

Акционерное общество  
«Синарский трубный завод»  
(АО «СинТЗ»)

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

АО «СинТЗ»



Е.М. Засельский

06 2021 г.

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ БЕСШОВНЫЕ ДЛЯ ПАРОВЫХ  
КОТЛОВ И ТРУБОПРОВОДОВ  
ПО ТУ 14-3Р-55-2001

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

СТО ОБ 00186631-005-2016

Редакция №1

РАЗРАБОТАЛ

Начальник технического управления

АО «СинТЗ»

Н.Т. Тихонцева

«31» 05 2021 г.

Handwritten signature and date: 28.05.2021

## Введение

Код ОКП 13 1100, 13 4100

Код ТН ВЭД ТС 7304 39 920 0, 7304 39 930 0, 7304 59 920 0, 7304 59 930 0, 7304 31 800 0, 7304 51 890 0, 7304 41 000 9

Настоящее Обоснование безопасности распространяется на холоднодеформированные и горячедеформированные бесшовные стальные трубы, изготавливаемые Акционерным обществом «Синарский трубный завод» по ТУ 14-3Р-55-2001, предназначенные для паровых котлов и трубопроводов установок с высокими и сверхкритическими параметрами пара.

Рассматриваемые изделия, работающие под давлением, являются объектом повышенной опасности и должны быть спроектированы, изготовлены, проконтролированы, оснащены и установлены таким образом, чтобы обеспечить безопасность их эксплуатации в течение расчетного ресурса.

Оригинал данного документа хранится у разработчика и изготовителя труб – Акционерное общество «Синарский трубный завод». Копия Обоснования безопасности в бумажном и (или) электронном виде должна храниться у организации, эксплуатирующей трубы, либо должен быть предоставлен открытый доступ к документу.

Дополнительно к настоящему Обоснованию безопасности следует пользоваться:

- техническими условиями;
- руководством по эксплуатации;
- проектной документацией на паровые котлы и трубопроводы.

### 1 Основные параметры и характеристики труб

#### 1.1 Номенклатура труб

По ТУ 14-3Р-55-2001 АО «СинТЗ» выпускает трубы следующей номенклатуры:

**ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ БЕСШОВНЫЕ ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ И ТРУБОПРОВОДОВ горячедеформированные:**

- точность изготовления обычная / повышенная;
- из углеродистой (20, 20-ПВ) / легированной (12Х1МФ, 12Х1МФ-ПВ) стали;
- наружный диаметр от 32 до 89 мм;
- толщина стенки от 3,0 до 10,0 мм;
- длина немерная / мерная / ограниченная.

**холоднодеформированные:**

- точность изготовления обычная / повышенная;
- из углеродистой (20, 20-ПВ) / легированной (15ХМ, 15ГС, 12Х1МФ, 12Х1МФ-ПВ) стали;
- наружный диаметр от 10 до 76 мм;
- толщина стенки от 2,0 до 10,0 мм;
- длина немерная / мерная / ограниченная.

Номенклатура труб по геометрическим размерам приведена в ТУ 14-3Р-55-2001.

#### 1.2 Идентификация труб

Для идентификации труб, поставляемых по ТУ 14-3Р-55-2001, используют:

- идентификацию на ярлыке: к каждому пакету и каждому ящику или обрешетке должен быть прикреплен ярлык с информацией согласно п.4.9 ТУ 14-3Р-55-2001;
- идентификацию каждой трубы диаметром 25 мм и более толщиной стенки 3 мм и более на расстоянии 200-300 мм от одного из концов. Маркировка должна быть четкой и должна содержать следующую информацию: товарный знак изготовителя, клеймо технического контроля (ТК), марку стали, номер партии. По соглашению между изготовителем и заказчиком

допускается нанесение маркировки, за исключением клейма ТК, на оба конца трубы на расстояние до 500 мм от торца.

На каждой трубе должна быть нанесена цветная маркировка несмываемой краской в виде одной или двух продольных полос по всей длине трубы. Допускается нанесение цветной маркировки одной или двумя кольцевыми полосами через каждые 2 м по длине трубы.

По соглашению между изготовителем и заказчиком допускается нанесение цветной маркировки кольцевыми полосами только по концам труб либо поставка труб без цветной маркировки.

Цветная маркировка, в зависимости от марки стали, должна быть следующей:

20.....	- зеленая;
20 (трубы горячедеформированные, изготовленные из недеформированной заготовки).....	- две полосы зеленого цвета;
20-ПВ.....	- голубая;
15ГС.....	- коричневая;
15ХМ.....	- желтая;
12Х1МФ.....	- красная;
12Х1МФ (трубы, изготовленные из недеформированной заготовки).....	- две полосы красного цвета;
12Х1МФ-ПВ.....	- оранжевая.

1.3 Перечень национальных стандартов и других документов, с учетом которых спроектированы трубы:

ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества

ГОСТ Р ИСО 10007-2019 Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурацией

ГОСТ Р ИСО/ТО 10017–2005 Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001

ГОСТ Р МЭК 61160 – 2015 Проектный менеджмент. Документальный анализ проекта

ГОСТ Р 51901.3-2007 (МЭК 60300-2) Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности

ГОСТ Р 51901.5-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности

ГОСТ Р 51901.6-2005 Менеджмент риска. Программа повышения надежности

ГОСТ Р 51901.12-2007 Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов

ГОСТ Р 51901.13 - 2005 Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей

ГОСТ Р 51901.16-2017 Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки

ГОСТ Р 54124-2010 Безопасность машин и оборудования. Оценка риска

ПБ 03-273-99 Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства

РД 10-249-98 Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды

ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация

ГОСТ 12.1.035-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений

ГОСТ 12.1.050-86 Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности

ГОСТ 12.4.051-87 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний

IEC 60300-3-2 Управление общей надежностью. Часть 3. Руководство по применению. Сбор данных по общей надежности с места эксплуатации

IEC 60300-3-3 Менеджмент функциональной надежности. Часть 3-3. Руководство по применению. Исчисление затрат в течение жизненного цикла

IEC 61163-1 (МЭК 61163-1) Сплошная проверка аппаратных элементов на надежность в напряженном состоянии. Часть 1. Подлежащие ремонту аппаратные элементы, изготавливаемые партиями

IEC 61163-2 Отбраковочные испытания для оценки надежности с учетом напряжений. Часть 2. Компоненты

Р 50.1.059-2006 Статистические методы. Руководство по выбору статистических методов для стандартов и технических условий

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 №536)

## **2 Общие принципы обеспечения безопасности**

2.1 На этапе проектирования и производства реализованы следующие общие принципы безопасности:

- а) принцип пассивной безопасности;
- б) принцип экологической безопасности;
- в) анализ возможных прогнозируемых рисков и имеющийся опыт по объектам-аналогам;
- г) учет недопустимого риска эксплуатации изделий;
- д) принцип эргономичности;
- е) принцип использования сырья, материалов и веществ, не угрожающих безопасности жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, жизни или здоровью животных и растений;
- ж) принцип обеспечения необходимого и достаточного уровня надежности изделий.

2.2 На стадиях ввода в эксплуатацию, эксплуатации и утилизации реализованы следующие общие принципы обеспечения безопасности:

- а) принцип глубокоэшелонированной защиты при обеспечении безопасности изделий;
- б) принцип дифференцированного подхода к ответственности за обеспечение безопасности;
- в) принцип исключения возможных ошибок при сборке пароперегревателя, которые могут быть источниками опасности;
- г) принцип обеспечения технического обслуживания без риска для людей;

- д) учет опасностей, связанных с явлениями усталости, старения, коррозии и износа;
- е) принцип обеспечения и контроля надежности персонала;
- ж) принцип управления качеством при эксплуатации;
- и) принцип управления охраной окружающей среды;
- к) сбор и анализ информации по отказам изделий и ошибкам персонала.

### 3 Требования к надежности

3.1 Конструктивным способом обеспечения надежности является создание запаса прочности, обеспечивающего безотказную эксплуатацию труб при действующих на них нагрузках в течение всего срока службы.

#### 3.2 Показатели надежности

Перечень показателей надежности, позволяющих обеспечить безопасность изделия за счет своевременного проведения регламентных работ по техническому обслуживанию, ремонту и выводу из эксплуатации, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Показатели надежности

Наименование показателя	Значение
<i>Показатель безотказности</i>	
Средняя наработка на отказ, ч	Табл.15 ТУ 14-3Р-55-2001
<i>Показатель долговечности</i>	
Средний срок службы, лет (если не установлено иное в проектной документации)	20
<i>Показатель сохраняемости</i>	
Средний срок хранения, лет	2

#### 3.2 Показатели характеризующие безопасность

Показатели, характеризующие безопасность, установлены для отказов изделия в отношении любого вида опасности, которые являются критическими. Перечень показателей, характеризующих безопасность, приведен в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Показатели, характеризующие безопасность

Наименование показателя	Значение
Назначенный ресурс, ч	Табл.15 ТУ 14-3Р-55-2001
Вероятность безотказной работы в течение назначенного ресурса, по отношению к критическим отказам	$10^{-5} - 9,5 \cdot 10^{-3}$

Назначенные показатели устанавливаются для обеспечения своевременного прекращения эксплуатации изделия в целях проведения экспертизы его промышленной безопасности по показателям долговечности.

При достижении назначенных показателей эксплуатация изделия должна быть прекращена независимо от его технического состояния. Дальнейшая эксплуатация изделия возможна только по решению организации, проводившей экспертное обследование в установленном порядке.

Вероятность безотказной работы по отношению к критическим отказам учитывает проектировщик промышленного объекта в декларации промышленной безопасности при оценке риска производственных процессов, в котором применяют изделие.

3.3 Критерии предельного состояния и отказа (если в проектной документации не установлено иное) приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Критерии предельного состояния и отказа

Наименование показателя	Значение
Критерий отказа	Нарушение прочности и герметичности
Критерий предельного состояния	Дефекты на наружной поверхности глубиной более: -10 % от номинальной толщины стенки для горячедеформированных труб -0,2 мм для холоднодеформированных труб при отношении $D/s \geq 5$ -0,6 мм для холоднодеформированных труб при отношении $D/s \leq 5$ -5% от номинальной толщины стенки для холоднодеформированных труб, изготавливаемых по сортаменту горячедеформированных (диаметром более 108 мм)

#### 3.4 Конструктивные способы повышения надежности

Расчеты на прочность труб выполняют согласно РД 10-249-98 «Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды».

Расчетное давление при эксплуатации прямых труб определено по формуле (1):

$$p = \frac{2s_R \cdot \varphi_w \cdot [\sigma]}{D_a - s_R}, \quad (1)$$

где:  $S_R$  – расчетная толщина стенки ( $S_R = s$ , где  $s$  – номинальная толщина стенки);

$D_a$  – наружный диаметр;

$\varphi_w$  – коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями ( $\varphi_w = 1$ );

$[\sigma]$  – номинальное допускаемое напряжение при расчетной температуре стенки.

В соответствии с табл.2.2-2.5, 2.7 РД 10-249-98 для номинального допускаемого напряжения  $[\sigma]$  приняты значения, указанные в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Значения номинального допускаемого напряжения  $[\sigma]$

Марка стали	Номинальное допускаемое напряжение $[\sigma]$ , МПа, при ресурсе, ч и температуре °С										
	$10^5$						$2 \cdot 10^5$				
	450	500	550	600	650	700	450	500	550	600	650
20	59	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-ПВ											
15ГС	63	-	-	-	-	-	46	-	-	-	-
15ХМ	-	-	-	-	-	-	-	85	26	-	-
12Х1МФ	-	-	-	-	-	-	-	96	-	31	-
12Х1МФ-ПВ											

\* - расчет номинального допускаемого напряжения произведен по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{3,0}$$

Расчетные давления труб по ТУ 14-3Р-55-2001, рассчитанные по формуле (1), представлены в таблицах 3.5-3.10.

Таблица 3.5 – Расчетные давления труб горячедеформированных из стали 20, 20-ПВ (ресурс 10<sup>5</sup>)

Наружный диаметр Da, мм	Температура, °С	Толщина стенки s, мм																																						
		3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36	38	40	
32	450	12,21	14,49	16,86	19,31	21,85	24,49	27,23	30,08																															
	500	5,38	6,39	7,43	8,51	9,63	10,79	12,00	13,25																															
36	450	10,73	12,71	14,75	16,86	19,03																																		
	500	4,73	5,60	6,50	7,43	8,39																																		
38	450	10,11	11,97	13,88	15,85	17,88	19,97	22,13	24,35	26,65																														
	500	4,46	5,28	6,12	6,99	7,88	8,80	9,75	10,73	11,74																														
40	450	9,57	11,32	13,11	14,96	16,86	18,81	20,82																																
	500	4,22	4,99	5,78	6,59	7,43	8,29	9,18																																
42	450	9,08	10,73	12,42	14,16	15,95	17,78	19,67	21,61	23,60	25,65	27,76	32,18	36,88	41,87																									
	500	4,00	4,73	5,47	6,24	7,03	7,84	8,67	9,52	10,40	11,30	12,24	14,18	16,25	18,45																									
45	450	8,43	9,95	11,51	13,11	14,75	16,43	18,15	19,92	21,74	23,60	25,51	29,50	33,71	38,18	42,91																								
	500	3,71	4,39	5,07	5,78	6,50	7,24	8,00	8,78	9,58	10,40	11,24	13,00	14,86	16,82	18,91																								
48	450	7,87	9,28	10,73	12,21	13,72	15,27	16,86	18,48	20,15	21,85	23,60	27,23	31,05	35,08	39,33	43,83	48,59																						
	500	3,47	4,09	4,73	5,38	6,05	6,73	7,43	8,14	8,88	9,63	10,40	12,00	13,68	15,46	17,33	19,31	21,41																						
50	450	7,53	8,88	10,26	11,67	13,11	14,58	16,09	17,63	19,21	20,82	22,48	25,90	29,50	33,28	37,26	41,46	45,89	50,57																					
	500	3,32	3,91	4,52	5,14	5,78	6,43	7,09	7,77	8,47	9,18	9,90	11,41	13,00	14,67	16,42	18,27	20,22	22,29																					
51	450	7,38	8,69	10,04	11,42	12,83	14,26	15,73	17,24	18,77	20,34	21,95	25,29	28,78	32,45	36,31	40,37	44,65	49,17																					
	500	3,25	3,83	4,43	5,03	5,65	6,29	6,93	7,60	8,27	8,97	9,67	11,14	12,68	14,30	16,00	17,79	19,68	21,67																					
54	450	6,94	8,18	9,44	10,73	12,04	13,38	14,75	16,15	17,57	19,03	20,52	23,60	26,82	30,19	33,71	37,41	41,30	45,38	49,68	54,22																			
	500	3,06	3,60	4,16	4,73	5,31	5,90	6,50	7,12	7,74	8,39	9,04	10,40	11,82	13,30	14,86	16,49	18,20	20,00	21,89	23,89																			
55	450	6,81	8,02	9,25	10,51	11,80	13,11	14,45	15,81	17,21	18,63	20,09	23,09	26,22	29,50	32,93	36,52	40,29	44,25	48,41	52,79																			
	500	3,00	3,53	4,08	4,63	5,20	5,78	6,37	6,97	7,58	8,21	8,85	10,17	11,56	13,00	14,51	16,10	17,76	19,50	21,33	23,26																			
57	450	6,56	7,72	8,91	10,11	11,35	12,60	13,88	15,19	16,52	17,88	19,27	22,13	25,11	28,22	31,47	34,86	38,42	42,14	46,05	50,15	54,46																		
	500	2,89	3,40	3,92	4,46	5,00	5,55	6,12	6,69	7,28	7,88	8,49	9,75	11,06	12,43	13,87	15,36	16,93	18,57	20,29	22,10	24,00																		
60	450	6,21	7,31	8,43	9,57	10,73	11,91	13,11	14,34	15,58	16,86	18,15	20,82	23,60	26,49	29,50	32,64	35,91	39,33	42,91	46,65	50,57	54,68	59,00																
	500	2,74	3,22	3,71	4,22	4,73	5,25	5,78	6,32	6,87	7,43	8,00	9,18	10,40	11,67	13,00	14,38	15,83	17,33	18,91	20,56	22,29	24,10	26,00																
63	450	5,90	6,94	8,00	9,08	10,17	11,29	12,42	13,58	14,75	15,95	17,16	19,67	22,26	24,96	27,76	30,68	33,71	36,88	40,17	43,61	47,20	50,95	54,88																
	500	2,60	3,06	3,53	4,00	4,48	4,97	5,47	5,98	6,50	7,03	7,56	8,67	9,81	11,00	12,24	13,52	14,86	16,25	17,70	19,22	20,80	22,45	24,19																
73	450	5,06	5,94	6,84	7,75	8,68	9,61	10,57	11,53	12,52	13,51	14,52	16,59	18,73	20,94	23,21	25,57	28,00	30,52	33,12	35,82	38,62	41,52	44,53																
	500	2,23	2,62	3,01	3,42	3,82	4,24	4,66	5,08	5,52	5,95	6,40	7,31	8,25	9,23	10,23	11,27	12,34	13,45	14,60	15,79	17,02	18,30	19,62																
76	450	4,85	5,70	6,56	7,43	8,31	9,21	10,11	11,04	11,97	12,92	13,88	15,85	17,88	19,97	22,13	24,35	26,65	29,02	31,47	34,00	36,62	39,33	42,14																
	500	2,14	2,51	2,89	3,27	3,66	4,06	4,46	4,86	5,28	5,69	6,12	6,99	7,88	8,80	9,75	10,73	11,74	12,79	13,87	14,98	16,14	17,33	18,57																
83	450	4,43	5,19	5,97	6,76	7,56	8,37	9,19	10,03	10,87	11,72	12,59	14,35	16,16	18,03	19,94	21,91	23,94	26,03	28,18	30,39	32,68	35,03	37,46	39,97	42,56	45,23	48,00												
	500	1,95	2,29	2,63	2,98	3,33	3,69	4,05	4,42	4,79	5,17	5,55	6,32	7,12	7,94	8,79	9,66	10,55	11,47	12,42	13,39	14,40	15,44	16,51	17,61	18,75	19,93	21,15												
89	450	4,12	4,83	5,55	6,28	7,02	7,77	8,53	9,30	10,07	10,86	11,65	13,28	14,94	16,64	18,39	20,18	22,03	23,92	25,86	27,86	29,92	32,03	34,20	36,44	38,75														
	500	1,81	2,13	2,45	2,77	3,10	3,43	3,76	4,10	4,44	4,79	5,14	5,85	6,58	7,33	8,10	8,89	9,71	10,54	11,40	12,28	13,18	14,11	15,07	16,06	17,07														

