ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59115.2— 2021

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ АТОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения, коэффициент Пуассона, модуль сдвига

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежаля» (АО «НИКИЭТ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2021 г. № 1166-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии не несет ответственности за патентную чистоту настоящего стандарта. Патентообладатель может заявить о своих правах и направить в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии аргументированное предложение о внесении в настоящий стандарт поправки для указания информации о наличии в стандарте объектов патентного права и патентообладателе

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Обозначения и сокращения 2
4 Общие положения 2
5 Требования к экспериментальному определению физических характеристик конструкционных материалов 3
5.1 Общие положения 3
5.2 Методы определения физических характеристик конструкционных материалов 4
Приложение А (справочное) Подразделение марок конструкционных материалов 6
Приложение Б (рекомендуемое) Физические свойства конструкционных материалов 7
Библиография 13

Введение

Настоящий стандарт взаимосвязан с другими стандартами, входящими в комплекс стандартов, регламентирующих обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ АТОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения, коэффициент Пуассона, модуль сдвига

Rules for strength assessment of equipment and pipelines of nuclear power installations. Modulus of elasticity, coefficient of linear thermal expansion, Poisson's ratio, shear modulus

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт предназначен для применения при проведении расчетов по обоснованию прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, на которые распространяется действие федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [1].

1.2 Настоящий стандарт устанавливает значения и методы определения следующих характеристик физических свойств основных конструкционных материалов (далее материалов), используемые при проведении расчетов на прочность оборудования и трубопроводов:

- модуля упругости;
- среднего температурного коэффициента линейного расширения;
- коэффициента Пуассона,
- модуля сдвига.

1.3 Применимость материалов для изготовления указанных в 1.1 оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок регламентируется федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.932 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к методикам (методам) измерений в области использования атомной энергии. Основные положения

ГОСТ Р 59115.1 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Термины и определения

ГОСТ Р 59115.3—2021 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Кратковременные механические свойства конструкционных материалов

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 59115.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **конструкционные материалы (основные):** Материалы в виде полуфабрикатов из сталей и сплавов, применяемые при изготовлении, монтаже и ремонте оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

3.1.2 **коэффициент Пуассона:** Величина отношения относительного изменения поперечного размера к относительному изменению продольного размера образца.

3.1.3 **модуль упругости (модуль нормальной упругости, модуль Юнга):** Физическая величина, характеризующая сопротивляемость материала упругой деформации под воздействием механических напряжений, определяемая как отношение нормального напряжения к единице относительного удлинения.

3.1.4 **модуль сдвига:** Физическая величина, характеризующая упругие свойства материала и его способность сопротивляться деформации сдвига, определяемая как отношение касательного напряжения к сдвиговой деформации.

3.1.5 **полуфабрикат:** Заготовка (лист, труба, поковка, сортовой прокат, отливка, заготовка крепежных деталей), поставляемая для изготовления деталей или сборочных единиц оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

3.1.6 **средний температурный коэффициент линейного расширения:** Относительное приращение длины образца, вызванное повышением его температуры от нижней до верхней границы заданного температурного интервала, отнесенное к величине этого интервала.

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

E^T — модуль упругости (модуль нормальной упругости, модуль Юнга) при температуре T, ГПа;

α^T — средний температурный коэффициент линейного расширения при изменении температуры с 293 К (20 °С) до температуры T, $10^6 \cdot К^{-1}$;

G^T — модуль сдвига при температуре T, ГПа;

μ — коэффициент Пуассона;

ПКД — проектная конструкторская документация.

4 Общие положения

4.1 Подразделение марок конструкционных материалов по группам (классам) приведено в приложении А.

4.2 При проведении расчетов на прочность значения характеристик физических свойств материалов следует принимать по данным документов по стандартизации, содержащим требования к физическим свойствам материалов, и/или по требованиям ПКД*. В случае отсутствия или недостаточности в этих документах необходимых данных при проведении расчетов на прочность следует руководствоваться данными, приведенными в таблицах Б.1 и Б.2.

