

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ЗАО "НПФ" ЦКБА"

  
Льбичкин В.П.  
" 12 " декабря 2013 г.  


## Изменение № 5

### СТ ЦКБА 012-2005 «Арматура трубопроводная. Шпильки, болты, гайки и шайбы для трубопроводной арматуры. Технические требования»

Утверждено и введено в действие Приказом от " 12 " декабря 2013 г. № 63 .

Дата введения - 01.12.2013 г.

Лист 7, в первый абзац пункта 3.11 добавить марки материалов: "... 07X16H6, 07X16H6-Ш".

Лист 15, первый абзац пункта 3.18 – изложить в редакции: "**Основные** расчетные крепежные детали арматуры общепромышленного назначения, работающей при давлении ниже 4,0 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup>) и температуре от минус 30 °С до 300 °С следует применять по соответствующим стандартам на размеры с техническими требованиями по ГОСТ 1759.0, ГОСТ 1759.4, ГОСТ 1759.5".

Лист 42, дополнить список библиографии: "[12] Справочник. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы, Литвак Б.С., 2008 г."

Листы 6, 8, 9, 11, 13, 16, 17, 25, 32, 33, 34 заменить листами: 6, 8, 9, 11, 13, 16, 17, 25, 32, 33, 34 с изм.5.

Приложение: листы 6, 8, 9, 11, 13, 16, 17, 25, 32, 33, 34.

Примечание: 1) В раздел 2 введена ссылка на ТУ 14-1-1660-76;

2) В таблицу 1 введены стали 07X16H6 и 07X16H6-Ш и параметры применения для крепежа из них, а также уточнено значение давления номинального для болтов, шпилек и винтов из стали 10X11H22T3MP;

3) В таблицу 2 введены стали 07X16H6 и 07X16H6-Ш и механические свойства по ним, а также уточнены значения твердости для болтов и шпилек из бронзы БрАЖМц 10-3-1,5;

4) В таблицу 4 введены стали 07X16H6 и 07X16H6-Ш и режимы термообработки для них, а также уточнен режим термообработки и значение твердости для шпилек и болтов из бронзы БрАЖМц 10-3-1,5;

5) В таблице А.1 приложения А уточнено значение предела текучести для стали 10Г2 при температуре 100 °С;

6) В таблице Е.1 уточнено значение размерности модуля упругости и введено примечание с данными значений модуля упругости для сталей 07X16H6 и 07X16H6-Ш;

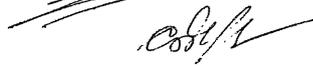
- 7) В таблицу Ж.1 приложения Ж введены значения температурного коэффициента линейного расширения для стали 07X16H6 при различных температурах;  
8) В таблицу К.1 приложения К введены зарубежные аналоги стали марки 07X16H6.

Заместитель генерального директора –  
главный конструктор



В.А. Горелов

Зам. директора по научной работе



С.Н. Дунаевский

Начальник лаборатории № 115



Е.С. Семенова

Консультант по металловедению  
отдела главного конструктора № 129



И.З. Снегур

Исполнитель:

Инженер II категории



И.И. Лабунец

СОГЛАСОВАНО:  
Председатель ТК 259



М.И. Власов

ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»

Письмо № 06-04-05/1564ф  
от 13.12.2013 г.

Г.П. Карзов

ГОСТ 22032-76 «Шпильки с ввинчиваемым концом длиной  $1d$  (нормальной точности). Конструкция и размеры».

ГОСТ 22848-77 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при температуре от минус  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  до минус  $269\text{ }^{\circ}\text{C}$ ».

ГОСТ 22034-76 «Шпильки с ввинчиваемым кольцом длиной  $1,25d$ . Класс точности В. Конструкция и размеры».

ГОСТ 24507-80 «Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии».

ГОСТ 23304-78 «Болты, шпильки, гайки, шайбы для фланцевых соединений атомных энергетических установок. Технические требования».

СТ ЦКБА 005-2004 «Арматура трубопроводная. Металлы, применяемые в арматуростроении».

ОСТ 26-2043-91 «Болты, шпильки, гайки и шайбы для фланцевых соединений. Технические требования».

ПНАЭГ-7-002-86 «Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок».

ПНАЭГ-7-014-89 «Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединения и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль». Часть 1

ПНАЭГ-7-018-89 «Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединения и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Капиллярный контроль».

**ТУ 14-1-1660-76 «Прутки из стали марки 07X16H6-Ш»**

ТУ 14-1-3573-83 «Прутки из коррозионностойкой стали марок 07X16H4Б и 07X16H4Б-Ш».

УП 01-1874-62 «Условия поставки материалов, механизмов, приборов и оборудования для специальных судов».

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю, составленному по состоянию на 1 января текущего года. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Технические требования

3.1 Крепежные изделия следует изготавливать по стандартам, определяющим их форму и размеры или по рабочим чертежам. По рабочим чертежам изготавливаются шпильки, болты и гайки:

- а) с номинальным диаметром резьбы более 48 мм;
- б) на давление свыше 100 МПа (1000 кгс/см<sup>2</sup>);
- в) на температуру свыше 600 °С независимо от давления;
- г) для арматуры в сероводородном исполнении с парциальным давлением H<sub>2</sub>S ≥ 0,34 кПа;
- д) по ГОСТ 11447, ГОСТ 10495, ГОСТ 10494.