Таблица 3.6 – Расчетные давления труб горячедеформированных из стали 12Х1МФ, 12Х1МФ-ПВ (ресурс 2·10<sup>5</sup>)

Наружный диаметр Da, мм	Температура, °С	Толщина стенки s, мм																																					
		3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	31	27	28	29	30	32	34	36	38	40
32	500	19,86	23,58	27,43	31,42	35,56	39,85	44,31	48,94																														
	600	6,41	7,61	8,86	10,15	11,48	12,87	14,31	15,80																														
36	500	17,45	20,68	24,00	27,43	30,97																																	
	600	5,64	6,68	7,75	8,86	10,00																																	
38	500	16,46	19,48	22,59	25,79	29,09	32,49	36,00	39,62	43,35																													
	600	5,31	6,29	7,29	8,33	9,39	10,49	11,63	12,79	14,00																													
40	500	15,57	18,41	21,33	24,34	27,43	30,61	33,88																															
	600	5,03	5,95	6,89	7,86	8,86	9,88	10,94																															
42	500	14,77	17,45	20,21	23,04	25,95	28,93	32,00	35,15	38,40	41,74	45,18	52,36	60,00	68,13																								
	600	4,77	5,64	6,53	7,44	8,38	9,34	10,33	11,35	12,40	13,48	14,59	16,91	19,38	22,00																								
45	500	13,71	16,19	18,73	21,33	24,00	26,73	29,54	32,42	35,37	38,40	41,51	48,00	54,86	62,12	69,82																							
	600	4,43	5,23	6,05	6,89	7,75	8,63	9,54	10,47	11,42	12,40	13,41	15,50	17,71	20,06	22,55																							
48	500	12,80	15,10	17,45	19,86	22,33	24,85	27,43	30,07	32,78	35,56	38,40	44,31	50,53	57,08	64,00	71,31	79,06																					
	600	4,13	4,88	5,64	6,41	7,21	8,02	8,86	9,71	10,59	11,48	12,40	14,31	16,32	18,43	20,67	23,03	25,53																					
50	500	12,26	14,45	16,70	18,99	21,33	23,73	26,18	28,69	31,26	33,88	36,57	42,15	48,00	54,15	60,63	67,46	74,67	82,29																				
	600	3,96	4,67	5,39	6,13	6,89	7,66	8,45	9,26	10,09	10,94	11,81	13,61	15,50	17,49	19,58	21,78	24,11	26,57																				
51	500	12,00	14,15	16,34	18,58	20,87	23,21	25,60	28,04	30,55	33,10	35,72	41,14	46,83	52,80	59,08	65,68	72,65	80,00																				
	600	3,88	4,57	5,28	6,00	6,74	7,49	8,27	9,06	9,86	10,69	11,53	13,29	15,12	17,05	19,08	21,21	23,46	25,83																				
54	500	11,29	13,31	15,36	17,45	19,59	21,77	24,00	26,27	28,60	30,97	33,39	38,40	43,64	49,12	54,86	60,88	67,20	73,85	80,84	88,22																		
	600	3,65	4,30	4,96	5,64	6,33	7,03	7,75	8,48	9,23	10,00	10,78	12,40	14,09	15,86	17,71	19,66	21,70	23,85	26,11	28,49																		
55	500	11,08	13,05	15,06	17,11	19,20	21,33	23,51	25,73	28,00	30,32	32,68	37,57	42,67	48,00	53,58	59,43	65,56	72,00	78,77	85,89																		
	600	3,58	4,21	4,86	5,52	6,20	6,89	7,59	8,31	9,04	9,79	10,55	12,13	13,78	15,50	17,30	19,19	21,17	23,25	25,44	27,74																		
57	500	10,67	12,56	14,49	16,46	18,46	20,50	22,59	24,71	26,88	29,09	31,35	36,00	40,85	45,91	51,20	56,73	62,51	68,57	74,93	81,60	88,62																	
	600	3,44	4,06	4,68	5,31	5,96	6,62	7,29	7,98	8,68	9,39	10,12	11,63	13,19	14,83	16,53	18,32	20,19	22,14	24,20	26,35	28,62																	
60	500	10,11	11,89	13,71	15,57	17,45	19,38	21,33	23,33	25,36	27,43	29,54	33,88	38,40	43,10	48,00	53,11	58,43	64,00	69,82	75,91	82,29	88,98	96,00															
	600	3,26	3,84	4,43	5,03	5,64	6,26	6,89	7,53	8,19	8,86	9,54	10,94	12,40	13,92	15,50	17,15	18,87	20,67	22,55	24,51	26,57	28,73	31,00															
63	500	9,60	11,29	13,02	14,77	16,55	18,37	20,21	22,09	24,00	25,95	27,93	32,00	36,23	40,62	45,18	49,92	54,86	60,00	65,36	70,96	76,80	82,91	89,30															
	600	3,10	3,65	4,20	4,77	5,34	5,93	6,53	7,13	7,75	8,38	9,02	10,33	11,70	13,12	14,59	16,12	17,71	19,38	21,11	22,91	24,80	26,77	28,84															
73	500	8,23	9,67	11,13	12,61	14,12	15,64	17,19	18,77	20,36	21,98	23,63	27,00	30,48	34,06	37,77	41,60	45,56	49,66	53,89	58,29	62,84	67,56	72,45															
	600	2,66	3,12	3,59	4,07	4,56	5,05	5,55	6,06	6,58	7,10	7,63	8,72	9,84	11,00	12,20	13,43	14,71	16,03	17,40	18,82	20,29	21,81	23,40															
76	500	7,89	9,27	10,67	12,08	13,52	14,98	16,46	17,96	19,48	21,02	22,59	25,79	29,09	32,49	36,00	39,62	43,35	47,21	51,20	55,32	59,59	64,00	68,57															
	600	2,55	2,99	3,44	3,90	4,37	4,84	5,31	5,80	6,29	6,79	7,29	8,33	9,39	10,49	11,63	12,79	14,00	15,25	16,53	17,86	19,24	20,67	22,14															
83	500	7,20	8,45	9,72	11,01	12,31	13,63	14,96	16,31	17,68	19,07	20,48	23,35	26,30	29,33	32,45	35,66	38,96	42,35	45,85	49,45	53,17	57,00	60,95	65,03	69,25	73,60	78,10											
	600	2,33	2,73	3,14	3,55	3,97	4,40	4,83	5,27	5,71	6,16	6,61	7,54	8,49	9,47	10,48	11,51	12,58	13,68	14,81	15,97	17,17	18,41	19,68	21,00	22,36	23,77	25,22											
89	500	6,70	7,86	9,04	10,22	11,43	12,65	13,88	15,13	16,39	17,67	18,96	21,60	24,30	27,08	29,92	32,84	35,84	38,92	42,08	45,33	48,68	52,11	55,65	59,29	63,04													
	600	2,16	2,54	2,92	3,30	3,69	4,08	4,48	4,88	5,29	5,71	6,12	6,98	7,85	8,74	9,66	10,61	11,57	12,57	13,59	14,64	15,72	16,83	17,97	19,15	20,36													



Таблица 3.7 – Расчетные давления труб холоднодеформированных из стали 20, 20-ПВ (ресурс 10<sup>5</sup>)

Наружный диаметр Da, мм	Температура, °С	Толщина стенки s, мм																	
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12	13
10	450	29,50	39,33																
	500	13,00	17,33																
12	450	23,60	31,05	39,33															
	500	10,40	13,68	17,33															
16	450	16,86	21,85	27,23	33,04	39,33													
	500	7,43	9,63	12,00	14,56	17,33													
20	450	13,11	16,86	20,82	25,03	29,50	34,26	39,33											
	500	5,78	7,43	9,18	11,03	13,00	15,10	17,33											
22	450	11,80	15,13	18,63	22,32	26,22	30,34	34,71											
	500	5,20	6,67	8,21	9,84	11,56	13,37	15,29											
25	450	10,26	13,11	16,09	19,21	22,48	25,90	29,50	33,28	37,26									
	500	4,52	5,78	7,09	8,47	9,90	11,41	13,00	14,67	16,42									
28	450	9,08	11,57	14,16	16,86	19,67	22,60	25,65	28,84	32,18	35,67	39,33	43,17	47,20					
	500	4,00	5,10	6,24	7,43	8,67	9,96	11,30	12,71	14,18	15,72	17,33	19,02	20,80					
30	450	8,43	10,73	13,11	15,58	18,15	20,82	23,60	26,49	29,50	32,64	35,91	39,33	42,91					
	500	3,71	4,73	5,78	6,87	8,00	9,18	10,40	11,67	13,00	14,38	15,83	17,33	18,91					
32	450	7,87	10,00	12,21	14,49	16,86	19,31	21,85	24,49	27,23	30,08	33,04	36,12	39,33					
	500	3,47	4,41	5,38	6,39	7,43	8,51	9,63	10,79	12,00	13,25	14,56	15,92	17,33					
36	450	6,94	8,81	10,73	12,71	14,75	16,86	19,03	21,28	23,60	26,00	28,48	31,05	33,71					
	500	3,06	3,88	4,73	5,60	6,50	7,43	8,39	9,38	10,40	11,46	12,55	13,68	14,86					
38	450	6,56	8,31	10,11	11,97	13,88	15,85	17,88	19,97	22,13	24,35	26,65	29,02	31,47	36,62				
	500	2,89	3,66	4,46	5,28	6,12	6,99	7,88	8,80	9,75	10,73	11,74	12,79	13,87	16,14				
40	450	6,21	7,87	9,57	11,32	13,11	14,96	16,86	18,81	20,82	22,90	25,03	27,23	29,50	34,26	39,33	44,76		
	500	2,74	3,47	4,22	4,99	5,78	6,59	7,43	8,29	9,18	10,09	11,03	12,00	13,00	15,10	17,33	19,72		
42	450	5,90	7,47	9,08	10,73	12,42	14,16	15,95	17,78	19,67	21,61	23,60	25,65	27,76	32,18	36,88	41,87	47,20	
	500	2,60	3,29	4,00	4,73	5,47	6,24	7,03	7,84	8,67	9,52	10,40	11,30	12,24	14,18	16,25	18,45	20,80	
45	450	5,49	6,94	8,43	9,95	11,51	13,11	14,75	16,43	18,15	19,92	21,74	23,60	25,51	29,50	33,71	38,18		
	500	2,42	3,06	3,71	4,39	5,07	5,78	6,50	7,24	8,00	8,78	9,58	10,40	11,24	13,00	14,86	16,82		
48	450	5,13	6,48	7,87	9,28	10,73	12,21	13,72	15,27	16,86	18,48	20,15	21,85	23,60	27,23	31,05	35,08		
	500	2,26	2,86	3,47	4,09	4,73	5,38	6,05	6,73	7,43	8,14	8,88	9,63	10,40	12,00	13,68	15,46		
50	450	4,92	6,21	7,53	8,88	10,26	11,67	13,11	14,58	16,09	17,63	19,21	20,82	22,48	25,90	29,50	33,28		
	500	2,17	2,74	3,32	3,91	4,52	5,14	5,78	6,43	7,09	7,77	8,47	9,18	9,90	11,41	13,00	14,67		
51	450	4,82	6,08	7,38	8,69	10,04	11,42	12,83	14,26	15,73	17,24	18,77	20,34	21,95	25,29	28,78	32,45	36,31	
	500	2,12	2,68	3,25	3,83	4,43	5,03	5,65	6,29	6,93	7,60	8,27	8,97	9,67	11,14	12,68	14,30	16,00	
54	450		5,73	6,94	8,18	9,44	10,73	12,04	13,38	14,75	16,15	17,57	19,03	20,52	23,60	26,82	30,19	33,71	
	500		2,52	3,06	3,60	4,16	4,73	5,31	5,90	6,50	7,12	7,74	8,39	9,04	10,40	11,82	13,30	14,86	
55	450		5,62	6,81	8,02	9,25	10,51	11,80	13,11	14,45	15,81	17,21	18,63	20,09	23,09	26,22	29,50	32,93	
	500		2,48	3,00	3,53	4,08	4,63	5,20	5,78	6,37	6,97	7,58	8,21	8,85	10,17	11,56	13,00	14,51	
57	450		5,41	6,56	7,72	8,91	10,11	11,35	12,60	13,88	15,19	16,52	17,88	19,27	22,13	25,11	28,22	31,47	
	500		2,39	2,89	3,40	3,92	4,46	5,00	5,55	6,12	6,69	7,28	7,88	8,49	9,75	11,06	12,43	13,87	
60	450			6,21	7,31	8,43	9,57	10,73	11,91	13,11	14,34	15,58	16,86	18,15	20,82	23,60	26,49	29,50	
	500			2,74	3,22	3,71	4,22	4,73	5,25	5,78	6,32	6,87	7,43	8,00	9,18	10,40	11,67	13,00	
63	450			5,90	6,94	8,00	9,08	10,17	11,29	12,42	13,58	14,75	15,95	17,16	19,67	22,26	24,96	27,76	
	500			2,60	3,06	3,53	4,00	4,48	4,97	5,47	5,98	6,50	7,03	7,56	8,67	9,81	11,00	12,24	
70	450			5,28	6,21	7,15	8,11	9,08	10,06	11,06	12,08	13,11	14,16	15,23	17,41	19,67	22,00	24,41	26,91
	500			2,33	2,74	3,15	3,57	4,00	4,43	4,88	5,32	5,78	6,24	6,71	7,67	8,67	9,69	10,76	11,86
73	450				5,94	6,84	7,75	8,68	9,61	10,57	11,53	12,52	13,51	14,52	16,59	18,73	20,94	23,21	25,57
	500				2,62	3,01	3,42	3,82	4,24	4,66	5,08	5,52	5,95	6,40	7,31	8,25	9,23	10,23	11,27
76	450				6,56	7,43	8,31	9,21	10,11	11,04	11,97	12,92	13,88	15,85	17,88	19,97	22,13	24,35	
	500				2,89	3,27	3,66	4,06	4,46	4,86	5,28	5,69	6,12	6,99	7,88	8,80	9,75	10,73	
83	450				5,97	6,76	7,56	8,37	9,19	10,03	10,87	11,72	12,59	14,35	16,16	18,03	19,94	21,91	
	500				2,63	2,98	3,33	3,69	4,05	4,42	4,79	5,17	5,55	6,32	7,12	7,94	8,79	9,66	
89	450				5,55	6,28	7,02	7,77	8,53	9,30	10,07	10,86	11,65	13,28	14,94	16,64	18,39	20,18	
	500				2,45	2,77	3,10	3,43	3,76	4,10	4,44	4,79	5,14	5,85	6,58	7,33	8,10	8,89	