4.3 В таблице Б.1 приведены значения модуля упругости материалов (модуля нормальной упругости, модуля Юнга). В группы объединены материалы, выполненные из:

- углеродистых сталей с массовой долей углерода менее 0,25 % (1-я группа);
- углеродистых сталей с массовой долей углерода 0,25 % и более (не более 0,5 %) (2-я группа);
- легированных сталей с массовой долей углерода не более 0,25 % и с суммарным легированием в сумме до 3 % массовой доли марганцем, кремнием, молибденом, ванадием (3-я группа);
- 15Х2МФА мод.А, 15Х2МФА-А мод.А, 15Х2МФА мод.Б (4-я группа);
- 20Х1М1Ф1ТР (5-я группа);
- низколегированных сталей с массовой долей углерода 0,25 % и более (не более 0,4 %) и с суммарным легированием до 3 % массовой доли (6-я группа);

---

* Применимость материалов для изготовления оборудования и трубопроводов регламентируется федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [1].

- высокохромистых сталей с массовой долей хрома 11 % — 14 % и суммарным легированием до 3 % массовой доли никелем, молибденом, вольфрамом, ванадием, ниобием (7-я группа);
- 07Х12НМФБ (8-я группа);
- хромоникелевых сталей аустенитного класса с массовыми долями хрома 14 % — 23 %, никеля — 9 % — 22 % и суммарным легированием до 3,5 % массовой доли молибденом, титаном, вольфрамом и ниобием (9-я группа);
- 10Х11Н20Т3Р, 10Х15Н9С3Б1-Ш, 16Х12МВСФБР-Ш и 03Х18Н13С2АМ2ВФБР-Ш (10, 11, 12 и 13-я группы, соответственно);
- циркониевых сплавов (14-я группа);
- титановых сплавов (15-я группа);
- алюминиевых сплавов (16-я группа);
- меди и латуни (17-я группа);
- никеля (18-я группа);
- никелевого сплава (19-я группа).

4.4 В таблице Б.2 приведены значения среднего температурного коэффициента линейного расширения материалов. В группы объединены материалы, выполненные из:

- углеродистых и легированных сталей в состоянии после нормализации или закалки и высокого отпуска с суммарным легированием до 3 % массовой доли марганцем, кремнием, хромом, молибденом, ванадием (1-я группа);
- 15Х2МФА мод.А, 15Х2МФА-А мод.А, 15Х2МФА мод.Б (2-я группа),
- 20Х1М1Ф1ТР (3-я группа);
- высокохромистых сталей в состоянии после нормализации или закалки и высокого отпуска с массовой долей хрома 11 % — 14 % и дополнительным суммарным легированием до 3 % массовой доли молибденом, вольфрамом, никелем, ванадием (4-я группа),
- 07Х12НМФБ (5-я группа);
- хромоникелевых сталей аустенитного класса с массовыми долями хрома 15 % — 20 %, никеля — 8 % — 15 % и дополнительным суммарным легированием до 3,5 % массовой доли молибденом, титаном, ниобием (6-я группа);
- 08Х22Н6Т, 16Х12МВСФБР-Ш, 10Х15Н9С3Б1-Ш и 03Х18Н13С2АМ2ВФБР-Ш (7, 8, 9 и 10-я группы соответственно);
- циркониевых сплавов (11-я группа);
- титановых сплавов (12-я группа);
- алюминиевых сплавов (13-я группа);
- меди и латуни (14-я группа);
- никеля (15-я группа);
- никелевого сплава (16-я группа).

4.5 В таблице Б.3 приведены значения модуля сдвига.

4.6 Значения характеристик физических свойств материалов, используемые в расчетах на прочность, в случае их отсутствия в документах, указанных в 4.2, и в настоящем стандарте, следует определять экспериментально в соответствии с требованиями [1] и настоящего стандарта.

