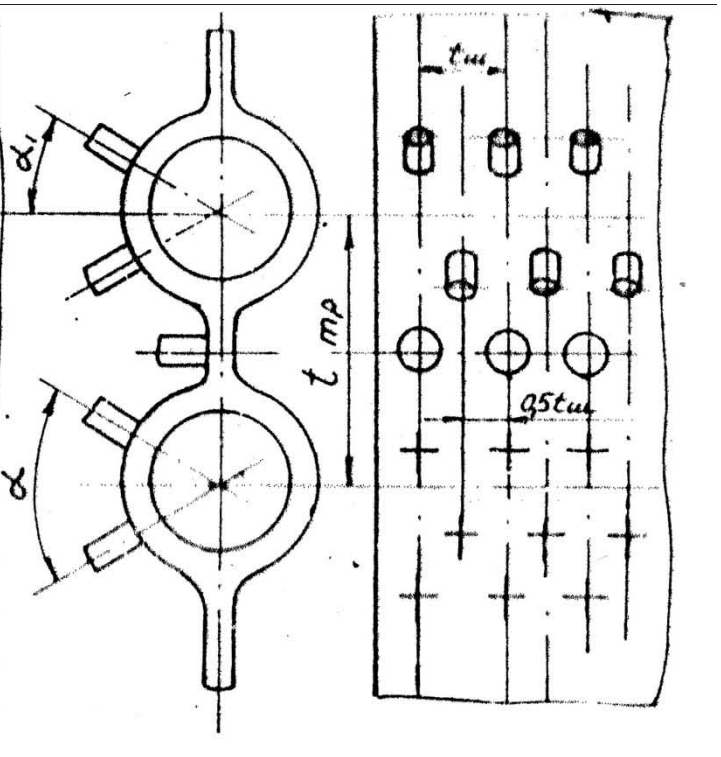


Рис. 18. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 32 и 38 мм

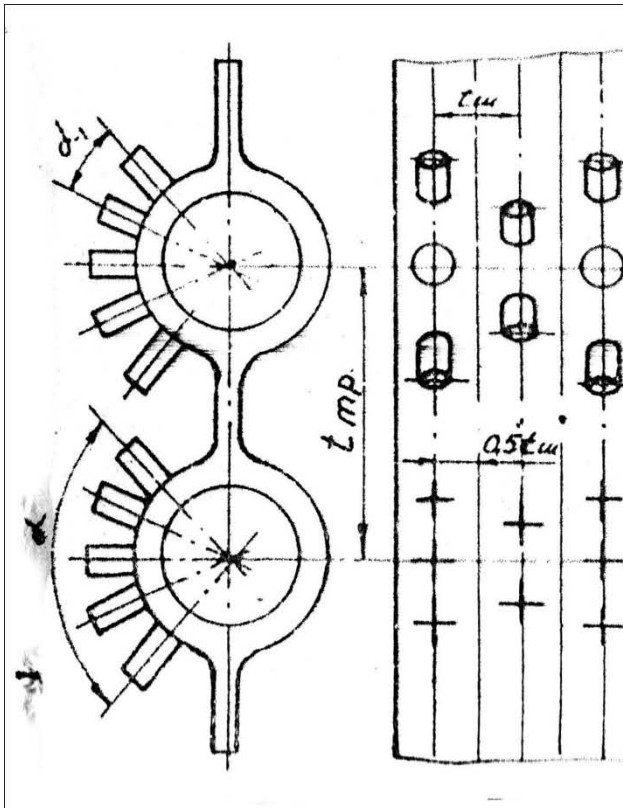


Рис. 19. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 50 мм

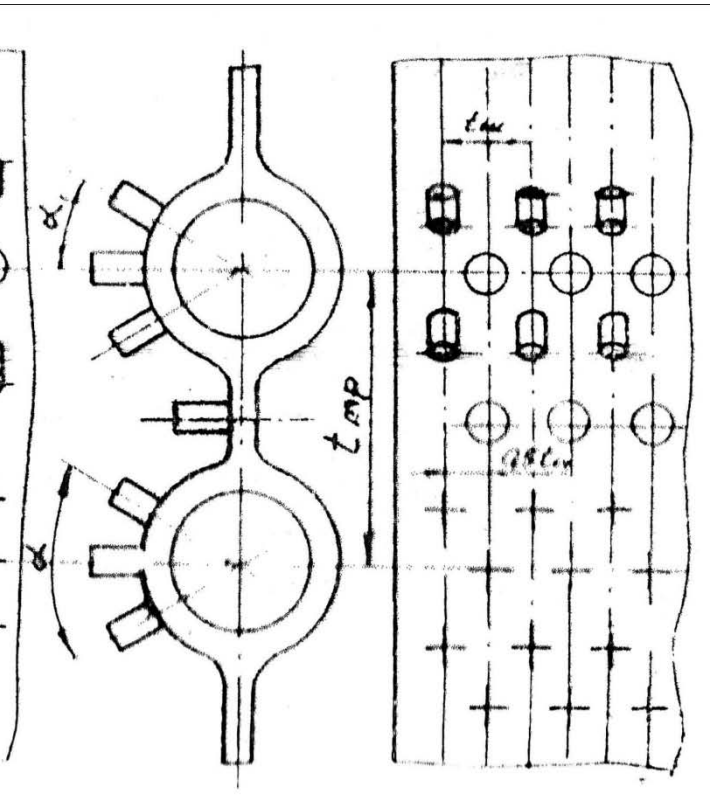


Рис. 20. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 50 и 57 мм

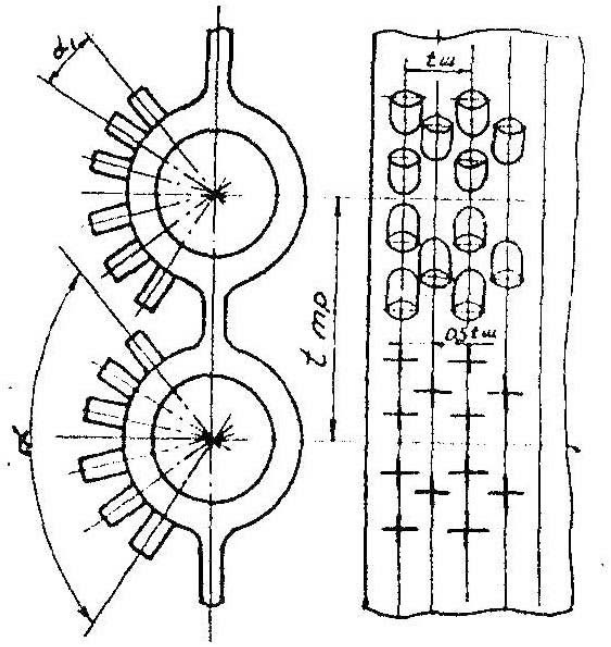


