

Технологическая инструкция

по развальцовке труб в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах и АВО

Содержание

	Стр.
1. Подготовка труб и трубных решеток.....	3
1.1. Подготовка трубных решеток.....	3
1.2. Подготовка труб.....	3
2. Сборка и сварка трубного пучка	3
3. Вылет труб.....	5
4. Развальцовка труб.....	5
4.1. Подготовка инструмента	5
4.2. Типы развальцовки	6
4.3. Подготовка оборудования	8
4.4. Определение оптимального режима развальцовки.....	8
5. Уменьшение деформаций трубных решеток.....	10
6. Операционный контроль.....	11
7. Испытания на герметичность.....	11
8. Аттестация технологии и специалистов.....	12
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 СРЕДНЯЯ СТЕПЕНЬ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ.....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ВИДЫ И ОБЪЕМ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 ПАРАМЕТР ШЕРОХОВАТОСТИ ТРУБНЫХ ОТВЕРСТИЙ.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА ТРУБ И ТРУБНЫХ РЕШЕТОК КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 ПРИМЕР ПРОТОКОЛА РАЗВАЛЬЦОВКИ.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 ЖУРНАЛ ЗАМЕРОВ.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 ПРИМЕР ЗАКЛЮЧЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 РАЗМЕРЫ ПЕРЕМЫЧЕК МЕЖДУ ТРУБНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ	23
ПЕРЕЧЕНЬ ДОКУМЕНТОВ, на которые даны ссылки в технологической инструкции.....	27

Настоящая инструкция определяет основные технологические параметры и требования к креплению труб в трубных решетках кожухотрубчатых теплообменных аппаратов на территории предприятия

1. Подготовка труб и трубных решеток

1.1. Подготовка трубных решеток

1.1.1. Номинальный диаметр трубных отверстий и предельный размер перемычки должны соответствовать значениям в таблице 9.1. приложения 9.

1.1.2. На поверхности трубных отверстий не должно быть грязи и ржавчины, продольных и винтовых рисков. Допускаются одиночные кольцевые риски, а также продольные и винтовые риски на 2/3 длины вальцовочного соединения. Наличие рисков следует контролировать визуально.

1.1.3. Параметр шероховатости R_z трубных отверстий не должен превышать значений, указанных в табл. 7 (приложение 4).

1.1.4. Отверстия, в которых есть продольные или спиральные риски, подлежат исправлению. Не допускается устранять указанные риски с помощью шлифовальной шкурки. Дефекты можно устранять разверткой или шариковыми раскатниками серий РШ (раскатник шариковый), РШР (раскатник шариковый регулируемый).

1.1.5. После окончания обработки отверстий трубные решетки должны быть обезжирены по существующей на заводе технологии, а непосредственно перед набивкой труб - продукты сжатым воздухом.

1.2. Подготовка труб

1.2.1. Наружная поверхность концов прямых теплообменных труб (за исключением труб из коррозионностойких сталей, а также из цветных металлов и сплавов, должна быть зачищена до чистого металла на длине, равной удвоенной толщине трубной решетки плюс 20 мм. Длина зачистки концов U-образных труб равна толщине решетки плюс 20 мм.

1.2.2. Наружный диаметр трубы после зачистки не должен быть меньше минимальной величины d_e (см. табл.1) для соединения соответствующего класса точности.

1.2.3. Концы труб перед закреплением их в трубных решетках не должны иметь на торцах и внутренней поверхности заусенцев, наплывов и грат.

1.2.4. Предельные отклонения толщин стенок труб не должны быть более указанных в табл.1.

Таблица 1 ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ТРУБЫ

Класс точности соединения	1	2	3	4	5
Предельное отклонение толщины стенки	$\pm 8\%$	$+12,5\%$ -10%	$\pm 12,5\%$	$\pm 15\%$	

2. Сборка и сварка трубного пучка

2.1. Перед набивкой труб отверстия в трубных решетках должны быть осмотрены на предмет выполнения п.п. 1.1.2 – 1.1.4.

2.2. Произвести набивку труб в корпус теплообменника. Установить вылет труб с лицевой стороны над поверхностью первой решетки в размер $0,5^{+2}$ мм для комбинированных соединений и 2^{+3} мм для вальцовочных соединений.

2.3. Подготовиться к сварке труб на первой трубной решетке. Перед сваркой провести обмер 10-ти труб по наружному и внутреннему диаметру и 10 отверстий в первой трубной решетке для настройки крутящего момента (п. 4.4)

2.4. Необходимо обеспечить отсутствие видимого диаметрального зазора между трубным отверстием и трубой. Для обеспечения этого требования следует провести предварительную коническую развальцовку трубы перед сваркой (без применения смазки) до соприкосновения наружной поверхности трубы с краем трубного отверстия, согласно рис. 1.

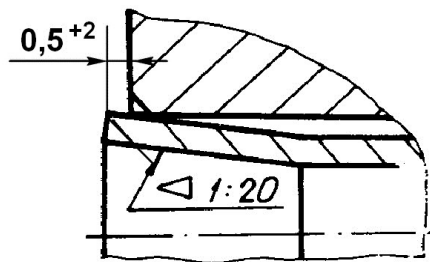
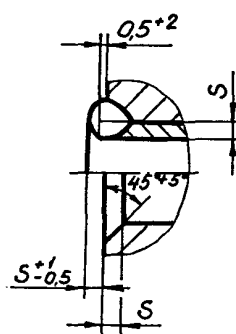


Рис. 1. Коническая развальцовка перед сваркой

2.5. Перед сваркой очистить концы труб и лицевую поверхность решетки до чистого металла от ржавчины, грязи, смазки и тщательно обезжирить спиртом этиловым ректифицированным техническим по ГОСТ 55878-2013 [2] или другими органическими растворителями, не оставляющими следов на поверхности трубы.

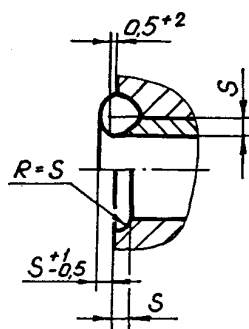
2.6. Типы сварки труб с трубными решетками, применяемые в комбинированных соединениях, приведены на рис. 2 - 4.

Ширина канавки a (сварка по типу С3, рис. 9) не должна быть менее 2 мм и принимается по таблице.



Для обычных условий

Рис. 2 - Тип С1



Для тяжелых условий

Рис. 3 - Тип С2

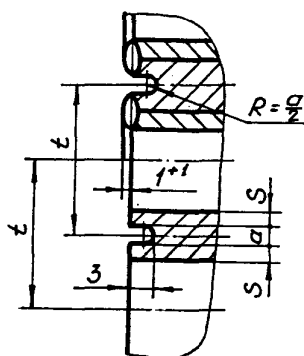


Рис. 4 - Тип С3

ШИРИНА КАНАВКИ (ТИП СЗ)

В миллиметрах

Размеры трубы	25x2	25x1,5	38x2	57x2	57x3
Ширина канавки <i>a</i>	2,5	3,5	5,4	8,2	6,2

2.7. Произвести сварку труб на первой трубной решетке согласно требованиям чертежа.

2.8. Сварку следует производить неплавящимся или плавящимся электродом в среде защитных газов на вертикальной плоскости или в нижнем положении. Вариант сварки в нижнем положении - предпочтительный.

2.9. Сварочные материалы и требования к сварным соединениям должны соответствовать ГОСТ Р 52630-2012 [5], ГОСТ 31842-2012 [4],

2.10. После сварки очистить внутреннюю поверхность труб от наплывов, грата и брызг металла.

2.11. Провести контроль герметичности сварных швов цветной дефектоскопией.

3. Вылет труб

3.1. В вальцовочных соединениях трубы должны выступать над поверхностью трубной решетки не менее, чем на 2 мм.

3.2. Допустимое отклонение величины вылета труб не должно быть более плюс 3 мм.

3.3. В комбинированных соединениях трубы должны выступать над поверхностью трубной решетки не менее, чем на 0,5 мм.

3.4. Допустимое отклонение величины вылета труб не должно быть более плюс 2 мм для типов сварки С1 и С2 и плюс 0,5 мм для типа С3.

3.5. В технически обоснованных случаях допускаются комбинированные соединения с утоплением трубы на глубину, устанавливаемую предприятием-изготовителем, но не превышающую 1,5 толщины стенки трубы.