5 Требования к экспериментальному определению физических характеристик конструкционных материалов

5.1 Общие положения

5.1.1 Для определения значений физических характеристик, используемых в расчетах на прочность, должны быть использованы результаты испытаний образцов, вырезанных из металла промышленных плавок материалов изготавливаемой номенклатуры полуфабрикатов и крепежных изделий, применяемых для изготовления оборудования, трубопроводов и других элементов ядерных установок.

5.1.2 Для определения значений физических характеристик, используемых в расчетах на прочность, следует применять аттестованные в соответствии с ГОСТ Р 8.932 методики измерений при испытаниях, включающие или основанные на процедурах проведения испытаний и обработки их результатов, установленных в документах по стандартизации на поставку этих материалов, и в настоящем стандарте.

5.1.3 Требования к организациям (испытательным лабораториям) и персоналу, проводящим испытания по определению физических характеристик материалов, установлены в ГОСТ Р 59115.3—2021 (пункт 5.1.3).

5.1.4 Требования к средствам измерения и испытательному оборудованию, используемым при испытаниях, установлены в ГОСТ Р 59115.3—2021 (пункт 5.1.3).

5.1.5 Образцы для проведения испытания (заготовки для образцов) следует вырезать из материалов:

- соответствующих требованиям документов по стандартизации на поставку конкретных материалов, ПКД и технологической документации, что должно быть подтверждено сертификатами организаций — изготовителей материалов, и прошедших входной контроль качества;
- термически обработанных в соответствии с документами по стандартизации на поставляемые материалы и/или с требованиями ПКД.

5.1.6 Образцы по определению физических характеристик и направление их вырезки в исследуемом полуфабрикате (включая отбор проб, заготовок для образцов и испытательных образцов для испытаний), порядок проведения испытаний и обработка результатов для определения расчетных значений модуля нормальной упругости (модуля Юнга), температурного коэффициента линейного расширения, коэффициента Пуассона и модуля сдвига должны соответствовать методикам измерений при испытаниях, указанным в 5.1.2.

5.2 Методы определения физических характеристик конструкционных материалов

5.2.1 Определение модуля нормальной упругости (модуля Юнга)

5.2.1.1 Измерение модуля нормальной упругости (модуля Юнга) следует проводить динамическим методом по методикам измерений при испытаниях, соответствующим 5.1.2 (допускается использование статического метода при условии обеспечения погрешности определения характеристики не более чем при использовании динамического метода).

5.2.1.2 При каждой температуре измерений должно быть получено не менее 10 значений измеряемой характеристики.

5.2.2 Определение среднего температурного коэффициента линейного расширения

5.2.2.1 Определение температурного коэффициента линейного расширения следует проводить дилатометрическим методом по методикам измерений при испытаниях, соответствующим 5.1.2, используя дилатометры с погрешностью измерения 3 %. При каждой температуре испытаний измеряется длина образца.

5.2.2.2 По результатам испытаний следует определять значение среднего температурного коэффициента линейного расширения для температурного интервала от 20 °С до температуры испытаний.

5.2.2.3 Для температурного интервала, указанного в 5.2.2.2, должно быть получено не менее 10 значений измеряемой характеристики.

5.2.3 Определение коэффициента Пуассона

5.2.3.1 Определение коэффициента Пуассона следует проводить по методикам измерений при испытаниях, соответствующим 5.1.2.

5.2.3.2 Для определения коэффициента Пуассона следует использовать не менее пяти образцов.

5.2.3.3 По результатам испытаний следует определять относительное поперечное сужение (расширение) $\varepsilon_{\perp}$ и относительное продольное удлинение (сжатие) образца по формулам:

$$\varepsilon_{\perp} = \frac{d - d_0}{d_0}; \quad \varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}, \tag{5.1}$$

где d_0, d — диаметр цилиндрической части образца (поперечный размер образца) до и после деформации (нагрузки), мм;

l_0, l — длина образца до и после деформации (нагрузки), мм.

5.2.3.4 Коэффициент Пуассона следует определять по формуле

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon_{\perp}}{\varepsilon} \right|. \tag{5.2}$$

5.2.3.5 В расчетах на прочность конструктивных элементов, изготовленных из материалов, указанных в пунктах 1—8 таблицы А.1, допускается принимать значение коэффициента Пуассона, равное 0,3.