Таблица 3.8 – Расчетные давления труб холоднодеформированных из стали 15ГС (температура 450°C)

Наружный диаметр Da, мм	Ресурс	Толщина стенки s, мм																	
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12	13
10	10 <sup>5</sup>	31,50	42,00																
	2·10 <sup>5</sup>	23,00	30,67																
12	10 <sup>5</sup>	25,20	33,16	42,00															
	2·10 <sup>5</sup>	18,40	24,21	30,67															
16	10 <sup>5</sup>	18,00	23,33	29,08	35,28	42,00													
	2·10 <sup>5</sup>	13,14	17,04	21,23	25,76	30,67													
20	10 <sup>5</sup>	14,00	18,00	22,24	26,73	31,50	36,58	42,00											
	2·10 <sup>5</sup>	10,22	13,14	16,24	19,52	23,00	26,71	30,67											
22	10 <sup>5</sup>	12,60	16,15	19,89	23,84	28,00	32,40	37,06											
	2·10 <sup>5</sup>	9,20	11,79	14,53	17,41	20,44	23,66	27,06											
25	10 <sup>5</sup>	10,96	14,00	17,18	20,51	24,00	27,66	31,50	35,54	39,79									
	2·10 <sup>5</sup>	8,00	10,22	12,55	14,98	17,52	20,20	23,00	25,95	29,05									
28	10 <sup>5</sup>	9,69	12,35	15,12	18,00	21,00	24,13	27,39	30,80	34,36	38,09	42,00	46,10	50,40					
	2·10 <sup>5</sup>	7,08	9,02	11,04	13,14	15,33	17,62	20,00	22,49	25,09	27,81	30,67	33,66	36,80					
30	10 <sup>5</sup>	9,00	11,45	14,00	16,64	19,38	22,24	25,20	28,29	31,50	34,85	38,35	42,00	45,82					
	2·10 <sup>5</sup>	6,57	8,36	10,22	12,15	14,15	16,24	18,40	20,65	23,00	25,45	28,00	30,67	33,45					
32	10 <sup>5</sup>	8,40	10,68	13,03	15,47	18,00	20,62	23,33	26,15	29,08	32,12	35,28	38,57	42,00					
	2·10 <sup>5</sup>	6,13	7,80	9,52	11,30	13,14	15,05	17,04	19,09	21,23	23,45	25,76	28,16	30,67					
36	10 <sup>5</sup>	7,41	9,40	11,45	13,57	15,75	18,00	20,32	22,72	25,20	27,76	30,41	33,16	36,00					
	2·10 <sup>5</sup>	5,41	6,87	8,36	9,91	11,50	13,14	14,84	16,59	18,40	20,27	22,21	24,21	26,29					
38	10 <sup>5</sup>	7,00	8,87	10,80	12,78	14,82	16,93	19,09	21,32	23,63	26,00	28,45	30,98	33,60	39,10				
	2·10 <sup>5</sup>	5,11	6,48	7,89	9,33	10,82	12,36	13,94	15,57	17,25	18,98	20,77	22,62	24,53	28,55				
40	10 <sup>5</sup>	6,63	8,40	10,22	12,08	14,00	15,97	18,00	20,09	22,24	24,45	26,73	29,08	31,50	36,58	42,00	47,79		
	2·10 <sup>5</sup>	4,84	6,13	7,46	8,82	10,22	11,66	13,14	14,67	16,24	17,85	19,52	21,23	23,00	26,71	30,67	34,90		
42	10 <sup>5</sup>	6,30	7,97	9,69	11,45	13,26	15,12	17,03	18,99	21,00	23,07	25,20	27,39	29,65	34,36	39,38	44,71	50,40	
	2·10 <sup>5</sup>	4,60	5,82	7,08	8,36	9,68	11,04	12,43	13,86	15,33	16,85	18,40	20,00	21,65	25,09	28,75	32,65	36,80	
45	10 <sup>5</sup>	5,86	7,41	9,00	10,63	12,29	14,00	15,75	17,54	19,38	21,27	23,21	25,20	27,24	31,50	36,00	40,76		
	2·10 <sup>5</sup>	4,28	5,41	6,57	7,76	8,98	10,22	11,50	12,81	14,15	15,53	16,95	18,40	19,89	23,00	26,29	29,76		
48	10 <sup>5</sup>	5,48	6,92	8,40	9,91	11,45	13,03	14,65	16,31	18,00	19,73	21,51	23,33	25,20	29,08	33,16	37,46		
	2·10 <sup>5</sup>	4,00	5,05	6,13	7,24	8,36	9,52	10,70	11,91	13,14	14,41	15,71	17,04	18,40	21,23	24,21	27,35		
50	10 <sup>5</sup>	5,25	6,63	8,04	9,48	10,96	12,46	14,00	15,57	17,18	18,83	20,51	22,24	24,00	27,66	31,50	35,54		
	2·10 <sup>5</sup>	3,83	4,84	5,87	6,92	8,00	9,10	10,22	11,37	12,55	13,75	14,98	16,24	17,52	20,20	23,00	25,95		
51	10 <sup>5</sup>	5,14	6,49	7,88	9,28	10,72	12,19	13,70	15,23	16,80	18,40	20,05	21,72	23,44	27,00	30,73	34,65	38,77	
	2·10 <sup>5</sup>	3,76	4,74	5,75	6,78	7,83	8,90	10,00	11,12	12,27	13,44	14,64	15,86	17,12	19,71	22,44	25,30	28,31	
54	10 <sup>5</sup>		6,12	7,41	8,73	10,08	11,45	12,86	14,29	15,75	17,24	18,77	20,32	21,91	25,20	28,64	32,23	36,00	
	2·10 <sup>5</sup>		4,47	5,41	6,38	7,36	8,36	9,39	10,43	11,50	12,59	13,70	14,84	16,00	18,40	20,91	23,53	26,29	
55	10 <sup>5</sup>		6,00	7,27	8,56	9,88	11,23	12,60	14,00	15,43	16,89	18,38	19,89	21,45	24,65	28,00	31,50	35,16	
	2·10 <sup>5</sup>		4,38	5,31	6,25	7,22	8,20	9,20	10,22	11,27	12,33	13,42	14,53	15,66	18,00	20,44	23,00	25,67	
57	10 <sup>5</sup>		5,78	7,00	8,24	9,51	10,80	12,12	13,46	14,82	16,22	17,64	19,09	20,57	23,63	26,81	30,13	33,60	
	2·10 <sup>5</sup>		4,22	5,11	6,02	6,94	7,89	8,85	9,83	10,82	11,84	12,88	13,94	15,02	17,25	19,57	22,00	24,53	
60	10 <sup>5</sup>			6,63	7,81	9,00	10,22	11,45	12,72	14,00	15,31	16,64	18,00	19,38	22,24	25,20	28,29	31,50	
	2·10 <sup>5</sup>			4,84	5,70	6,57	7,46	8,36	9,28	10,22	11,18	12,15	13,14	14,15	16,24	18,40	20,65	23,00	
63	10 <sup>5</sup>			6,30	7,41	8,54	9,69	10,86	12,05	13,26	14,50	15,75	17,03	18,33	21,00	23,77	26,65	29,65	
	2·10 <sup>5</sup>			4,60	5,41	6,24	7,08	7,93	8,80	9,68	10,58	11,50	12,43	13,38	15,33	17,36	19,46	21,65	
70	10 <sup>5</sup>			5,64	6,63	7,64	8,66	9,69	10,74	11,81	12,90	14,00	15,12	16,26	18,59	21,00	23,49	26,07	28,74
	2·10 <sup>5</sup>			4,12	4,84	5,58	6,32	7,08	7,84	8,63	9,42	10,22	11,04	11,87	13,57	15,33	17,15	19,03	20,98
73	10 <sup>5</sup>				6,35	7,30	8,28	9,26	10,27	11,28	12,32	13,36	14,43	15,51	17,72	20,00	22,35	24,79	27,30
	2·10 <sup>5</sup>				4,63	5,33	6,04	6,76	7,50	8,24	8,99	9,76	10,53	11,32	12,94	14,60	16,32	18,10	19,93
76	10 <sup>5</sup>				7,00	7,93	8,87	9,83	10,80	11,78	12,78	13,80	14,82	16,93	19,09	21,32	23,63	26,00	
	2·10 <sup>5</sup>				5,11	5,79	6,48	7,18	7,89	8,60	9,33	10,07	10,82	12,36	13,94	15,57	17,25	18,98	
83	10 <sup>5</sup>				6,38	7,22	8,08	8,94	9,82	10,71	11,61	12,52	13,44	15,32	17,26	19,25	21,30	23,40	
	2·10 <sup>5</sup>				4,66	5,27	5,90	6,53	7,17	7,82	8,47	9,14	9,81	11,19	12,60	14,06	15,55	17,09	
89	10 <sup>5</sup>				5,93	6,71	7,50	8,30	9,11	9,93	10,76	11,60	12,44	14,18	15,95	17,77	19,64	21,55	
	2·10 <sup>5</sup>				4,33	4,90	5,48	6,06	6,65	7,25	7,85	8,47	9,09	10,35	11,65	12,97	14,34	15,74	

Таблица 3.9 – Расчетные давления труб холоднодеформированных из стали 15ХМ (ресурс  $2 \cdot 10^5$ )

Наружный диаметр Da, мм	Температура, °С	Толщина стенки s, мм																	
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12	13
10	500	42,50	56,67																
	550	13,00	17,33																
12	500	34,00	44,74	56,67															
	550	10,40	13,68	17,33															
16	500	24,29	31,48	39,23	47,60	56,67													
	550	7,43	9,63	12,00	14,56	17,33													
20	500	18,89	24,29	30,00	36,06	42,50	49,35	56,67											
	550	5,78	7,43	9,18	11,03	13,00	15,10	17,33											
22	500	17,00	21,79	26,84	32,16	37,78	43,71	50,00											
	550	5,20	6,67	8,21	9,84	11,56	13,37	15,29											
25	500	14,78	18,89	23,18	27,67	32,38	37,32	42,50	47,95	53,68									
	550	4,52	5,78	7,09	8,47	9,90	11,41	13,00	14,67	16,42									
28	500	13,08	16,67	20,40	24,29	28,33	32,55	36,96	41,56	46,36	51,40	56,67	62,20	68,00					
	550	4,00	5,10	6,24	7,43	8,67	9,96	11,30	12,71	14,18	15,72	17,33	19,02	20,80					
30	500	12,14	15,45	18,89	22,45	26,15	30,00	34,00	38,16	42,50	47,02	51,74	56,67	61,82					
	550	3,71	4,73	5,78	6,87	8,00	9,18	10,40	11,67	13,00	14,38	15,83	17,33	18,91					
32	500	11,33	14,41	17,59	20,88	24,29	27,82	31,48	35,28	39,23	43,33	47,60	52,04	56,67					
	550	3,47	4,41	5,38	6,39	7,43	8,51	9,63	10,79	12,00	13,25	14,56	15,92	17,33					
36	500	10,00	12,69	15,45	18,31	21,25	24,29	27,42	30,66	34,00	37,46	41,03	44,74	48,57					
	550	3,06	3,88	4,73	5,60	6,50	7,43	8,39	9,38	10,40	11,46	12,55	13,68	14,86					
38	500	9,44	11,97	14,57	17,25	20,00	22,84	25,76	28,77	31,88	35,08	38,39	41,80	45,33	52,76				
	550	2,89	3,66	4,46	5,28	6,12	6,99	7,88	8,80	9,75	10,73	11,74	12,79	13,87	16,14				
40	500	8,95	11,33	13,78	16,30	18,89	21,55	24,29	27,10	30,00	32,99	36,06	39,23	42,50	49,35	56,67	64,48		
	550	2,74	3,47	4,22	4,99	5,78	6,59	7,43	8,29	9,18	10,09	11,03	12,00	13,00	15,10	17,33	19,72		
42	500	8,50	10,76	13,08	15,45	17,89	20,40	22,97	25,62	28,33	31,13	34,00	36,96	40,00	46,36	53,13	60,32	68,00	
	550	2,60	3,29	4,00	4,73	5,47	6,24	7,03	7,84	8,67	9,52	10,40	11,30	12,24	14,18	16,25	18,45	20,80	
45	500	7,91	10,00	12,14	14,34	16,59	18,89	21,25	23,67	26,15	28,70	31,32	34,00	36,76	42,50	48,57	55,00		
	550	2,42	3,06	3,71	4,39	5,07	5,78	6,50	7,24	8,00	8,78	9,58	10,40	11,24	13,00	14,86	16,82		
48	500	7,39	9,34	11,33	13,37	15,45	17,59	19,77	22,00	24,29	26,63	29,02	31,48	34,00	39,23	44,74	50,54		
	550	2,26	2,86	3,47	4,09	4,73	5,38	6,05	6,73	7,43	8,14	8,88	9,63	10,40	12,00	13,68	15,46		
50	500	7,08	8,95	10,85	12,80	14,78	16,81	18,89	21,01	23,18	25,40	27,67	30,00	32,38	37,32	42,50	47,95		
	550	2,17	2,74	3,32	3,91	4,52	5,14	5,78	6,43	7,09	7,77	8,47	9,18	9,90	11,41	13,00	14,67		
51	500	6,94	8,76	10,63	12,53	14,47	16,45	18,48	20,55	22,67	24,83	27,05	29,31	31,63	36,43	41,46	46,75	52,31	
	550	2,12	2,68	3,25	3,83	4,43	5,03	5,65	6,29	6,93	7,60	8,27	8,97	9,67	11,14	12,68	14,30	16,00	
54	500		8,25	10,00	11,78	13,60	15,45	17,35	19,28	21,25	23,26	25,32	27,42	29,57	34,00	38,64	43,49	48,57	
	550		2,52	3,06	3,60	4,16	4,73	5,31	5,90	6,50	7,12	7,74	8,39	9,04	10,40	11,82	13,30	14,86	
55	500		8,10	9,81	11,55	13,33	15,15	17,00	18,89	20,82	22,78	24,79	26,84	28,94	33,26	37,78	42,50	47,44	
	550		2,48	3,00	3,53	4,08	4,63	5,20	5,78	6,37	6,97	7,58	8,21	8,85	10,17	11,56	13,00	14,51	
57	500		7,80	9,44	11,12	12,83	14,57	16,35	18,16	20,00	21,88	23,80	25,76	27,76	31,88	36,17	40,65	45,33	
	550		2,39	2,89	3,40	3,92	4,46	5,00	5,55	6,12	6,69	7,28	7,88	8,49	9,75	11,06	12,43	13,87	
60	500			8,95	10,53	12,14	13,78	15,45	17,16	18,89	20,65	22,45	24,29	26,15	30,00	34,00	38,16	42,50	
	550			2,74	3,22	3,71	4,22	4,73	5,25	5,78	6,32	6,87	7,43	8,00	9,18	10,40	11,67	13,00	
63	500			8,50	10,00	11,53	13,08	14,66	16,26	17,89	19,56	21,25	22,97	24,73	28,33	32,08	35,96	40,00	
	550			2,60	3,06	3,53	4,00	4,48	4,97	5,47	5,98	6,50	7,03	7,56	8,67	9,81	11,00	12,24	
70	500			7,61	8,95	10,30	11,68	13,08	14,50	15,94	17,40	18,89	20,40	21,94	25,08	28,33	31,69	35,17	38,77
	550			2,33	2,74	3,15	3,57	4,00	4,43	4,88	5,32	5,78	6,24	6,71	7,67	8,67	9,69	10,76	11,86
73	500				8,56	9,86	11,17	12,50	13,85	15,22	16,62	18,03	19,47	20,92	23,91	26,98	30,16	33,44	36,83
	550				2,62	3,01	3,42	3,82	4,24	4,66	5,08	5,52	5,95	6,40	7,31	8,25	9,23	10,23	11,27
76	500					9,44	10,70	11,97	13,26	14,57	15,90	17,25	18,61	20,00	22,84	25,76	28,77	31,88	35,08
	550					2,89	3,27	3,66	4,06	4,46	4,86	5,28	5,69	6,12	6,99	7,88	8,80	9,75	10,73
83	500					8,61	9,75	10,90	12,06	13,25	14,44	15,66	16,89	18,13	20,68	23,29	25,97	28,73	31,57
	550					2,63	2,98	3,33	3,69	4,05	4,42	4,79	5,17	5,55	6,32	7,12	7,94	8,79	9,66
89	500					8,00	9,05	10,12	11,20	12,29	13,39	14,51	15,64	16,79	19,13	21,52	23,97	26,49	29,08
	550					2,45	2,77	3,10	3,43	3,76	4,10	4,44	4,79	5,14	5,85	6,58	7,33	8,10	8,89