4. Развальцовка труб

4.1. Подготовка инструмента

4.1.1. Для развальцовки труб с ограничением крутящего момента стандартных теплообменников и АВО (аппаратов воздушного охлаждения) следует применять развальцовочный инструмент, изготавливаемый специализированными предприятиями.

4.1.2. Развальцовочный инструмент должен иметь подшипниковый упор с подшипником качения. Применение инструмента с подшипником скольжения не допускается.

Инструмент вставляется в развальцовываемую трубу до соприкосновения торца подшипникового упора с плоскостью трубной решетки или с торцом трубы. Развальцовка с постепенным вводом роликов в трубу не допускается.

4.1.3. Рекомендуется к применению инструмент произведенный по ОСТ 26-17-02-83 переиздание 2008 г. [8] и СТО 00220368-015-2010 [14].

Тип 'А' - охлаждаемый;

Тип 'Б' - неохлаждаемый с регулируемой глубиной развальцовки.

Охлаждение вальцовок типа 'А' производится от специального блока охлаждения и смазки, входящего в состав электрических установок для развальцовки труб МЭР-11М или МЭР-16М. Дозированная подача эмульсии производится автоматически, после прохождения вальцовкой свободного участка трубы в процессе развальцовки. В охлаждаемую вальцовку Тип 'А' воздушно-масляная эмульсия подается в штуцер и выходит из корпуса через отверстия для роликов.

При работе охлаждаемыми вальцовками типа 'А' смазывание, охлаждение и выдувание продуктов износа производится в процессе работы автоматически. Все это способствует стабилизации контактного давления в соединении трубы и трубной решетки, повышая качество вальцовочных соединений.

4.1.4. Для развальцовки труб в трубных решетках толщиной, меньшей длины ролика, следует предусмотреть возможность уменьшения длины выступа ролика относительно торца подшипникового упора.

4.1.5. Поверхность роликов и веретена должна быть без сколов, трещин и признаков износа. Роликовая обойма должна свободно проворачиваться в корпусе, пазы под установку роликов не должны иметь заусенцев.

4.1.6. Глубина (длина пояса) развальцовки определяется расстоянием от лицевой плоскости трубной решетки до конца цилиндрической части ролика развальцовочного инструмента, как изображено на рис. 5, согласно табл. 2.

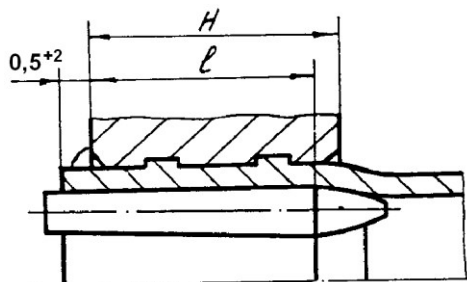


Рис.5. Глубина развальцовки

Таблица 2 ДЛИНА РАЗВАЛЬЦОВКИ И ТОЛЩИНА ТРУБНОЙ РЕШЕТКИ

В миллиметрах

Наружный диаметр труб, d_e	Для Р1, Р4 и Р5		Для Р1, Р2 и Р5		Для типа Р3	
	Рекомендуемая min длина развальцовки l	Толщина трубной решетки H при длине развальцовки l , не менее	Наименьшая толщина трубной решетки, H^{min}	Наименьшая длина развальцовки, l^{min}	Рекомендуемая длина развальцовки, l	Толщина трубной H решетки, не менее
8 10 12 14 16 20	19	24	19	11	20	31
25 30 38	26	31	20	15	24	35
45 57 60 63 63,5	42	47	23		36	47

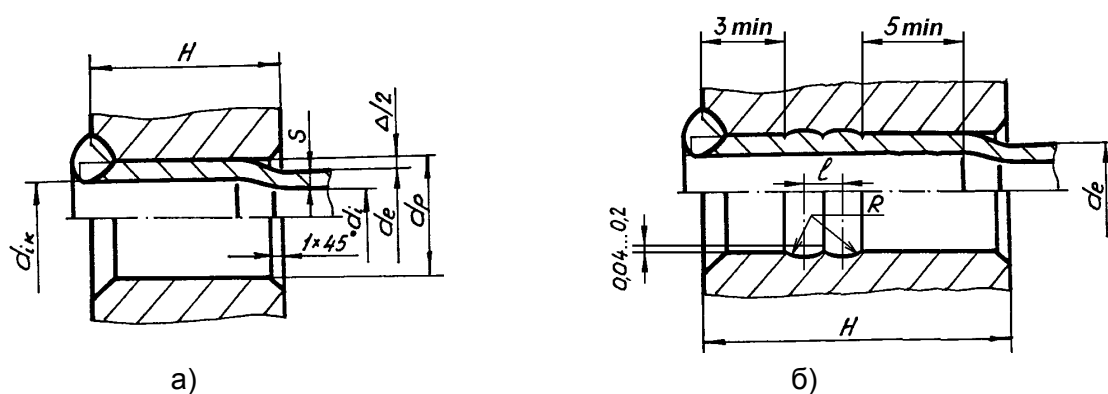
4.1.7. Пояс развальцовки должен заканчиваться на расстоянии не менее 5-3 мм до тыльной плоскости трубной решетки.

4.1.8. В процессе работы проверять визуальным контролем поверхность веретена и роликов. При обнаружении видимых признаков износа своевременно заменять веретена и ролики. Ролики рекомендуется заменять комплектно.

4.1.9. Пояс развальцовки должен начинаться от лицевой поверхности трубной решетки. Трубы из закаливающих сталей (1Х13, 15Х5М и др.), а также в других технически обоснованных случаях, после сварки рекомендуется развальцовывать на

расстоянии 10 мм от сварного шва развальцовочным инструментом с роликами, скругленными с двух сторон. Расстояние 10 мм измеряют от вершины сварного шва до начала конической части ролика (см. рисунок 3). Канавки в этом случае также следует сместить на 10 мм от лицевой поверхности трубной решетки.

4.2 Типы развальцовки, применяемые в вальцовочных и комбинированных соединениях



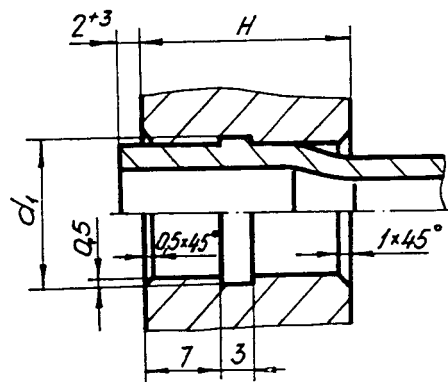
Только для комбинированных соединений $H \geq 19$ мм.

Рис.6 – Тип Р1

Размеры, указанные на чертеже 6б, должны быть следующими:

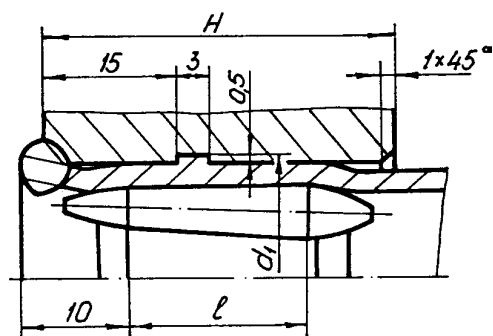
в миллиметрах

d_e	R	l
16	2,0	1,6
20	2,5	2,0
25, 30	3,0	2,4
38, 45, 57, 60, 63	5,0	4,0



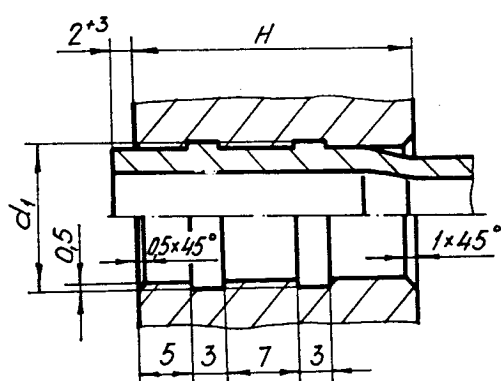
$19 \leq H \leq 24$ мм

Рис.7 - Тип Р2



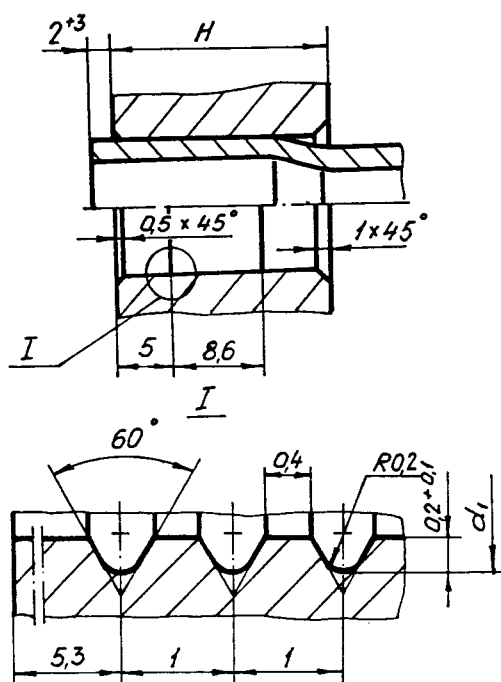
Только для комбинированных соединений из закаливающих сталей
с отступанием пояса развальцовки от сварного шва
 $H \geq l + 11 \text{ мм}$