5.2.4 Определение модуля сдвига

5.2.4.1 Измерение модуля сдвига следует проводить динамическим методом по методикам измерений при испытаниях, соответствующим 5.1.2.

5.2.4.2 Допускается определение модуля сдвига G^T материалов расчетом по формуле

$$G^T = \frac{E^T}{2 \cdot (1 + \mu)}. \quad (5.3)$$

Приложение А
(справочное)

Подразделение марок конструкционных материалов

Таблица А.1 — Подразделение марок конструкционных материалов по группам (классам)

Номер п/п	Группа материалов (класс стали)	Марка*
1	Углеродистые (перлитного класса)	Ст3сп5, 10, 15, 15Л, 20, 20Л, 20К, 22К, 25, 25Л, 30, 35, 40, 45
2	Легированные кремнемарганцовистые (перлитного класса)	09Г2С, 15ГС, 16ГС, 20ГСЛ
3	Легированные (перлитного класса)	20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 45ХН, 10ХСНД, 10ХН1М, 10Х2М, 10Х2М1ФБ, 12Х2М**, 12ХМ, 12МХ, 15ХМ, 20ХМ, 20ХМА, 20ХМЛ, 20ХМФЛ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 35ХМА**, 38ХМ, 30ХГСА, 10ГН2МФАЛ**
4	Легированные хромомолибденванадиевые (перлитного класса)	16ГНМА, 10ГН2МФА, 10ГН2МФА-А, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ, 20Х1М1Ф1БР, 20Х1М1Ф1ТР**, 25Х1МФ, 25Х2М1Ф, 12Х2МФА, 12Х2МФА-А, 15Х2МФА, 15Х2МФА мод.А, 15Х2МФА-А, 15Х2МФА-А мод.А, 15Х2МФА-А мод.Б**, 18Х2МФА, 18Х2МФА-А, 25Х2МФА, 25Х2МФА-А, 25Х3МФА, 25Х3МФА-А, 15Х3НМФА, 15Х3НМФА-А, 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА класс 1, 15Х2НМ1ФА, 15Х2НМ1ФА-А, 36Х2Н2МФА**, 38ХН3МФА, 38Х2МЮА
5	Высокохромистые	10Х9МФБ, 10Х9МФБ-Ш, 08Х13, 12Х13, 20Х13, 20Х13Л, 30Х13, 08Х14МФ, 14Х17Н2, 05Х12Н2М, 20Х12ВНМФ, 06Х12Н3Д, 06Х12Н3ДЛ, 06Х13Н7Д2, 07Х16Н4Б, 09Х17Н, 16Х12МВСФБР-Ш**, 12Х11В2МФ/1Х12В2МФ**, 18Х12ВМБФР**, 07Х12НМФБ**
6	Хромоникелевая сталь (аустенитно-ферритного класса)	08Х22Н6Т
7	Хромоникелевые (аустенитного класса)	10Х18Н9, 12Х18Н9, 06Х18Н10Т, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н9ТЛ, 09Х18Н9, 08Х18Н12Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т
8	Хромоникельмолибденовые (аустенитного класса)	10Х18Н12М3Л, 31Х19Н9МВБТ, 10Х11Н23Т3МР, 10Х11Н20Т3Р, 03Х16Н9М2, 08Х16Н11М3, 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 03Х17Н14М3, 10Х15Н9С3Б1-Ш**, 10Х18Н22В2Т2,12Х18Н12М3ТЛ, 03Х18Н13С2АМ2ВФБР-Ш**, 09Х16Н15М3Б**, 45Х14Н14В2М**
9	Железоникелевые сплавы	03Х21Н32М3Б, 12ХН35ВТ/ХН35ВТ, 12ХН35ВТ-ВД/ХН35ВТ-ВД, 08ХН35ВТЮ/ХН35ВТЮ, 06Х20Н46Б/0Х20Н46Б, 1Х16Н36МБТЮР**
10	Циркониевые сплавы	Цирконий + 2,5 % ниобия, цирконий + 1 % ниобия
11	Титановые сплавы	ВТ1-0, ВТ1-0(М)**, ВТ1-00, ПТ-1М, ПТ-7М, 3М, ПТ-3В, 5В, 5ВЛ, ОТ4-1, ВТ5-1, ОТ4-1В, АТ-2
12	Алюминиевые сплавы	АДОО, АД0, АД1, АД, АВ, АМг2, АМг3, САВ1, САВ2
13	Медь	М1, М2, М3
14	Латуни	ЛО62-1, ЛО70-1**
15	Бронзы	БрАЖМц 10-3-1,5, БрАЖН 10-4-4, БрБ2
16	Медно-никелевый сплав	МНЖ5-1
17	Никель	НП2
18	Никелевый сплав	ХН78Т