Таблица 3.10 – Расчетные давления труб холоднодеформированных из стали 12Х1МФ, 12Х1МФ-ПВ (ресурс 2·10<sup>5</sup>)

Наружный диаметр Da, мм	Температура, °С	Толщина стенки s, мм																	
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12	13
10	500	48,00	64,00																
	600	15,50	20,67																
12	500	38,40	50,53	64,00															
	600	12,40	16,32	20,67															
16	500	27,43	35,56	44,31	53,76	64,00													
	600	8,86	11,48	14,31	17,36	20,67													
20	500	21,33	27,43	33,88	40,73	48,00	55,74	64,00											
	600	6,89	8,86	10,94	13,15	15,50	18,00	20,67											
22	500	19,20	24,62	30,32	36,32	42,67	49,37	56,47											
	600	6,20	7,95	9,79	11,73	13,78	15,94	18,24											
25	500	16,70	21,33	26,18	31,26	36,57	42,15	48,00	54,15	60,63									
	600	5,39	6,89	8,45	10,09	11,81	13,61	15,50	17,49	19,58									
28	500	14,77	18,82	23,04	27,43	32,00	36,77	41,74	46,93	52,36	58,05	64,00	70,24	76,80					
	600	4,77	6,08	7,44	8,86	10,33	11,87	13,48	15,16	16,91	18,74	20,67	22,68	24,80					
30	500	13,71	17,45	21,33	25,36	29,54	33,88	38,40	43,10	48,00	53,11	58,43	64,00	69,82					
	600	4,43	5,64	6,89	8,19	9,54	10,94	12,40	13,92	15,50	17,15	18,87	20,67	22,55					
32	500	12,80	16,27	19,86	23,58	27,43	31,42	35,56	39,85	44,31	48,94	53,76	58,78	64,00					
	600	4,13	5,25	6,41	7,61	8,86	10,15	11,48	12,87	14,31	15,80	17,36	18,98	20,67					
36	500	11,29	14,33	17,45	20,68	24,00	27,43	30,97	34,62	38,40	42,31	46,34	50,53	54,86					
	600	3,65	4,63	5,64	6,68	7,75	8,86	10,00	11,18	12,40	13,66	14,97	16,32	17,71					
38	500	10,67	13,52	16,46	19,48	22,59	25,79	29,09	32,49	36,00	39,62	43,35	47,21	51,20	59,59				
	600	3,44	4,37	5,31	6,29	7,29	8,33	9,39	10,49	11,63	12,79	14,00	15,25	16,53	19,24				
40	500	10,11	12,80	15,57	18,41	21,33	24,34	27,43	30,61	33,88	37,25	40,73	44,31	48,00	55,74	64,00	72,83		
	600	3,26	4,13	5,03	5,95	6,89	7,86	8,86	9,88	10,94	12,03	13,15	14,31	15,50	18,00	20,67	23,52		
42	500	9,60	12,15	14,77	17,45	20,21	23,04	25,95	28,93	32,00	35,15	38,40	41,74	45,18	52,36	60,00	68,13	76,80	
	600	3,10	3,92	4,77	5,64	6,53	7,44	8,38	9,34	10,33	11,35	12,40	13,48	14,59	16,91	19,38	22,00	24,80	
45	500	8,93	11,29	13,71	16,19	18,73	21,33	24,00	26,73	29,54	32,42	35,37	38,40	41,51	48,00	54,86	62,12		
	600	2,88	3,65	4,43	5,23	6,05	6,89	7,75	8,63	9,54	10,47	11,42	12,40	13,41	15,50	17,71	20,06		
48	500	8,35	10,55	12,80	15,10	17,45	19,86	22,33	24,85	27,43	30,07	32,78	35,56	38,40	44,31	50,53	57,08		
	600	2,70	3,41	4,13	4,88	5,64	6,41	7,21	8,02	8,86	9,71	10,59	11,48	12,40	14,31	16,32	18,43		
50	500	8,00	10,11	12,26	14,45	16,70	18,99	21,33	23,73	26,18	28,69	31,26	33,88	36,57	42,15	48,00	54,15		
	600	2,58	3,26	3,96	4,67	5,39	6,13	6,89	7,66	8,45	9,26	10,09	10,94	11,81	13,61	15,50	17,49		
51	500	7,84	9,90	12,00	14,15	16,34	18,58	20,87	23,21	25,60	28,04	30,55	33,10	35,72	41,14	46,83	52,80	59,08	
	600	2,53	3,20	3,88	4,57	5,28	6,00	6,74	7,49	8,27	9,06	9,86	10,69	11,53	13,29	15,12	17,05	19,08	
54	500		9,32	11,29	13,31	15,36	17,45	19,59	21,77	24,00	26,27	28,60	30,97	33,39	38,40	43,64	49,12	54,86	
	600		3,01	3,65	4,30	4,96	5,64	6,33	7,03	7,75	8,48	9,23	10,00	10,78	12,40	14,09	15,86	17,71	
55	500		9,14	11,08	13,05	15,06	17,11	19,20	21,33	23,51	25,73	28,00	30,32	32,68	37,57	42,67	48,00	53,58	
	600		2,95	3,58	4,21	4,86	5,52	6,20	6,89	7,59	8,31	9,04	9,79	10,55	12,13	13,78	15,50	17,30	
57	500		8,81	10,67	12,56	14,49	16,46	18,46	20,50	22,59	24,71	26,88	29,09	31,35	36,00	40,85	45,91	51,20	
	600		2,84	3,44	4,06	4,68	5,31	5,96	6,62	7,29	7,98	8,68	9,39	10,12	11,63	13,19	14,83	16,53	
60	500			10,11	11,89	13,71	15,57	17,45	19,38	21,33	23,33	25,36	27,43	29,54	33,88	38,40	43,10	48,00	
	600			3,26	3,84	4,43	5,03	5,64	6,26	6,89	7,53	8,19	8,86	9,54	10,94	12,40	13,92	15,50	
63	500			9,60	11,29	13,02	14,77	16,55	18,37	20,21	22,09	24,00	25,95	27,93	32,00	36,23	40,62	45,18	
	600			3,10	3,65	4,20	4,77	5,34	5,93	6,53	7,13	7,75	8,38	9,02	10,33	11,70	13,12	14,59	
70	500			8,60	10,11	11,64	13,19	14,77	16,37	18,00	19,65	21,33	23,04	24,77	28,33	32,00	35,80	39,72	43,79
	600			2,78	3,26	3,76	4,26	4,77	5,29	5,81	6,35	6,89	7,44	8,00	9,15	10,33	11,56	12,83	14,14
73	500				9,67	11,13	12,61	14,12	15,64	17,19	18,77	20,36	21,98	23,63	27,00	30,48	34,06	37,77	41,60
	600				3,12	3,59	4,07	4,56	5,05	5,55	6,06	6,58	7,10	7,63	8,72	9,84	11,00	12,20	13,43
76	500				10,67	12,08	13,52	14,98	16,46	17,96	19,48	21,02	22,59	25,79	29,09	32,49	36,00	39,62	
	600				3,44	3,90	4,37	4,84	5,31	5,80	6,29	6,79	7,29	7,99	9,39	10,49	11,63	12,79	
83	500				9,72	11,01	12,31	13,63	14,96	16,31	17,68	19,07	20,48	23,35	26,30	29,33	32,45	35,66	
	600				3,14	3,55	3,97	4,40	4,83	5,27	5,71	6,16	6,61	7,54	8,49	9,47	10,48	11,51	
89	500				9,04	10,22	11,43	12,65	13,88	15,13	16,39	17,67	18,96	21,60	24,30	27,08	29,92	32,84	
	600				2,92	3,30	3,69	4,08	4,48	4,88	5,29	5,71	6,12	6,98	7,85	8,74	9,66	10,61	

## 4 Требования к персоналу

4.1 К производству работ по сварке и прихватке изделий на месте эксплуатации допускаются сварщики, прошедшие аттестацию в соответствии с Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (ПБ 03-273-99), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 30.10.98 № 63, утвержденными Минюстом России 04.03.99 рег. № 1721, и имеющие удостоверение на право выполнения данных сварочных работ.

Сварщики могут быть допущены только к сварочным работам тех видов, которые указаны в их удостоверении.

4.2 Требования, предъявляемые к профессиональным знаниям и навыкам рабочих установлены, в Едином тарифно-квалификационном справочнике работ и профессий рабочих утвержденным Постановлением Правительства РФ от 31.10.2002 № 78.

### ГАЗОСВАРЩИК

#### 4-й разряд

**Характеристика работ.** Газовая сварка сложных деталей, конструкций и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей и деталей средней сложности из цветных металлов и сплавов во всех пространственных положениях сварного шва. Наплавление твердыми сплавами с применением керамических флюсов в защитном газе деталей и узлов средней сложности. Устранение дефектов в крупных чугунных и алюминиевых отливках под механическую обработку и пробное давление наплавкой. Устранение раковин и трещин наплавлением в обработанных деталях и узлах. Горячая правка сложных конструкций.

**Должен знать:** способы установления режимов сварки металла в зависимости от конфигурации и толщины свариваемых деталей; способы сварки цветных сплавов, чугуна; испытания сварных швов из цветных металлов и сплавов; основные правила свариваемости металлов; общие понятия о методах получения и хранения наиболее распространенных газов, используемых при газовой сварке (ацетилена, водорода, кислорода, пропан-бутана и др.); виды дефектов в сварных швах и методы их предупреждения и устранения; правила чтения чертежей.

### ГАЗОСВАРЩИК

#### 5-й разряд

**Характеристика работ.** Газовая сварка сложных деталей, узлов, механизмов, конструкций и трубопроводов из высокоуглеродистых, легированных, специальных и коррозионно-стойких сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов, предназначенных для работы под динамическими и вибрационными нагрузками и под давлением. Наплавление твердыми сплавами сложных деталей, узлов, конструкций и механизмов. Сварка и устранение трещин и раковин в тонкостенных изделиях и в изделиях с труднодоступными для сварки местами. Термообработка газовой горелкой сварных стыков после сварки.

**Должен знать:** механические и технологические свойства свариваемых металлов, включая высоколегированные стали, а также наплавленного металла; правила выбора технологической последовательности наложения швов и режимов сварки; способы контроля и испытания сварных швов; влияние термической обработки на свойства сварного соединения.

### ГАЗОСВАРЩИК

#### 6-й разряд

**Характеристика работ.** Газовая сварка сложных деталей, узлов механизмов, конструкций и трубопроводов из высокоуглеродистых, легированных, специальных и коррозионно-стойких сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов, предназначенных для работы под динамическими и вибрационными нагрузками и под высоким давлением. Наплавление твердыми сплавами сложных деталей, узлов, конструкций и механизмов.

**Должен знать:** разновидность легких и тяжелых сплавов, их сварочные и механические свойства; виды коррозий и факторы, вызывающие ее; металлографию сварных швов; методы специальных испытаний свариваемых изделий и назначение каждого из них.

## ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРЩИК

### 4-й разряд

**Характеристика работ.** Ручная дуговая, плазменная и газовая сварка средней сложности деталей, узлов, конструкций и трубопроводов из конструкционных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов и сложных деталей узлов, конструкций и трубопроводов из углеродистых сталей во всех пространственных положениях сварного шва. Ручная кислородная, плазменная и газовая прямолинейная и фигурная резка и резка бензорезательными и керосинорезательными аппаратами на переносных, стационарных и плазморезательных машинах, в различных положениях сложных деталей из различных сталей, цветных металлов и сплавов по разметке. Кислороднофлюсовая резка деталей из высокохромистых и хромистоникелевых сталей и чугуна. Кислородная резка судовых объектов на плаву. Автоматическая и механическая сварка средней сложности и сложных аппаратов, узлов, конструкций трубопроводов из различных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов. Автоматическая сварка ответственных сложных строительных и технологических конструкций, работающих в сложных условиях. Ручное электродуговое воздушное строгание сложных деталей из различных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов в различных положениях. Сварка конструкций из чугуна. Наплавка дефектов сложных деталей машин, механизмов, конструкций и отливок под механическую обработку и пробное давление. Горячая правка сложных конструкций. Чтение чертежей различных сложных сварных металлоконструкций.

**Должен знать:** устройство различной электросварочной и газорезательной аппаратуры, автоматов и полуавтоматов, особенности сварки и электродугового строгания на переменном и постоянном токе; основы электротехники в пределах выполняемой работы; виды дефектов в сварных швах и методы их предупреждения и устранения; основы сварки металлов; механические свойства свариваемых металлов; принципы подбора режима сварки по приборам; марки и типы электродов; методы получения и хранения наиболее распространенных газов: ацетилена, водорода, кислорода, пропан-бутана, используемых при газовой сварке; процесс газовой резки легированной стали.

## ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРЩИК

### 5-й разряд

**Характеристика работ.** Ручная дуговая, плазменная и газовая сварка различной сложности аппаратов, деталей, узлов, конструкций и трубопроводов из различных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов, предназначенных для работы под динамическими и вибрационными нагрузками и под давлением. Ручная дуговая и плазменная сварка сложных строительных и технологических конструкций, работающих в сложных условиях. Кислородная и плазменная прямолинейная и горизонтальная резка сложных деталей из различных сталей, цветных металлов и сплавов по разметке вручную с разделкой кромок под сварку, в том числе с применением специальных флюсов из различных сталей и сплавов. Кислородная резка металлов под водой. Автоматическая и механическая сварка сложных аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из различных сталей, цветных металлов и сплавов. Автоматическая сварка строительных и технологических конструкций, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками. Механизированная сварка сложных строительных и технологических конструкций, работающих в тяжелых условиях. Ручное электродуговое воздушное строгание сложных деталей из различных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов в различных положениях. Сварка конструкций в блочном исполнении во всех пространственных положениях сварного шва. Сварка и наплавка трещин и раковин в тонкостенных изделиях и в изделиях с труднодоступными для сварки местами. Термообработка газовой горелкой сварных стыков после сварки. Чтение чертежей различной сложности сварных пространственных металлоконструкций.

**Должен знать:** электрические схемы и конструкции различных сварочных машин, автоматов, полуавтоматов и источников питания; технологические свойства свариваемых металлов, включая высоколегированные стали, а также наплавленного металла и металла,

подвергающегося строганию; выбор технологической последовательности наложения сварных швов; влияние термической обработки на свойства сварного шва, правила резки металлов под водой.