Рис.8 - Тип Р3



$H \geq 24 \text{ мм}$

Рис.9 - Тип Р4



9 кольцевых канавок, не менее
Для тонкостенных труб
 $H \geq 19 \text{ мм}$

Рис.10 - Тип Р5

Развальцовка с постепенным вводом роликов в трубу не допускается!

4.3. Подготовка оборудования

4.3.1. Развальцовку труб с ограничением крутящего момента следует производить с помощью развальцовочных установок, обеспечивающих реверсивное вращение развальцовочного инструмента.

4.3.2. В состав развальцовочной установки должно входить устройство ограничения крутящего момента, обеспечивающее автоматическую остановку вращения развальцовочного инструмента при достижении заданной величины крутящего момента. Допускаемая погрешность ограничения крутящего момента не более $\pm 5\%$.

4.3.3. Оборудование для развальцовки должно быть аттестовано в специализированном технологическом центре, согласно ГОСТ Р 55601-2013 [6].

4.3.4. Для развальцовки труб рекомендуется использовать электрические установки МЭР-11М, МЭР-16М или другие эл. установки либо пневмоприводы должны удовлетворять требованиям п. 4.3.2.

Оптимальный режим развальцовки реализуется блоком управления с АСУТП установки МЭР-11М или МЭР-16М по ОСТ 26-17-01-83 переиздание 2007 г. [7] и СТО 00220368-014-2009 [12].

4.3.5. Рекомендуется один раз в 3 месяца, но не реже одного раза в год, а также после каждого ремонта, замены устройства ограничения крутящего момента или привода, выгружать и распечатывать протоколы развальцовки с развальцовочных установок, имеющих данную опцию, с помощью преобразователя-интерфейса RS-232 на ноутбук с установленной программой «МЭР-Архив». При превышении среднего приведенного значения отклонения полученного крутящего момента от установленного на 5%, приостановить эксплуатацию установки и обратиться с соответствующим вопросом к изготовителю установки или его представителю. Протокол должен содержать не менее 50 соединений. Установленный крутящий момент при проведении испытаний рекомендуется выбирать примерно в середине диапазона крутящих моментов, реально используемых на предприятии при развальцовке труб. По результатам испытаний должны быть выгружены и распечатаны протоколы. Пример протокола развальцовки в приложении 6.

4.3.6. Один раз в 3 года испытывать установку на специальном градуировочном стенде для проверки диапазона и точности отработки крутящего момента. Испытания должны проводиться во всем диапазоне крутящих моментов и скоростей работы от минимального до максимального. В заключении должны быть отражены 5 – 10 протоколов с различными значениями крутящего момента. По каждому значению крутящего момента на стенде проводится не менее 50 циклов нагружения и рассчитывается среднее значение. Эти значения отображаются в протоколах развальцовки. По результатам испытаний на стенде оформляется заключение о соответствии оборудования для развальцовки труб. Пример заключения в приложении 8. К заключению должны прилагаться протоколы, выгруженные с испытываемого блока управления. Пример протокола развальцовки в приложении 6.

4.3.7. Включение и работа с установкой должна проходить в строгом соответствии с инструкцией на данную установку.

4.4. Определение оптимального режима развальцовки

4.4.1. По технической документации на вальцуемый аппарат определить класс точности и исполнение по материалу. Подготовить журнал замеров согласно таблице 3:

Таблица 3. ЖУРНАЛ ЗАМЕРОВ (ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ В ММ.)

Номер трубы	Параметры трубы и решетки				В	d _{ик расч}	Крутящий момент, М (кгс·м)	d _{ик факт}	
	d _p	d _e							d _i
		d _{e1}	d _{e2}	d _{e ср}					

Готовый бланк журнала замеров в приложении 7.

4.4.2. Предварительно, (для комбинированных соединений до сварки), измерить диаметры отверстий (d_p) первой трубной решетки, внутренний (d_i) и наружный (d_e) диаметры труб в тридцати соединениях. Наружный диаметр трубы микрометром в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях; диаметр отверстия трубной решетки и внутренний диаметр трубы - индикаторным (с ценой деления 0,01 мм) трехточечным нутромером. Данные занести в таблицу 3 и промаркировать их на лицевой стороне трубной решетки. Эти соединения использовать для подбора крутящего момента.

4.4.3. Произвести сварку труб в первой трубной решетке для комбинированных соединений.

4.4.4. Произвести торцовку труб во второй трубной решетке в размер $0,5^{+2}$ для комбинированных соединений.

4.4.5. Обварить трубы во второй трубной решетке для комбинированных соединений.

4.4.6. Произвести пневмоиспытания на герметичность сварных соединений и исправить сваркой выявленные дефекты.

4.4.7. После исправления дефектов произвести повторные пневмоиспытания.

4.4.8. Определить расчетную величину внутреннего диаметра $d_{ик\ расч}$ трубы после развальцовки:

$$d_{ик\ расч} = d_i + \beta (d_p - d_{e\ ср}) + B,$$

где $\beta = d_e / d_i$; - безразмерный коэффициент толстостенности трубы.

B - среднее значение степени развальцовки, мм.

Значение B следует определять согласно таблице 5 (приложение 2).

4.4.9. Установить ограничитель крутящего момента развальцовочной машины в первоначальное положение, соответствующее 50% значения крутящего момента, согласно ГОСТ Р 55601-2013, таблица 10, для вальцовок типа А, АР, АУ, Б, БР, БУ и записать его значение в таблицу 3. При изменении длины пояса развальцовки L (таблица 2) до величины L_1 , заданной конструкторской документацией, следует изменить величину крутящего момента пропорционально отношению $\frac{L_1}{L}$.

4.4.10. Развальцевать первую трубу с крутящим моментом, установленным в соответствии с п. 4.4.4., измерить $d_{ик\ факт}$ и сравнить с $d_{ик\ расч}$ для данной трубы. Если значение $d_{ик\ факт}$ превышает значение $d_{ик\ расч}$ более, чем на 0,1 мм, уменьшить крутящий момент на 5 – 10%, если значение $d_{ик\ факт}$ меньше $d_{ик\ расч}$ более чем на 0,1 мм, необходимо увеличить крутящий момент на 5 – 10 % и развальцевать следующую трубу. Повторять эти действия до достижения $|d_{ик\ ср\ факт} - d_{ик\ ср\ расч}| \leq 0,1$.

4.4.11. Развальцевать следующие десять труб на установленном значении ограничителя крутящего момента, измерить и записать в таблицу 3 фактическое значение внутреннего диаметра $d_{ик\ факт}$ после развальцовки;

4.4.12. Определить среднеарифметическое значение внутреннего диаметра после развальцовки $d_{ик\ ср\ факт}$ по десяти трубам. Рассчитать среднеарифметическое значение $d_{ик\ ср\ расч}$ для этих 10 труб.

4.4.13. Сравнить полученные значения $d_{ик\ ср\ расч}$ и $d_{ик\ ср\ факт}$.
Если

$$0,2 > |d_{ик\ ср\ факт} - d_{ик\ ср\ расч}| > 0,1,$$

то откорректировать величину крутящего момента.

Если $d_{ик\ ср\ факт}$ превышает $d_{ик\ ср\ расч}$, то необходимо уменьшить крутящий момент на блоке управления.