* В числителе действующее обозначение марки, в знаменателе — устаревшее.

** Материалы не включены в Сводный перечень документов по стандартизации [2]. Применимость материалов для изготовления оборудования и трубопроводов регламентируется федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [1].

Приложение Б
(рекомендуемое)

Физические свойства конструкционных материалов

Таблица Б.1 — Модуль упругости материалов (модуль нормальной упругости, модуль Юнга) E^T, ГПа

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура T, К (°С)												
		293 (20)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
1	Ст3сп5, 10, 15, 15Л, 20, 20Л, 25, 25Л, 20К, 22К	200	197	195	192	190	185	180	175	—	—	—	—	—
2	30, 35, 40, 45	210	207	205	200	195	190	185	180	175	167	160	—	—
3	20Х, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМ, 20ХМА, 20ХМЛ, 20ХМФЛ, 10Х2М, 12Х2М**, 12МХ, 12Х1МФ, 10Х2М1ФБ, 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ, 12Х2МФА, 12Х2МФА-А, 15Х2МФА, 15Х2МФА-А, 18Х2МФА, 18Х2МФА-А, 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА класс 1, 15Х3НМФА, 15Х3НМФА-А, 10ХН1М, 10ХСНД, 15ГС, 16ГС, 09Г2С, 20ГСЛ, 16ГНМА, 10ГН2МФА, 10ГН2МФАЛ**, 06Х12Н3Д, 06Х12Н3ДЛ, 20Х1М1Ф1БР	210	207	205	202	200	197	195	190	185	180	175	170	165
4	15Х2МФА мод.А, 15Х2МФА-А мод.А, 15Х2МФА-А мод.Б**	205	203	201	199	196	193	190	187	184	—	—	—	—
5	20Х1М1Ф1ТР**	211	210	208	206	204	201	198	194	190	185	179	173	—
6	30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 35ХМА**, 30ХГСА, 25Х1МФ, 25Х2МФА, 25Х2МФА-А, 25Х2М1Ф, 25Х3МФА, 36Х2Н2МФА**, 38ХН3МФА, 07Х16Н4Б	215	212	210	207	205	202	200	195	190	185	180	175	170
7	08Х13, 20Х13, 30Х13, 14Х17Н2, 18Х12ВМБФР**, 08Х14МФ, 20Х12ВНМФ, 09Х17Н, 12Х11В2МФ/1Х12В2МФ**, 05Х12Н2М-ВИ, 05Х12Н2М, 05Х12Н2М-ВД, 10Х9МФБ	220	217	215	212	210	205	200	195	190	185	180	175	170
8	07Х12НМФБ**	206	204	201	197	193	190	186	182	177	172	166	160	152