## **ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРЩИК**

### **6-й разряд**

**Характеристика работ.** Ручная дуговая, плазменная и газовая сварка особо сложных аппаратов, деталей, узлов, конструкций и трубопроводов из различных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов, предназначенных для работы под динамическими и вибрационными нагрузками и под высоким давлением. Ручная дуговая и газоэлектрическая сварка строительных и технологических конструкций, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками, и конструкций сложной конфигурации. Автоматическая сварка различных конструкций из легированных специальных сталей, титановых и других сплавов на автоматах специальной конструкции, многодуговых, многоэлектродных автоматах и автоматах, оснащенных телевизионными, фотоэлектронными и другими специальными устройствами, на автоматических манипуляторах (роботах). Механизированная сварка аппаратов, узлов, конструкций трубопроводов, строительных и технологических конструкций, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками, при выполнении сварных швов в потолочном положении и на вертикальной плоскости. Сварка экспериментальных конструкций из металлов и сплавов с ограниченной свариваемостью, а также из титана и титановых сплавов. Сварка сложных конструкций в блочном исполнении во всех пространственных положениях сварного шва.

**Должен знать:** разновидность титановых сплавов, их сварочные и механические свойства; кинематические схемы автоматов и полуавтоматов, принципиальное устройство электронных схем управления; правила обучения роботов и правила работы с робототехническими комплексами; виды коррозии и факторы, вызывающие ее; методы специальных испытаний свариваемых изделий и назначение каждого из них; основные виды термической обработки сварных соединений; основы по металлографии сварных швов.

## **ЭЛЕКТРОСВАРЩИК НА АВТОМАТИЧЕСКИХ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ МАШИНАХ**

### **5-й разряд**

**Характеристика работ.** Автоматическая и механизированная сварка с использованием плазмотрона сложных аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из различных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов. Автоматическая сварка различных строительных и технологических конструкций, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками, и конструкций сложной конфигурации. Механизированная сварка с использованием плазмотрона сложных строительных и технологических конструкций, работающих в сложных условиях. Сварка на сложных устройствах и кантователях. Автоматическая сварка в защитном газе неплавящимся электродом горячекатаных полос из цветных металлов и сплавов. Заварка дефектов деталей машин, механизмов и конструкций. Наплавление сложных деталей и узлов.

**Должен знать:** электрические схемы и конструкции различных типов сварочных автоматов, полуавтоматов, плазмотронов и источников питания; механические и технологические свойства свариваемых металлов, включая высоколегированные стали; механические свойства наплавленного металла; технологическую последовательность наложения швов и режим сварки; виды дефектов в сварных швах, причины их возникновения и методы устранения; способы контроля и испытания ответственных сварных швов.

## **ЭЛЕКТРОСВАРЩИК НА АВТОМАТИЧЕСКИХ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ МАШИНАХ**

### **6-й разряд**

**Характеристика работ.** Автоматическая и механизированная сварка с использованием плазмотрона сложных аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из различных сталей,

чугуна, цветных металлов и сплавов, в том числе титановых, на универсальных многодуговых и многоэлектродных автоматах и полуавтоматах, а также на автоматах, оснащенных телевизионными, фотоэлектронными и другими специальными устройствами, автоматических манипуляторах (роботах). Механизированная сварка с использованием плазмотрона строительных и технологических конструкций, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками, и конструкций сложной конфигурации при выполнении сварных швов в потолочном положении и на вертикальной плоскости. Сварка экспериментальных конструкций из металлов и сплавов с ограниченной свариваемостью. Сварка конструкций в блочном исполнении во всех пространственных положениях сварного шва.

**Должен знать:** конструкции электросварочных автоматов, полуавтоматов, плазмотронов и машин; электрические и кинематические схемы сложных автоматов, плазмотронов и машин, причины их наиболее вероятных неисправностей, способы их устранения; методы контроля, способы и методы испытания сварных соединений ответственных конструкций; принципиальное устройство электронных схем управления; правила обучения роботов и работы с робототехническими комплексами; разновидности сплавов, их сварочные и механические свойства; виды коррозии и факторы, вызывающие ее; основные виды термической обработки сварных соединений; основы металлографии сварных швов.

## **ЭЛЕКТРОСВАРЩИК РУЧНОЙ СВАРКИ**

### **4-й разряд**

**Характеристика работ.** Ручная дуговая и плазменная сварка средней сложности деталей аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из конструкционных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов и сложных деталей, узлов, конструкций и трубопроводов из углеродистых сталей во всех пространственных положениях сварного шва. Ручная кислородная резка (строгание) сложных деталей из высокоуглеродистых, специальных сталей, чугуна и цветных металлов, сварка конструкций из чугуна. Наплавление нагретых баллонов и труб, дефектов деталей машин, механизмов и конструкций. Наплавление сложных деталей, узлов и сложных инструментов. Чтение чертежей сложных сварных металлоконструкций.

**Должен знать:** устройство различной электросварочной аппаратуры; особенности сварки и дуговой резки на переменном и постоянном токе; технологию сварки изделий в камерах с контролируемой атмосферой; основы электротехники в пределах выполняемой работы; способы испытания сварных швов; виды дефектов в сварных швах и методы их предупреждения и устранения; принципы подбора режима сварки по приборам; марки и типы электродов; механические свойства свариваемых металлов.

## **ЭЛЕКТРОСВАРЩИК РУЧНОЙ СВАРКИ**

### **5-й разряд**

**Характеристика работ.** Ручная дуговая и плазменная сварка сложных аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из различных сталей, цветных металлов и сплавов. Ручная дуговая и плазменная сварка сложных строительных и технологических конструкций, работающих в сложных условиях. Ручная дуговая кислородная резка (строгание) сложных деталей из высокоуглеродистых, легированных и специальных сталей и чугуна. Сварка сложных конструкций в блочном исполнении во всех пространственных положениях сварного шва. Наплавление дефектов различных деталей машин, механизмов и конструкций. Наплавление сложных деталей и узлов.

**Должен знать:** электрические схемы и конструкции различных типов сварочных машин; технологические свойства свариваемых металлов, металла, наплавленного электродами различных марок и отливок, подвергающихся строганию; технологию сварки ответственных изделий в камерах с контролируемой атмосферой; выбор технологической последовательности наложения швов и режимов сварки; способы контроля и испытания ответственных сварных швов; правила чтения чертежей сложных сварных пространственных металлоконструкций.



## **ЭЛЕКТРОСВАРЩИК РУЧНОЙ СВАРКИ**

### **6-й разряд**

**Характеристика работ.** Ручная дуговая и плазменная сварка сложных аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из различных сталей, цветных металлов и сплавов. Ручная дуговая и газэлектрическая сварка сложных строительных и технологических конструкций, работающих под динамическими и вибрационными нагрузками, и конструкций сложной конфигурации. Сварка экспериментальных конструкций из металлов и сплавов с ограниченной свариваемостью, а также из титана и титановых сплавов. Сварка сложных конструкций в блочном исполнении во всех пространственных положениях сварного шва.

**Должен знать:** конструкцию обслуживаемого оборудования; разновидности титановых сплавов, их сварочные и механические свойства; виды коррозии и факторы, вызывающие ее; методы специальных испытаний свариваемых изделий и назначение каждого из них; схемы откачных систем камер с контролируемой атмосферой; основные виды термической обработки сварных соединений; основы металлографии сварных швов.

4.3 К обслуживанию трубопроводов могут быть допущены лица, обученные по программе, согласованной в установленном порядке, имеющие удостоверение на право обслуживания трубопроводов и знающие инструкцию.

4.4 Проверка знаний персонала, обслуживающего трубопроводы, должна проводиться не реже одного раза в 12 месяцев, а также при переходе из одной организации в другую.

## **5 Анализ риска**

В данном разделе проведена идентификация опасностей и расчет степени риска эксплуатации изделия согласно ГОСТ Р 54124-2010.

Важным этапом оценки вероятности наступления опасного события оборудования, который осуществляется после определения пределов эксплуатации, является систематическая идентификация прогнозируемых источников опасности и опасных событий, которые могут иметь место в течение всего жизненного цикла продукции, но т.к. действие ТР ТС 032/2013 распространяется только на этапы проектирования и изготовления, будут рассчитаны и проанализированы только они.

Первым этапом является идентификация опасностей, которые могут возникнуть на этапе проектирования и производства с учетом требований к безопасности оборудования из Приложения 2 ТР ТС 032/2013.

В основе концепции риска лежит постулат, что опасность не может принести вред объекту воздействия (люди, имущество, окружающая среда) до тех пор, пока последовательность событий или случайных обстоятельств не приведет к опасной ситуации. На этой стадии риск можно оценить путем определения вероятности возникновения и вероятности не обнаружения.

Выделены опасные ситуации, в результате которых возникнет опасность:

- потеря прочности изделий;
- потеря прочности при нарушении режимов эксплуатации.

Вероятность возникновения опасной ситуации рассчитана на основании данных эксплуатации аналогичной продукции и экспертным методом.

Относительно сложившейся опасной ситуации сформулированы предположения, отражающие возможную ее причину.

Вероятность не обнаружения отражает величину риска допустить опасную ситуацию, с учетом принятых предприятием-изготовителем мер. Меры по предотвращению и обнаружению опасности представлены в виде объема контроля, производимого изготовителем.

Вероятность не обнаружения рассчитана на основании статистических данных и экспертным путем.

В расчете вероятности наступления опасного события используются два параметра:

- вероятность возникновения несовершенства, приводящего к возникновению опасной ситуации  $P_1$ ;

- вероятность необнаружения несовершенства, приводящего к возникновению опасной ситуации  $P_2$ .

Вероятность причинения вреда  $P$  рассчитывается по формуле 5.1:

$$P = P_1 \times P_2 \quad (5.1)$$

Ранжирование рисков с присвоением числа приоритета проводилось на основе оценок вероятности возникновения и вероятности необнаружения с использованием матрицы риска (рис.5.1). В матрице риска показан риск, соответствующий каждой опасности. Матрица риска обеспечивает наглядное представление ситуации с учетом использованных предположений.

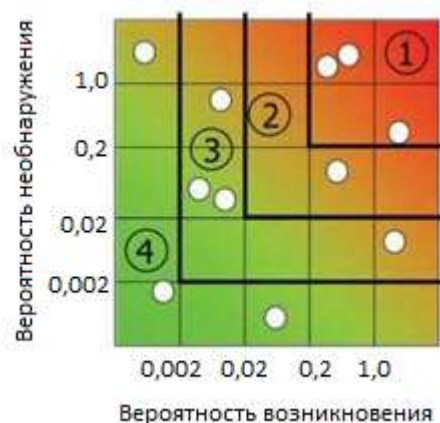


Рис.5.1 – Матрица риска

Чем выше в матрице риска расположена опасная ситуация, тем выше вероятность ее обнаружения, чем правее – тем выше вероятность реализации причин опасной ситуации. Опасные ситуации в верхнем правом углу матрицы риска соответствуют самой высокой вероятности возникновения и вероятности обнаружения. Им соответствует ранг 1. Опасные ситуации в нижнем левом углу матрицы соответствуют самой низкой вероятности возникновения и вероятности обнаружения. Им соответствует минимальный ранг 4.

Полученные в результате значения приоритета риска отражают достаточность принятых мер.

В результате проведенных оценок получены последовательности опасных событий, для предотвращения которых необходимо предпринять защитные меры изготовителем и эксплуатирующей организацией в соответствии с таблицей 5.1.

Вывод: был проведен анализ вероятности возникновения риска и оценка достаточности мер по его предотвращению. При существующей системе контроля вероятность возникновения опасной ситуации является приемлемой, и дополнительных мер не требует.

Таблица 5.1 – Оценка рисков

Краткое наименование опасной ситуации и ее описание	Вероятность возникновения	Предположения относительно вероятности (причина опасной ситуации)	Вероятность необращения	Предположения относительно вероятности (Защитные меры, предпринятые при конструировании, изготовлении и эксплуатации)	Приоритет риска	Рекомендуемые меры
Причинение вреда при разрушении деталей, вследствие потери прочности изделия	0,1	Недопустимые отклонения параметров труб (41/032): -Наличие не выявленных дефектов в материале (продольные и поперечные внутренние дефекты, дефекты типа «расслоение») -Недопустимое отклонение параметров изделия, влияющих на безопасность: --толщина стенки; --наружный диаметр.	0,001	- 100% партии ВИК, исправление допустимых дефектов - 100% УЗК / 100% гидравлические испытания - 100% измерение	4	-
	0,1	Недостаточная пластичность, прочность, хрупкость и трещиностойкость труб (38,39/032): - несоответствие механических свойств; - снижение технологических свойств; - несоответствие макро- и микроструктуры.	0,001	- Контроль и испытания в объеме в соответствии с табл.18 ТУ 14-ЗР-55-2001	4	-
	0,1	Ошибочный расчет на прочность (13-14,16,19-20/032): - неверные методы расчета прочности; - неверно подобрано расчетное давление; - неверно задан запас прочности.	0,001	Проверка расчетов	4	-
	0,001	Использование материалов при изготовлении с характеристиками меньше расчетных (17,34/032)	0,1	Входной контроль материалов (верификация)	3	Проведение валидации
	0,001	Использование материала при проектировании с ограниченными свойствами (37-38/032)	0,1	Проверка расчетов	4	-
	0,01	Отсутствие маркировки, обеспечивающей возможность идентификации с данными документации изготовителя (35/032)	0,001	Входной контроль (валидация)	4	-
	0,95	Отсутствие маркировки изготовителя на заготовке, в случае ее раскроя на части (36/032)	0,01	Дублирование маркировки	3	Усиленный контроль за нанесением дублирующей маркировки
Причинение вреда при разрушении деталей, вследствие потери прочности при нарушении режимов эксплуатации	0,01	Сочетание одновременного возникновения нагрузок (15/032)	0,001	-	4	Мониторинг условий эксплуатации
	0,1	Коррозионно-эрозионное воздействие (10/032)	0,001	Наличие эксплуатационной прибавки к толщине стенки труб	4	Техническое освидетельствование в процессе эксплуатации

## **6 Требования к безопасности при вводе в эксплуатацию (при монтаже)**

6.1 Безопасное выполнение сварочных работ требует строгого соблюдения работниками правил техники безопасности. Каждый работник должен хорошо знать и выполнять безопасные приемы работы. Только при этом условии можно предупреждать несчастные случаи.

6.2 Опасные факторы, возникающие при выполнении сварочных работ, перечислены в табл. 6.1 [ГОСТ 12.3.003].

6.3 Меры по обеспечению безопасности приведены в табл. 6.2.

6.4 Метод определения уровня обеспечения пожарной безопасности людей приведен в приложении 2 ГОСТ 12.1.004.