Если $d_{ик\ ср\ факт}$ меньше $d_{ик\ ср\ расч}$, то необходимо увеличить крутящий момент на блоке управления.

Если

$$|d_{ик\ ср\ факт} - d_{ик\ ср\ расч}| > 0,2,$$

то произвести внеочередную поверку развальцовочной установки в соответствии с. п. 5.6. СТО 00220368-014-2009 [13]

4.4.14. Повторить пункты 4.4.11. – 4.4.13. до получения

$$|d_{ик\ ср\ факт} - d_{ик\ ср\ расч}| \leq 0,1.$$

4.4.15. Развальцевать все остальные трубы первой решетки теплообменного аппарата на установленном крутящем моменте.

4.4.16. В случае вальцовочных соединений без сварки, после развальцовки всех труб в первой трубной решетке следует торцевать выступающие трубы со стороны второй трубной решетки в размер или 2^{+3} . Для торцовки труб рекомендуется использовать электрическую установку МЭТ-2 или аналогичную, либо пневмоприводы.

4.4.17. Развальцевать трубы во второй трубной решетке на крутящем моменте, установленном согласно п. п. 4.4.8. – 4.4.14.

4.4.18. Для толстых решеток с несколькими поясами вальцовки, 2-й и последующий пояса вальцовки, не имеющие канавок, следует считать соединениями типа Р1 и проводить для них отдельную общую настройку крутящего момента на 2-м поясе по вышеприведенной методике.

5. Уменьшение деформаций трубных решеток

5.1. При развальцовке труб в первой трубной решетке, в случае, когда длина развальцовки меньше толщины трубной решетки и развальцовочный пояс расположен ближе к наружной поверхности, решетка выгибается наружу. Для уменьшения этого прогиба рекомендуется ввести дополнительный пояс развальцовки, примыкающей к внутренней поверхности трубной решетки и развальцевать его в первую очередь. При этом трубная решетка прогнется внутрь и последующий прогиб наружу будет частично компенсирован.

5.2. При развальцовке второй трубной решетки в трубах возникают осевые напряжения сжатия, которые дополнительно увеличивают выгибание трубных решеток наружу. Для уменьшения напряжения сжатия развальцовку второй трубной решетки рекомендуется производить развальцовочным инструментом с углубленной до 7-10 мм выточкой в обойме под выступающий конец трубы.

5.3. Эффективным способом уменьшения деформаций изгиба является также предварительная развальцовка центрального пучка труб в обеих решетках. Этот пучок играет роль продольной связи. Количество труб в пучке 16-19. Если диаметр трубной решетки превышает 3000 мм, то рекомендуется дополнительно ввести еще 6 таких пучков, расположив их по вершинам правильного шестиугольника в серединах радиусов трубной решетки. Если эти пучки пронумеровать по часовой стрелке цифрами 1-6, то развальцовывать их во второй трубной решетке следует в порядке 1,4,2,5,3,6. Порядок развальцовки пучков в первой трубной решетке произволен.

5.4. При развальцовке толстых трубных решеток несколькими поясами следует обеспечивать перекрытие поясов на длине 3-5 мм. После завершения развальцовки каждого пояса по всей решетке ее необходимо обезжирить и очистить для того, чтобы были видны пропущенные трубы при развальцовке очередного пояса. При применении вальцовочных соединений в первой трубной решетке развальцовку поясов ведут от лицевой поверхности к внутренней, во второй - от внутренней к лицевой. Этот порядок уменьшает распорные усилия в трубах. При применении комбинированных соединений в обеих трубных решетках развальцовывают пояса от внешней поверхности к внутренней. Этот порядок защищает сварные швы.

5.5. При развальцовке теплообменных аппаратов с U-образными трубами для уменьшения прогиба развальцовку проводят либо на всю толщину трубной решетки, либо двумя поясами, первый из которых примыкает к внутренней поверхности решетки, а второй - к наружной. Для исключения цилиндрического прогиба в этих теплообменных аппаратах трубную решетку симметрично размечают двумя концентрическими правильными восьмиугольными или шестиугольными линиями (в зависимости от расположения отверстий: по вершинам квадратов или треугольников) на три зоны, содержащее по возможности близкое число труб и развальцовывают их последовательно от периферии к центру. Если диаметр трубной решетки больше 3000 мм, то трубную решетку размечают четырьмя концентрическими линиями на пять зон.

Такой же порядок рекомендуется соблюдать при развальцовке труб в первой трубной решетке других типов кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.

5.6. Для комбинированных соединений во избежание коробления трубных решеток сварку ведут "вразбивку", так чтобы уже приваренные трубы были равномерно распределены по всей поверхности решетки в течение всего процесса сварки. Очередную трубу приваривают на участке, где решетка уже остыла.

5.7. Если диаметр трубных решеток превышает 3000 мм их размечают по п. 5.5. и дополнительно радиальными линиями на шесть или восемь секторов в зависимости от типа расположения труб. Это облегчает контроль равномерности распределения приваренных труб в течение всего процесса сварки. Когда в центральной зоне образуется 16-19 приваренных труб, их необходимо постепенно приварить и во второй трубной решетке, чтобы создать дополнительную жесткость трубного пучка.

6. Операционный контроль

6.1. Виды и объем операционного контроля качества подготовки труб и трубных решеток под развальцовку и сварку в зависимости от класса точности соединений следует устанавливать по табл.6.1 приложения 3, согласно ОСТ 26-02-1015-85 Переиздание 2007 г. [8]. Не допускается шелушения внутренней поверхности труб после развальцовки.

6.2. Контроль качества развальцовки проводится на основании: а) журнала замеров (приложение 7), б) протоколов развальцовки (приложение 6) для развальцовочных машин, имеющих данную опцию, в) Протокола подбора крутящего момента по пп. 4.4.8 – 4.4.14.

6.3. Методы контроля сварных швов: визуальный и измерительный.

7. Испытания на герметичность

7.1. Согласно ОСТ 26-02-1015-85 [9], все теплообменные трубы должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям на предприятии-изготовителе труб. При отсутствии в сертификатах данных о гидроиспытаниях предприятие-изготовитель теплообменных аппаратов обязано провести выборочные гидроиспытания в соответствии с требованиями ГОСТ 3845-75 [1] по 3% труб от каждой партии, но не менее 5 труб. При получении неудовлетворительных результатов хотя бы по одной из труб проводят повторные испытания на удвоенном количестве труб, взятых от той же партии.

7.2. Испытания на герметичность проводить до гидроиспытания аппарата на прочность пневматическим методом способом "обмывливания" при давлении воздуха или инертного газа в межтрубном пространстве $0,3 P_y$, но не менее $0,05 \text{ МПа}$ ($0,5 \text{ кгс/см}^2$) и не более $0,5 \text{ МПа}$ (5 кгс/см^2). Для аппаратов с расчетным давлением P до $0,2 \text{ МПа}$ (2 кгс/см^2) давление пневмоиспытаний должно быть не более $0,5 P_y$.

где P_y - наибольшее условное давления для данного типа и исполнения аппарата по материалу.

Чувствительность испытаний на герметичность должна соответствовать табл.6.2. приложения 3.

7.3. Подготовка и проведение испытаний должны выполняться в соответствии с ОСТ 26.260.14-2001 [11] с соблюдением требований техники безопасности при пневмоиспытаниях.

7.4. Испытания герметичности сварки труб с трубными решетками в комбинированных соединениях данного аппарата следует проводить способом "обмыливания" до выполнения развальцовки при указанном выше давлении воздуха или инертного газа в межтрубном пространстве.

7.5. Гидравлическое испытание герметичности крепления труб должно производиться в соответствии с ГОСТ 34347-2017 [5] (раздел 7.11).

7.6. Для соединений 4 класса точности допускается проводить только гидравлическое испытание герметичности без пневмоиспытаний.

8. Аттестация технологии и специалистов

8.1. Технология развальцовки труб, специалисты по развальцовке труб и развальцовочное оборудование должны быть аттестованы в специализированной научно-исследовательской организации, согласно ГОСТ Р 31842-2012 [4], ГОСТ Р 55601-2013 [6], СТО 00220368-014-2009 [11] и СТО 00220368-018-2010 [14].

