



ООО “ТЕХРЕМЭКС-ЛРТ”

400016, г. Волгоград,
пр-кт Волжский, 4К

Телефон: (8442) 23-10-04
Факс: (8442) 23-10-04

E-mail: info@tehremex.com
<http://www.tehremex.com>

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОДБОРУ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДЛЯ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ

г. Волгоград

2025 г.

1 Развальцовочные машины, изготавливаемые на современной элементной базе, оснащены блоками управления с контролем крутящего момента. Использование такого оборудования позволяет получать прочные и герметичные вальцовочные соединения.

Однако остается необходимость правильного подбора крутящего момента.

Недостаточный момент не обеспечит герметичности, а избыточный приведет к повышенному расходу инструмента, шелушению внутренней поверхности трубы и может вызвать излишнюю деформацию трубной решетки.

В различных нормативных документах приводятся таблицы рекомендуемых крутящих моментов и предельных размеров после развальцовки для конкретных труб, конкретных конструкций инструмента и развальцовочных соединений, конкретных материальных исполнений трубы и трубной решетки. Однако многообразие различных вариантов указанных параметров заставляет говорить об ориентировочности приведенных значений на практике.

Рекомендуем применять настройку крутящего момента по расчету внутреннего диаметра трубы после развальцовки для каждого конкретного теплообменного аппарата.

2 Будут использованы следующие обозначения:

d_i - внутренний диаметр трубы до развальцовки, мм;

d_e - наружный диаметр трубы до развальцовки, мм;

d_p - диаметр отверстия в трубной решетке, мм

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

$d_{ik \text{ расч}}$ - расчетный внутренний диаметр трубы после развальцовки, мм;

$d_{ik \text{ факт}}$ - фактический внутренний диаметр трубы после развальцовки, мм.

3 Для удобства выполнения расчетов подготовьте журнал измерений (см. приложение А).

4 Произвольно выберите 10-15 соединений, обозначив их порядковыми номерами.

5 Произведите измерения d_p , d_e и d_i с точностью не ниже $\pm 0,025$ мм в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в середине вальцовочного пояса. В каждом случае рассчитайте среднее значение и результат занесите в журнал измерений.

При использовании трехточечного приспособления для контроля степени развальцовки труб Б-10 (рекомендуется) допустимо производить одно измерение и полученное значение сразу заносить в журнал измерений.

6 Для каждого соединения рассчитайте $d_{ik \text{ расч}}$ по формуле

$$d_{ik \text{ расч}} = d_i + \beta (d_p - d_e) + B.$$

Значения B и β приведены в приложении Б.

Полученные значения занесите в журнал измерений.

7 По технической документации и приложению В определите исполнение вальцуемого аппарата по материалу.

По таблицам приложения Г выберите крутящий момент $M_{кр}$. Если вальцуемая труба отсутствует в этих таблицах, то выберите из ближайших по размерам и материальному исполнению.

Установите на блоке управления значение $M_{кр}$, равное половине от выбранного (рекомендуем подбирать момент от меньшего к большему). Установленное значение $M_{кр}$ занесите в журнал измерений.

8 Развальцуйте одно соединение и сравните полученный результат с расчетным. При необходимости скорректируйте $M_{кр}$.

9 Повторяйте п. 8 до тех пор, пока разность между $d_{ik \text{ расч}}$ и $d_{ik \text{ факт}}$ не окажется в границах, указанных в таблице.

ДОПУСТИМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ РАЗНОСТИ МЕЖДУ $d_{ik \text{ расч}}$ и $d_{ik \text{ факт}}$

Размеры в мм

Диапазон наружных диаметров труб	Допустимые отклонения
от 10 до 30	$\pm 0,1$
свыше 30 до 50	$\pm 0,125$
свыше 50 до 76	$\pm 0,15$

10 На подобранном $M_{кр}$ развальцевать подряд не менее 5 соединений (контрольная серия). Подбор $M_{кр}$ следует считать законченным, если разность между средними значениями $d_{ik \text{ расч}}$ и $d_{ik \text{ факт}}$ менее величин, указанных в п. 9.