**Таблица 6.1 – Перечень опасных и вредных производственных факторов**

Опасные и вредные производственные факторы в зоне пребывания рабочего	Виды сварки и наплавки									
	Ручная дуговая		Дуговая под флюсом			Дуговая в защитных газах				
	без подогрева	с подогревом изделия или многопроходная	полуавтоматическая	автоматическая	автоматическая с подогревом или многопроходная	без подогрева	с подогревом	полуавтоматическая	полуавтоматическая с подогревом	автоматическая
<b>1. Физические факторы</b>										
1.1. Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+
1.2. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.3. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
1.4. Повышенная температура воздуха рабочей зоны	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
1.5. Повышенный уровень шума на рабочем месте	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-
1.6. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
1.7. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.8. Повышенная яркость света	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
1.9. Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
1.10. Повышенный уровень инфракрасной радиации	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
<b>2. Химические факторы</b> (сварочные аэрозоли)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>3. Психофизиологические факторы</b>										
3.1. Физические перегрузки	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-
3.2. Нервно-психические перегрузки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Условные обозначения: + наличие фактора; - отсутствие фактора										

Таблица 6.2 – Меры обеспечения безопасности

Опасные и вредные производственные факторы в зоне пребывания рабочего	Меры, предусмотренные НД
<p><b>1. Физические факторы</b>                      1.1. Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы</p>	<p>1. Управление установками электрошлаковой сварки должно осуществляться с пульта управления, вмонтированного в установку (п. 2.15.5 ГОСТ 12.3.003)                      2. При выполнении автоматической сварки на установке, сварочная головка которой расположена на высоте более 1,6 м от уровня пола, должна быть предусмотрена рабочая площадка для оператора (п.2.12.1 ГОСТ 12.3.003)                      3. Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м (п.4.13 ГОСТ 12.3.003)</p>
<p>1.2. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны                      1.4. Повышенная температура воздуха рабочей зоны</p>	<p>1. Производственные помещения должны быть оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией, соответствующей строительным нормам и правилам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Воздухообмены следует рассчитывать на разбавление вредных веществ, не уловленных местными вытяжными устройствами, до уровней ПДК в соответствии с ГОСТ 12.1.005, перечнями ПДК, санитарными нормами, строительными нормами и правилами, утвержденными Минздравом и Госстроем РФ (п.3.7 ГОСТ 12.3.003)                      2. При сварке изделий на поточно-механизированных и автоматизированных линиях должны предусматриваться местные вытяжные устройства, встроенные в оснастку линий. Допускается использование сварочного оборудования со встроенными местными воздухоприемниками (п.2.6 ГОСТ 12.3.003)                      3. Не допускается проведение сварки при неработающей местной вытяжной вентиляции (п.2.7 ГОСТ 12.3.003)                      4. Стационарные посты сварки должны быть оборудованы местными отсосами. Объем удаляемого воздуха для стандартного сварочного стола от одного поста следует принимать не менее 1500 м<sup>3</sup>/ч, причем скорость всасывания в точке сварки должна быть не менее 0,2 м/с. При сварке внутри закрытых и труднодоступных пространств следует удалять переносными воздухоприемниками от одного поста не менее 150 м<sup>3</sup>/ч воздуха (п.2.11.1 ГОСТ 12.3.003)                      5. Контроль за состоянием воздуха рабочей зоны - по ГОСТ 12.1.005 (п. 8.1 ГОСТ 12.3.003)</p>
<p>1.3. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов</p>	<p>1. При интенсивности теплового облучения работающих, превышающей санитарные нормы микроклимата производственных помещений, утвержденные Минздравом РФ, следует предусматривать специальные средства защиты (экранирование источника, воздушное душирование, средства индивидуальной защиты и др.) (п. 3.10 ГОСТ 12.3.003)</p>
<p>1.5. Повышенный уровень шума на рабочем месте</p>	<p>1. По п. 3.1 ГОСТ 12.1.003 предусмотрены следующие меры:                      - разработкой шумобезопасной техники;                      - применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029;                      - применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051.                      2. В конструкции электротехнических изделий должны быть предусмотрены средства шумо- и вибро защиты, обеспечивающие уровни шума и вибрации на рабочих местах в соответствии с утвержденными санитарными нормами. Допустимые значения шумовых и вибрационных характеристик электротехнических изделий должны быть установлены в стандартах и технических условиях на конкретные виды и не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 12.1.003, ГОСТ12.1.012 (п. 3.3.1 ГОСТ 12.2.007.0)                      3. Методы измерения шума на рабочих местах - по ГОСТ 12.1.050 и ГОСТ 12.1.035 (п.8.4 ГОСТ 12.3.003)</p>

1.6. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1. Контроль за состоянием электрооборудования и его безопасной эксплуатацией проводится в соответствии с ГОСТ 12.1.019 и ПУЭ, ПТЭ и ПТБ, утвержденными Главгосэнерго надзором РФ. (п.8.10 ГОСТ 12.3.003)
1.7. Повышенный уровень электромагнитных излучений	1. Изделия, которые создают электромагнитные поля, должны иметь защитные элементы (экраны, поглотители и т.п.) для ограничения воздействия этих полей в рабочей зоне до допустимых уровней. Допускается для ограничения воздействия электромагнитного поля использовать защитные элементы, не входящие в состав изделия (п.3.1.2 по ГОСТ 12.2.007.0)
1.8. Повышенная яркость света 1.9. Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	1. Рабочие сварочных профессий должны быть обеспечены спецодеждой и другими средствами индивидуальной защиты, утвержденными в установленном порядке. 2. Стены и оборудование цехов (участков) электросварки необходимо окрашивать в серый, желтый или голубой тона с диффузным (рассеянным) отражением света. 3. Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из негорючего материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты (п.3.2 ГОСТ 12.3.003)
1.10. Повышенный уровень инфракрасной радиации	1. При сварке изделий с подогревом рабочее место должно быть специально оборудовано экранами, укрытиями для подогретого изделия или панелями радиационного охлаждения, обеспечивающими снижение облучения сварщика в соответствии с требованиями санитарных норм микроклимата производственных помещений, утвержденных Минздравом РФ (п.4.7 ГОСТ 12.3.003) 2. При организации процессов контактной сварки машины должны быть оборудованы защитными устройствами (экранами), предохраняющими работающих от брызг расплавленного металла, магнитного излучения и других вредных факторов (п.2.14.1 ГОСТ 12.3.003)
<b>2. Химические факторы</b> (сварочные аэрозоли)	1. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций - максимально разовых рабочей зоны (ПДК <sub>мр.рз</sub> ) и среднесменных рабочей зоны (ПДК <sub>сс.рз</sub> ). Величины ПДК <sub>мр.рз</sub> и ПДК <sub>сс.рз</sub> приведены в приложении 2 (п.3.2 ГОСТ 12.1.005) 2. Раздачу приточного воздуха следует осуществлять в рабочую зону или наклонными струями в направлении рабочей зоны. Возможно использование сосредоточенной подачи через регулируемые воздухораспределители (п.3.8 ГОСТ 12.3.003)

## **7 Требования к управлению безопасностью при эксплуатации машин и (или) оборудования**

### 7.1 Техническое обслуживание

7.1.1 Контроль труб в пределах срока службы проводят в соответствии с требованиями Федеральных нормам и правил в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением".

#### 7.1.2 Контроль включает:

- наружный осмотр (в процессе работы) - не реже одного раза в год;
- наружный осмотр и гидравлическое испытание в составе трубопроводов - перед пуском в эксплуатацию после монтажа, ремонта, связанного со сваркой, а также - при пуске трубопроводов после нахождения их в состоянии консервации свыше двух лет.

7.1.3 Качество труб должно удовлетворять нормам оценки качества соответствующей нормативной документации на трубопроводы.

7.2 Критерии предельных состояний

7.2.1 Критерии выбраковки труб приведены в п.3.3 настоящего обоснования безопасности.

## 8 Требования к управлению качеством для обеспечения безопасности при эксплуатации

8.1 В табл.8.1 и п.8.2-8.7 приведены требования к обеспечению качества работ и услуг, влияющих на безопасность изделий в течение жизненного цикла изделий согласно ГОСТ Р 51901.3. Отсутствующие в таблице номера задач означают, что данные задачи опущены, как не имеющие отношения к изделиям, без изменения нумерации с целью сохранения связи с первоисточником.

Таблица 8.1 - Связь стадий жизненного цикла изделий с применяемыми элементами и задачами надежности и безопасности

Элементы и задачи надежности и безопасности	Стадии жизненного цикла изделий					
	К&О	П&Р	ПРЗ	ИНС	ЭКС	УТЛ
<b>Элемент 1. Управление (менеджмент)</b>						
Задача 1. Программа надежности и безопасности	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 2. Требования надежности и безопасности		XXX	XXX	XXX		
Задача 3. Управление процессами		XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 4. Управление проектированием		XXX	XXX	XXX		
Задача 5. Мониторинг и анализ		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 6. Управление цепочкой поставки			XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 7. Ввод продукции в эксплуатацию				XXX	XXX	
<b>Элемент 2. Дисциплины надежности</b>						
Задача 8. Обеспечение безотказности	XXX	XXX	XXX			
Задача 9. Обеспечение ремонтпригодности	XXX	XXX	XXX	XXX		
Задача 11. Стандартизация		XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 12. Человеческий фактор	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
<b>Элемент 3. Анализ и оценка</b>						
Задача 13. Анализ условий окружающей среды	XXX	XXX	XXX			
Задача 14. Моделирование безотказности	XXX	XXX	XXX			
Задача 15. Оценка и управление частями		XXX	XXX			
Задача 16. Анализ проекта и оценка продукции		XXX	XXX			
Задача 17. Анализ риска и причинно-		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX



Элементы и задачи надежности и безопасности	Стадии жизненного цикла изделий					
	К&О	П&Р	ПРЗ	ИНС	ЭКС	УТЛ
следственных связей						
Задача 18. Прогнозирование	XXX	XXX	XXX			
Задача 19. Анализ компромиссных решений	XXX	XXX	XXX			XXX
Задача 20. Оценка стоимости жизненного цикла	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 21. Повышение надежности				XXX	XXX	
<b>Элемент 4. Верификация и валидация</b>						
Задача 22. Стратегия верификации и валидации		XXX	XXX	XXX		
Задача 23. Демонстрация безопасности				XXX	XXX	
Задача 24. Разбраковка по надежности			XXX			
<b>Элемент 5. База знаний</b>						
Задача 25. Создание базы знаний		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 26. Анализ данных		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 27. Сбор и распространение данных		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Задача 28. Записи о надежности и безопасности		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
<b>Элемент 6. Улучшение</b>						
Задача 29. Предупреждающие и корректирующие действия		XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 30. Усовершенствование и модификация				XXX	XXX	
Задача 31. Повышение компетентности персонала	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
Задача 32. Улучшение системы менеджмента надежности и безопасности	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
<p>Условные обозначения, принятые в таблице:  К&amp;О - концепция и определение;  П&amp;Р - проектирование и разработка;  ПРЗ - производство;  ИНС - инсталляция (установка, монтаж);  ЭКС - эксплуатация и техническое обслуживание;  УТЛ - утилизация;  XXX - связь задач надежности с соответствующими стадиям жизненного цикла.</p>						

## 8.2 Управление (менеджмент) - элемент 1

Управление является ключевым элементом программы надежности и безопасности. Планирование определяет цели и возможности проекта, идентифицирует проектные действия и устанавливает поэтапный график выполнения работ и поставок. Управление применяет

соответствующие стратегии бизнеса и технические стратегии, обеспечивает функции руководства и распределяет необходимые ресурсы, способствующие эффективному выполнению задач для достижения запланированных целей проекта. Основные задачи управления описаны в 8.2.1 – 8.2.7.

Управление достигается путем назначения технических руководителей, обеспечивающих выполнение задач надежности и безопасности. Обязанности технического руководителя, ответственного за надежность и безопасность, включают в себя формирование рабочей группы, распределение ответственности между членами группы, обеспечение обмена информацией с заказчиками и поставщиками по вопросам надежности и ключевой технической связи в процессе управления цепочкой поставки по проблемам надежности и безопасности. Для повышения лояльности потребителей необходимо поддерживать с ними послепродажный обмен информацией.

#### 8.2.1 Программа надежности и безопасности (Задача 1)

Программа надежности и безопасности требует адекватного планирования и вовлечения в ее работу высшего руководства. План надежности и безопасности является основой для управления, планирования, контроля документации, управления выполнением программы надежности и безопасности. План надежности и безопасности продукции должен быть интегрирован в общий план проекта. Он должен быть подвергнут анализу со стороны высшего руководства и одобрен руководителем организации. План надежности и безопасности может охватывать продукцию на одной, нескольких или всех стадиях ее жизненного цикла. План должен идентифицировать задачи программы надежности и безопасности, применимые к продукции и контролю ее ключевых характеристик. В плане надежности и безопасности должен быть указан технический руководитель, ответственный за выполнение программы и, при необходимости, представитель руководства. Задачи программы надежности должны быть определены в соответствии с поэтапным графиком выполнения работ и поставок.

#### 8.2.2 Требования надежности и безопасности (Задача 2)

Требования надежности и безопасности включают в себя процесс идентификации требований и определение условий для проектных поставок. Требования формируют таким образом, чтобы обеспечить удовлетворение потребностей потребителя или определить критерии выбора привилегированных поставщиков. В результате может быть заключено формальное контрактное соглашение (договор) между всеми вовлеченными сторонами. Сотрудничество потребителя и поставщика позволяет существенно ускорить подготовку требований и облегчить взаимное понимание целей и ограничений надежности и безопасности для достижения соглашения. Требования надежности могут содержать количественные значения параметров, таких как коэффициент готовности, средний ресурс, максимально допустимая продолжительность эксплуатации или характеристики предельного состояния продукции. Требования к количественным характеристикам для демонстрации и приемки продукции должны быть определены и задокументированы. В требованиях надежности должны быть особо выделены требования, непосредственно касающиеся общей работоспособности продукции и имеющие отношение к ее назначению.

#### 8.2.3 Управление процессами (Задача 3)

Система менеджмента надежности и безопасности должна управлять всеми процессами, воздействующими на надежность и безопасность. Функция управления должна быть активизирована для процессов, воздействующих на безотказность и готовность системы. Типичными процессами, влияющими на надежность и безопасность, являются выбор материалов, методов оценки надежности, критериев приемки продукции, регистрация данных об отказах, анализ причин отказов, предупреждающие и корректирующие действия. Владелец каждого процесса должен быть идентифицирован. Входы и выходы процесса должны быть верифицированы на точность и последовательность в соответствии с их назначением. В промежуточных целях проекта, связанных с надежностью, должны быть указаны скоординированный набор необходимых закупок и графики выполнения работ по проекту, что

облегчает принятие решений при проведении анализа со стороны руководства, а также при взаимодействии с поставщиками и потребителями.

#### 8.2.4 Управление проектированием (Задача 4)

Управление проектированием является важным процессом менеджмента надежности, позволяющим обеспечивать разработку продукции в соответствии с целями надежности и безопасности. Действия по управлению проектированием включают в себя установление правил и рекомендаций по проектированию для обеспечения безопасной эксплуатации, выделения физических и функциональных блоков, обеспечения модульности, облегчения сборки и разборки, проведения гарантийного обслуживания. Эти действия позволяют обеспечить соответствие продукции обязательным требованиям. Результатом улучшения проектирования является повышение надежности и безопасности продукции. Мониторинг состояния надежности и безопасности продукции при проектировании должен быть интегрирован в процесс управления проектированием. Входы и выходы процесса управления проектированием должны быть верифицированы на точность и полноту. Анализ проекта должен быть направлен на оценку соответствия требованиям прогрессивного проектирования для обеспечения возможности производства продукции соответствующего качества. Изменения конструкции должны выполняться в соответствии с процессом управления конфигурацией, что облегчает прослеживаемость модификаций или модернизаций проекта.

#### 8.2.5 Мониторинг и анализ (Задача 5)

Анализ состоит из анализа контракта, анализа со стороны руководства и технического анализа.

Анализ контракта должен проводиться вместе с общим анализом проекта. Установленные требования контракта, имеющие отношение к надежности закупаемых компонентов, при приемке анализирует потребитель, а при необходимости также поставщики компонентов. При появлении несоответствий возникающие проблемы должны быть решены, а в контракт должны быть внесены соответствующие изменения. Записи по анализу контракта должны поддерживаться в рабочем состоянии.

Анализ надежности и безопасности со стороны руководства должен проводиться регулярно.

Обычно технический анализ проекта неоднократно проводят в процессе проектирования при появлении необходимости. На конкретных стадиях проекта технический анализ может включать в себя более формальный процесс проверки соответствия требованиям контракта или обязательным требованиям. Все записи по анализу должны поддерживаться в рабочем состоянии. В качестве руководства по проведению формального анализа проекта необходимо использовать ГОСТ Р МЭК 61160.

