МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

**ГОСТ
33962—
2016**

КОТЛЫ СТАЦИОНАРНЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ

Общие положения.
Материалы и допустимые напряжения
для деталей котлов, работающих под давлением

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Техническим комитетом по стандартизации ТК 244 «Оборудование энергетическое стационарное», Открытым акционерным обществом «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик» (ОАО ТКЗ «Красный котельщик»)

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 27 сентября 2016 г. № 91-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 марта 2017 г. № 125-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33962—2016 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты» (по состоянию на 1 января текущего года), а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2017

В Российской Федерации 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 Обозначения 2
4 Общие положения 2
5 Допустимое напряжение 6

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

КОТЛЫ СТАЦИОНАРНЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ

Общие положения. Материалы и допустимые напряжения для деталей котлов, работающих под давлением

Stationary water-tube boilers.
General. Materials and stress allowances for the boiler pressure parts

Дата введения — 2018—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к расчету на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды, распространяется на паровые котлы и паропроводы с рабочим давлением более 0,07 МПа и на водогрейные котлы и трубопроводы горячей воды с температурой свыше 115 °С:

- на котлы с топкой, котлы-утилизаторы, энерготехнологические котлы и др.;
- на встроенные и автономные пароперегреватели и экономайзеры;
- на трубопроводы пара и горячей воды в пределах котла, включая опускные трубы, соединительные трубы и стояки;
- на трубопроводы пара и горячей воды любого назначения;
- на сосуды, подключенные к тракту котла (пароохладители, сепараторы и др.).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 3619—89 Котлы паровые стационарные. Типы и основные параметры

ГОСТ 21563—2016 Котлы водогрейные. Общие технические требования

ГОСТ 22530—77 Котлы паровые стационарные утилизаторы и энерготехнологические. Типы и основные параметры

ГОСТ 23172—78 Котлы стационарные. Термины и определения

ГОСТ 33965—2016 Котлы стационарные водотрубные. Расчет по выбору основных размеров элементов. Коэффициенты прочности и укрепление отверстий

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 ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

p — расчетное давление, МПа;

p_h — пробное давление, МПа;

t — расчетная температура стенки, °С;

t_a — температура наружной поверхности детали, °С;

$[t]$ — допустимая температура наружной поверхности детали, °С;

$[\sigma]$ — номинальное допустимое напряжение при расчетной температуре стенки, МПа;

$[\sigma]_h$ — допустимое напряжение при гидравлическом испытании, МПа;

$\sigma_{B/t}$, σ_B — временное сопротивление металла разрыву при расчетной температуре и при 20 °С соответственно, МПа;

$\sigma_{0,2/t}$, $\sigma_{0,2}$ — условный предел текучести металла при остаточной деформации 0,2 % при расчетной температуре и при 20 °С соответственно, МПа;

$\sigma_{0,1/t}$ — условный предел текучести металла при остаточной деформации 1 % при расчетной температуре, МПа;

$\sigma_{T/t}$ — предел текучести при расчетной температуре, МПа;

$\sigma_{10^4/t}$, σ_{10^5t}, $\sigma_{2\cdot10^5t}$ — условный предел длительной прочности при растяжении на ресурс 10^4, 10^5, $2\cdot10^5$ и $3\cdot10^5$ ч соответственно, МПа;

$\sigma_{1/10^5/t}$ — условный предел ползучести при растяжении, обусловливающий деформацию в 1 % за 10^5ч, МПа;

S — номинальная толщина стенки детали, мм;

S_R — расчетная толщина стенки детали, мм;

S_f — фактическая толщина стенки детали, мм;

c — суммарная прибавка к расчетной толщине стенки, мм;

c_1, c_2 — производственная и эксплуатационная прибавки к расчетной толщине стенки соответственно, мм.

4 Общие положения

4.1 Расчетное давление

4.1.1 Под расчетным давлением p следует понимать избыточное давление рабочей среды, по которому производится расчет на прочность данной детали.

Расчетное давление должно приниматься конструкторской организацией с целью обеспечения расчетом на прочность, выполняемым этой организацией, надежности детали в условиях испытаний и эксплуатации.

Расчетное давление должно быть равно максимальному давлению рабочей среды, возможному для данной детали в нормальных условиях эксплуатации, или более его. Необходимость превышения расчетного давления над рабочим, а также размеры этого превышения должны определяться конструкторской организацией с учетом особенности конструкции котла и его комплектации (например, предохранительными клапанами), назначения котла и опыта эксплуатации котла данного типа.

4.1.2 Расчетное давление детали котла p следует принимать равным расчетному давлению рабочей среды на выходе из котла (перегревателя), увеличенному на потерю давления от гидравлического сопротивления на участке между расчетной деталью и выходом рабочей среды из котла. Потеря давления должна определяться при максимальном расходе среды.

Для элементов, заполненных водой, следует прибавить гидростатическое давление столба воды, расположенного над нижней частью расчетного элемента.

Гидростатическое давление и потери гидравлического сопротивления принимаются в расчет, если их сумма равна или более 3 % расчетного давления.