8.2. Для аттестации технологии развальцовки необходимо наличие производственно-исследовательской базы, развальцовочного оборудования и средств контроля качества вальцовочных соединений, специалистов по развальцовке труб I или II уровней (котельщики), III уровня (инженеры), аттестованных в установленном порядке, положения об инженере, ответственном за развальцовку труб, технологической инструкции по развальцовке труб, а также нормативного документа СТО 00220368-018-2010 [14]. Технологическая инструкция по развальцовке и Положение об инженере, ответственном за развальцовку труб должны быть согласованы со специализированной научно-исследовательской организацией.

8.3. Аттестацию специалистов по развальцовке труб должны выполнять предприятия, имеющие нормативные документы ОСТ 26-17-01-83 переиздание 2007 г. [7], ОСТ 26-17-02-83 переиздание 2008 г (8) ОСТ 26-02-1015-85 переиздание 2007г. [9], СТО 00220368-014-2009 [12] и СТО 00220368-015-2010 [13]. Срок действия квалификационного удостоверения специалистов I, II и III уровней – 2 года. В случае отступления от данной технологии необходимо оформить в специализированной организации разрешительное письмо на технологию крепления труб в трубных решетках. Расширения или дополнения данной технологической инструкции необходимо согласовать со специализированной организацией.

8.4. По результатам рассмотрения представленных материалов специализированная научно-исследовательская организация выдает предприятию, выполнявшему производственную аттестацию, заключение, в котором указывается возможность применения предприятием аттестованной технологии при изготовлении объектов, подведомственных Ростехнадзору, и ограничительные условия ее применения.

8.5. На основании заключения аттестационная комиссия оформляет аттестат соответствия на технологию развальцовки.

Таблица 4. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ
КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЙ Р4

Исполнение по материалу	Крутящий момент Н•м для труб при длине развальцовки / <i>min</i>									
	16x1,0	16x1,5	16x2,0	20x2,0	25x1,5	25x2,0	25x2,5	25x4,0	30x2,5	38x2,0
M1(1)	8	8	9	13	22	23	24	30	33	50
M1(2)	10	10	11	15	26	28	29	36	39	55
M2	3	3	4	5	8	9	9	11	13	23
M3	5	5	6	9	15	15	16	20	22	33
M4; Б7	8	08	09	14	23	24	25	31	35	52
M5	9	09	10	15	26	27	28	35	39	58
M8; M10; Б2	8	08	09	13	21	22	23	28	31	48
M9; M11; Б3	8	0,	09	14	23	24	25	31	35	52
M12; M23; M24	11	12	13	18	31	32	33	42	46	70
M17(1)	10	10	12	16	28	29	31	38	42	64
M17(2)	10	10	12	16	28	29	31	38	42	64
M19; M20; M21; M22; Б1	11	12	13	18	31	32	33	42	46	70
Б6; Б9	8	08	09	13	21	22	23	28	31	48
Б8; Б10	8	08	09	14	23	24	25	31	35	52

Таблица 4а. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ
КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ СОЕДИНЕНИЙ Р4
(продолжение)

Исполнение по материалу	Крутящий момент Н•м для труб при длине развальцовки / <i>min</i>										
	38x2,5	38x3,0	38x3,5	57x2,5	57x3,0	57x3,5	60x3,5	63x3,0	63x3,5	63x3,5	63,5x3,5
M1(1)	52	53	55	146	148	151	167	180	183	186	188
M1(2)	58	61	63	170	176	180	199	214	218	221	224
M2	24	25	26	55	56	58	64	69	70	71	72
M3	34	35	36	97	99	100	111	120	122	124	126
M4; Б7	54	56	58	153	155	158	175	189	192	195	197
M5	60	62	64	170	173	176	195	210	214	217	220
M8; M10; Б2	50	53	55	139	141	144	159	172	175	177	179
M9; M11; Б3	54	56	58	153	155	158	175	189	192	195	197
M12; M23; M24	71	73	76	201	204	208	230	110	253	257	260
M17(1)	67	69	71	188	192	196	217	233	237	239	242
M17(2)	67	69	71	188	192	196	217	233	237	239	242
M19; M20; M21; M22; Б1	71	73	76	201	204	208	230	110	253	257	260
Б6; Б9	50	53	55	139	141	144	159	172	175	177	179
Б8; Б10	54	56	58	153	155	158	175	189	192	195	197

Таблица 5 СРЕДНЯЯ СТЕПЕНЬ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ

Наружный диаметр трубы d_e , мм	Толщина стенки трубы S , мм	Коэффициент толстостенности β	Средняя степень развальцовки B , мм, для развальцовки типов		
			P4	P2, P3, P5	P1
8	1,0	1,33		0,14	0,05
10	1,0	1,25		0,15	0,05
	1,5	1,43		0,18	0,08
12	1,0	1,20		0,15	0,05
	1,5	1,33		0,18	0,08
	2,0	1,50		0,20	0,11
14	1,0	1,17		0,16	0,06
	1,5	1,27		0,18	0,09
	2,0	1,40		0,20	0,12
16	1,0	1,14	0,24	0,16	0,06
	1,5	1,23	0,26	0,18	0,09
	2,0	1,33	0,28	0,20	0,12
	2,5	1,45	0,30	0,22	0,14
19	1,0	1,12	0,25	0,16	0,08
	1,5	1,19	0,27	0,19	0,10
	2,0	1,27	0,28	0,21	0,13
	2,5	1,36	0,29	0,22	0,15
	3,0	1,46	0,31	0,23	0,17
20	1,0	1,11	0,26	0,17	0,08
	1,5	1,18	0,27	0,19	0,10
	2,0	1,25	0,29	0,21	0,13
	2,5	1,33	0,30	0,23	0,15
	3,0	1,43	0,32	0,25	0,18
25	1,0	1,09	0,26	0,18	0,09
	1,5	1,14	0,27	0,19	0,11
	2,0	1,19	0,29	0,20	0,14
	2,5	1,25	0,31	0,23	0,16
	3,0	1,31	0,33	0,26	0,19
	3,5	1,39	0,37	0,29	0,21
	4,0	1,47	0,40	0,32	0,24
28	1,0	1,08	0,27	0,18	0,10
	1,5	1,12	0,28	0,20	0,12
	2,0	1,17	0,30	0,22	0,15
	2,5	1,25	0,31	0,25	0,17
	3,0	1,27	0,33	0,27	0,20
	3,5	1,33	0,36	0,29	0,22
	4,0	1,40	0,40	0,32	0,25

30	1,0	1,07	0,28	0,19	0,11
	1,5	1,11	0,29	0,21	0,13
	2,0	1,15	0,30	0,23	0,16
	2,5	1,2	0,32	0,25	0,18
	3,0	1,25	0,34	0,27	0,21
	3,5	1,30	0,36	0,30	0,23
	4,0	1,36	0,40	0,33	0,26
32	1,0	1,07	0,26	0,19	0,11
	1,5	1,10	0,28	0,21	0,13
	2,0	1,14	0,30	0,23	0,16
	2,5	1,19	0,32	0,25	0,18
	3,0	1,23	0,34	0,27	0,21
	3,5	1,28	0,36	0,30	0,23
	4,0	1,33	0,40	0,33	0,26
38	1,0	1,06	0,28	0,20	0,12
	1,5	1,09	0,29	0,22	0,14
	2,0	1,12	0,31	0,24	0,17
	2,5	1,15	0,32	0,26	0,19
	3,0	1,19	0,34	0,28	0,22
	3,5	1,23	0,37	0,31	0,24
	4,0	1,27	0,40	0,33	0,27
44	1,0	1,05	0,29	0,21	0,14
	1,5	1,07	0,30	0,23	0,16
	2,0	1,10	0,32	0,25	0,19
	2,5	1,13	0,34	0,28	0,21
	3,0	1,16	0,35	0,29	0,23
	3,5	1,19	0,37	0,31	0,25
	4,0	1,22	0,40	0,33	0,28
57	1,0	1,04	0,31	0,23	0,16
	1,5	1,06	0,32	0,25	0,18
	2,0	1,08	0,34	0,28	0,21
	2,5	1,10	0,36	0,30	0,23
	3,0	1,12	0,37	0,31	0,25
	3,5	1,14	0,39	0,33	0,27
	4,0	1,16	0,41	0,35	0,29
60	2,0	1,07	0,35	0,29	0,22
	2,5	1,09	0,37	0,31	0,24
	3,0	1,11	0,38	0,32	0,26
	3,5	1,13	0,40	0,34	0,28
	4,0	1,15	0,42	0,36	0,30
63	2,0	1,07	0,36	0,30	0,23
	2,5	1,09	0,38	0,32	0,25
	3,0	1,11	0,39	0,33	0,27
	3,5	1,13	0,41	0,35	0,29
	4,0	1,15	0,43	0,37	0,31
63,5	2,0	1,07	0,36	0,30	0,23
	2,5	1,09	0,38	0,32	0,25
	3,0	1,11	0,39	0,33	0,27
	3,5	1,13	0,41	0,35	0,29
	4,0	1,15	0,43	0,37	0,31