Рис. 21. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 60 мм

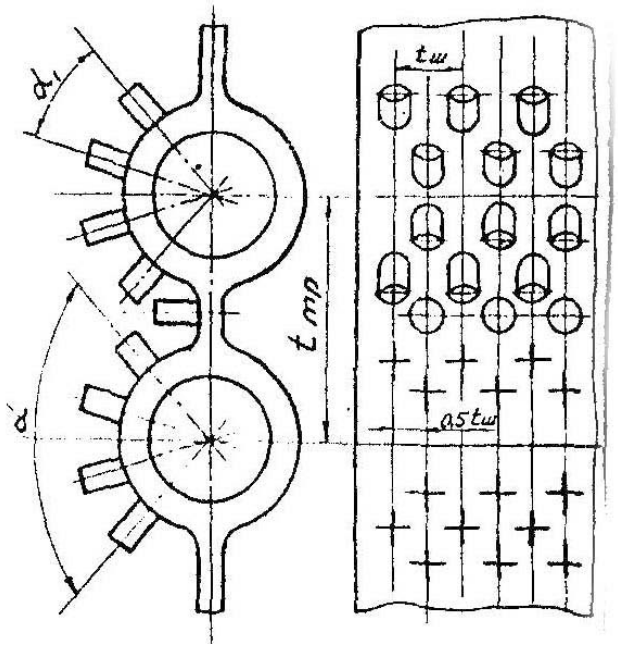


Рис. 22. Шип диаметром 10 мм, труба наружным диаметром 60 мм

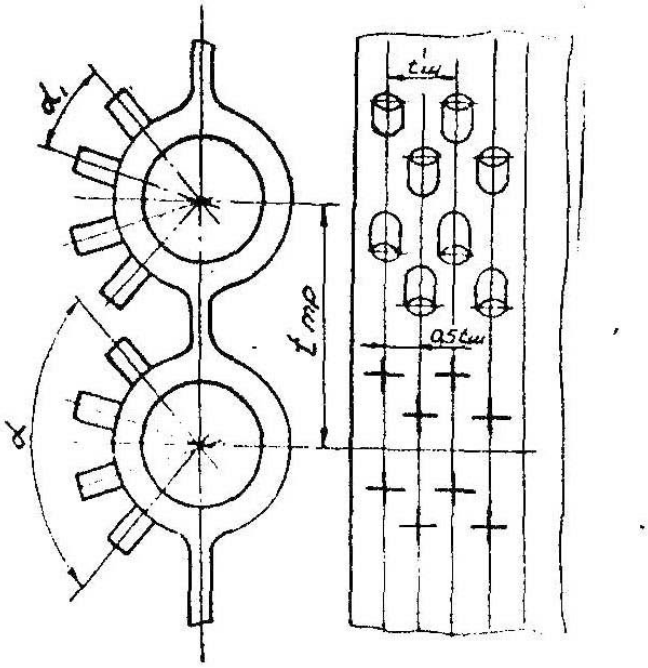


Рис. 23. Шип диаметром 12 мм, труба наружным диаметром 50 и 60 мм

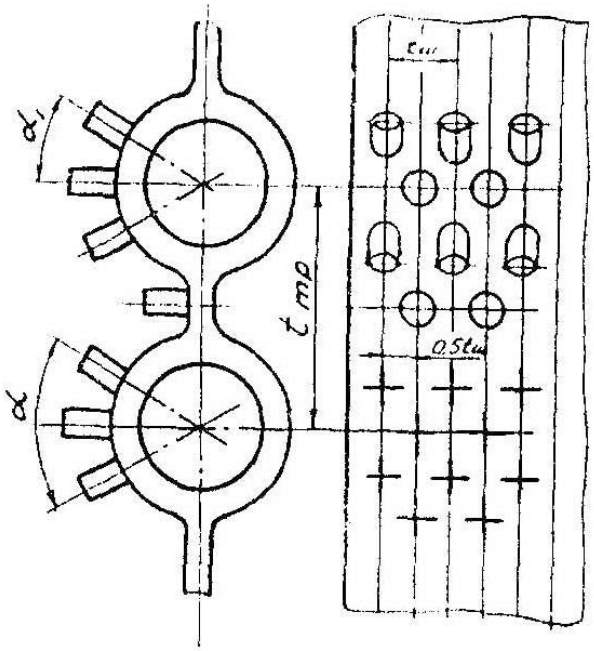


Рис. 24. Шип диаметром 12 мм, труба наружным диаметром 50 и 60 мм