3.2 Крепежные изделия для арматуры ВМФ, приравненной к 1, 2 классам арматуры АС, следует изготавливать в соответствии с техническими требованиями для группы 2а ГОСТ 23304, сферические шайбы - в соответствии с техническими требованиями для группы 3а ГОСТ 23304 по рабочим чертежам. Для этого крепежа составляется таблица контроля качества (приложение М). Значения предела текучести при рабочих температурах выше 100 °С – по таблице Р.1 приложения Р.

3.3 Размеры, форма, резьба, предельные отклонения и шероховатость крепежных изделий должны соответствовать значениям, установленным в стандартах на размеры.

3.4 Технологический процесс изготовления крепежных деталей устанавливается изготовителем.

3.5 Применение болтов допускается до рабочего давления 3 МПа (30 кгс/см<sup>2</sup>) и температуры от минус 40 до 400 °С.

3.6 Для изготовления крепежных деталей необходимо применять стали и сплавы, выплавляемые в мартеновских печах, электропечах методом электрошлакового и вакуумно-дугового переплава. Применение кипящей, полуспокойной, автоматной и бессемеровской сталей не допускается.

3.7 Химический состав и механические свойства материалов крепежных деталей должны отвечать требованиям стандартов или технических условий на материал.

3.8 Материалы, применяемые для изготовления крепежных изделий, а также покупные изделия должны иметь соответствующую маркировку и сертификат предприятия-изготовителя.

3.9 При отсутствии сертификата на материал изготовитель крепежных деталей должен провести аттестацию материала по результатам испытаний в аттестованной лаборатории и составить сертификат на них. Испытания материала следует производить по соответствующим нормативным документам (НД) на поставку. Использование материалов, поступивших без сертификата, для изготовления крепежных изделий для арматуры МО РФ не допускается.

3.10 Материалы для изготовления крепежных изделий и параметры их применения приведены в таблице 1.

3.11 Для крепежных изделий арматуры ВМФ и арматуры, работающей в средах спецтехники заказов МО РФ, следует применять материалы следующих марок: 07X16N4Б, 07X16N4Б-Ш, 12X18N9Т, 12X18N10Т, 08X18N10Т, 10X17N13M2Т, 10X17N13M3Т, 31X19N9МВБТ (ЭИ 572), ХН35ВТ (ЭИ 612), ХН35ВТ-ВД (ЭИ 612-ВД), 07X16N6, 07X16N6-Ш.

(Измененная редакция, Изм.5)

Сплав марки ЭИ 612-ВД применяется для изготовления наклепанных шпилек по специальной инструкции, согласованной с ЗАО «НПФ «ЦКБА».

3.12 Крепежные изделия из легированных сталей и сплавов должны быть изготовлены из материала, прошедшего сплошной визуальный контроль, в соответствии со стандартом на поставку. Прокат, предназначенный для изготовления болтов, шпилек и гаек для арматуры давления PN ≥ 100МПа (1000 кгс/см<sup>2</sup>) должен проходить 100% стилоскопический контроль.

3.13 Механические свойства, класс прочности и условное обозначение группы крепежных изделий приведены в таблице 2

Т а б л и ц а 1 – Материалы и параметры применения крепежных изделий

Марка материала	Стандарт или технические условия на материал	Параметры применения					
		Болты, шпильки, винты		Гайки		Плоские шайбы	
		Температура среды, °С	Давление номинальное РН, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Температура среды, °С	Давление номинальное РН, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Температура среды, °С	Давление номинальное РН, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )
Ст3сп4 Ст3сп5	ГОСТ 380	От -20 до 300	2,5 (25)	От -20 до 300	2,5 (25)	От -20 до 300	2,5 (25)
20, 25	ГОСТ 1050	От -40 до 425	2,5 (25)	От -40 до 425	10 (100)	От -40 до 425	10 (100)
35	ГОСТ 1050	От -40 до 425	10 (100)	От -40 до 425	20 (200)	От -40 до 425	Не регламентируется
35Х	ГОСТ 4543	От -40 до 425	20 (200)	От -40 до 450	20 (200)	От -40 до 450	
10Г2	ГОСТ 4543	От -70 до 425	20 (200)	От -70 до 425	20 (200)	От -70 до 425	
09Г2С	ГОСТ 19281	От -70 до 425	16 (160)	От -70 до 425	16 (160)	От -70 до 450	
20ХН3А	ГОСТ 4543	От -70 до 425	Не регламентируется	От -70 до 425	Не регламентируется	От -70 до 450	
18Х2Н4МА	ГОСТ 4543	От -70 до 400		От -70 до 400		-	-
38ХН3МФА	ГОСТ 4543	От -50 до 350		От -50 до 350		-	-
30 ХМА	ГОСТ 4543	От -40 до 450		От -40 до 510		От -70 до 450	Не регламентируется
25Х1МФ (ЭИ 10)	ГОСТ20072	От -50 до 510		От -50 до 540		От -70 до 540	Не регламентируется
20Х1М1Ф1БР (ЭП 44)	ГОСТ 20072	От -40 до 580	-	От -40 до 580	-	-	
12Х1МФ	ГОСТ 20072	-	-	-	-	От -70 до 570	Не регламентируется
20Х13	ГОСТ 5632	От -30 до 450	Не регламентируется	От -30 до 510	Не регламентируется	От -40 до 450	Не регламентируется
14Х17Н2	ГОСТ 5632	От -70 до 350	2,5 (25)	От -70 до 350	2,5 (25)	От -70 до 350	10 (100)
07Х16Н6 07Х16Н6-Ш	ГОСТ 5632 ТУ 14-1-1660-70	От -40 до 325	10 (100)	От -40 до 325	10 (100)	От -40 до 325	
07Х16Н4Б 07Х16Н4Б-Ш	ТУ-14-1-3573	От -80 до 350	Не регламентируется	От -80 до 350	Не регламентируется	-	-
08Х18Н10Т 12Х18Н10Т 12Х18Н9Т	ГОСТ 5632	От -196 до 600		От -196 до 600		От -196 до 650	Не регламентируется
10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	ГОСТ 5632	От -253 до 600		От -253 до 600		От -253 до 600	
10Х14Г14Н4Т	ГОСТ 5632	От -200 до 500		От -200 до 500		От -200 до 500	
08Х22Н6Т	ГОСТ 5632	От -40 до 200		От -40 до 200		От -40 до 200	
07Х21Г7АН5	ГОСТ 5632	От -253 до 400	От -253 до 400	От -253 до 400			
31Х19Н9МВБТ (ЭИ 572)	ГОСТ 5632	От -70 до 625	-	От -70 до 625	-	-	
45Х14Н14В2М (ЭИ 69)	ГОСТ 5632	От -70 до 600	-	От -70 до 600	-	От -70 до 600	Не регламентируется