4.1.3 Расчетное давление рабочей среды на выходе из котла должно приниматься равным номинальному давлению при номинальной температуре и паропроизводительности (или номинальном расходе воды для водогрейного котла), увеличенному на положительное отклонение, вызванное регулированием величины номинального давления, если это отклонение превышает 3 %.

4.1.4 Расчетное давление в трубах поверхностей нагрева или в трубопроводах принимается равным давлению рабочей среды на входе в рассчитываемый пакет или трубопровод (в соответствующем коллекторе, барабане котла или полости теплообменника).

4.1.5 Расчетное давление в чугунных экономайзерах следует определять в соответствии с 4.1.2; при этом оно должно быть не менее расчетного давления в котле, увеличенного на 25 %.

4.1.6 Кратковременное повышение давления при полном открытии предохранительных клапанов в расчете допускается не учитывать, если при максимальной производительности котла оно не превышает 10 % рабочего давления. Если это условие не соблюдается, то расчетное давление должно приниматься равным 90 % давления при полном открытии предохранительных клапанов.

4.1.7 Расчетное давление в трубопроводах воды после насосов должно приниматься равным 90 % максимального давления, создаваемого насосами при закрытых задвижках.

4.1.8 Во всех случаях величина расчетного давления должна приниматься не менее 0,2 МПа.

4.2 Расчетная температура

4.2.1 Под расчетной температурой стенки t следует понимать температуру металла, по которой выбирается величина допустимого напряжения для рассчитываемой детали котла или трубопровода.

4.2.2 Расчетную температуру стенки деталей, не обогреваемых горячими газами или надежно изолированных от обогрева извне, следует принимать равной температуре содержащейся в ней рабочей среды без учета допусков по отклонению температуры рабочей среды от номинальной, установленных ГОСТ 3619, ГОСТ 21563, ГОСТ 22530.

Детали считаются надежно изолированными, если обеспечены условия, при которых повышение средней температуры стенки от тепловосприятия извне не будет превышать 5 °С.

Для экранов это условие соблюдается, если просвет между экранными трубами или между плавниками труб не превышает 3 мм.

4.2.3 За расчетную температуру стенки обогреваемых деталей следует принимать среднеарифметическое значение температур наружной и внутренней поверхности стенки наиболее нагретой части детали, определенных теплотехническим расчетом или измерением.

4.2.4 Расчетную температуру стенки необогреваемых деталей котлов и трубопроводов следует принимать равной температуре среды на входе в расчетный элемент (при отсутствии внутри детали греющих теплообменников или при размещении в ней охлаждающего теплообменника) или равной температуре среды на выходе из детали (при размещении вне греющих теплообменников).

4.2.5 Если избыточное давление горячих газов превышает 0,1 МПа, то расчетная температура стенки обогреваемых деталей должна приниматься по тепловому расчету или по данным измерений температуры.

4.2.6 Расчетную температуру стенки деталей котлов и трубопроводов в пределах котла следует принимать не менее 250 °С.

Расчетную температуру стенки необогреваемых деталей котлов и трубопроводов допускается принимать ниже 250 °С по согласованию со специализированными научно-исследовательскими организациями.

4.3 Толщина стенки и прибавки

4.3.1 Расчетная толщина стенки s_R, вычисленная по формулам согласно ГОСТ 33965 должна определяться по заданным значениям расчетного давления и номинального допустимого напряжения с учетом ослабления отверстиями и/или сварными соединениями.

4.3.2 Номинальная толщина стенки s должна приниматься по расчетной толщине стенки с учетом прибавок, указанных в 4.3.5 и 4.3.6, с округлением до ближайшего большего размера, имеющегося в сортаменте толщин соответствующих полуфабрикатов. Допускается округление в меньшую сторону не более 3 % от принятой окончательно номинальной толщины стенки.

4.3.3 Допустимая толщина стенки $[s]$ должна определяться по расчетной толщине стенки с учетом эксплуатационной прибавки c_2, определяемой согласно 4.3.5 и 4.3.7.

4.3.4 Фактическая толщина стенки s_f, полученная непосредственными измерениям толщины готовой детали при операционном и/или эксплуатационном контроле, должна быть не менее допустимой

толщины стенки. Точность измерительного прибора, используемого при определении s_p, следует учитывать, если его погрешность превышает 1 %.

4.3.5 По назначению прибавки к расчетной толщине стенки следует подразделять:

- на прибавку c_1 (производственная прибавка), компенсирующую возможное понижение прочности детали в условиях изготовления детали за счет минусового отклонения толщины стенки полуфабриката, технологических утонений и др.;

- на прибавку c_2 (эксплуатационная прибавка), компенсирующую возможное понижение прочности детали в условиях эксплуатации за счет всех видов воздействия: коррозии, механического износа (эрозии) и др.