11 Если достичь величин, указанных в п. 10 не удалось после двух контрольных серий, то следует произвести проверку оборудования.

Приложение А
ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЙ

Дата _____ Аппарат _____

Труба размеры _____

материал _____

Трубная решетка материал _____

Тип соединения _____

Длина развальцовочного пояса _____

Таблица А.1

Линейные размеры в мм

Номер трубы	Параметры трубы и решетки					d _{ик расч}	Крутящий момент, Мкр (кгс•м)	d _{ик факт}
	d _p	d _e			d _i			
		d _{e1}	d _{e2}	d _{e ср}				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

$B =$ (см. приложение Б)

$\beta =$ (см. приложение Б)

$$d_{ik \text{ расч}} = d_i + \beta (d_p - d_e) + B$$

Приложение Б

СРЕДНЯЯ СТЕПЕНЬ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ

Наружный диаметр трубы d_e , мм	Толщина стенки трубы S, мм	Коэффициент толстостенности β	Средняя степень развальцовки В, мм, для развальцовки типов		
			P4	P2, P3, P5	P1
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	1,20	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

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
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

Тип P1 — только комбинированные соединения (сварка с развальцовкой) для решеток толщиной не менее 19 мм без канавок в отверстиях;

Тип P2 — вальцовочные соединения для решеток толщиной от 19 мм до 24 мм с одной канавкой в отверстиях, в том числе комбинированные;

Тип P3 — только комбинированные соединения (сварка с развальцовкой с отступанием от сварного шва) из закаливающихся сталей для решеток с одной канавкой в отверстиях;

Тип P4 — вальцовочные соединения для решеток толщиной больше 24 мм с двумя канавками в отверстиях, в том числе комбинированные;

Тип P5 — вальцовочные соединения для решеток толщиной не менее 19 мм, имеющих не менее девяти мелких канавок в отверстиях, в том числе комбинированные

Приложение В 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_P , МПа (кгс/см ²)	$10^{-5} \cdot E_P$, МПа ($10^{-6} \cdot E_P$, 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	Сталь 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
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.

Приложение Г
Ориентировочный крутящий момент развальцовки
труб кожухотрубчатых теплообменных аппаратов

Исполнение по материалу	Крутящий момент 10^{-1} М, Н•м (М, кгс•м) для труб							
	16x1,0	16x1,5	16x2,0	20x2,0	20x2,5	25x1,5	25x2,0	25x2,5
M1(1)	1,5	1,6	1,7	2,2	2,4	4,0	4,3	4,6
M1(2)	1,7	1,8	2,0	2,4	2,6	4,5	4,7	4,9
M2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,5	1,6	1,7
M3	1,0	1,1	1,1	1,5	1,5	3,1	3,1	3,1
M4; Б7	1,6	1,7	1,8	2,3	2,5	4,1	4,4	4,7
M5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,6	1,7	1,8
M8; M10; Б2	1,4	1,5	1,6	2,0	2,2	3,7	3,9	4,0
M9; M11; Б3	1,4	1,5	1,6	2,0	2,2	3,7	3,9	4,1
M12; M23; M24	1,8	1,9	2,1	2,6	2,8	4,7	5,0	5,3
M17(1)	1,8	2,0	2,2	2,7	2,9	5,0	5,3	5,5
M17(2)	1,6	1,8	2,0	2,5	2,7	4,5	4,7	5,0
M19; M20; M21; M22; Б1	2,0	2,2	2,4	3,0	3,2	5,5	5,8	6,1
Б6; Б9	1,4	1,5	1,6	2,1	2,3	3,8	4,1	4,3
Б8; Б10	1,6	1,7	1,8	2,3	2,3	4,2	4,4	4,7