Таблица 6.1 ВИДЫ И ОБЪЕМ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Объект контроля	Контролируемый признак	Вид контроля	Объем контроля в зависимости от класса точности соединений, %				
			1	2	3	4	5
Трубы тепло-обменные	Параметр шероховатости Rz наружной поверхности зачищенных концов труб	По контрольному образцу шероховатости (по типу ГОСТ 9378)	10	5	3	2	
	Длина зачистки	Измерительный	5	3	2	1	
	Наружный диаметр трубы $d_{e\min}$, $d_{e\max}$	То же	3	2	1	1	
Трубная решетка	Диаметр трубного отверстия $d_{p\min}$, $d_{p\max}$	То же	15	10	5	3	
	Параметр шероховатости Rz поверхности трубных отверстий	По контрольному образцу шероховатости (по типу ГОСТ 9378)	10	5	3	2	
	Наименьший предельный размер перемычки $m_{\min}$	Измерительный	15	10	5	3	
Трубный пучок	Вылет труб	То же	3	2	1	1	

Таблица 6.2 ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ИСПЫТАНИЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

Класс точности соединений труб с трубной решеткой	Класс герметичности по ОСТ 26.260.14-2001	Диапазон выявляемых дефектов	
		м ³ ·Па/с	см ³ /год
1	IV	свыше $6,6 \cdot 10^{-8}$ до $6,6 \cdot 10^{-7}$	свыше 20 до $2 \cdot 10^2$
2		свыше $6,6 \cdot 10^{-7}$ до $6,6 \cdot 10^{-6}$	свыше $2 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^3$
3	V	свыше $6,6 \cdot 10^{-6}$ до $6,6 \cdot 10^{-5}$	свыше $2 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^4$
4		свыше $6,6 \cdot 10^{-5}$ до $6,6 \cdot 10^{-4}$	свыше $2 \cdot 10^4$ до $2 \cdot 10^5$
5			

Таблица 7 ПАРАМЕТР ШЕРОХОВАТОСТИ ТРУБНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Класс точности соединений труб с трубной решеткой		1	2	3	4	5
Rz мкм, не более	Вальцовочные соединения	12,5	20	32	40	
	Комбинированные соединения	25	40	50	63	

Таблица 8 МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА ТРУБ И ТРУБНЫХ РЕШЕТОК
КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Исполнение аппаратов по материалу	Труба	σ_T , МПа (кгс/см ²)	$10^{-5} \cdot E_T$, МПа ($10^{-6} \cdot E_T$, кгс/см ²)	Трубная решетка	σ_R , МПа (кгс/см ²)	$10^{-5} \cdot E_R$, МПа ($10^{-6} \cdot E_R$, кгс/см ²)
M1(1)	Сталь 10 по ГОСТ 550	210 (2100)	1,98	Сталь 16ГС по ГОСТ 5520	290 (2900)	2,08
M1(2)	Сталь 20 по ГОСТ 550	250 (2500)	2,02	Сталь 16ГС по ГОСТ 5520	290 (2900)	2,08
M2(1)	Сплав АМг 2 по ГОСТ 18475	80 (800)	0,71	Сплав АМг 5 по ГОСТ 4784, ГОСТ 17232	120 (1200)	0,71
M2(2)	Сплав АМг 2 по ГОСТ 18475	80 (800)	0,71	Сплав АМг 6 по ГОСТ 4784, ГОСТ 17232	140 (1400)	0,71
M3	Латунь ЛАМш 77-2-0,05 по ГОСТ 21646	140 (1400)	1,02	Сплав 16ГС по ГОСТ 5520 с наплавкой латунью марки ЛО 62-1 или Л 63 по ГОСТ 15527	290 (2900)	2,08
M4, Б7	Сталь 15Х5М или Х8 по ГОСТ 550	220 (2200)	2,00	Сталь 15Х5М по ГОСТ 5632, ГОСТ 7350, группа А, ГОСТ 8479, группа IV	420 (4200)	2,00
M5	Сплав ВТ1-0 по ГОСТ 22897	245 (2450)	1,12	Сплав ОТ4-0 по ГОСТ 23755	450 (4500)	1,12
M8, M10(1), Б2(1)	Сталь 08Х18Н10Т по ГОСТ 9941	200 (2000)	2,00	Сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632 и ГОСТ 7350, группа А	240 (2400)	2,03
M9, M11, Б3	Сталь 10Х17Н13М2Т по ГОСТ 9941	220 (2200)	2,03	Сталь 10Х17Н13М2Т по ГОСТ 5632 и ГОСТ 7350, группа А	240 (2400)	2,03
M10(2), Б2(2)	Сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 9941	200 (2000)	2,00	Сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632 и ГОСТ 7350, группа А	240 (2400)	2,03

Исполнение аппаратов по материалу	Труба	σ_T , МПа (кгс/см ²)	$10^{-5} \cdot E_T$, МПа ($10^{-6} \cdot E_T$, кгс/см ²)	Трубная решетка	σ_P , МПа (кгс/см ²)	$10^{-5} \cdot E_P$, МПа ($10^{-6} \cdot E_P$, кгс/см ²)
M12, M23	Сталь 08Х22Н6Т по ГОСТ 9941 и ГОСТ 5632	350 (3500)	2,00	Сталь 16ГС по ГОСТ 5520	290 (2900)	2,08
M17(1)	Сталь 10Г2 по ГОСТ 550 и ГОСТ 8732	270 (2700)	2,00	Сталь 10Г2С1 по ГОСТ 5520	330 (3300)	2,00
M17(2)	Сталь 10Г2 по ГОСТ 550 и ГОСТ 8732	270 (2700)	2,00	Сталь 09Г2С по ГОСТ 5520	290 (2900)	2,00
M19, M21	Сталь 08Х22Н6Т по ГОСТ 5632 и ГОСТ 9941	350 (3500)	2,00	Сталь 08Х22Н6Т по ГОСТ 5632 и ГОСТ 7350, группа А	350 (3500)	2,00
M20, M22	Сталь 08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632	350 (3500)	2,00	Сталь 08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632 и ГОСТ 7350, группа А	350 (3500)	2,00
M24	Сталь 08Х21Н6М2Т по ГОСТ 5632	350 (3500)	2,00	Сталь 16ГС по ГОСТ 5520	290 (2900)	2,08
Б1	Сталь 08Х13 по ГОСТ 9941	350 (3500)	2,10	Сталь 12Х13 по ГОСТ 5632, ГОСТ 7350, группа А, ГОСТ 8479, группа IV	350 (3500)	2,10
Б6(1), Б9(1)	Сталь 08Х18Н10Т по ГОСТ 9941	200 (2000)	2,00	Двухслойная сталь 16ГС + 12Х18Н10Т по ГОСТ 10885	290 (2900)	2,08
Б6(2), Б9(2)	Сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 9941	200 (2000)	2,00	Двухслойная сталь 16ГС + 12Х18Н10Т по ГОСТ 10885	290 (2900)	2,08
Б8, Б10	Сталь 10Х17Н13М2Т по ГОСТ 9941	220 (2200)	2,03	Двухслойная сталь 16ГС + 10Х17Н13М2Т по ГОСТ 10885	290 (2900)	2,08

Примечание. Для трубных решеток из двухслойных сталей или с наплавкой приведены механические свойства основного слоя. Приложение распространяется на аналогичные материалы по нормам ASME и EN.

ПРИМЕР ПРОТОКОЛА РАЗВАЛЬЦОВКИ

Протокол № 2
испытаний развальцовочной установки

Установка ТЕХРЕМЭКС, модель	МЭР-16М	номер	277
Блок управления, модель	421.056	номер	88
Мотор-редуктор, модель	252-110	номер	80
Наибольшее значение Мкр для данного мотор-редуктора, Н·м	110,00		
Заданное значение Мкр, Н·м	30,00		
Количество труб (циклов), шт.	50		
Среднее значение Мкр, Н·м	29,92		
Минимальное значение Мкр, Н·м	29,40		
Максимальное значение Мкр, Н·м	30,41		

Максимальные значения

Номер цикла	Мкр, Н·м
224	30,41
204	30,21
207	30,21
208	30,21
210	30,21
222	30,21
223	30,21
237	30,21
201	30,01
202	30,01

Минимальные значения

Номер цикла	Мкр, Н·м
203	29,40
212	29,40
225	29,40
227	29,40
235	29,40
241	29,40
245	29,40
219	29,60
239	29,60
218	29,80

Цикл	Мкр	Цикл	Мкр	Цикл	Мкр	Цикл	Мкр	Цикл	Мкр
201	30,01	202	30,01	203	29,40	204	30,21	205	30,01
206	30,01	207	30,21	208	30,21	209	30,01	210	30,21
211	30,01	212	29,40	213	30,01	214	30,01	215	30,01
216	30,01	217	30,01	218	29,80	219	29,60	220	30,01
221	30,01	222	30,21	223	30,21	224	30,41	225	29,40
226	30,01	227	29,40	228	30,01	229	30,01	230	29,80
231	30,01	232	30,01	233	29,80	234	30,01	235	29,40
236	29,80	237	30,21	238	30,01	239	29,60	240	30,01
241	29,40	242	30,01	243	29,80	244	30,01	245	29,40
246	30,01	247	30,01	248	30,01	249	30,01	250	29,80

Требования точности ограничения крутящего момента приведены в пункте 7.3.4.3 ГОСТ Р 55601-2013 "Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения. Крепление труб в трубных решетках. Общие технические требования": Допускаемая приведенная погрешность (отношение абсолютной погрешности ограничения крутящего момента к наибольшему значению крутящего момента) должна быть не более 0,05.

$$\frac{30,41 - 30,00}{110,00} = 0,004 < 0,05;$$

$$\frac{30,00 - 29,40}{110,00} = 0,005 < 0,05$$

Вывод: установка соответствует требованиям ГОСТ Р 55601-2013 "Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения. Крепление труб в трубных решетках. Общие технические требования".

Должность

Подпись

ФИО

Дата

10.10.2018

ЖУРНАЛ ЗАМЕРОВ

Дата _____ Аппарат _____

Труба размеры _____

материал _____

Трубная решетка материал _____

Тип соединения _____

Длина развальцовочного пояса _____

Таблица 7.1

Линейные размеры в мм

Номер трубы	Параметры трубы и решетки					$d_{ик\text{ расч}}$	Крутящий момент, $M_{кр}$ (кгс•м)	$d_{ик\text{ факт}}$
	d_p	d_e			d_i			
		d_{e1}	d_{e2}	$d_{e\text{ ср}}$				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

ПРИМЕР ЗАКЛЮЧЕНИЯ О СООТВЕТСТВИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ	
Вид испытаний оборудования для развальцовки труб в теплообменных аппаратах	<u>Стендовые испытания</u>
<u>Установка для развальцовки труб МЭР-11М</u> наименование оборудования	
Область применения оборудования	Развальцовка труб в теплообменных аппаратах
Изготовитель оборудования	<u>ООО «Техремэкс-ЛРТ»</u>
Серийный номер оборудования	<u>№</u>
Дата изготовления	<u>.....2015 г.</u>
Примечание	<u>Переаттестация</u>
Испытания оборудования проведены	<u>.....2018 г.</u>
Результаты испытаний изложены в Протоколах № 1 от2018 г., № 2 от2018 г., № 3 от2018 г., № 4 от2018 г., № 5 от2018 г., № 6 от2018 г., и подтверждают, что оборудование соответствует требованиям <u>ГОСТ Р 55601-2013</u> наименование нормативного документа	
Регистрационный номер заключения	<u>...</u>
Дата выдачи	<u>.....2018 г.</u>
Срок действия заключения	<u>3 года</u>
Дата следующих испытаний	<u>.....2021 г.</u>
Председатель аттестационной комиссии Директор ООО «Техремэкс-ЛРТ» М.П. Технический директор Ведущий инженер	

РАЗМЕРЫ ПЕРЕМЫЧЕК МЕЖДУ ТРУБНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

Таблица 9.1. НОМИНАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ТРУБНЫХ ОТВЕРСТИЙ d_p И РАЗМЕР ПЕРЕМЫЧКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛАССА ТОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ

Наружный диаметр трубы d_e , мм	Класс точности соединения	Диаметр трубного отверстия d_p , мм	Шаг размещения трубных отверстий t , мм	Номинальный размер перемычки $m=t-d_p$, мм	Наименьший предельный размер перемычки $m^{\min}$ при толщине трубной решетки H , мм			
					до 20	от 21 до 40	от 41 до 80	от 81 до 120
8	1	8,10	12	3,90	3,1	3,0	2,9	2,7
	2	8,20		3,80	3,0	2,9	2,8	2,6
	3	8,30		3,70	2,9	2,8	2,7	2,5
	4	8,45		3,55	2,7	2,6	2,5	2,4
	5	8,60		3,40	2,2	2,1	2,0	1,9
10	1	10,10	14	3,90	3,1	3,0	2,9	2,7
		10,20		3,80	3,0	2,9	2,8	2,6
	3	10,30		3,70	2,9	2,8	2,7	2,5
	4	10,45		3,55	2,7	2,6	2,5	2,4
	5	10,60		3,40	2,2	2,1	2,0	1,9
12	1	12,15	16	3,85	3,1	3,0	2,9	2,7
	2	12,25		3,75	3,0	2,9	2,8	2,6
	3	12,35		3,65	2,9	2,8	2,7	2,5
	4	12,50		3,50	2,7	2,6	2,5	2,4
	5	12,80		3,20	2,2	2,1	2,0	1,9
14	1	14,15	19	4,85	4,1	4,0	3,8	3,6
	2	14,25		4,75	4,0	3,9	3,6	3,4
	3	14,35		4,65	3,9	3,8	3,5	3,3
	4	14,50		4,50	3,7	3,6	3,4	3,2
	5	14,80		4,20	3,2	3,1	2,9	2,7
16	1	16,15	21	4,85	4,1	4,0	3,8	3,6
	2	16,25		4,75	4,0	3,9	3,6	3,4
	3	16,35		4,65	3,9	3,8	3,5	3,3
	4	16,50		4,50	3,7	3,6	3,4	3,2
	5	17,00		4,00	3,2	3,1	2,9	2,7
19	1	19,15	25	5,85	5,1	5,0	4,9	4,7
	2	19,25		5,75	5,0	4,9	4,7	4,5
	3	19,35		5,55	4,8	4,8	4,6	4,4
	4	19,50		5,50	4,7	4,6	4,5	4,3
	5	20,00		5,00	4,2	4,1	3,9	3,7
20	1	20,15	26	5,85	5,1	5,0	4,9	4,7
	2	20,25		5,75	5,0	4,9	4,7	4,5
	3	20,35		5,65	4,8	4,8	4,6	4,4
	4	20,50		5,50	4,7	4,6	4,5	4,3
	5	21,00		5,00	4,2	4,1	3,9	3,7
25	1	25,15	32	6,85	6,1	6,0	5,9	5,8
	2	25,25		6,75	6,0	5,9	5,8	5,6
	3	25,35		6,65	5,8	5,8	5,7	5,5
	4	25,50		6,50	5,7	5,6	5,5	5,4
	5	26,00		6,00	5,2	5,1	5,0	4,9