Утонение в результате абразивного износа труб учтено в приводимых значениях прибавки c_2 только при выборе скорости газов, ограничивающих чрезмерный износ согласно «Тепловому расчету котельных агрегатов. Нормативный метод». При большем износе прибавка на утонение из-за абразивного износа также должна приниматься согласно «Тепловому расчету».

Сумма прибавок $c = c_1 + c_2$ должна быть не менее минимальных значений, указанных согласно ГОСТ 33965 и относящихся к расчету конкретных деталей.

4.3.6 Производственная прибавка c_1 состоит из прибавки, компенсирующей минусовое отклонение c_{11}, и технологической прибавки c_{12}: $c_1 = c_{11} + c_{12}$.

Значение прибавки c_{11} следует определять по предельному минусовому отклонению толщины стенки, установленному стандартами или техническими условиями на полуфабрикаты; значение прибавки c_{12} должно определяться технологией изготовления детали и принимается по техническим условиям на изделие.

Для прямых труб и обечаек, подвергающихся на предприятии-изготовителе механической обработке, $c_{11} = 0$, для деталей, деформирование которых при изготовлении не приводит к ослаблению стенки заготовки, $c_{12} = 0$.

4.3.7 Эксплуатационная прибавка состоит из прибавок, компенсирующих понижение прочности по пароводяной стороне c_{21} и со стороны газов c_{22}.

Значение прибавки c_{21} для всех обогреваемых и необогреваемых деталей из аустенитных сталей, а также для труб наружным диаметром 32 мм и менее из углеродистой и теплоустойчивой сталей равно нулю. Для остальных деталей (труб наружным диаметром более 32 мм, коллекторов, барабанов, фасонных деталей и трубопроводов и других, изготавливаемых из углеродистой и теплоустойчивой сталей) значение прибавки c_{21} на расчетный ресурс 10^5 ч должно определяться по таблице 1.

При расчетном ресурсе более 10^5 ч прибавку c_{21} следует увеличить с учетом скорости коррозии; при ресурсе до $2 \cdot 10^5$ ч допускается принимать (впредь до уточнения) значение этой прибавки такой, как при ресурсе 10^5 ч.

При расчетном ресурсе менее 10^5 ч прибавку c_{21} допускается принимать уменьшенной пропорционально ресурсу.

Значение прибавки c_{22} для необогреваемых деталей равно нулю.

Таблица 1 — Значения прибавки c_{21}

Рабочая среда	Трубы диаметром свыше 32 до 76 мм включительно, мм	Остальные детали, мм
Вода, пароводяная смесь, насыщенный пар	0,5	1,0
Перегретый пар	0,3	0,5
Среда сверхкритических параметров	—	0,3
Примечание — Для гибов опускных, водоперепускных и необогреваемых труб для пароводяной смеси и насыщенного пара наружным диаметром более 76 мм при рабочем давлении котла от 8 до 20 МПа следует принимать прибавку c_{21} от 1 до 3 мм в зависимости от опыта эксплуатации котла данного типа; для труб наружным диаметром не менее 133 мм использование прибавки c_{21} менее 3 мм должно быть согласовано со специализированными научно-исследовательскими организациями.		

Значение прибавки c_{22} для обогреваемых деталей должно приниматься в зависимости от температуры наружной поверхности детали, вида топлива и металла детали. Для определения прибавки c_{22} температура наружной поверхности детали должна сравниваться с допустимой температурой, зна-

чения которой приведены в таблице 2. Расчетная температура наружной поверхности обогреваемых деталей, определяемая по тепловому расчету с учетом тепловой и гидравлической неравномерности, но без учета временного увеличения неравномерности обогрева, не должна превышать значений допустимой температуры [t].

Таблица 2 — Допустимая температура наружной поверхности с учетом продуктов сгорания [t], °С

Марка стали	Высокосернистые и сернистые мазуты	Эстонские сланцы	Остальные энергетические топлива, кроме новых
10	450	400	450
20	500	450	500
12ХМ, 12МХ, 15ХМ, 10CrMo910 (хролой)	550	530	550
12Х1МФ, 12Х2МФСР	585	540	585
12Х2МФБ	585	545	600
12Х11В2МФ	620	560	630
12Х18Н12Т, 12Х18Н10Т	610	610	640
Примечание — Допустимая температура наружной поверхности экранных труб из стали 12Х1МФ, расположенных в зоне максимальных тепловых нагрузок более 407 кВт/м^2 (350·10^3 ккал/(м^2·ч), при сжигании сернистых мазутов не должна превышать 545 °С с учетом запаса на межпромывочный период.			

Для необогреваемых участков труб из стали марок 12Х1МФ, 12Х2МФСР и 12Х2МФБ, соединяющих трубы поверхности нагрева из аустенитной стали с коллекторами из легированной стали, допускается температура стенки до 600 °С.

Значение прибавки c_{22} для ресурса 10^5 ч должно приниматься минимальным из условий:

при температуре наружной поверхности $t_s < ([t] - 40)$ °С

$$c_1 + c_2 \geq 0{,}5 \text{ мм};$$

при температуре согласно условию $([t] - 40)$ °С $< t_s \leq [t]$

$$c_1 + c_2 \geq 1{,}0 \text{ мм}.$$

Для обогреваемых углеродистых труб общего назначения (например, из стали марки Ст3) прибавка c_{22} должна приниматься не менее 0,4 мм независимо от температуры стенки, марки стали и категории качества.