Продолжение таблицы Б.1

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура Т, К (°С)												
		293 (20)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
9	09Х18Н9, 10Х18Н9, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 12Х18Н9ТЛ, 03Х16Н9М2, 08Х16Н11М3, 09Х16Н15М3Б**, 06Х13Н7Д2, 10Х18Н12М3Л, 12Х18Н12М3ТЛ, 10Х17Н13М2Т, 31Х19Н9МВБТ, 45Х14Н14В2М**, 06Х20Н46Б/0Х20Н46Б, 10Х18Н22В2Т2, 1Х16Н36МБТЮР**, 12ХН35ВТ/ХН35ВТ, 12ХН35ВТ-ВД/ХН35ВТ-ВД, 08ХН35ВТЮ/ХН35ВТЮ, 03Х21Н32М3Б	205	202	200	195	190	185	180	175	170	167	165	162	160
10	10Х11Н20Т3Р	160	158	156	153	150	148	146	143	140	138	135	133	132
11	16Х12МВСФБР-Ш**	239	236	232	228	224	220	215	210	205	199	192	185	177, 650 °С — 168
12	10Х15Н9С3Б1-Ш**	187	181	178	174	171	167	164	157	152	152	152	148	148
13	03Х18Н13С2АМ2ВФБР-Ш**	192	187	181	178	176	172	168	165	162	158	157	152	147
14	Цирконий +2,5 % ниобия	88,3	86,3	84,3	81,4	78,5	75,5	76,2	—	—	—	—	—	—
15	ВТ1-0(М)**	108	104	102	98	96	93	—	—	—	—	—	—	—
	ВТ1-0, ВТ1-00	110	107,5	104	96	90	85	—	—	—	—	—	—	—
	3М	110	108	105	102	99,0	97	95,0	—	—	—	—	—	—
	ПТ-3В	118	115	111	106	106	104	101	98	—	—	—	—	—
	5В	115	—	—	—	—	—	—	98	—	—	—	—	—
	ОТ4-1В	110,5	108	105	103	98	95	93	90	—	—	—	—	—
16	АМг3	68,7	67,7	66,7	65,7	62,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	АВ	68,7	67,7	66,7	65,7	63,7	—	—	—	—	—	—	—	—
17	ЛО62-1, ЛО70-1**	112	111	109	108	106	104	—	—	—	—	—	—	—
	М1, М2, М3	124	122	121	119	117	115	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы Б.1

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура T, К (°С)												
		293 (20)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
18	НП2	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	ХН78Т	195	188	183	178	174	170	165	160	—	—	—	—	—

* В числителе действующее обозначение марки, в знаменателе — устаревшее.

** Применимость материалов для изготовления оборудования и трубопроводов регламентируется федеральными нормами и правлами в области использования атомной энергии [1].

Таблица Б.2 — Средний температурный коэффициент линейного расширения материалов, $\alpha^T \cdot 10^{-6}$ $К^{-1}$, при изменении температуры с 293 К (20 °С) до указанной температуры T

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура T, К (°С)											
		323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
1	Ст3сп5, 10, 15, 15Л, 20, 20Л, 20К, 22К, 25, 25Л, 30, 35, 40, 45, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМ, 20ХМА, 20ХМЛ, 20ХМФЛ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 35ХМА**, 10Х2М, 12МХ, 12Х2М**, 30ХГСА, 12Х1МФ, 25Х1МФ, 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ, 12Х2МФА, 12Х2МФА-А, 15Х2МФА, 15Х2МФА-А, 18Х2МФА, 18Х2МФА-А, 20Х1М1Ф1БР, 10Х2М1ФБ, 25Х2МФА, 25Х2МФА-А, 25Х2М1Ф, 25Х3МФА, 38ХН3МФА, 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА класс 1, 36Х2Н2МФА**, 15Х3НМФА, 15Х3НМФА-А, 10ХСНД, 10ХН1М, 15ГС, 16ГС, 20ГСЛ, 09Г2С, 16ГНМА, 10ГН2МФА, 10ГН2МФАЛ**	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	15Х2МФА мод.А, 15Х2МФА-А мод.А, 15Х2МФА мод.Б**	11,3	11,5	11,8	12,0	12,3	12,5	12,8	13,0	—	—	—	—
3	20Х1М1Ф1ТР**	—	—	—	12,0	12,0	12,3	12,7	12,9	12,9	13,0	13,5	—
4	08Х13, 20Х13, 30Х13, 09Х17Н, 12Х11В2МФ/1Х12В2МФ**, 14Х17Н2, 20Х12ВНМФ, 18Х12ВМБФР**, 05Х12Н2М-ВИ, 05Х12Н2М, 05Х12Н2М-ВД, 06Х12Н3Д, 06Х12Н3ДЛ, 08Х14МФ, 06Х13Н7Д2, 07Х16Н4Б, 10Х9МФБ	10,0	10,3	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,5	11,7	11,8	11,9	12,0