Исполнение по материалу	Крутящий момент 10^{-1} М, Н•м (М, кгс•м) для труб							
	38x2,0	38x2,5	38x3,0	38x3,5	57x2,0	57x2,5	57x3,0	57x3,5
M1(1)	8,5	8,7	9,0	9,3	18,2	18,8	19,4	20,0
M1(2)	9,2	9,4	9,7	10,0	19,0	19,6	20,2	20,9
M2	3,1	3,2	3,3	3,4	6,7	7,0	7,2	7,4
M3	6,8	7,0	7,2	7,5	16,2	16,8	17,2	17,8
M4; Б7	8,6	8,8	9,1	9,4	18,5	19,2	19,8	20,4
M5	3,5	3,6	3,7	3,8	7,6	7,8	8,0	8,3
M8; M10; Б2	7,6	7,8	8,0	8,3	15,7	16,2	16,7	17,2
M9; M11; Б3	7,7	7,9	8,2	8,5	15,9	16,4	16,9	17,4
M12; M23; M24	9,7	9,9	10,3	10,6	19,7	20,3	21,0	21,6
M17(1)	10,4	10,5	10,8	11,2	21,5	22,2	22,9	23,6
M17(2)	9,3	9,4	9,8	10,1	19,2	19,8	20,4	21,3
M19; M20; M21; M22; Б1	11,3	11,6	12,0	12,4	23,3	24,0	24,8	25,6
Б6; Б9	8,0	8,2	8,5	8,7	17,2	17,7	18,2	18,7
Б8; Б10	8,7	8,9	9,2	9,5	18,8	19,4	20,0	20,7

Список использованной документации

- 1 ГОСТ Р 55601-2013
- 2 ОСТ 26-02-1015-85 переиздание 2007 г.
- 3 ОСТ 26-17-01-83 переиздание 2008 г.
- 4 СТО 00220368-014-2009

Приложение А
ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЙ

Дата _____ Аппарат _____

Труба размеры _____

материал _____

Трубная решетка материал _____

Тип соединения _____

Длина развальцовочного пояса _____

Таблица А.1

Линейные размеры в мм

Номер трубы	Параметры трубы и решетки					d _{ик расч}	Крутящий момент, Мкр (кгс•м)	d _{ик факт}
	d _p	d _e			d _i			
		d _{e1}	d _{e2}	d _{e ср}				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

$B =$ (см. приложение Б)

$\beta =$ (см. приложение Б)

$$d_{ik \text{ расч}} = d_i + \beta (d_p - d_e) + B$$

Приложение А
ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЙ

Дата _____ Аппарат _____

Труба размеры _____

материал _____

Трубная решетка материал _____

Тип соединения _____

Длина развальцовочного пояса _____

Таблица А.1

Линейные размеры в мм

Номер трубы	Параметры трубы и решетки					d _{ик расч}	Крутящий момент, Мкр (кгс•м)	d _{ик факт}
	d _p	d _e			d _i			
		d _{e1}	d _{e2}	d _{e ср}				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

$B =$ _____ (см. приложение Б)

$\beta =$ _____ (см. приложение Б)

$$d_{ик \text{ расч}} = d_i + \beta (d_p - d_e) + B$$

Приложение А
ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЙ

Дата _____ Аппарат _____

Труба размеры _____

материал _____

Трубная решетка материал _____

Тип соединения _____

Длина развальцовочного пояса _____

Таблица А.1

Линейные размеры в мм

Номер трубы	Параметры трубы и решетки					d _{ик расч}	Крутящий момент, Мкр (кгс•м)	d _{ик факт}
	d _p	d _e			d _i			
		d _{e1}	d _{e2}	d _{e ср}				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

$B =$ _____ (см. приложение Б)

$\beta =$ _____ (см. приложение Б)

$$d_{ik \text{ расч}} = d_i + \beta (d_p - d_e) + B$$

Приложение А
ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЙ

Дата _____ Аппарат _____

Труба размеры _____

материал _____

Трубная решетка материал _____

Тип соединения _____

Длина развальцовочного пояса _____

Таблица А.1

Линейные размеры в мм

Номер трубы	Параметры трубы и решетки					d _{ик расч}	Крутящий момент, Мкр (кгс•м)	d _{ик факт}
	d _p	d _e			d _i			
		d _{e1}	d _{e2}	d _{e ср}				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

$B =$ _____ (см. приложение Б)

$\beta =$ _____ (см. приложение Б)

$$d_{ик\text{ расч}} = d_i + \beta (d_p - d_e) + B$$