Для стали марки 12Х18Н12Т при сжигании высокосернистых и сернистых мазутов и для сталей марок 12Х1МФ, 12Х2МФСР и 12Х2МФБ при сжигании эстонских сланцев допускается температура наружной поверхности деталей выше допустимой, но не более значений температуры, установленных для остальных энергетических топлив, при условии увеличения значения прибавки c_{22} на 0,5 мм в первом случае и на 0,3 мм во втором на каждые 10 °С повышения температуры.

Для ресурса эксплуатации менее 10^5 ч значение прибавки c_{22} к фактической толщине стенки допускается принимать пропорционально отношению данного ресурса к ресурсу в 10^5 ч.

При выборе расчетной температуры наружной поверхности труб экранов котлов сверхкритических параметров следует учитывать повышение этой температуры в течение межпромывочного периода.

Для труб, находящихся в теплом ящике энергетического котла, значения прибавки c_{22} должны приниматься равными 0,5 значения, определяемого для обогреваемых труб при той же расчетной температуре наружной поверхности.

Расчетная температура стенок труб в теплом ящике должна приниматься равной температуре рабочей среды с учетом неравномерностей ее распределения.

4.3.8 При вычислении и измерении толщины стенки в документацию следует записывать значение с округлением до 0,1 мм.

5 Допустимое напряжение

5.1 Под номинальным допускаемым напряжением [σ] следует понимать величину напряжения, используемую для определения расчетной толщины стенки детали или допустимого давления по принятым исходным данным и марке металла.

Приведенные в настоящем стандарте допустимые напряжения и указания по их выбору применимы для использования металлов и полуфабрикатов, которые определены в соответствии с требованиями, установленными в странах — членах ЕАСС[1)].

Уровень расчетных характеристик используемых металлов и полуфабрикатов должен быть подтвержден статистической обработкой данных испытаний, периодическим контролем качества продукции не реже одного раза в пять лет и положительным заключением специализированной научно-исследовательской организации в соответствии с требованиями, установленными в странах — членах ЕАСС[1)].

5.2 Номинальные допустимые напряжения для катаной или кованой стали марок, широко используемых в котлах и трубопроводах, следует принимать по таблицам 3—7.

Для промежуточных значений ресурса эксплуатации, указанных в таблицах, значение допустимого напряжения разрешается определять линейной интерполяцией ближайших значений между ресурсами с округлением до 0,5 МПа в меньшую сторону, если разница между этими значениями не превышает 20 % их среднего значения. В остальных случаях должно применяться «логарифмическое» интерполирование. Экстраполяция значений допустимых напряжений для ресурса менее 10^4 не допускается без согласования со специализированными научно-исследовательскими организациями.

Таблица 3 — Номинальные допустимые напряжения |σ| для углеродистой и марганцовистой сталей, не зависящие от расчетного ресурса, МПа

t, °С	Марка стали								
	Ст2кп	Ст3кп	Ст2сп, Ст2пс	Ст3сп, Ст3пс	Ст4пс, Ст4сп	Ст3Гпс	22К	14ГНМА	16ГНМ, 16ГНМА
От 20 до 50	124	133	130	140	145	150	170	180	190
150	106	115	112	125	129	134	155	179	181
200	95	111	100	117	121	125	147	175	176
250	80	102	86	107	111	115	140	171	172
275	—	—	78	102	106	109	135	170	169
300	—	—	70	96	98	103	130	169	167
320	—	—	—	—	—	—	126	164	165
340	—	—	—	—	—	—	122	161	163
350	—	—	—	—	—	—	120	159	161
360	—	—	—	—	—	—	—	157	159
370	—	—	—	—	—	—	—	155	157
380	—	—	—	—	—	—	—	152	154

[1)] В Российской Федерации в соответствии с требованиями Правил Госгортехнадзора.

Таблица 4 — Номинальные допустимые напряжения $|\sigma|$ для углеродистой и марганцовистой сталей, МПа