Продолжение таблицы Б.2

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура Т, К (°С)											
		323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
5	07Х12НМФБ**	7,90	8,87	9,58	10,09	10,48	10,78	11,02	11,22	11,39	11,56	11,72	11,87
6	09Х18Н9, 10Х18Н9, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 12Х18Н12Т, 12Х18Н9ТЛ, 03Х16Н9М2, 08Х16Н11М3, 10Х17Н13М2Т, 10Х18Н12М3Л, 12Х18Н12М3ТЛ, 09Х16Н15М3Б**, 45Х14Н14В2М**, 10Х18Н22В2Т2, 31Х19Н9МВБТ, 10Х11Н20Т3Р, 1Х16Н36МБТЮР**, 08ХН35ВТЮ/ХН35ВТЮ, 12ХН35ВТ-ВД/ХН35ВТ-ВД, 12ХН35ВТ/ХН35ВТ, 03Х21Н32М3Б, 06Х20Н46Б/0Х20Н46Б	16,4	16,6	16,8	17,0	17,2	17,4	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4	18,5
7	08Х22Н6Т	—	9,6	—	13,8	—	16,0	—	—	—	—	—	—
8	16Х12МВСФБР-Ш**	9,4	9,8	10,1	10,4	10,5	10,8	11,0	11,2	11,4	11,5	11,7	11,8; 650 °С — 11,9
9	10Х15Н9С3Б1-Ш**	15,0	15,6	16,1	16,5	16,9	17,2	17,4	17,7	17,9	18,1	18,3	18,5
10	03Х18Н13С2АМ2ВФБР-Ш**	14,8	15,5	15,9	16,2	16,4	16,6	16,8	17	17,2	17,3	17,4	17,5
11	Цирконий +2,5 % ниобия	5,2	5,4	5,6	5,7	5,9	—	—	—	—	—	—	—
12	ВТ1-0(М)**	7,8	7,8	8,0	8,3	8,5	—	—	—	—	—	—	—
	ВТ1-0, ВТ1-00	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	—	—	—	—	—	—	—
	ПТ-1М	7,8	7,8	8,0	8,3	8,5	8,7	—	—	—	—	—	—
	ПТ-7М	8,6	8,8	8,8	8,9	9,0	9,2	9,3	—	—	—	—	—
	3М	—	8,9	—	9,1	—	9,3	—	—	—	—	—	—
	ПТ-3В	8,5	8,6	9,0	9,0	9,4	9,4	9,4	—	—	—	—	—
	5В	8,92	—	—	—	—	—	9,08	—	—	—	—	—
	ОТ4-1В	8,6	8,7	8,9	9,0	9,1	9,3	9,3	—	—	—	—	—
13	Алюминиевые сплавы	22,7	23,2	24,0	24,8	25,6	26,4	—	—	—	—	—	—
14	М1, М2, М3, ЛО62-1, ЛО70-1**	—	16,7	—	17,5	—	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы Б.2

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура T, К (°С)											
		323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
15	НП2	—	13,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	ХН78Т	—	12,8	13,2	13,5	13,9	14,3	14,6	—	—	—	—	—

* В числителе действующее обозначение марки, в знаменателе — устаревшее.

** Применимость материалов для изготовления оборудования и трубопроводов регламентируется федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [1].