#### 8.2.6 Управление цепочкой поставки (Задача 6)

Организация должна разработать и внедрить процесс управления цепочкой поставки. Технический руководитель, ответственный за надежность и безопасность, должен принимать активное участие в процессе управления цепочкой поставки для обеспечения поставки и применения надежных комплектующих. Должен поддерживаться диалог с потребителями и поставщиками. Управление информационным потоком должно обеспечивать быструю реакцию и цели безопасности. Должен быть установлен процесс общего анализа. Дополнительная информация об управлении цепочкой поставки, связанная с реализацией продукции, приведена в подразделе 7.4 ГОСТ Р 51901.3. В соответствии с целями управления надежностью и безопасностью необходимо рассмотреть:

- рекомендации по перечню основных частей проекта и конструкции продукции;
- установление критериев для выбора привилегированных поставщиков;
- совместное использование данных надежности по критическим характеристикам продукции и истории их функционирования;
- совместное использование данных процесса оценки продукции и выходных данных;
- общий анализ несоответствий и аварийных отказов;
- решение общих проблем для непрерывного улучшения;

- общий анализ ограничений на ресурсы продукции при изменении технологии или моральном устаревании продукции для рынка;
- мониторинг поставщиков.

#### 8.2.7 Ввод продукции в эксплуатацию (Задача 7)

Организация должна обеспечить планирование ввода продукции в эксплуатацию, а также управление переводом новой продукции на стадию эксплуатации. Основными целями надежности и безопасности являются обеспечение готовности продукции для использования, связи с потребителем в отношении претензий и возврата продукции, и распределение ресурсов, необходимых для выполнения функций в чрезвычайных ситуациях. Процесс ввода продукции в эксплуатацию должен включать в себя участие потребителя в оценке функционирования продукции и обратную связь с заинтересованными сторонами о качестве продукции для возможности ее улучшения. Время вывода новой продукции на рынок должно быть согласовано с выпуском продукции, ее обновлением или модификациями, связанными с улучшением продукции, сокращением риска/затрат, совершенствованием бизнес-процессов. По возможности ввод продукции в эксплуатацию должен быть предусмотрен в интегрированном процессе управления проектом для достижения полных результатов и объема поставки продукции потребителю.

#### 8.3 Дисциплины надежности (Элемент 2)

Надежность и безопасность продукции достигается, прежде всего, путем применения технических знаний и успешного использования методов производства. Чтобы обеспечить применение на практике технических решений, связанных с надежностью и безопасностью продукции, необходимо знание специальных технических дисциплин. Необходимые технические дисциплины в сфере надежности описаны в 8.3.1 - 8.3.4.

##### 8.3.1 Обеспечение безотказности (Задача 8)

Обеспечение безотказности - техническая дисциплина, используемая для описания условий функционирования, рабочих нагрузок и установления правил и рекомендаций для проектирования и производства надежной и безопасной продукции. Обеспечение безотказности включает в себя разработку отказоустойчивой конструкции, анализ безотказности, верификацию для подтверждения зрелости и устойчивости проекта и готовности производства.

##### 8.3.2 Обеспечение ремонтпригодности (Задача 9)

Обеспечение ремонтпригодности предназначено для продукции, простой и экономичной при техническом обслуживании. Ремонтпригодность достигается путем обеспечения контролепригодности конструкции, доступности, взаимозаменяемости и унификации элементов при проектировании. Начало и периодичность анализа детализированных критериев ремонтпригодности конструкции определяют на основе требований, установленных к продукции. Обеспечение ремонтпригодности включают в проектирование контролепригодности. Контролепригодность - это свойство конструкции обеспечивать контроль и диагностику ее элементов с помощью установленных средств. Соответственно контролепригодность характеризуется полнотой охвата контролем и диагностированием ее элементов в соответствии с установленными критериями. Цель контроля и диагностирования продукции состоит в выявлении наступления предельных состояний, эксплуатация после которых невозможна.

##### 8.3.3 Стандартизация (Задача 11)

Стандартизация является одной из дисциплин надежности и связана с проверкой соответствия проекта требованиям к продукции и правильности выполнения процедур внесения изменений в проект. Стандартизация материалов облегчает выбор и квалификацию поставщиков. Использование стандартов на проектирование, производство, эксплуатацию и обслуживание позволяет минимизировать проблемы, связанные с несоответствиями.

Для проекта должен быть установлен и выполнен план управления конфигурацией. Этот план должен использоваться для идентификации, контроля, учета статуса, оценки, управления изменениями, реализацией и поставками материалов и документации, входящих в общий проект. Руководство по управлению конфигурацией приведено в ГОСТ Р ИСО 10007.

#### 8.3.4 Человеческий фактор (Задача 12)

Человеческий фактор имеет существенное влияние на функционирование изделий. Для расширения взаимодействия «человек - машина», облегчения эксплуатации и технического обслуживания необходимо использовать рекомендации по проектированию и соответствующие стандарты. Проект должен учитывать антропометрические особенности, сенсорные ограничения и психологические параметры человека, которые влияют на его восприятие и реакцию.

Для обеспечения выполнения всех целей надежности и безопасности регистрируемые прецеденты и процедуры диагностирования должны охватывать элементы человеческого фактора, связанные с условиями функционирования изделий.

При проектировании изделий следует учитывать уровень напряженности труда человека при ее эксплуатации. Должны быть исследованы потенциальные воздействия на персонал, оборудование и окружающую среду в случае инцидента с изделием из-за ошибки человека.

#### 8.4 Анализ и оценка (Элемент 3)

Обеспечение безотказности и ремонтпригодности включает в себя применение различных методов решения проблем надежности. Могут применяться количественные или качественные методы, или и те, и другие, но решения должны учитывать прецеденты технических решений и использования успешно примененных методов производства. Наиболее типичные методы, используемые для анализа и оценки элементов, приведены в 8.4.1 – 8.4.9.

##### 8.4.1 Анализ условий окружающей среды (Задача 13)

Для установления требований к продукции должны быть четко определены режимы эксплуатации, которые будут применяться. Условия использования продукции должны быть определены в терминах установленных характеристик функционирования с допустимыми предельными значениями. Это дает возможность классифицировать условия эксплуатации и идентифицировать возможные отклонения условий окружающей среды для облегчения проектирования продукции, ориентированной на эксплуатацию в определенных условиях окружающей среды и возможные ее изменения. Типичными воздействиями окружающей среды на продукцию являются воздействия механических напряжений. Анализ условий применения продукции необходим для контроля того, что проект продукции соответствует целям и режимам эксплуатации продукции.

##### 8.4.2 Моделирование безотказности (Задача 14)

Для оценки показателей готовности продукции, по возможности, должны использоваться методы моделирования безотказности. Методы моделирования безотказности обеспечивают аналитический подход к определению ожидаемых режимов эксплуатации продукции и эксплуатационных характеристик в нормальных и неблагоприятных ситуациях. Эти методы полезно применять на стадии концепции и определения для выявления имеющихся технических проблем, на стадии разработки и проектирования - для исследования характеристик продукции при внесении изменений в конструкцию для уменьшения риска. Стоимость жизненного цикла продукции при проектировании существенно зависит от надежности продукции, прогнозируемой на основе, полученной на ранних этапах информации об эксплуатационных характеристиках, и позволяет определить мероприятия, необходимые для предотвращения излишних затрат.

Моделирование безотказности и имитационное моделирование должны определить причину и влияние условий эксплуатации продукции и ограничений, использованных при моделировании; определить ограничения и предположения, используемые при проектировании продукции; оценить обоснованность используемых данных и интерпретации результатов моделирования, которые могут воздействовать на готовую продукцию в процессе принятия решений, связанных с бизнесом. Соответствующее руководство приведено в ГОСТ Р 51901.5.

##### 8.4.3 Оценка и управление частями (Задача 15)

Оценка и управление частями (компонентами, составными частями, элементами) при проектировании и сборке продукции очень важны для достижения необходимого уровня надежности и безопасности продукции. Степень оценки и управления частями должна быть

согласована с требованиями проекта. Усилия по оценке и управлению важны для обеспечения уверенности в том, что находящиеся на хранении единицы продукции пригодны для запланированного применения. По возможности должен осуществляться процесс управления цепочкой поставок. При этом должны применяться следующие действия:

- при выборе составных частей необходимо установить критические параметры и требования к компонентам, которые могут поступать от нескольких потенциальных поставщиков. Поставщики-монополисты или поставщики, устанавливающие ограничения на поставки, должны быть идентифицированы;

- должны быть изучены возможности потенциальных поставщиков частей с учетом предыдущих деловых отношений. Этот процесс является критическим при приобретении материала, изготовленного по требованиям заказчика в соответствии с назначением продукции;

- должны быть исследованы производственные процессы и гарантийные обязательства поставщика. Анализ поставщиков, если он необходим, может обеспечить доверие в отношениях;

- должны быть установлены части, ответственные за достижение назначенных функциональных, физических, качественных характеристик и характеристик безотказности при использовании продукции по назначению. Это достигается путем квалификации частей, верификации и валидации оценки и испытаний новых частей при необходимости. Выходом процесса является разработанный список основных частей с квалифицированными поставщиками. Необходимые для организации критические части должны быть идентифицированы. Части и связанная с ними информация должны поддерживаться в рабочем состоянии;

- критическими частями являются, например, части с ограниченным сроком годности, элементы последовательной цепочки в структурной схеме надежности, части, влияющие на безопасность, ответственные части процессов, компоненты, изготовленные в соответствии с требованиями потребителя, и т.д.;

- управление частями включает в себя обеспечение рабочего состояния записей данных в произошедших отказах и несоответствиях частей, необходимых для проведения дальнейшего анализа и принятия решений.

Процесс анализа поставщиков должен быть непрерывным.

#### 8.4.4 Анализ проекта и оценка продукции (Задача 16)

Анализ проекта необходим для обеспечения соответствия проекта требованиям к продукции. Методы анализа проекта, связанные с надежностью и безопасностью, включают в себя моделирование безотказности и имитационное моделирование (например, при исследовании нагрузки и прочности), прогнозирование безотказности, анализ видов и последствий неисправности/отказа. Оценка продукции включает в себя испытания при верификации проекта с моделированием рабочих условий, а также испытания для валидации продукции в реальных условиях эксплуатации.

Общие методы анализа надежности, используемые при проектировании и оценке показателей надежности продукции, приведены в ГОСТ Р 51901.5. Общие статистические методы для применения в стандартах и технических условиях описаны в Р 50.1.059 и ГОСТ Р ИСО/ТО 10017.

#### 8.4.5 Анализ риска и причинно-следственных связей (Задача 17)

Анализ потенциальных причин отказов и их воздействия на функционирование продукции должен проводиться для проверки безопасности проекта и минимизации риска при эксплуатации.

Типовые методы анализа включают в себя:

- анализ видов и последствий отказов (FMEA), который является основным качественным методом анализа надежности, особенно удобным для исследования отказов материала, компонентов и оборудования и их влияния на следующий более высокий функциональный уровень системы. Метод FMEA приведен в ГОСТ Р 51901.12-2007;

- анализ дерева неисправностей (FTA), который является нисходящим методом анализа надежности продукции, включает идентификацию и анализ состояний и параметров, которые вызывают или способствуют появлению нежелательных событий и влияют на функционирование, безопасность, экономичность или другие установленные характеристики продукции. Рекомендации по применению метода FTA приведены в ГОСТ Р 51901.13-2005;

- анализ риска для определения количественных характеристик риска и вероятности появления неблагоприятных событий. Рекомендации по применению анализа риска приведены в ГОСТ Р 51901.1-2002.

#### 8.4.6 Прогнозирование (Задача 18)

Прогнозирование необходимо проводить на ранних стадиях проектирования и разработки модифицированного объекта по мере продвижения проекта. Результаты прогноза позволяют получить оценку параметров безотказности продукции в виде средней наработки до отказа, средней наработки между отказами или интенсивности отказов. Показатели готовности системы выражают в процентах календарного времени простоя за указанный период работы.

Прогнозы, связанные с продукцией, должны рассматривать условия применения, рабочие нагрузки, сложность структуры и конфигурации системы, а также эмпирические данные, используемые для прогнозирования показателей надежности продукции.

#### 8.4.7 Анализ компромиссных решений (Задача 19)

Анализ компромиссных решений должен проводиться на стадии концепции и определения, на ранних этапах проектирования и разработки для своевременного обеспечения исходными данными задачи распределения надежности. Анализ компромиссных решений может проводиться на любой стадии жизненного цикла продукции в зависимости от исследуемой задачи. Анализ компромиссных решений следует проводить также ближе к завершению жизненного цикла продукции для определения затрат на поддержку эксплуатации или внесение изменений. Анализ стоимости всего жизненного цикла продукции следует дополнять анализом компромиссных решений.

Анализ компромиссных решений может эффективно использоваться для выбора вариантов проекта, решений о покупке или изготовлении компонентов и сравнительного анализа альтернативных решений. Анализ компромиссных решений должен использоваться при выборе технологии, конструктивных или эксплуатационных методов или объединенного конструктивного и эксплуатационного решения в общей структуре проекта для достижения необходимой эффективности системы и целей рентабельности проекта.

#### 8.4.8 Оценка стоимости жизненного цикла (Задача 20)

Оценка стоимости жизненного цикла продукции проводится для получения количественной оценки стоимости жизненного цикла по компонентам для оценки распределения ресурсов и потенциальных расходов. Количественные оценки часто сопровождаются качественными рекомендациями по внесению изменений. Оценка стоимости жизненного цикла продукции облегчает принятие решений по управлению проектом. Анализ чувствительности продукции часто проводят для анализа ситуации методом «что, если». Результаты анализа жизненного цикла продукции могут быть использованы для:

- распределения и изменения целей надежности и безопасности;
- идентификации критических факторов надежности и безопасности и их влияния на затраты;
- выбора вариантов проектирования и рассмотрения альтернативных проектов;
- оптимизации показателей готовности при заданных ограничениях стоимости жизненного цикла;
- выбора методов распоряжения продукцией для минимизации нанесения вреда окружающей среде и снижения риска в пределах установленной стоимости.

Руководство по определению стоимости жизненного цикла приведено в ИЕС 60300-3-3.

#### 8.4.9 Повышение надежности (Задача 21)

Программы повышения надежности должны проводиться с целью улучшения надежности продукции. Процесс повышения надежности включает в себя процедуры

идентификации отказов, анализ их причин, корректирующие действия и верификацию эффективности предпринятых действий. Для обеспечения непрерывного улучшения, по возможности, необходимо применять профилактические меры. В ГОСТ Р 51901.6 приведено руководство по разработке программ повышения надежности и соответствующих процедур. Методы испытаний по оценке повышения надежности приведены в ГОСТ Р 51901.16.

#### 8.5 Верификация и валидация (Элемент 4)

Безотказность и ремонтпригодность проекта продукции должны быть верифицированы на соответствие требованиям проекта. Валидация характеристик функционирования и эффективности, связанных с надежностью и безопасностью, должна быть проведена при вводе в действие или на ранних стадиях эксплуатации продукции для подтверждения ее соответствия установленным требованиям. Верификация и валидация должны быть частью процесса анализа проекта. Описание методов верификации и валидации приведены в 8.5.1 -8.5.3.

##### 8.5.1 Стратегия верификации и валидации (Задача 22)

Действия по верификации и валидации следует планировать на ранних этапах.

Стратегия верификации должна включать в себя моделирование и испытания продукции для определения адекватности функций и оценок предельных значений показателей надежности, используемых при проектировании надежности и безопасности, и характеристик ремонтпригодности при эксплуатации в установленных условиях окружающей среды. Цель стратегии верификации заключается в подтверждении функциональной и физической эффективности технических моделей или опытных образцов, используемых для исследовательских квалификационных испытаний.

Стратегия валидации должна быть выполнена для готовой продукции в установленных режимах эксплуатации. Процесс валидации должен проводиться совместно с потребителем, если система устанавливается в соответствии с требованиями потребителя. Результаты валидации должны быть зарегистрированы как доказательство приемки системы.

##### 8.5.2 Демонстрация безопасности (Задача 23)

Демонстрация безопасности является одной из целей приемочных испытаний. Демонстрация должна проводиться только до или в процессе ввода системы в эксплуатацию при ее приемке потребителем.

Целью этих испытаний является демонстрация выполнения установленных целей. При возможности и экономической целесообразности демонстрационные испытания должны проводиться вместе с другими предусмотренными испытаниями, проводимыми в тех же условиях. Это обеспечивает более реалистичную валидацию результатов испытаний по отношению к критериям приемки. Процедуры испытаний должны быть установлены в документации с указанием необходимых измерений и условий испытаний. Данные испытаний должны быть зарегистрированы для обеспечения адекватной информации для анализа при определении результатов приемки продукции.