t, °С	Марка стали																		
	08, 10, 12К				15, 15К, 16К			20, 20К, 18К				16ГС, 09Г2С			10Г2С1, 17ГС, 17Г1С, 17Г1СУ			15ГС		
	Расчетный ресурс, ч																		
	10^4	10^5	$2\cdot10^5$	$3\cdot10^5$	10^4	10^5	$2\cdot10^5$	10^4	10^5	$2\cdot10^5$	$3\cdot10^5$	10^4	10^5	$2\cdot10^5$	10^4	10^5	$2\cdot10^5$	10^4	10^5	$2\cdot10^5$
От 20 до 100	—	130	—	—	—	140	—	—	147	—	—	—	170	—	—	177	—	—	185	—
200	—	120	—	—	—	130	—	—	140	—	—	—	150	—	—	165	—	—	169	—
250	—	108	—	—	—	120	—	—	132	—	—	—	145	—	—	156	—	—	165	—
275	—	102	—	—	—	113	—	—	126	—	—	—	140	—	—	150	—	—	161	—
300	—	96	—	—	—	106	—	—	119	—	—	—	133	—	—	144	—	—	153	—
320	—	92	—	—	—	101	—	—	114	—	—	—	127	—	—	139	—	—	145	—
340	—	87	—	—	—	96	—	—	109	—	—	—	122	—	—	133	—	—	137	—
350	—	85	—	—	—	93	—	—	106	—	—	—	120	—	—	131	—	—	133	—
360	—	82	—	82	—	90	—	—	103	—	103	—	117	—	—	127	—	—	129	—
380	—	76	76	71	—	85	85	—	97	97	88	—	112	112	—	121	121	—	121	121
400	73	73	66	60	80	80	72	92	92	78	71	107	107	95	113	113	96	113	113	96
410	70	68	61	55	77	72	65	89	86	70	63	104	97	83	107	102	85	107	102	85
420	68	62	57	50	74	66	58	86	79	63	56	102	87	73	102	90	75	102	90	75
430	66	57	51	45	71	60	52	83	72	57	50	98	76	63	97	78	65	97	78	65
440	63	51	45	40	68	53	45	80	66	50	44	95	68	55	92	70	55	92	70	55
450	61	46	38	35	65	47	38	77	59	46	39	89	62	46	88	63	46	88	63	46
460	58	40	33	29	62	40	33	74	52	38	34	83	54	38	82	54	38	82	54	38
470	52	34	28	24	54	34	28	64	46	32	28	71	46	32	71	46	32	71	46	32
480	45	28	22	18	46	28	22	56	39	27	24	60	—	—	60	—	—	60	—	—
490	39	24	—	—	40	24	—	49	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы 4

t, °С	Марка стали																			
	08, 10, 12К				15, 15К, 16К			20, 20К, 18К				16ГС, 09Г2С			10Г2С1, 17ГС, 17Г1С 17Г1СУ			15ГС		
	Расчетный ресурс, ч																			
	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$	$3{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$	$3{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$
500	33	20	—	—	34	20	—	41	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
510	26	—	—	—	—	—	—	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания

1 Выше черты приведены значения напряжений, определяемые по пределу текучести в зависимости от температуры.

2 Значения допустимых напряжений в колонках для ресурса 10^4 и $2{\cdot}10^5$ ч, отмеченные выше черты знаком «—», принимаются равными соответствующим значениям в колонке для ресурса 10^5 ч.

3 Значения допустимых напряжений, указанные ниже черты, соответствуют работе элементов в условиях ползучести и определены по пределу длительной прочности для соответствующего ресурса.

Таблица 5 — Номинальные допустимые напряжения $|\sigma|$ для теплоустойчивой стали, МПа

t, °С	Марка стали																	
	12ХМ, 12МХ				15ХМ				12Х1МФ				12Х2МФСР			15Х1МФ		
	Расчетный ресурс, ч																	
	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$	$3\ 10^5$	10^4	10^5	$2\ 10^5$	$3{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2\ 10^5$	$3{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2\ 10^5$	10^4	10^5	$2\ 10^5$	$3{\cdot}10^5$
От 20 до 150	—	147	—	—	—	153	—	—	—	173	—	—	—	167	—	—	192	—	—
250	—	145	—	—	—	152	—	—	—	166	—	—	—	160	—	—	186	—	—
300	—	141	—	—	—	147	—	—	—	159	—	—	—	153	—	—	180	—	—
350	—	137	—	—	—	140	—	—	—	152	—	—	—	147	—	—	172	—	—
400	—	132	—	—	—	133	—	—	—	145	—	—	—	140	—	—	162	—	—
420	—	129	—	—	—	131	—	—	—	142	—	—	—	137	—	—	158	—	—
440	—	126	—	—	—	128	—	—	—	139	—	—	—	134	—	—	154	—	—
450	—	125	—	—	—	127	—	—	—	138	—	138	—	133	—	—	152	—	—
460	—	123	123	123	—	125	125	125	—	136	136	130	—	131	131	—	150	150	150