Окончание таблицы 1

Марка материала	Стандарт или технические условия на материал	Параметры применения					
		Болты, шпильки, винты		Гайки		Плоские шайбы	
		Температура среды, °С	Давление номинальное PN, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Температура среды, °С	Давление номинальное PN, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Температура среды, °С	Давление номинальное PN, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )
10X11H22T3MP (ЭП 33, ЭИ 696М)	ГОСТ 5632	От -260 до 650	Не регламен- тируется	-	-	-	-
08X15H24B4TP (ЭП 164, ЭИ 725А)	ГОСТ 5632	От -269 до 600		От -269 до 600	-	-	-
ХН35ВТ (ЭИ 612) ХН35ВТ-ВД (ЭИ 612-ВД)	ГОСТ 5632	От -70 до 650		От -70 до 650	-	-	-
ХН70ВМЮТ (ЭИ 765)	ГОСТ 5632	От 700 до 750		От 700 до 750	-	-	-
БрАЖМц 10-3-1,5	ГОСТ 18175	-		От -196 до 250	-	-	-
ЛС59-1	ГОСТ15527	-		От -253 до 250	-	-	-

**Примечания:**

1 Допускается применять крепежные изделия из сталей марок 30Х, 35Х, 07Х16Н6, 07Х16Н6-Ш, 40Х, 30ХМА, 35ХМ при температурах ниже минус 40 °С до минус 60 °С и крепеж из стали 25Х1МФ (приложение П) и из стали 38ХН3МФА при температуре ниже минус 50 до минус 60 °С, если при испытании на ударный изгиб образцов типа 11 по ГОСТ 9454 при рабочих отрицательных температурах ударная вязкость не будет ниже 300 кДж/м<sup>2</sup> (3 кгс·м/см<sup>2</sup>) ни на одном из испытываемых образцов.

2 Допускается применять крепежные изделия из стали марки 45Х14Н14В2М при температуре ниже минус 70 °С до минус 80 °С, если при испытании на ударный изгиб образцов типа 11 по ГОСТ 9454 при температуре минус 80 °С ударная вязкость не будет ниже 300 кДж/м<sup>2</sup> (3 кгс·м/см<sup>2</sup>) ни на одном из испытываемых образцов.

3 Допускается применять крепежные изделия из стали марки 20Х13 на температуру ниже минус 30 °С до минус 40 °С, если при испытании на ударный изгиб образцов типа 11 по ГОСТ 9454 при температуре минус 40 °С ударная вязкость не будет ниже 300 кДж/м<sup>2</sup> (3 кгс·м/см<sup>2</sup>) ни на одном из испытываемых образцов.

4 Применяемость крепежных деталей с определенными механическими свойствами должна быть указана в КД и подтверждена расчетом.

Продолжение таблицы 2

Класс прочности или условное обозначение группы		Диаметр (толщина) заготовок, мм	Марка материала	Шпильки, болты						Твердость, НВ	
Для шпилек и болтов	Для гаек			Условный предел текучести, $\sigma_T$ ( $\sigma_{0,2}$ ), МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Предел прочности при разрыве, $\sigma_B$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение, $\delta_5$ , %	Относительное сужение, $\psi$ , %	Ударная вязкость, КСЧ, кДж/м <sup>2</sup> (кгс·м/см <sup>2</sup> )		Для шпилек и болтов	Для гаек
								При 20 °С	При отрицательной температуре		
Не менее или в пределах										Не более или в пределах	
43	43	До 100	30ХМА	637-813 (65-83)	784 (80)	13	42	590 (6)	-	229-283	-
				Для гаек							
48	48	До 100	25Х1МФ (ЭИ 10)	666-813 (68-83)	784 (80)	16	50	590 (6)	-	241-285	-
				Для гаек							
49	49	До 100	20Х1М1Ф1БР (ЭП 44)	666-784 (68-80)	784 (80)	14	50	590 (6)	-	241-277	-
				Для гаек							
22	22	До 100	20Х13	588-735 (60-75)	784 (80)	15	45	590 (6)	-	229-285	-
				Для гаек							
23	23	До 60	14Х17Н2 (ЭИ 268)	568-715 (58-73)	784 (80)	14	50	590 (6)	294 (3) при -70 °С	229-285	229-285
53	53	До 100	07Х16Н6, 07Х16Н6-Ш	882 (90)	1078 (110)	12	50	68,6 (7)	-	340-415	-
				Для гаек							
28	28	До 100	07Х16Н4Б 07Х16Н4Б-Ш	735-882 (75-90)	882 (90)	13	50	830 (8,5)	КСЧ $\geq$ 3 при -70 °С	269-302	-
				Для гаек							