##### 8.5.3 Разбраковка по надежности (Задача 24)

Разбраковка продукции по надежности в условиях нагрузок является процессом, использующим напряжения, возникающие под воздействием окружающей среды, и/или рабочие нагрузки как средство выявления недостатков. Эти недостатки могут возникнуть из-за плохого качества изготовления или неточностей проекта или процесса производства. Метод разбраковки по надежности выявляет скрытые дефекты продукции и ее частей, ускоряя наступление отказа.

Рекомендации, относящиеся к разбраковке по надежности в условиях реальных нагрузок, приведены в ИЕС 61163-1 и ИЕС 61163-2.

#### 8.6 База знаний (Элемент 5)

База знаний в сфере надежности и безопасности является важным условием эффективной и результативной работы организации. Получение данных о надежности и безопасности, информации и знаний с применением новейших технологий, модернизированных процессов и рыночной информации обеспечивает конкурентоспособность и преимущества организации в бизнесе. Поддерживаемая база знаний имеет важное значение в решении задач



управления и выборе стратегии разработки продукции для удовлетворения требований рынка. Знания должны рассматриваться как стратегические информационные ресурсы. Элементы базы знаний описаны в 8.6.1 -8.6.4.

#### 8.6.1 Создание базы знаний (Задача 25)

Организация должна установить базу знаний в сфере надежности и безопасности, соответствующую деятельности организации. Это обеспечивает доступность адекватной и своевременной информации о надежности и безопасности, что помогает поддерживать активную деятельность по производству изготавливаемого ассортимента и новых моделей продукции. База знаний в сфере надежности и безопасности должна включать в себя:

- проектную информацию о продукции, относящуюся к надежности и безопасности;
- данные функционирования продукции, собранные через сервисную сеть;
- информацию поставщиков о надежности и качестве составных частей;
- проектную информацию о надежности и безопасности продукции, требования

надежности и безопасности, рекомендации по применению составных частей, данные прогноза безотказности и ремонтпригодности, источники моделей надежности и ремонтпригодности, информацию о результатах испытаний и, при необходимости, историю приемки продукции.

Данные о функционировании продукции должны включать в себя тенденции повышения надежности продукции, информацию о техническом обслуживании и ремонте, гарантийных возвратах, сообщения об инцидентах и последующие решения, информацию обратной связи с потребителем и претензии (см. ИЕС 60300-3-2)

Информация о поставщиках должна включать в себя историю надежности поставляемых составных частей, пределы изменения их надежности, данные контроля и разбраковки, квалификационные критерии и источники информации о поставщиках.

#### 8.6.2 Анализ данных (Задача 26)

Анализ данных необходим для выявления тенденций изменения надежности и безопасности, идентификации аномальных изменений и, при необходимости, инициирования предупреждающих или корректирующих действий. Анализ результатов испытаний, данных эксплуатации или других источников может обеспечить понимание и получение информации об изменении надежности и безопасности, индикацию системных проблем для анализа их причин. Все проанализированные данные должны интерпретироваться с объяснениями и анализом, необходимым для последующего принятия решений руководством и последующих действий непрерывного улучшения качества продукции.

#### 8.6.3. Сбор и распространение данных (Задача 27)

Система сбора и распространения данных должна быть сконцентрирована на сборе данных из соответствующих источников и поставке информации персоналу, ответственному за принятие решений. Основанные на фактах данные важны для повышения надежности и безопасности и принятия решений, связанных с бизнесом. Рекомендации по инвестициям в улучшение должны основываться на интерпретации данных.

Данные, собранные и распространяемые через систему, включают в себя данные, относящиеся к функционированию изготавливаемой продукции и обратной связи с пользователем.

Результаты оценки продукции, данные испытаний, верификации и валидации, результаты анализа продукции и анализа поставщиков должны быть включены как часть собираемых данных. Система сбора и распространения данных должна быть простой и адекватной для обеспечения данными, необходимыми для анализа надежности, безопасности и принятия решений. В идеальной ситуации необработанные данные, относящиеся к отказам и процедурным ошибкам, должны быть легко получаемыми для проведения дальнейшего анализа. Поэтому проектирование и разработка системы сбора и распространения данных должны исследоваться с позиций целесообразности и эффективности эксплуатации продукции. Система сбора и распространения данных должна также исследоваться с позиций использования при классификации, архивировании и поиске документов, управления данными, информационной защиты и безопасности.

#### 8.6.4 Записи о надежности и безопасности (Задача 28)

Записи о надежности и безопасности должны включать в себя все необходимые данные о надежности и безопасности, требуемые в соответствии с контрактом и регулируемыми документами. Типичные записи, необходимые для хранения, включают в себя:

- хронологию надежности продукции для выбора привилегированных поставщиков;
- отчеты о безотказности, ремонтпригодности и готовности;
- информацию о верификации и валидации для обеспечения тенденций улучшения продукции и пригодности продукции для использования;
- записи об анализе причин отклонений для инициирования снижения риска и затрат на устранение неблагоприятных последствий;
- записи о демонстрации безопасности при приемке продукции;
- записи об эксплуатации и гарантийном обслуживании для улучшения и модернизации.

Возможность контроля подсистем и компонентов усиливает значимость записей о надежности. Продолжительность хранения записей должна быть установлена в контракте.

#### 8.7 Улучшение (Элемент б).

Улучшение является ключевым процессом обеспечения жизнеспособности бизнеса за счет улучшения бизнес-процессов и продукции предприятия. Непрерывное улучшение обеспечивает необходимые стимулы для развития бизнеса. Инвестиции в новейшие технологии и продукцию позволяют повысить конкурентоспособность продукции и создать преимущества организации на рынке. Календарное планирование действий по улучшению очень важно для возвращения инвестиций. Описания элементов улучшения приведены в 8.7.1 -8.7.4.

##### 8.7.1 Предупреждающие и корректирующие действия (Задача 29)

Предупреждающие действия выполняют для устранения причин возможных нежелательных ситуаций. Корректирующие действия выполняют для устранения причин существующих нежелательных ситуаций. Корректирующие действия должны предотвращать повторные появления нежелательных ситуаций, а предупреждающие действия - предотвращать возможность возникновения неблагоприятной ситуации.

Предупреждающие и корректирующие действия являются частью процесса улучшения. Успех или эффективность предупреждающих и корректирующих действий зависит от используемого подхода и применяемых методов. Для облегчения инициирования предупреждающих и корректирующих действий следует использовать информационную систему. Должно быть назначено ответственное лицо с указанием даты завершения или прекращения задачи. Результат действий должен быть верифицирован для определения эффективности устранения проблемы. Предупреждающие и корректирующие действия должны быть установлены в документации и быть прослеживаемыми.

##### 8.7.2 Усовершенствование и модификация (Задача 30)

Усовершенствование следует проводить с целью улучшения качества продукции в отношении расширения ее функций и возможностей. Модификацию проводят в соответствии с процедурами усовершенствования продукции. Усовершенствование и модификация должны отражать результаты инициирования и эффективного выполнения процесса улучшения. Они должны соответствовать процессу управления конфигурацией для прослеживаемости записей и облегчать проведение анализа данных для установления тенденций улучшения. Руководство по управлению конфигурацией приведено в ГОСТ Р ИСО 10007.

##### 8.7.3 Повышение компетентности персонала (Задача 31)

Повышение компетентности персонала необходимо для расширения базы знаний и инвестиций ресурсов при непрерывном улучшении. Соответствующий уровень компетентности необходим для обеспечения способности организации выдерживать натиск современных технологий, не снижая конкурентоспособности продукции.

Знания и компетентность в сфере надежности и безопасности могут быть достигнуты за счет базового образования и обучения на рабочем месте, применения программ наставничества, ученичества, а также привлечения к сотрудничеству научных организаций, регулярного повышения квалификации на специальных курсах.

Повышение компетентности необходимо рассматривать как периодические технические обновления знаний о надежности и безопасности. Оно может быть достигнуто путем участия большого числа персонала в технологических форумах, технологических профессиональных семинарах по надежности и безопасности, а также в различных группах по поиску решений проблем надежности, безопасности и перекрестных функциональных группах для получения опыта применения методов надежности и безопасности в промышленности. Однако при открытых обсуждениях должны соблюдаться права интеллектуальной собственности и правила неразглашения конфиденциальной информации.

#### 8.7.4 Улучшение системы менеджмента надежности и безопасности (Задача 32)

Эффективность системы менеджмента надежности и безопасности необходимо регулярно оценивать. Оценка должна инициироваться процессом улучшения. Для улучшения системы менеджмента надежности необходимо рассмотреть следующие аспекты:

- высшее руководство должно создать рабочую среду и поддерживать инфраструктуру для поощрения творчества, эффективности, расширения возможностей бизнеса и помощи процессу улучшения надежности;

- надежностью и безопасностью управляют рынок и новые технологии. Персонал организации должен непрерывно повышать свою квалификацию и компетентность и совершенствовать базу знаний в области надежности и безопасности;

- высшее руководство должно устанавливать достижимые цели, ввести применение бенчмаркинга и расширять практику обеспечения надежности и безопасности для обеспечения конкурентоспособности продукции;

- новые идеи по улучшению надежности, безопасности и вариантов снижения стоимости должны быть установлены и доведены до сведения всех сотрудников организации;

- должна быть установлена программа признания заслуг и награждения для поощрения достижений в непрерывном улучшении;

- должны поддерживаться в рабочем состоянии соответствующие записи в качестве информационных ресурсов для действий по улучшению надежности и безопасности, если это экономически оправдано.

### **9 Требования к управлению охраны окружающей среды при вводе в эксплуатацию, эксплуатации и утилизации**

Трубы взрывобезопасны, нетоксичны, электробезопасны и радиационнобезопасны.

### **10 Требования к сбору и анализу информации по безопасности при вводе в эксплуатацию, эксплуатации и утилизации**

10.1 Процессы мониторинга, измерения, анализа и улучшения, необходимые для обеспечения своевременного устранения системных ошибок, допущенных при проектировании, производстве монтаже, эксплуатации, утилизации, разработке документации на изделия; сбору информация по случаям причинения вреда жизни и здоровья, материальным ценностям, экологии и оценки их размера; обеспечения соответствия системы менеджмента качества и постоянного повышения ее результативности приведены в разделе 8.6 настоящего документа.

10.2 Для предотвращения аварий паропроводов, работающих при температуре, вызывающей ползучесть металла, организация обязана установить систематическое наблюдение за ростом остаточных деформаций. Это требование относится к паропроводам из углеродистой и молибденовой стали, работающим при температуре пара 450°C и выше, из хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей при температуре пара 500°C и выше и из высоколегированных теплоустойчивых сталей при температуре пара 550°C и выше.

10.2 Регламент действий для установления причин аварий

Процедура проведения технического расследования причин аварий, инцидентов на поднадзорных Ростехнадзору объектах, эксплуатируемых организациями независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности на территории Российской Федерации, в том числе процедура оформления, регистрации, учета и анализа материалов проведенного технического расследования приведены в Приказе Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 08 декабря 2020 г. N 503 «Об утверждении Порядка проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения»

#### 10.3 Порядок действий при несчастном случае.

**Несчастливым случаем на производстве** называется событие, в результате которого застрахованный получил увечье или иное повреждение здоровья при исполнении им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных настоящим Федеральным законом (ст. 3 Федерального закона «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний») случаях, как на территории страхователя, так и за ее пределами либо во время следования к месту работы или возвращения с места работы на транспорте, предоставленном страхователем, и которое повлекло необходимость перевода застрахованного на другую работу, временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности либо его смерть.

Обязанности работодателя при несчастном случае на производстве представлены на схеме 10.1.

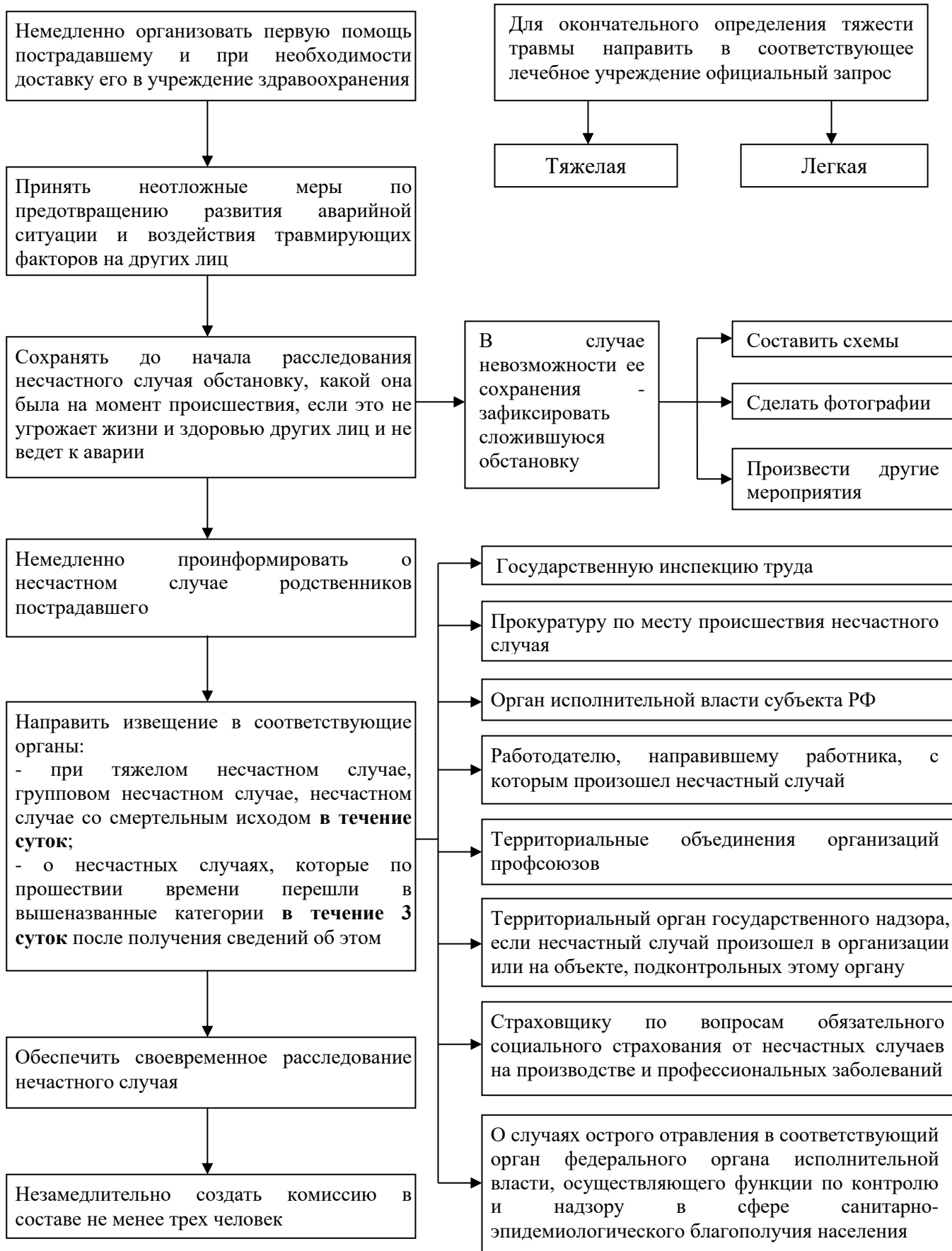


Схема 10.1 - Обязанности работодателя при несчастном случае на производстве

## **11 Требования безопасности при утилизации**

11.1 Предприятия, организации и хозяйства, заготавливающие, сдающие, перерабатывающие и переплавляющие вторичные черные металлы, а также отгружающие или производящие их перегрузку в портах и прочих пунктах, должны проверять все вторичные черные металлы на взрывобезопасность и удалять из них все предметы, содержащие взрывоопасные горючие и легковоспламеняющиеся вещества.

11.2 Сдаваемые в металлолом изделия должны быть освобождены от остатков горючих и смазочных веществ (а в зимнее время от льда и снега) и доступны по возможности для осмотра внутренней поверхности.