Окончание таблицы 5

t, °С	Марка стали																		
	12ХМ, 12МХ				15ХМ				12Х1МФ				12Х2МФСР			15Х1МФ			
	Расчетный ресурс, ч																		
	10^4	10^5	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	10^4	10^5	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	10^4	10^5	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	10^4	10^5	$2 \cdot 10^5$	10^4	10^5	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$
480	120	120	102	90	122	122	113	103	133	133	120	107	128	128	119	146	145	130	123
500	116	95	77	64	119	105	85	76	130	113	96	88	121	106	97	140	120	108	100
510	114	78	60	53	117	85	72	62	120	101	86	79	115	94	87	137	107	96	90
520	107	66	49	43	110	70	58	50	112	90	77	72	105	85	79	125	96	86	80
530	93	54	40	35	97	56	44	39	100	81	69	65	95	78	70	111	86	77	72
540	77	43	—	—	80	45	35	31	88	73	62	58	87	70	63	100	78	69	65
550	60	—	—	—	62	35	26	23	80	66	56	52	80	63	56	90	71	63	58
560	—	—	—	—	52	27	—	—	72	59	50	46	72	57	50	81	64	57	52
570	—	—	—	—	42	21	—	—	65	53	44	41	65	52	45	73	57	51	47
580	—	—	—	—	—	—	—	—	59	47	39	36	59	46	41	66	52	46	43
590	—	—	—	—	—	—	—	—	53	41	35	32	53	41	36	60	47	42	39
600	—	—	—	—	—	—	—	—	47	37	31	29	47	37	33	54	43	38	35
610	—	—	—	—	—	—	—	—	41	33	—	—	41	33	28	48	40	—	—
620	—	—	—	—	—	—	—	—	35	—	—	—	35	—	—	43	—	—	—

Примечания

1 Выше черты приведены значения напряжений, определяемые по пределу текучести в зависимости от температуры.

2 Значения допустимых напряжений в колонках для ресурса 10^4, $2 \cdot 10^5$ и $3 \cdot 10^5$, отмеченные выше черты знаком «—», принимаются равными соответствующим значениям в колонке для ресурса 10^5 ч.

3 Значения допустимых напряжений, указанные ниже черты, соответствуют работе элементов в условиях ползучести и определены по пределу длительной прочности для соответствующего ресурса.

Таблица 6 — Номинальные допустимые напряжения $|\sigma|$ для высокохромистой и аустенитной сталей, МПа

t, °С	Марка стали									
	12Х11В2МФ			12Х18Н12Т, 12Х18Н10Т				09Х14Н19В2БР, 09Х16Н14В2БР, 10Х16Н16В2МБР		
	Расчетный ресурс, ч									
	10^4	10^5	$2\ 10^5$	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$	$3{\cdot}10^5$	10^4	10^5	$2{\cdot}10^5$
От 20 до 150	—	195	—	—	147	—	—	—	147	—
250	—	183	—	—	125	—	—	—	131	—
300	—	175	—	—	120	—	—	—	128	—
350	—	167	—	—	116	—	—	—	125	—
400	—	158	—	—	111	—	—	—	123	—
450	—	152	—	—	107	—	—	—	120	—
500	145	145	145	—	104	—	—	—	117	—
520	143	134	128	—	103	—	—	—	116	—
530	141	124	119	—	103	—	102	—	116	—
540	140	115	108	—	102	102	100	—	115	—
550	130	107	100	—	102	100	93	—	115	—
560	121	97	90	101	101	91	87	—	114	—
570	113	87	80	101	97	87	81	—	114	—
580	104	78	72	100	90	81	74	—	113	113
590	95	69	64	98	81	73	68	—	113	109
600	87	60	55	94	74	66	62	112	112	102
610	78	51	47	88	68	59	55	111	104	94
620	70	47	39	82	62	53	50	111	97	87
630	62	37	31	78	57	49	46	110	89	79
640	54	27	23	72	52	45	42	110	81	72
650	45	20	—	65	48	41	38	109	74	64
660	38	—	—	60	45	37	—	103	66	56
670	30	—	—	55	41	34	—	96	59	49
680	—	—	—	50	38	32	—	88	52	41
690	—	—	—	45	34	28	—	79	44	34
700	—	—	—	40	30	25	—	71	37	27

Примечания

1 Выше черты приведены значения напряжений, определяемые по пределу текучести в зависимости от температуры.

2 Значения допустимых напряжений в колонках для ресурса 10^4, $2{\cdot}10^5$ и $3{\cdot}10^5$ ч, отмеченные выше черты знаком «—», принимаются равными соответствующим значениям в колонке для ресурса 10^5 ч.

3 Значения допустимых напряжений, указанные ниже черты, соответствуют работе элементов в условиях ползучести и определены по пределу длительной прочности для соответствующего ресурса.

Таблица 7 — Номинальные допустимые напряжения $[\sigma]$ для стали 10Х9МФБ, МПа *(рекомендуемая)*

t, °С	Расчетный ресурс, ч		
	10^4	10^5	$2 \cdot 10^5$
От 20 до 150	—	167	–
250	—	160	—
300	—	157	—
350	—	154	—
400	—	151	—
450	—	148	—
470	—	147	147
480	146	146	143
490	145	138	132
500	145	127	122
520	127	108	102
540	109	90	83
550	100	83	78
560	92	76	71
570	85	69	65
580	78	63	57
590	71	58	53
600	65*	52*	48*
610	62*	50*	—
620	60*	48*	—
630	57*	45*	—
640	55*	43*	—
650	52*	41*	—

Примечания

1 Выше черты приведены значения допустимых напряжений, определяемые по пределу текучести в зависимости от температуры.