Окончание таблицы 2

Класс прочности или условное обозначение группы		Диаметр (толщина) заготовок, мм	Марка материала	Шпильки, болты						Твердость, НВ	
				Условный предел текучести, $\sigma_s$ ( $\sigma_{0,2}$ ), МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Предел прочности при разрыве, $\sigma_b$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение, $\delta_5$ , %	Относительное сужение, $\psi$ , %	Ударная вязкость, КСЧ, кДж/м <sup>2</sup> (кгс·м/см <sup>2</sup> )		Для болтов и шпилек	Для гаек
При 20 °С	При отрицательной температуре	Не менее или в пределах						Не более или в пределах			
Для шпилек и болтов	Для гаек	До 100	ХН70ВМЮТ (ЭИ765)	588 (60)	980 (100)	20	25	784 (8)	-	270	-
34	34	До 60	БрАЖМц 10-3-1,5	294 (30)	637 (65)	$\delta_{10}$ 15	25	392 (4)	-	170-200	170-200
33	33	До 100	ЛС 59-1	-	363 (37)	$\delta_{10}$ 18	-	-	-	-	Св. 75

\* – ударная вязкость для заготовок диаметром от 12 мм до 25 мм включительно.  
 \*\* – для заготовок диаметром до 100 мм.

**Примечания:**

1 Для крепежных деталей из сталей марок 30ХМА и 25Х1МФ с диаметром более 80 мм допускается снижение предела текучести на 2 кгс·м/см<sup>2</sup>.

2 Если приведенные в таблице 2 механические свойства распространяются на заготовки диаметром до 60 мм, то при увеличении диаметра до 100 мм допускается снижение механических свойств в следующих пределах:

- относительное удлинение – на 1 % абсолютного значения;
- относительное сужение – на 5 % абсолютного значения;
- ударная вязкость – на 0,5 кгс·м/см<sup>2</sup> при норме менее 8 кгс·м/см<sup>2</sup>; на 1 кгс·м/см<sup>2</sup> при норме 8 кгс·м/см<sup>2</sup> и более.

3 Сталь марок 10Х11Н23ТЗМР (ЭП 33, ЭИ 696) и 08Х15Н24В4ТР (ЭП 164, ЭИ 725А) группы 59К и 58К применяются для криогенных температур.

3.15 Материал крепежных изделий должен быть термически обработан. Режимы термической обработки приведены в таблице 4.

После проведения термической обработки не допускается производить операции, связанные с изменением механических свойств материала крепежных изделий (ковка, штамповка и др.).

3.16 Сдаточными характеристиками для болтов и шпилек являются механические свойства. Сдаточной характеристикой для гаек – твердость или механические свойства, а для шайб – твердость. Допускается назначать дополнительные сдаточные характеристики, кроме приведенных в таблице 3 (твердость, УЗК, ударную вязкость при температурах ниже 0 °С и др.), что должно быть указано в чертеже или спецификации на изделие.

3.17 Обязательной сдаточной характеристикой для шпилек, работающих при температуре от минус 60 °С и ниже, а также для болтов и шпилек из стали Ст3сп, работающих при температуре ниже 0 °С, является ударная вязкость при отрицательной температуре в соответствии с таблицей 2.

3.18 Основные расчетные крепежные детали арматуры общепромышленного назначения, работающей при давлении ниже 4,0 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup>) и температуре от минус 30 °С до 300 °С следует применять по соответствующим стандартам на размеры с техническими требованиями по ГОСТ 1759.0, ГОСТ 1759.4, ГОСТ 1759.5:

- шпильки и болты классов прочности 5.6, 6.6, 8.8, 05 и групп 21, 22, 23;
- гайки классов прочности 5, 6, 8 и групп 21, 22, 23.

(Измененная редакция, Изм. 5)

3.19 Для нерасчетного крепежа с техническими требованиями по ГОСТ 1759.0, ГОСТ 1759.4, ГОСТ 1759.5 следует применять изделия классов прочности и групп, указанных в 3.18.

3.20 При изготовлении шпилек и болтов с техническими требованиями по ГОСТ 1759.4, а гаек по ГОСТ 1759.5 рекомендуется применять следующие марки стали:

- шпильки и болты классов прочности 5.6, 6.6 (35); 8.8 (35X, 40X);
- гайки 5 (20), 8 (35), 05 (35X).

Для изготовления крепежных изделий с техническими требованиями по ГОСТ 1759.0 рекомендуется применять следующие марки материалов:

- шпильки, болты и гайки группы 21 – стали 12X18H9T, 12X18H10T, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T;
- группы 23 – 20X13 и 14X17H2.

3.21 При изготовлении крепежных изделий по п. 3.20 на предприятии-изготовителе арматуры твердость заготовок должна соответствовать ГОСТ 1759.4, ГОСТ 1759.5 для классов прочности 5.6, 6.6, 8.8, 5, 8, 05.

Твердость изделий групп 21 и 23 должна соответствовать таблице 2 настоящего стандарта.

3.22 Контроль заготовок следует производить по твердости в объеме группы 3 для основного расчетного крепежа и в объеме группы 4 для нерасчетного крепежа по таблице 3. Качество изделий с резьбой М8 и менее должно обеспечиваться технологией изготовления. На твердость не испытываются.