Таблица Б.3 — Модуль сдвига G^T, ГПа

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура T, К (°С)												
		293 (20)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
1	Ст3сп5, 10, 15, 15Л, 20, 20Л, 25, 25Л, 20К, 22К	77	76	75	74	73	71	69	67	—	—	—	—	—
2	30, 35, 40, 45	81	80	79	77	75	73	71	69	67	64	62	—	—
3	20Х, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМ, 20ХМА, 20ХМЛ, 20ХМФЛ, 10Х2М, 12Х2М**, 12МХ, 12Х1МФ, 10Х2М1ФБ, 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ, 12Х2МФА, 12Х2МФА-А, 15Х2МФА, 15Х2МФА-А, 18Х2МФА, 18Х2МФА-А, 15Х2НМФА, 15Х2НМФА-А, 15Х2НМФА класс 1, 15Х3НМФА, 15Х3НМФА-А, 10ХН1М, 10ХСНД, 15ГС, 16ГС, 09Г2С, 20ГСЛ, 16ГНМА, 10ГН2МФА, 10ГН2МФАЛ**, 06Х12Н3Д, 06Х12Н3ДЛ, 20Х1М1Ф1БР	81	80	79	78	77	76	75	73	71	69	67	65	63
4	15Х2МФА мод.А, 15Х2МФА-А мод.А, 15Х2МФА-А мод.Б**	77	77	76	75	74	73	72	70	69	—	—	—	—
5	20Х1М1Ф1ТР**	81	81	80	79	78	77	76	75	73	71	69	67	—
6	30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 35ХМА**, 30ХГСА, 25Х1МФ, 25Х2МФА, 25Х2МФА-А, 25Х2М1Ф, 25Х3МФА, 36Х2Н2МФА**, 38ХН3МФА, 07Х16Н4Б	83	82	81	80	79	78	77	75	73	71	69	67	65

Окончание таблицы Б.3

Группа стали или сплава	Марка стали или сплава*	Температура T, К (°С)												
		293 (20)	323 (50)	373 (100)	423 (150)	473 (200)	523 (250)	573 (300)	623 (350)	673 (400)	723 (450)	773 (500)	823 (550)	873 (600)
7	08Х13, 20Х13, 30Х13, 14Х17Н2, 18Х12ВМБФР**, 08Х14МФ, 20Х12ВНМФ, 09Х17Н, 12Х11В2МФ/1Х12В2МФ**, 05Х12Н2М-ВИ, 05Х12Н2М, 05Х12Н2М-ВД, 10Х9МФБ	85	83	83	82	81	79	77	75	73	71	69	67	65
8	07Х12НМФБ**	79	78	77	76	74	73	72	70	68	66	64	62	58
9	09Х18Н9, 10Х18Н9, 12Х18Н9, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 12Х18Н9ТЛ, 03Х16Н9М2, 08Х16Н11М3, 09Х16Н15М3Б**, 06Х13Н7Д2, 10Х18Н12М3Л, 12Х18Н12М3ТЛ, 10Х17Н13М2Т, 31Х19Н9МВБТ, 45Х14Н14В2М*, 10Х18Н22В2Т2	79	78	77	75	73	71	69	67	65	64	63	62	62
10	10Х11Н20Т3Р	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	51
11	16Х12МВСФБР-Ш**	92	91	89	88	86	85	83	81	79	77	74	71	68, 650 °С — 65
12	10Х15Н9С3Б1-Ш**	72	70	68	67	66	64	63	60	58	58	58	57	57
13	03Х18Н13С2АМ2ВФБР-Ш**	74	72	70	68	68	66	65	63	62	61	60	58	57

* В числителе действующее обозначение марки, в знаменателе — устаревшее.

** Применимость материалов для изготовления оборудования и трубопроводов регламентируется федеральными нормами и правлами в области использования атомной энергии [1].

Библиография

[1] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-089-15 Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок

[2] Сводный перечень документов по стандартизации в области использования атомной энергии

УДК 621.039:531:006.354 ОКС 27.120.99

Ключевые слова: оборудование, трубопроводы, конструкционные материалы, модуль нормальной упругости, температурный коэффициент линейного расширения

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 20.10.2021. Подписано в печать 08.11.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва. Нахимовский пр-т. д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

gost.e-ecolog.ru