2 Значения допустимых напряжений в колонках для ресурса 10^4 и $2 \cdot 10^5$ ч, отмеченные выше черты знаком «—», принимаются равными соответствующим значениям в колонке для ресурса 10^5 ч.

3 Значения допустимых напряжений, указанные ниже черты, соответствуют работе элементов в условиях ползучести и определены по пределу длительной прочности для соответствующего ресурса.

4 Значения допустимых напряжений со знаком «*» получены экстраполяцией с малых по времени баз испытаний и должны быть откорректированы с учетом требований подраздела 5.1.

Допустимые напряжения для сталей иностранных марок, допущенных к применению в соответствии с требованиями, установленными в странах — членах ЕАСС[1)], должны устанавливаться специализированными научно-исследовательскими организациями. Для стали 2.1/4 Cr1Mo (10CrMo910 для труб по ДИН 17175 и для листа по ДИН 17155) могут быть использованы значения допустимых напряжений, приведенные в таблице 8.

[1)] В Российской Федерации в соответствии с требованиями Правил Госгортехнадзора.

Таблица 8 — Номинальные допустимые напряжения для стали 2.1/4 Cr1Mo (10CrMo910) на расчетный ресурс 10^5 ч.

t, °С	[σ], МПа	t, °С	[σ], МПа
20 —100	180	480	123
200	163	500	96
250	160	520	73
300	153	540	53
350	146	560	38
400	140	580	28
450	133		

5.3 Для сталей марок, не приведенных в таблицах 3—6, и для других металлов допущенных к применению в соответствии с требованиями, установленными в странах — членах ЕАСС[1)], номинальное допустимое напряжение следует принимать равным наименьшему из приведенных в таблице 9 значений, полученных в результате деления соответствующей расчетной характеристики прочности металла при растяжении на соответствующий запас прочности по данной характеристике.

При выполнении контрольных расчетов деталей, изготовленных из стали 12ХМФ допускается использовать значения допустимых напряжений, приведенных в таблицах 3—6 для стали 12Х1МФ.

5.4 В качестве расчетных характеристик прочности металла следует принимать:

- временное сопротивление при растяжении σ_B;
- предел текучести $\sigma_{T/t}$ или условный предел текучести $\sigma_{0,2/t}$, $\sigma_{1,0/t}$;
- условный предел длительной прочности $\sigma_{10^4/t}$, $\sigma_{10^5/t}$, $\sigma_{2\times10^5/t}$, $\sigma_{3\times10^5/t}$;
- условный предел ползучести $\sigma_{1/10^5/t}$;

Значения характеристик σ_B, $\sigma_{T/t}$, $\sigma_{0,2/t}$ и $\sigma_{1,0/t}$ следует принимать равными минимальным значениям, установленным в соответствующих стандартах или технических условиях для металла данной марки.

Значения характеристик $\sigma_{10^4/t}$, $\sigma_{10^5/t}$, $\sigma_{2\times10^5/t}$, $\sigma_{3\times10^5/t}$ и $\sigma_{1/10^5/t}$ следует принимать равными средним значениям, установленным в соответствующих стандартах или технических условиях для металла данной марки.

Таблица 9 — Формулы для определения номинального допустимого напряжения [σ], не зависящего от расчетного ресурса, или для расчетного ресурса 10^5 ч

Материал	Формула
Углеродистая и теплоустойчивая сталь[1)]	$\frac{\sigma_B}{2,4}; \frac{\sigma_{0,2/t}}{1,5}; \frac{\sigma_{1,0^5/t}}{1,5}; \frac{\sigma_{1/1,0^5/t}}{1,0}$
Аустенитная хромоникелевая сталь	$\frac{\sigma_B}{3,0}; \frac{\sigma_{1,0/t}}{1,5}; \frac{\sigma_{1,0^5/t}}{1,5}; \frac{\sigma_{1/1,0^5/t}}{1,0}$
Чугун с шаровидным графитом при $\delta_5 \geq 12$ % после отжига	$\frac{\sigma_B}{4,8}; \frac{\sigma_{0,2}}{3,0}$
Чугун с пластинчатым графитом, ковкий чугун и чугун с шаровидным графитом при $\delta_5 < 12$ %:	
после отжига	$\frac{\sigma_B}{7,0}$ [3)]
без отжига	$\frac{\sigma_B}{9,0}$ [3)]

[1)] В Российской Федерации в соответствии с требованиями Правил Госгортехнадзора.

Окончание таблицы 9

Материал	Формула
Медь и медные сплавы	$\frac{\sigma_B}{3,5}$ [4], $\frac{\sigma_B}{2,4}$, $\frac{\sigma_{1,0/t}}{1,5}$, $\frac{\sigma_{1,0^5/t}}{1,5}$

[1] Для углеродистой и теплоустойчивой стали повышенной прочности (σ_B > 490 МПа и минимальное относительное удлинение δ_5 < 20 %) запас прочности по пределу текучести следует увеличить на 0,025 на каждый процент уменьшения относительного удлинения ниже 20 %.