28	1	28,15	36	7,85	7,1	7,0	6,9	6,8
	2	28,25		7,75	7,0	6,9	6,8	6,6
	3	28,35		7,65	6,8	6,8	6,7	6,5
	4	28,50		7,50	6,7	6,6	6,5	6,4
	5	29,00		7,00	6,2	6,1	6,0	5,9
30	1	30,20	39	8,80	8,1	8,0	7,9	7,8
	2	30,35		8,65	8,0	7,9	7,8	7,6
	3	30,45		8,55	7,8	7,8	7,7	7,5
	4	30,60		8,40	7,7	7,6	7,5	7,4
	5	31,20		7,80	7,2	7,1	7,0	6,9
32	1	32,20	41	8,80	8,1	8,0	7,9	7,8
	2	32,35		8,65	8,0	7,9	7,8	7,6
	3	32,45		8,55	7,8	7,8	7,7	7,5
	4	32,60		8,40	7,7	7,6	7,5	7,4
	5	33,20		7,80	7,2	7,1	7,0	6,9
38	1	38,20	48	9,80	9,1	9,0	9,0	8,9
	2	38,35		9,65	8,8	8,8	8,7	8,6
	3	38,45		9,55	8,7	8,7	8,6	8,5
	4	38,60		9,40	8,6	8,5	8,5	8,4
	5	39,20		8,80	8,0	7,9	7,9	7,8
44	1	44,20	55	10,80	10,1	9,7	9,5	9,5
	2	44,35		10,65	9,9	9,4	9,2	9,2
	3	44,45		10,55	9,7	9,3	9,1	9,1
	4	44,60		10,40	9,6	9,1	9,0	9,0
	5	45,20		9,80	9,1	8,5	8,4	8,4
57	1	57,35	70	12,65	11,9	11,9	11,8	11,8
	2	57,55		12,45	11,6	11,6	11,5	11,5
	3	57,65		12,35	11,5	11,5	11,4	11,4
	4	57,80		12,20	11,4	11,3	11,3	11,2
	5	58,60		11,40	10,6	10,5	10,5	10,4
60	1	60,35	74	13,65	12,9	12,9	12,8	12,8
	2	60,55		13,45	12,6	12,6	12,5	12,5
	3	60,65		13,35	12,5	12,5	12,4	12,4
	4	60,80		13,20	12,4	12,3	12,3	12,2
	5	61,60		12,40	11,6	11,5	11,5	11,4
63	1	63,35	77	13,65	12,9	12,9	12,8	12,8
	2	63,55		13,45	12,6	12,6	12,5	12,5
	3	63,65		13,35	12,5	12,5	12,4	12,4
	4	63,80		13,20	12,4	12,3	12,3	12,2
	5	64,60		12,40	11,6	11,5	11,5	11,4
63,5	1	63,85	77.5	13,65	12,9	12,9	12,8	12,8
	2	64,05		13,45	12,6	12,6	12,5	12,5
	3	64,15		13,35	12,5	12,5	12,4	12,4
	4	64,30		13,20	12,4	12,3	12,3	12,2
	5	65,10		12,40	11,6	11,5	11,5	11,4

Наружный диаметр трубы d_e , мм	Класс точности соединения	Диаметр трубного отверстия d_p , мм	Шаг размещения трубных отверстий t , мм	Номинальный размер перемычки $m=t-d_p$, мм	Наименьший предельный размер перемычки $m^{\min}$ при толщине трубной решетки H , мм		
					от 121 до 160	от 161 до 200	от 201 до 300
16	1	16,15	21	4,85	3,4	3,2	2,7
	2	16,25		4,75	3,2	3,0	2,5
	3	16,35		4,65	3,1	2,9	2,4
	4	16,50		4,50	3,0	2,8	2,3
	5	17,00		4,00	2,5	2,3	1,8
19	1	19,15	25	5,83	4,4	4,2	4,0
	2	19,25		5,73	4,2	4,0	3,6
	3	19,35		5,63	4,1	3,9	3,5
	4	19,50		5,48	3,9	3,8	3,4
	5	20,00		4,98	3,3	3,1	2,8
20	1	20,15	26	5,85	4,6	4,4	4,0
	2	20,25		5,75	4,4	4,2	3,8
	3	20,35		5,65	4,3	4,1	3,7
	4	20,50		5,50	4,1	4,0	3,6
	5	21,00		5,00	3,5	3,3	3,0
25	1	25,15	32	6,85	5,7	5,6	5,2
	2	25,25		6,75	5,5	5,4	5,0
	3	25,35		6,65	5,4	5,3	4,9
	4	25,50		6,50	5,3	5,1	4,8
	5	26,00		6,00	4,8	4,7	4,3
28	1	28,15	36	7,85	6,8	6,6	6,4
	2	28,25		7,75	6,7	6,5	6,2
	3	28,35		7,65	6,5	6,4	6,0
	4	28,50		7,50	6,4	6,2	5,7
	5	29,00		7,00	5,9	5,7	5,2
30	1	30,20	39	8,80	7,9	7,7	7,5
	2	30,35		8,65	7,8	7,6	7,4
	3	30,45		8,55	7,6	7,4	7,2
	4	30,60		8,40	7,5	7,3	7,1
	5	31,20		7,80	7,0	6,8	6,6
32	1	32,20	41	8,80	7,9	7,7	7,5
	2	32,35		8,65	7,8	7,6	7,4
	3	32,45		8,55	7,6	7,4	7,2
	4	32,60		8,40	7,5	7,3	7,1
	5	33,20		7,80	7,0	6,8	6,6

38	1	38,20	48	9,80	8,8	8,7	8,5
	2	38,35		9,65	8,5	8,5	8,2
	3	38,45		9,55	8,4	8,4	8,1
	4	38,60		9,40	8,3	8,2	8,0
	5	39,20		8,80	7,8	7,7	7,5
44	1	44,27	55	10,65	9,7	9,7	9,5
	2	44,42		10,45	9,4	9,4	9,2
	3	44,38		10,35	9,3	9,3	9,1
	4	44,66		10,20	9,2	9,1	9,0
	5	45,26		9,60	8,6	8,5	8,4
57	1	57,35	70	12,65	11,7	11,7	11,5
	2	57,55		12,45	11,4	11,4	11,2
	3	57,65		12,35	11,3	11,3	11,1
	4	57,80		12,20	11,2	11,1	11,0
	5	58,60		11,40	10,4	10,3	10,2
60	1	60,35	74	13,65	12,7	12,7	12,5
	2	60,55		13,45	12,4	12,4	12,2
	3	60,65		13,35	12,3	12,3	12,1
	4	60,80		13,20	12,2	12,1	12,0
	5	61,60		12,40	11,4	11,3	11,2
63	1	63,35	77	13,65	12,7	12,7	12,5
	2	63,55		13,45	12,4	12,4	12,2
	3	63,65		13,35	12,3	12,3	12,1
	4	63,80		13,20	12,2	12,1	12,0
	5	64,60		12,40	11,4	11,3	11,2
63,5	1	63,85	77.5	13,65	12,7	12,7	12,5
	2	64,05		13,45	12,4	12,4	12,2
	3	64,15		13,35	12,3	12,3	12,1
	4	64,30		13,20	12,2	12,1	12,0
	5	65,10		12,40	11,4	11,3	11,2

Допуск размера d_p – по Н11. Для 2, 3, 4 и 5 классов точности соединений допускается изготовление 5, 10, 15 и 20 % трубных отверстий от общего количества в трубной решетке с допусками по Н12, соответственно.

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКУМЕНТОВ,
на которые даны ссылки в технологической инструкции

[1] ГОСТ 3845-75	Трубы металлические. Метод испытания гидравлическим давлением.
[2] ГОСТ 55878-2013	Спирт этиловый гидролизный ректификованный технический. Технические условия.
[3] ГОСТ 9378-93	Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия.
[4] ГОСТ 31842-2012	Нефтяная и газовая промышленность. Кожухотрубчатые теплообменники.
[5] ГОСТ 34347-2017	Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.
[6] ГОСТ Р 55601-2013	Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения. Крепление труб в трубных решетках. Общие технические требования.
[7] ОСТ 26-17-01-83 переиздание 2007 г.	Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения стандартные. Технические требования к развальцовке труб с ограничением крутящего момента.
[8] ОСТ 26-17-02-83 переиздание 2008 г.	Инструмент развальцовочный с принудительным охлаждением и смазкой для труб диаметром 10-57 мм.
[9] ОСТ 26-02-1015-85 переиздание 2007 г.	Крепление труб в трубных решетках.
[11] ОСТ 26.260.14-2001	Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Способы контроля герметичности.
[12] СТО 00220368-014-2009	Крепление труб в трубных решетках теплообменных аппаратов и АВО.
[13] СТО 00220368-015-2010	Инструмент развальцовочный для труб диаметром 10-57 мм.
[14] СТО 00220368-018-2010	Аттестация технологии развальцовки труб в трубных решетках кожухотрубчатых теплообменных аппаратов и АВО.