3.23 При подборе комплектов «шпилька (болт)» - «гайка» твердость шпильки (болта) должна превышать твердость гайки не меньше, чем на 12 НВ.

Допускается подбирать комплект шпилька (болт) – гайка из стали (сплава) с одинаковой твердостью при условии:

- изготовление резьбы накаткой;
- один из элементов подвергается химико-термической обработке;
- на один или оба элемента наносится защитное покрытие.

Допускается подбирать комплект «болт, шпилька-гайка» из заготовок одной категории прочности (наименьший предел текучести) из одной или нескольких марок стали при условии предварительной затяжки шпилек гайкой с высокой твердостью (~HRC ≥ 40) без давления крутящим моментом на 2/3 больше заданного в чертеже. При этом резьбовые пары по твердости не подбираются.

(Измененная редакция, Изм. 4)

Т а б л и ц а 4 – Режим термической обработки заготовок крепежных деталей

Марка материала	Закалка (З), нормализация (Н)	Температура, °С	Шпильки, болты		Гайки	
			Температура отпуска, °С	Твердость, НВ	Температура отпуска, °С	Твердость, НВ
СтЗсп4 СтЗсп5	В состоянии поставки		-	-	-	-
20 25	Шпильки З	860-900, вода	580-620, воздух	156-207	-	-
	Гайки Н	890-900	-	-	-	143-179
35	Н или З	850-890, воздух или 850-890 вода и масло	600-680, воздух	156-207	680-710, воздух	Не более 149
35Х	З	840-870, масло	500-650, масло или вода	235-285	500-650 масло или вода	187-217
09Г2С	З	930-940, вода	610-630, воздух	167-207	610-630, воздух	167-207
10Г2	Н	910-930, воздух	-	Не менее 197	-	Не более 197
20ХН3А	З	820-840, масло	500-560, масло	248-293	600-650, масло	225-277
18Х2Н4МА	З	860, воздух или масло	550, воздух или масло	Не менее 269	-	-
38ХН3МФА	З	850-880, масло или вода	600-650, воздух	277-352	620, воздух	241-311
30ХМА	З	870-890, вода или масло	540-680, воздух	229-283	540-680, воздух	187-241
25Х1МФ (ЭИ10)	З	930-960, масло или воздух	620-660, воздух	241-285	650-710, воздух	197-241
20Х1М1Ф1БР (ЭП44)	З	970-990, масло	680-720, воздух	241-277	700-735, воздух	197-229
20Х13	З	1000-1050, воздух или масло	650-720, воздух	229-285	650-720, воздух	187-269
14Х17Н2	З	975-1040, масло	650-700, воздух	229-285	650-700, воздух	229-285
07Х16Н6, 07Х16Н6-Ш	З	980-1020, вода или масло	Старение 350-380, воздух	340-415	Старения 350-380, воздух	340-415
	Обработка холодом	Минус 70 не менее 3 ч, воздух				
07Х16Н4Б 07Х16Н4Б-Ш	З	1040-1060, масло	640-660, воздух	269-302	650-660, воздух	229-262
08Х22Н6Т (ЭП53)	З	950-1050, воздух или вода	-	Не более 200	-	Не более 200
07Х21Г7АН5 (ЭП222)	З	1000-1050, вода	-	Не более 207	-	Не более 207
08Х18Н10Т 12Х18Н9Т 12Х18Н10Т	З	1020-1100, вода или воздух	-	131-197	-	131-197
10Х17Н13М2Т 10Х17Н13М3Т	З	1050-1100, вода или воздух	-	Не более 200	-	Не более 200
10Х14Г14Н4Т (ЭИ711)	З	1000-1080	-	Не более 179	-	Не более 179
31Х19Н9МВБТ (ЭИ572)	З	1140-1180, вода	Старение 750- 800, 15 ч, воздух	Не менее 187	-	-

Окончание таблицы 4

Марка материала	Закалка (З), нормализация (Н)	Температура, °С	Шпильки, болты		Гайки	
			Температура отпуска, °С	Твердость, НВ	Температура отпуска, °С	Твердость, НВ
45Х14Н14В2М (ЭИ69)	З	1090-1100, вода	Старение 730-770, воздух	170-270	Старение 730-770, воздух	170-270
10Х11Н23Т3МР (ЭИ696М, ЭП33)	З	1000-1050, воздух	Режим 1 Старение 700, 3 ч, воздух	285-341	-	-
	-	-	Режим 2 Старение 780 ±10, 16 ч. + 650 ±10, 16ч.	302-388	-	-
ХН35ВТ (ЭИ612) ХН35ВТ-ВД (ЭИ612-ВД)	З	1080-1100, 1-1,5 ч, вода	Старение 850-900, 10 ч + 700±10, 10-50 ч	Не менее 207	Старение 850-900, 10 ч + 700±10, 10-50 ч	Не менее 207
08Х15Н24В4ТР (ЭП164, ЭИ725А)	-	-	Режим 1 Старение 700-750, 16 ч, воздух	Не менее 229	Режим 1	Не менее 229
	З	1130-1150, 2 ч, воздух	Режим 2 Старение 730-750, 16 ч, воздух	Не менее 229	Режим 2	Не менее 229
ХН70ВМЮТ	З	1140-1160, 3 ч, масло	Старение 780-820, 24 ч, воздух	270-320	-	-
БрАЖМц 10-3-1,5	З	840-860, 10% раствор хлористого натрия	560-580, воздух	170-200	560-580, воздух	170-200
ЛС59-1	-	-	-	-	В поставке по ГОСТ 2060	
<p><b>Примечания:</b></p> <p>1 Заготовки для крепежных изделий из сталей марок 10Х11Н23Т3МР (ЭП33) и 08Х15Н24В4ТР, предназначенных для криогенных температур подвергать термообработке по режиму 1.</p> <p>2 Режимы отпуска являются рекомендуемыми и могут уточняться по температуре и длительности, за исключением:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для стали 14Х17Н2 температура отпуска не должна быть выше 700 °С, а для 07Х16Н4Б (07Х16Н4Б-Ш) – 660 °С;</li> <li>- для шпилек из стали 38ХНЗМФА температура отпуска не должна быть выше 650 °С, при этом допускается превышение <math>\sigma_{0,2}</math> и <math>\sigma_B</math> при удовлетворительных пластических свойствах и ударной вязкости.</li> </ul>						

3.24 Предприятие-изготовитель крепежных изделий может производить замену марок материала другими марками, указанными в таблице 5, механические свойства которых не ниже указанных в таблице 2, без внесения изменений в чертежи и оформления разрешающих документов (для крепежных изделий арматуры МО РФ оформление разрешающих документов обязательно).

Приложение А  
(справочное)

Таблица А.1 - Механические свойства материалов при высоких температурах

Марка материала	Диаметр заготовки (детали), мм	$\sigma_b, \sigma_{0.2}$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Температура, °С												
			20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Ст3сп5, Ст3сп4 [1]	До 80	$\sigma_{0.2}$ $\sigma_b$	245 (25) 373 (38)	235 (24) 363 (37)	235 (24) 353 (36)	235 (24) 353 (36)	235 (24) 343 (35)	206 (21) 323 (33)	186 (19) 284 (29)	-	-	-	-	-	
	До 100	$\sigma_{0.2}$ $\sigma_b$	206 (21) 373 (38)	196 (20) 363 (37)	196 (20) 363 (37)	196 (20) 353 (36)	196 (20) 343 (35)	177 (18) 323 (33)	157 (16) 284 (29)	-	-	-	-	-	
20 [1]	До 100	$\sigma_{0.2}$ $\sigma_b$	(25) 402 (41)	(24) 392 (40)	(24) 392 (40)	(24) 392 (40)	(23) 373 (38)	(23) 373 (38)	(20) 363 (37)	(18) 353 (36)	-	-	-	-	
25 [1]	До 100	$\sigma_{0.2}$	245 (25)	235 (24)	226 (23)	206 (21)	196 (20)	167 (17)	157 (16)	118 (12)	-	-	-	-	
		$\sigma_b$	470 (48)	461 (47)	461 (47)	451 (46)	441 (45)	441 (45)	441 (45)	412 (42)	-	-	-	-	
35 [1]	До 100	$\sigma_{0.2}$	275 (28)	265 (27)	265 (27)	245 (25)	225 (23)	216 (22)	196 (20)	-	-	-	-	-	
		$\sigma_b$	530 (54)	530 (54)	530 (54)	530 (54)	519 (53)	510 (52)	441 (45)	-	-	-	-	-	
35X [1]	До 100	$\sigma_{0.2}$	590 (60)	579 (59)	569 (58)	549 (56)	520 (53)	520 (53)	491 (50)	471 (48)	461 (47)	392 (40)	333 (34)	-	
		$\sigma_b$	736 (75)	726 (74)	726 (74)	706 (72)	706 (72)	706 (72)	706 (72)	628 (64)	510 (52)	510 (52)	383 (39)	-	
10Г2	До 80	$\sigma_{0.2}$	270	-	240	231	222	218	201	185	174 (375 °С)	156	-	-	
		$\sigma_b$	440	-	385	430	439	444	445	441	425 (375 °С)	(410 °С)	-	-	
09Г2С	До 60	$\sigma_{0.2}$	245 (25)	235 (24)	235 (24)	226 (23)	216 (22)	216 (22)	196 (20)	177 (18)	157 (16)	157 (16)	-	-	
		$\sigma_b$	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	432 (44)	392 (40)	-	-	
18Х2Н4МА [3]	До 100	$\sigma_{0.2}$	1089	-	-	-	1059	-	1049	-	961	-	814	706	
		$\sigma_b$	1236	-	-	-	1887	-	1196	-	1059	-	883	755	
38ХН3М ФА [1]	До 100	$\sigma_{0.2}$	785 (80)	785 (80)	746 (76)	726 (74)	716 (73)	697 (71)	677 (69)	638 (165)	-	-	-	-	
		$\sigma_b$	883 (90)	883 (90)	844 (86)	824 (84)	814 (83)	785 (80)	785 (80)	746 (76)	-	-	-	-	
		$\sigma_{0.2}$	640 (65)	640 (65)	615 (63)	583 (59)	583 (59)	562 (57)	555 (56)	476 (48)	-	-	-	-	
		$\sigma_b$	687 (70)	687 (70)	657 (67)	628 (64)	628 (64)	608 (62)	598 (61)	579 (59)	-	-	-	-	
30ХМА [1]	До 100	$\sigma_{0.2}$	640 (65)	617 (63)	608 (62)	568 (58)	529 (54)	480 (49)	461 (47)	441 (45)	441 (45)	412 (42)	382 (39)	-	
		$\sigma_b$	785 (80)	775 (79)	755 (76)	706 (72)	697 (71)	687 (70)	687 (70)	687 (70)	669 (68)	598 (61)	530 (54)	-	
		$\sigma_{0.2}$	440 (45)	425 (43)	415 (42)	390 (40)	365 (37)	345 (35)	323 (33)	294 (30)	275 (28)	265 (27)	255 (26)	-	
		$\sigma_b$	491 (50)	482 (49)	474 (48)	467 (47)	443 (45)	435 (44)	428 (43,5)	428 (43,5)	429 (43)	374 (38)	333 (34)	-	

СТ ПРБА 012-2005

Приложение Е  
(справочное)

Т а б л и ц а Е.1 – Модуль упругости Е, ГПа ( $E \cdot 10^4$  кгс/мм<sup>2</sup>)

Группы сталей, сплавов	Марка стали или сплава	Модуль упругости Е, ГПа ( $E \cdot 10^4$ кгс/мм <sup>2</sup> ) при температуре Т, °С														
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
1 [1]	Ст3, 20, 25	200 (2,04)	197 (2,01)	195 (1,99)	192 (1,96)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,79)	165 (1,65)	160 (1,63)	-	-	-	-
2 [1]	35, 40	210 (2,14)	207 (2,11)	205 (2,09)	150 (2,04)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	167 (1,70)	160 (1,63)	-	-	-	-
3 [1]	12Х1МФ, 09Г2С, 20Х1М1Ф1БР	210 (2,14)	207 (2,11)	205 (2,09)	202 (2,06)	200 (2,04)	197 (2,01)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,73)	165 (1,68)	-	-
4 [1]	35Х, 40Х, 30ХМА, 35ХМ, 25Х1МФ, 38ХН3МФА, 07Х16Н4Б	215 (2,19)	212 (2,16)	210 (2,14)	207 (2,11)	205 (2,09)	202 (2,06)	200 (2,04)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,73)	-	-
5 [1]	20Х13, 14Х17Н2	220 (2,24)	217 (2,21)	215 (2,19)	212 (2,16)	210 (2,14)	205 (2,09)	200 (2,04)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,73)	-	-
6 [1]	08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 45Х14Н14В2М, ХН35ВТ, ХН35ВТ-ВД, 31Х19Н9МВБТ	205 (2,09)	202 (2,06)	200 (2,04)	195 (1,99)	190 (1,94)	185 (1,88)	180 (1,84)	175 (1,79)	170 (1,73)	167 (1,99)	165 (1,68)	162 (1,65)	160 (1,63)	-	-
7 [2]	10Г2	(1,99)	-	(1,91)	(1,86)	(1,81)	(1,76)	(1,71)	(1,64)	(1,55)	(1,40)	-	-	-	-	-
8 [7]	20ХН3А	212	-	204	-	194	-	188	-	169	-	169	-	-	-	-
9 [4]	08Х22Н6Т	-	-	201	-	193	-	181	-	165	-	-	-	-	-	-
10 [7]	18Х2Н4МА	200	-	165	-	141	-	-	-	139	-	-	-	-	-	-
11 [10]	07Х21Г7АН5	213	-	200	-	193	-	189	-	183	-	168	-	-	-	-
12 [4]	10Х14Г14Н4Т	213	-	207	-	197	-	188	-	-	-	-	-	-	-	-
13 [5]	08Х15Н24В4ТР	(2,23)	-	(2,15)	-	(2,09)	-	(2,0)	-	(2,91)	-	(1,82)	-	(1,73)	-	-
14 [6]	10Х11Н23Т3МР	(1,9)	-	(1,81)	-	(1,69)	-	(1,58)	-	(1,48)	-	(1,42)	(1,37)	(1,33)	(1,31)	(1,30)
15 [4]	ХН70ВМЮТ	(2,26)	-	(2,21)	-	(2,15)	-	(2,09)	-	(2,02)	-	(1,96)	-	(1,9)	-	(1,8)
16 [9]	БрАЖМц 10-3-1,5	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 [9]	ЛС59-1	1,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание –  $E \cdot 10^{-4}$  Н/мм<sup>2</sup> для 07Х16Н6: при минус 70 °С – 20,8; при 20 °С – 20,1; при 300 °С – 18,3; при 500 °С – 16,2 [12].

Приложение Ж  
(справочное)

Т а б л и ц а Ж.1 – Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , град<sup>-1</sup>

Марка стали, сплава	Температура, °С									
	20- 100	20- 200	20- 300	20- 400	20- 500	20- 600	20- 650	20- 700	20- 800	20- 900
10Г2[2]	13,0	14,0	15,3	16,1	16,2	-	-	-	-	-
20ХН3А[7]	11,5	11,7	12,0	12,6	12,8	-	-	-	-	-
08Х21Н6Т[2]	9,6	13,8	16,0	16,0	16,5	-	-	-	-	-
18Х2Н4МА[1]	11,7	12,2	12,7	13,1	13,5	13,9	-	-	-	-
<b>07Х16Н6 * [12]</b>	<b>11,3</b>	-	<b>11,7</b>	<b>12,8</b>	<b>12,9</b>	-	-	-	-	-
07Х21Г7АН5[11]	15,7	16,0	16,8	17,3	18,0	18,4	-	-	-	-
10Г14Н14Г4Т[7]	10,3	15,8	18,9	19,5	19,7	20,2	-	-	-	-
08Х15Н24В4ТР[7]	14,5	15,5	16,3	16,8	17,2	17,4	17,5	17,8	-	-
10Х11Н22Т3МР[6]	15,3	15,9	16,5	16,9	17,3	17,7	-	18,2	-	-
ХН70ВМЮТ[7]	12,2	12,65	13,2	13,6	14,1	14,55	-	15,1	15,8	16,5
ЛС59-1[9]	16,7	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-

\* -  $\alpha \cdot 10^6$ , град<sup>-1</sup> при температуре: минус 70-20 °С – 11,1; минус 58-20 – 11,2.

Приложение И  
(справочное)

Т а б л и ц а И.1 – Температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha \cdot 10^6$ , град<sup>-1</sup>

Группа сталей или сплавов	Марка стали или сплава	Температура, °С											
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
1[1]	Ст3, 20, 25, 35, 40, 35Х, 40Х, 30ХМА, 35ХМ, 12Х1МФ, 25Х1МФ, 20Х1М1Ф1Б, 38ХН3МФ, 09Г2С	11,5	11,9	12,2	12,5	12,8	13,1	13,4	13,6	13,8	14,0	14,2	14,4
2[1]	20Х13, 14Х17Н2, 07Х16Н4Б	10,0	10,3	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,5	11,7	11,8	11,9	12,0
3[1]	08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 45Х14Н14В2М, 31Х19Н9МВБТ, ХН35ВТ, ХН35ВТ-ВД	16,4	16,6	16,8	17,0	17,2	17,4	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4	18,5
5[9]	БрАМЖц 10-3-1,5	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Приложение К  
(справочное)

Т а б л и ц а К.1 – Зарубежные аналоги стандартных сталей и сплавов

Россия ГОСТ	Германия DIN	США AISI, ASTM	Франция AFNOR	Великобритания BS	Япония JIS	Чехия ČSN	Польша PN H
Возможность замены определяется в каждом конкретном случае после оценки и сравнения свойств сталей и сплавов							
Ст3сп	RSt37-20	A283/C	E24-2	40B	-	11375	St3SV
20	C22 (1.0402)	1020	XC18, AF42, AF40C20	050A20	S20C	12024	20
35	C35 (1.0501)	1035	C35	40HS, 080M36	S35C	12040	35
40	C40 (1.1186)	1040	XC42H1	080M40	S40C, S43C	12041	40
35X	34Cr4	5135	34Cr4	530M32	SCr435	-	-
40X	41Cr4 (1.7035) 41Cr4 (1.7039)	5140	38C4 42C4	530A36 530A40	SCr435-H SCr440	-	40H
20ХН3А	-	-	20NC11	-	-	-	-
38ХН3МФА	34NiCrMoV145	-	-	-	-	-	-
12Х1МФ						I	
30ХМА	25ХМо4 (1.7218)	4130	25CD4	1717CDS11 0	SCM430	1531	30HM
35ХМ	34CrMo4 (1.7220)	4135 4137	35CD4	708A37	SCM435 SCM432	-	35HM
25Х1МФ	24CrMoV5,5 (1.7733)	-	-	-	-	-	-
10Г2	-	1513	-	201	-	-	-
20Х13	X20Cr13 (1.4021)	420	Z20C13	420S37	SUS420.J2	17022	2H13
14Х17Н2	X20CrNi172 (1.4057)	431	Z15CN16.02	431S29	SUS431	-	H17N2
12Х18Н9Т	X10CrNiTi18.9 (1.4541)	-	-	321S51	-	17246	1H18N9T
12Х18Н10Т	X12CrNiTi18.9	-	Z10CN1810	-	-	-	-
08Х18Н10Т	X6CrNiTi1810 (1.4541)	321	Z6CNT1810	321S31	SUS321	17247	08H18N10T
10Х17Н13М2Т	X10CrNiMoTi 1812 (1.4573)	316Ti	Z6CNDT1713	320S18	SUS316	17348	H17N13M2T
10Х17Н13М3Т			-	320S33		-	-
07Х16Н6	X12CrNi 17 7 (1.4310)	301/S30100 18-08	Z12CN 18-08	301S21	SUS 301	-	-
БрАЖМц 10-3-1,5	CuAl10Fe3Mn2 (2.0936)	-	-	-	-	-	-
ЛС59-1	CuZn40Pb2 (2.0401)	C38000	-	-	-	-	-

## Библиография

- [1] ПНАЭГ-7-002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок
- [2] ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность
- [3] Марочник сталей и сплавов, Зубченко А.С, Москва, 2003 г.
- [4] Справочник. Стали и сплавы для высоких температур, Масленков С.Б, Москва, 1991г.
- [5] Справочник. Свойства сталей и сплавов, применяемых в котлотрубостроении, Станкевич А.В., Ленинград, 1967 г.
- [6] ГОСТ 20700-75 Болты, шпильки, гайки и шайбы для фланцевых и антикорных соединений, пробки и хомуты с температурой среды от 0 до 650 °С
- [7] Марочник сталей и сплавов, Сорокин В.Г, Москва, 1989 г.
- [8] Справочник по металлическим материалам турбино- и моторостроения, Михайлов-Михеев, Ленинград 1961 г.
- [9] РТМ 26-04-47-73 Металлические материалы для криогенной техники. КРИОГЕНМАШ
- [10] Коррозионностойкие стали и сплавы, Москва, 1991г.
- [11] Справочник. Стали и сплавы для криогенной техники, Ульянин Е.А., Москва, 1984 г.
- [12] **Справочник. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы, Литвак Б.С., 2008 г.**  
**(Измененная редакция, Изм.5)**