[2] Характеристики прочности должны определяться без учета термического и механического упрочнения. Условие неприменимо для деталей, в которых недопустима пластическая деформация (фланцы, шпильки). Допускается использовать минимальное значение условного предела текучести при остаточной деформации 0,2 % с запасом 1,15.

[3] При расчете на изгиб допустимые напряжения принимаются уменьшенными на 50 %.

[4] Условие используется, если в стандартах или технических условиях на металл отсутствуют гарантируемые значения σ_B, $\sigma_{1,0/t}$, $\sigma_{10^5/t}$.

Отклонения характеристик в меньшую сторону допускаются не более чем на 20 % среднего значения.

Допускается использование $\sigma_{T/t}$, вместо $\sigma_{0,2/t}$, если в стандартах или технических условиях на металл нормированы значения $\sigma_{T/t}$ и отсутствуют нормированные значения $\sigma_{0,2/t}$.

Уровень расчетных характеристик используемых металлов и полуфабрикатов должен быть подтвержден статистической обработкой данных испытаний, периодическим контролем качества продукции и положительным заключением специализированной научно-исследовательской организации в соответствии с требованиями, установленными в странах — членах ЕАСС[1].

5.5 Для стальных отливок номинальное допустимое напряжение следует принимать равным следующим величинам:

85 % от значений допустимого напряжения, определенного согласно таблицам 3—6 для одноименной марки катаной или кованой стали, если отливки подвергаются сплошному неразрушающему контролю;

75 % от указанных в таблицах 3—6 значений, если отливки не подвергаются сплошному неразрушающему контролю.

5.6 Для стальных деталей, работающих в условиях ползучести при разных за расчетный ресурс расчетных температурах, за допустимое разрешается принимать напряжение $[\sigma]_e$, вычисленное по формуле

$$[\sigma]_e = \frac{[\sigma]_1}{\left[\sum \frac{\tau_i}{\tau_0}\left(\frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_i}\right)^m\right]^{\frac{1}{m}}}$$

где $\tau_1, \tau_2, ..., \tau_n$ — длительность периодов эксплуатации деталей с температурой стенки соответственно $t_1, t_2, ..., t_n$, ч;

$[\sigma]_1, [\sigma]_2, ..., [\sigma]_n$ — номинальные допустимые напряжения для расчетного ресурса при температурах $t_1, t_2, ..., t_n$, МПа;

$\tau_0 = \sum \tau_1$ — общий расчетный ресурс, ч;

m — показатель степени в уравнении длительной прочности стали.

Для углеродистых, низколегированных хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых, а также для аустенитных сталей допускается принимать m, равным 8. Периоды эксплуатации при разной температуре стенки рекомендуется принимать по интервалам температуры в 5 °С или 10 °С.

[1] В Российской Федерации в соответствии с требованиями Правил Госгортехнадзора.

Определение эквивалентных напряжений по приведенной упрощенной методике рекомендуется принимать для интервала температур не более 30 °С. При необходимости определения эквивалентных допустимых напряжений для интервала температур более 30 °С следует использовать среднее значение показателя степени согласно данным экспериментальных исследований с базой испытаний не менее 0,1 от ресурса, но не менее 10^4 ч.

5.7 Расчетные характеристики прочности и номинальные допустимые напряжения следует принимать для расчетных температур стенки, определенных согласно 4.4.

5.8 При определении допустимой величины пробного давления допустимое напряжение должно приниматься согласно таблице 10.

Таблица 10 — Формулы для определения допустимого напряжения при вычислении пробного давления

Материал	Формула
Углеродистая, теплоустойчивая и аустенитная сталь (катаная и кованая)	$\frac{\sigma_{0,2}}{1,1}$
Стальные отливки	$\frac{\sigma_{0,2}}{1,4}$
Отливки из чугуна с шаровидным графитом при $\delta_5 \geq 12$ %	$\frac{\sigma_B}{2,4}\ \frac{\sigma_{0,2}}{1,5}$
Отливки из чугуна с пластинчатым графитом, из ковкого чугуна и чугуна с шаровидным графитом при $\delta_5 < 12$ %	$\frac{\sigma_B}{3,5}$
Медь и медные сплавы	$\frac{\sigma_B}{2,0}\ \frac{\sigma^*_{1,0/t}}{1,1}$
* Условие используется, если в стандартах или технической документации на металл характеристики нормированы.	

5.9. При расчете стальных деталей, работающих под наружным давлением, допустимое напряжение должно быть уменьшено в 1,2 раза по сравнению со случаем, когда используются формулы расчета по внутреннему давлению (например, для дымогарных труб).

УДК 621.18:006.354 МКС 27.010 ОКП 31 1000

Ключевые слова: котлы стационарные водотрубные, общие положения, расчетная температура, расчетное давление, допустимое напряжение, номинальное допустимое напряжение для стали, марки стали для котлостроения

Редактор *А.П. Корпусова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 15.03.2017. Подписано в печать 17.04.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10. Тираж 30 экз. Зак. 510.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва. Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru