ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70432— 2023

ТРУБОПРОВОДЫ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫЕ ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННОМУ ИЗНОСУ

Методики расчета допустимых и прогнозируемых толщин стенок

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Всероссийский Научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (АО «ВНИИАЭС»)

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 июля 2023 г. № 574-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 «Институт стандартизации», 2023

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 и определения 2
4 Обозначения и сокращения 2
5 Основные положения 3
6 Методики расчета допустимых и прогнозируемых толщин стенок детали и сборочной единицы трубопроводов атомных станций, подверженных эрозионно-коррозионному износу 6
Приложение А (обязательное) Определение расчетной толщины стенки детали и сборочной единицы трубопроводов атомных станций от действия внутреннего давления 12
Библиография 13

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТРУБОПРОВОДЫ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫЕ ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННОМУ ИЗНОСУ

Методики расчета допустимых и прогнозируемых толщин стенок

Pipelines of nuclear power plants subject to flow accelerated corrosion.
Methods for calculating allowable and predicted wall thicknesses

Дата введения — 2023—08—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на основной металл трубопроводов атомных станций:

- номинальными диаметрами от 14 до 1620 мм;
- эксплуатирующиеся: при температуре от 40 °С до 350 °С, при внутреннем избыточном давлении от 0,3 до 22,0 МПа, со скоростью потока среды более 2 м/с;
- относящиеся к классам безопасности 2, 3, 4, согласно федеральным нормам и правилам в области использования атомной энергии [1];
- изготовленные из углеродистых, кремнемарганцовистых сталей, а также легированных сталей с массовой долей хрома менее 1 % [2];
- подверженные эрозионно-коррозионному износу и предназначенные для транспортирования пара или горячей воды.

1.2 Настоящий стандарт устанавливает методики расчета допустимых (по условиям прочности) и прогнозируемых (на основе анализа данных неразрушающего контроля) толщин стенок трубопроводов атомных станций, указанных в 1.1.

1.3 Настоящий стандарт применяют на стадии эксплуатации (включая стадию продленного срока службы) трубопроводов атомных станций, измерение толщины стенки которых определено федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [3], программами управления ресурсом, согласно федеральным нормам и правилам в области использования атомной энергии [4] и [5], и на основании опыта эксплуатации трубопроводов атомных станций.

1.4 Стандарт не распространяется на трубопроводы атомных станций, подлежащие обязательному расчету на сопротивление хрупкому разрушению согласно ГОСТ Р 59115.9.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 50.05.03—2018 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль и измерение толщины монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий

ГОСТ Р 59115.7 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Прибавки к толщине стенки на сплошную коррозию

ГОСТ Р 59115.9 Обоснование прочности оборудования и трубопровода атомных энергетических установок. Поверочный расчет на прочность

ГОСТ Р 59115.11 Обоснование прочности оборудования и трубопровода атомных энергетических установок. Поверочный расчет на постпроектных стадиях

ГОСТ Р 59115.15—2021 Обоснование прочности оборудования и трубопровода атомных энергетических установок. Расчет на прочность типовых узлов трубопроводов

Издание официальное

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.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **допустимая толщина стенки** (permissible wall thickness): Толщина стенки детали и сборочной единицы трубопровода атомной станции, которая рассчитана по условиям прочности.

3.2 **измеренная толщина стенки** (measured wall thickness): Значение толщины стенки детали и сборочной единицы трубопровода атомной станции, определенное по результатам косвенных измерений методами неразрушающего контроля.

Примечание — Выполнение измерений — согласно требованиям [6].

3.3 **номинальная толщина стенки** (nominal wall thickness): Толщина стенки детали и сборочной единицы трубопровода атомной станции согласно конструкторской и проектной документации, относительно которой определяются отклонения толщины стенки.

3.4 **прогнозируемая толщина стенки** (predicted wall thickness): Прогнозируемое значение толщины стенки детали и сборочной единицы трубопровода атомной станции на момент следующего планируемого неразрушающего контроля металла, рассчитанное с учетом утонения.

3.5 **расчетная толщина стенки** (calculating wall thickness): Толщина стенки детали и сборочной единицы трубопровода атомной станции, определенная по выбору основных размеров, от действия внутреннего давления при нормальных условиях эксплуатации.

3.6 **утонение** (thinning): Значение, на которое уменьшилась толщина стенки детали и сборочной единицы трубопровода атомной станции с момента начала эксплуатации.

3.7 **эрозионно-коррозионный износ** (flow accelerated corrosion): Утонение стенки детали и сборочной единицы трубопровода атомной станции, вызванное потоком среды и коррозией.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

c_2 — прибавка толщины стенки на сплошную коррозию, мм;

c_3 — технологическая прибавка толщины стенки для колена (гнутого отвода), мм;

D_a — внешний диаметр, мм;

i — номер неразрушающего контроля;

f — количество измерений в одном неразрушающем контроле;

K — коэффициент кривизны поверхности;

L_z — протяженность области расчетного моделирования в осевом направлении, мм;

L_θ — протяженность области расчетного моделирования в окружном направлении, мм;

m — протяженность утонения, мм;

N — назначенный срок эксплуатации, год;

p — внутреннее давление, МПа;

R_s — радиус кривизны колена (гнутого отвода), мм;

$s^{мин}_{изм\ i}$ — минимальная измеренная толщина стенки при i неразрушающем контроле, мм;

$s^{мин}_{изм\ i+1}$ — минимальная измеренная толщина стенки при i + 1 неразрушающем контроле, мм;

$s^{мин}_{изм\ 1}$ — минимальное значение измеренной толщины стенки первого контроля, мм;

$s^{мин}_{изм\ 2}$ — минимальное значение измеренной толщины стенки второго контроля, мм;

$s_{ном}$ — номинальная толщина стенки, мм;

$s_{раст}$ — толщина стенки при расточке, согласно документам по стандартизации на изготовление, мм;

$s^{+}_{\%}$ — максимально возможное положительное отклонение толщины стенки от номинального значения, мм;

$s^{-}_{\%}$ — максимально возможное отрицательное отклонение толщины стенки от номинального значения, согласно документам по стандартизации на изготовление, мм;

s_t — прогнозируемая толщина стенки, мм;

$[s]$ — допустимая толщина стенки, мм;

$[s]_p$ — расчетная толщина стенки, мм;

t — прогнозируемое время проведения следующего неразрушающего контроля, год;

T — температура, °С;

ϑ — средняя скорость потока среды, м/с;

W_s — скорость эрозионно-коррозионного износа металла стенки, мм/год;

α — угол образования конуса, рад;

$[\sigma]$ — допускаемое напряжение, МПа;

$\sigma_p([s]_p)$ — величина мембранных напряжений от действия внутреннего давления с учетом равномерного утонения, МПа;

τ_i — эффективное время между началом эксплуатации и проведением неразрушающего контроля, год;

τ_{01} — эффективное время между началом эксплуатации и проведением первого неразрушающего контроля, год;

τ_{12} — эффективное время эксплуатации между первым и вторым неразрушающими контролями, год;

$П_i$ — погрешность измерения, мм;

$П_{i+1}$ — погрешность измерений i + 1 неразрушающего контроля, мм;

$П_1$ — погрешность измерений первого неразрушающего контроля, мм;

$П_2$ — погрешность измерений второго неразрушающего контроля, мм;

АС — атомная станция;

НК — неразрушающий контроль;

ЭКИ — эрозионно-коррозионный износ.

5 Основные положения

5.1 При определении допустимой толщины стенки $[s]$ и прогнозируемой толщины стенки s_t необходимо трубопровод АС подразделять на детали и сборочные единицы трубопровода АС и относить к одному из следующих типов: прямой участок, колено, отвод (гнутый, секторный), переход (конусный), тройник, штуцер и присоединенные к ним прямые участки.

5.2 Для проведения расчета допустимой толщины стенки $[s]$ и прогнозируемой толщины стенки s_t детали и сборочной единицы трубопроводов АС необходимы следующие данные:

- наименование детали и сборочной единицы трубопровода АС;
- геометрические размеры (внешний диаметр D_a, номинальная толщина стенки $s_{ном}$, радиус кривизны колена (гнутого отвода) R_s, угол образования конуса α);
- параметры среды (внутреннее давление p, температура T, средняя скорость потока среды ϑ);
- результаты проведения НК (результаты измерений толщин стенок, согласно требованиям [6], погрешность измерения $П_i$ согласно 6.1.2 и дата проведения НК);
- акт дефектного узла (при наличии);
- типовая программа (при наличии);
- сведения о марке стали или сертификатные данные (при наличии) о механических свойствах металла детали и сборочной единицы трубопроводов АС;
- эффективные часы работы детали и сборочной единице трубопровода АС;
- дата проведения ремонта или замены (реконструкции трубопровода);
- расчетные напряжения, возникающие в детали и сборочной единице трубопровода АС в процессе эксплуатации.

5.3 При расчете допустимой толщины стенки $[s]$ и прогнозируемой толщины стенки s_t детали и сборочной единицы трубопровода АС необходимо выполнить действия, приведенные в 5.4 — 5.13 (см. рисунок 1).

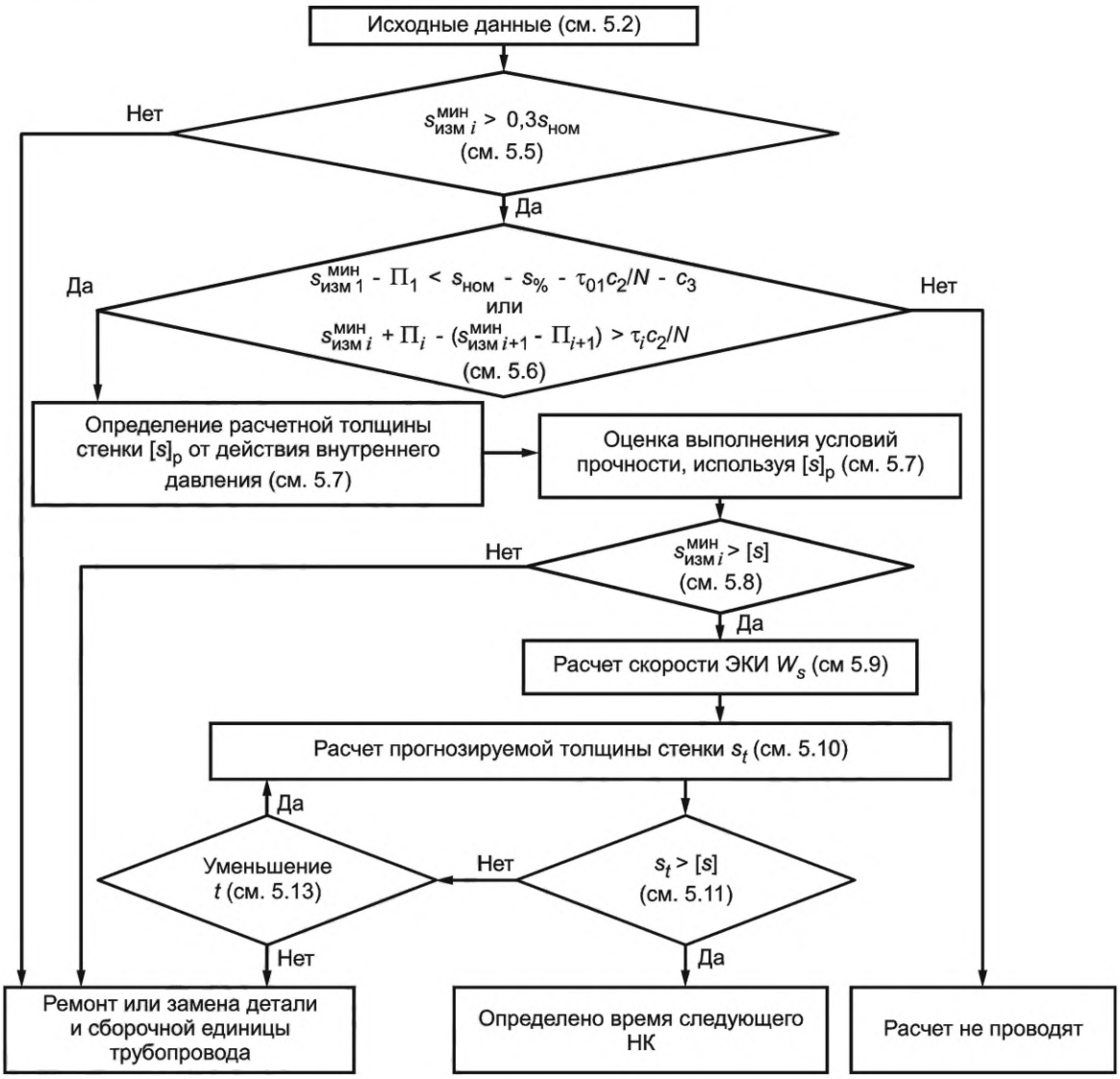


Рисунок 1 — Схема проведения расчета

5.4 Для детали и сборочной единицы трубопровода АС, в соответствии с 6.1, необходимо определить минимальную измеренную толщину стенки $s^{мин}_{изм\,i}$, погрешность измерений $П_i$ и время эксплуатации между началом эксплуатации и проведением НК τ_i.

5.5 На основании полученного значения минимальной измеренной толщины стенки $s^{мин}_{изм\,i}$ детали и сборочной единицы трубопровода АС определяют выполнение критерия анализа исходных данных, в соответствии с 6.1.3, для расчета прогнозируемой толщины стенки на s_t. При невыполнении критерия анализа результатов НК по 6.1.3 дальнейшая эксплуатация детали и сборочной единицы трубопровода АС не допускается, требуется ремонт или замена.

5.6 Проверяют утонение стенки детали и сборочной единицы трубопровода АС с момента начала эксплуатации:

- по результатам одного НК — определяют по критерию, приведенному в 6.2.2, учитывающему: прибавку толщины стенки на сплошную коррозию c_2, технологическую прибавку толщины стенки для колена (гнутого отвода) c_3 и максимально возможное отрицательное отклонение толщины стенки от номинального значения $s_{\%}^{-}$;

- по двум и более результатам НК — определяют по критерию, приведенному в 6.2.7.

Если критерии, приведенные в 6.2.2 или 6.2.7, не выполняются, то утонение не обнаружено и определение допустимой толщины стенки [s] и прогнозируемой толщины стенки s_t не проводят. В противном случае проводят расчет допустимой толщиной стенки [s] детали и сборочной единицы трубопровода в соответствии с 6.3.

5.7 Рассчитывают значение допустимой толщины стенки [s] детали и сборочной единицы трубопровода АС согласно 6.3:

- определяют расчетную толщину стенки $[s]_p$, согласно 6.3.3 — 6.3.5, по результатам расчета выбирают минимальное значение расчетной толщины стенки $[s]_p$;

- оценивают выполнение условий прочности, используя полученную расчетную толщину стенки $[s]_p$, согласно 6.3.6 — 6.3.9;

- при выполнении условий прочности по видам расчетов 6.3.6 — 6.3.9 устанавливают значение допустимой толщины стенки [s], равной расчетной толщине стенки $[s]_p$.

5.8 Если минимальная измеренная толщина стенки $s^{мин}_{изм\,i}$ менее или равна допустимой толщины стенки [s] [см. условие (1)], то дальнейшая эксплуатация детали и сборочной единицы трубопровода не допускается, требуется ремонт или замена детали и сборочной единицы трубопровода АС

$$s^{мин}_{изм\,i} \le [s]. \qquad (1)$$

В противном случае необходимо провести расчет прогнозируемой толщины стенки s_t детали и сборочной единицы трубопровода АС согласно 6.4 и 6.5.

5.9 Определяют скорость ЭКИ W_s детали и сборочной единицы трубопровода АС, согласно 6.4.

5.10 Определяют прогнозируемую толщину стенки s_t в соответствии с прогнозируемым временем проведения следующего НК t детали и сборочной единицы трубопровода АС согласно 6.5.

5.11 Сравнивают прогнозируемую толщину стенки s_t с допустимой толщиной стенки [s]:

- если $s_t > [s]$, то прогнозируемая толщина стенки s_t находится в пределах допустимых значений, следовательно, возможна дальнейшая эксплуатация детали и сборочной единицы трубопровода АС в пределах прогнозируемого времени проведения следующего НК t;

- если $s_t \le [s]$, то необходимо уменьшить прогнозируемое время проведения следующего НК t и провести повторный расчет прогнозируемой толщины стенки s_t детали и сборочной единицы трубопровода АС.

5.12 При пересмотре прогнозируемого времени проведения следующего НК t детали и сборочной единицы трубопровода АС необходимо учитывать:

- график планово-предупредительного ремонта, сформированный в порядке, установленном эксплуатирующей организацией;

- требования федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [3] на стадии эксплуатации;

- требования федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [3], [4], [7] на стадии продленного срока службы.

5.13 Если уменьшенное прогнозируемое время проведения следующего НК t менее, чем по условиям 5.12, то следует провести ремонт или замену детали и сборочной единицы трубопровода АС.

6 Методики расчета допустимых и прогнозируемых толщин стенок детали и сборочной единицы трубопроводов атомных станций, подверженных эрозионно-коррозионному износу

6.1 Анализ исходных данных

6.1.1 Минимальную измеренную толщину стенки $s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i}$ детали и сборочной единицы трубопровода АС определяют как наименьшее значение из результатов измеренных толщин стенок $s_{\text{изм}\,1}$, $s_{\text{изм}\,2}$, … ,$s_{\text{изм}\,f}$, содержащихся в заключении (протоколе) НК:

$$s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i} = \min \{s_{\text{изм}\,1}, s_{\text{изм}\,2}, \dots , s_{\text{изм}\,f}\}. \quad (2)$$

6.1.2 Погрешность измерений $П_i$ принимают по данным, приведенным в заключении (протоколе) НК исследуемой детали и сборочной единицы трубопровода АС, при отсутствии данных погрешность измерения $П_i$ принимают в соответствии с разделом 7 ГОСТ Р 50.05.03—2018.

6.1.3 Если нарушается следующий критерий, то деталь и сборочная единица трубопровода АС подлежат ремонту или замене:

$$s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i} > 0{,}3s_{\text{ном}}. \quad (3)$$

6.2 Критерии наличия утонения толщины стенки

6.2.1 Для детали и сборочной единицы трубопровода АС критерии утонения толщины стенки с момента начала эксплуатации определяют неравенствами (4) и (5).

6.2.2 Если в зоне контроля детали и (или) сборочной единицы трубопровода АС измерения толщины проводились один раз от момента начала эксплуатации, то наличие утонения толщины стенки с момента начала эксплуатации определяют следующим неравенством:

$$s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,1} - П_1 < s_{\text{ном}} - \bar{s}_{\%} - \frac{\tau_{01}}{N} c_2 - c_3. \quad (4)$$

6.2.3 Максимально возможное отрицательное отклонение толщины стенки от номинальной $\bar{s}_{\%}$ определяют согласно проектно-конструкторской документации или документами по стандартизации на изготовление.

6.2.4 Прибавку на сплошную коррозию c_2 определяют для классов безопасности 2 и 3 в соответствии с ГОСТ Р 59115.7, для класса безопасности 4 определяют согласно проектно-конструкторской документации. Если для класса безопасности 4 данные отсутствуют, то прибавку на сплошную коррозию c_2 необходимо определять в соответствии с ГОСТ Р 59115.7.

6.2.5 Если участок трубопровода не является коленом или гнутым отводом, то $c_3 = 0$.

6.2.6 Для колена и гнутых отводов, изготовляемых на трубогибочном оборудовании методом наматывания на сектор, если технологическая прибавка c_3 неизвестна, то принимают:

- для труб поверхностей нагрева $c_3 = \left(\frac{1}{1+2{,}5R_s / D_a}\right) s_{\text{ном}}$;

- для остальных труб $c_3 = \left(\frac{1}{1+2R_s / D_a}\right) s_{\text{ном}}$;

- для штампованных колен, изготовляемых в закрытых штампах, или гибов, изготовляемых на станках с нагревом токами высокой частоты и осевым поджатием, $0{,}05s_{ном} \le c_3 \le 0{,}1s_{ном}$;

- для гнутых отводов, изготовляемых на рогообразных сердечниках, $c_3 = 0$;

- для штампованных колен с расположением двух продольных сварных швов по внутренней и внешней сторонам колена $0{,}05s_{ном} \le c_3 \le 0{,}1s_{ном}$;

- для штампованных колен с расположением сварного шва в нейтральной зоне колена $0{,}05s_{ном} \le c_3 \le 0{,}1s_{ном}$.

6.2.7 Если измерение толщины проводилось два или более раз от момента начала эксплуатации (в различный период времени) детали и сборочной единицы трубопровода АС, то наличие утонения толщины стенки определяют следующим неравенством:

$$s^{мин}_{изм\ i} - П_i - \left(s^{мин}_{изм\ i+1} - П_{i+1}\right) > \frac{\tau_i}{N} c_2. \quad (5)$$

Если для детали и сборочной единицы трубопровода АС по неравенству (5) было определено утонение толщины стенки с момента начала эксплуатации, то необходимо проводить расчет согласно 6.3 — 6.5.

Если разность толщин стенок $s^{мин}_{изм\ i}$ и $s^{мин}_{изм\ i+1}$ детали и сборочной единицы АС не превышает погрешность измерения $П_i$, то расчет не проводят.

6.3 Расчет допустимой толщины стенки деталей и сборочных единиц трубопроводов атомных станций

6.3.1 Для расчета допустимой толщины стенки [s] детали и сборочной единицы трубопровода АС с утонением необходимо:

а) определить расчетную толщину стенки $[s]_р$ от действия внутреннего давления, с учетом размеров области расчетного моделирования и формы по 6.3.2 — 6.3.5, характерных для механизма ЭКИ. Для класса безопасности 4 допускается определять расчетную толщину стенки $[s]_р$ по приложению А;

б) оценить расчетную толщину стенки $[s]_р$ согласно условиям прочности по видам расчетов, приведенных в 6.3.6 — 6.3.9. При оценке выполнения условий прочности необходимо учитывать:

- категории напряжений, в соответствии с ГОСТ Р 59115.9;

- размеры области расчетного моделирования и формы 6.3.2 — 6.3.5;

в) при выполнении условий прочности по видам расчетов, приведенных в 6.3.6 — 6.3.9, расчетную толщину стенки $[s]_р$ принимают равной допустимой толщине стенки [s].

6.3.2 Моделирование утонения прямого участка, колена, отвода (гнутого, секторного) и перехода (конусный) проводят в соответствии с моделями утонений по 6.3.3. Для штуцера и тройника моделирование утонения представляют в виде прямого участка, ослабленного отверстием, размер которого соответствует врезаемому трубопроводу для штуцера или ответвлению присоединенного трубопровода для тройника.

6.3.3 При определении расчетной толщины стенки $[s]_р$ необходимо моделировать утонение стенки детали и сборочной единицы трубопровода АС пошагово с увеличением глубины утонения относительно толщины стенки до достижения допускаемых напряжений от действия внутреннего давления при нормальных условиях эксплуатации. Форму моделируют в виде утонений, представленных на рисунке 2:

а) утонение, моделируемое в виде усеченной сферы, в первом случае, с диаметром, равным половине от внутреннего диаметра и, во втором случае, с диаметром, равным внутреннему диаметру детали и сборочной единицы трубопровода АС. Расчет необходимо проводить в двух вариантах;

б) утонение по окружности сечения трубопровода со смещением центра, моделируемое как смещение центра внутренней окружности с одновременным ее увеличением;

в) равномерное утонение по окружности.

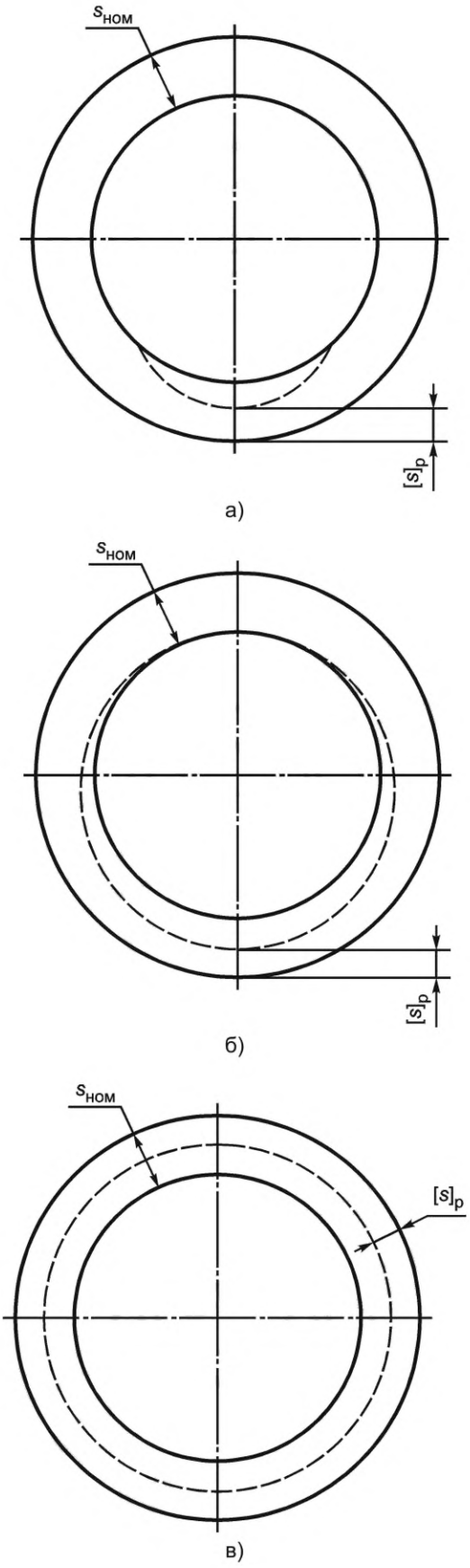


Рисунок 2 — Модели утонения детали и сборочной единицы трубопровода АС

6.3.4 Если допустимая толщина стенки $[s] \le 0{,}3s_{ном}$, то принимают $[s] = 0{,}3s_{ном}$.

6.3.5 При определении расчетной толщины стенки $[s]_p$ детали и сборочной единицы трубопровода АС необходимо учитывать ограничения размеров области расчетного моделирования:

- в окружном направлении

$$s_{ном} \le L_\theta \le \pi D_a; \quad (6)$$

- в осевом направлении

$$s_{ном} \le L_z \le 4\sqrt{2D_a s_{ном}}. \quad (7)$$

Если область расчетного моделирования стенки детали и сборочной единицы трубопровода АС по результатам НК:

- умещается в одной из областей шириной, равной размеру $s_{ном}$ (см. рисунок 3), то расчет не проводят;

- более $4\sqrt{2D_a s_{ном}}$, то утонение предполагается равномерным и поверочный расчет на прочность проводят по ГОСТ Р 59115.11.

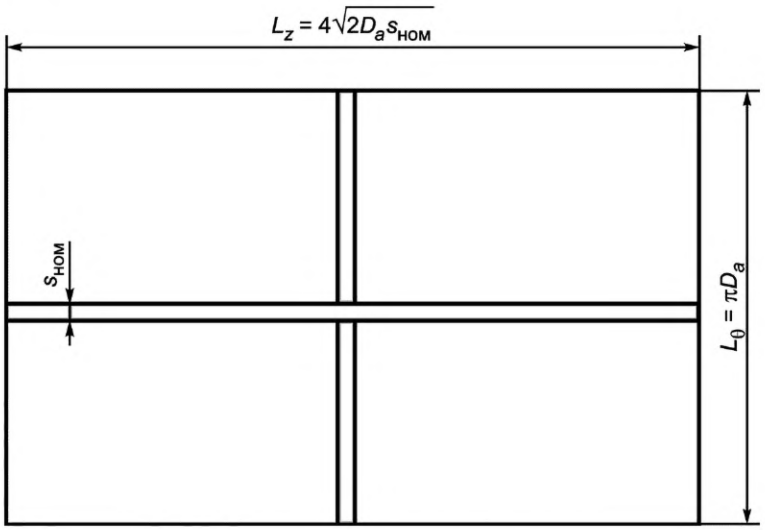


Рисунок 3 — Область расчетного моделирования детали и сборочной единицы трубопровода АС

6.3.6 Расчетную толщину стенки $[s]_p$ детали и сборочной единицы трубопровода АС оценивают по условиям прочности по следующим видам расчета:

а) расчет на статическую прочность;

б) расчет на циклическую прочность;

в) расчет на внешние динамические воздействия;

г) расчет на вибропрочность;

д) расчет на устойчивость;

е) расчет на прочность при гидроударах.

Расчет на вибропрочность не проводят при выполнении условий по ГОСТ Р 59115.11.

Расчет на устойчивость проводят в том случае, если деталь и (или) сборочная единица трубопровода АС нагружается внешним избыточным давлением.

6.3.7 Условия прочности для классов безопасности 2 и 3 принимают в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [8], ГОСТ Р 59115.9, ГОСТ Р 59115.11, ГОСТ Р 59115.15, для класса безопасности 4 — в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [5], федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности [9], при отсутствии документов по стандартизации для класса

безопасности 4 необходимо использовать документы по стандартизации для классов безопасности 2 и 3, в части применения методических подходов ГОСТ Р 59115.9, ГОСТ Р 59115.11, ГОСТ Р 59115.15.

6.3.8 Расчет напряженно-деформированного состояния детали и сборочной единицы трубопровода АС классов безопасности 2 и 3 проводят в упругой постановке, с учетом расчетных нагрузок и воздействий, в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [8], ГОСТ Р 59115.9 и ГОСТ Р 59115.11, от следующих типов нагрузок:

а) внутреннее давление;

б) температурные воздействия;

в) реакции и перемещения опор;

г) вибрационные нагрузки;

д) внешние динамические воздействия;

е) весовые нагрузки;

ж) монтажные нагрузки (при их наличии);

и) динамические нагрузки при гидроударах.

6.3.9 Для деталей и сборочных единиц трубопровода АС класса безопасности 4 расчет напряжений проводят в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [5], федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности [9], с учетом утонений и моделирования объемного утонения, характерного для механизма ЭКИ в соответствии с 6.3.2 — 6.3.5, при отсутствии документов по стандартизации для класса безопасности 4 необходимо использовать документы по стандартизации для классов безопасности 2 и 3, в части применения методических подходов ГОСТ Р 59115.9, ГОСТ Р 59115.11, ГОСТ Р 59115.15.

6.4 Расчет скорости эрозионно-коррозионного износа

6.4.1 Скорость ЭКИ W_s, если рассматриваемая деталь и сборочная единица трубопровода АС контролировалась один раз от момента начала эксплуатации, вычисляют по формуле

$$W_s = \frac{s_{\text{ном}} + s^{+}_{\%} - s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,1} + \Pi_1}{\tau_{01}}. \tag{8}$$

Максимально возможное положительное отклонение толщины стенки от номинального значения $s^{+}_{\%}$ определяют согласно проектно-конструкторской документации или документами по стандартизации на изготовление.

6.4.2 Скорость ЭКИ W_s для детали и сборочной единицы трубопроводов АС с расточкой определяют по формуле (8), где вместо $s_{\text{ном}}$ необходимо использовать $s_{\text{раст}}$, значение которой определяют документами по стандартизации на изготовление.

6.4.3 Если измерение толщины стенки проводилось два раза в одной зоне контроля от момента начала эксплуатации детали и сборочной единицы трубопровода АС, то скорость ЭКИ W_s вычисляют по формуле

$$W_s = \frac{s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,1} - s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,2} + \Pi_1 + \Pi_2}{\tau_{12}}. \tag{9}$$

6.4.4 Зависимость скорости ЭКИ W_s при трех и более контролях определяют с помощью аппроксимации значений измеренной толщины стенки детали и сборочной единицы трубопровода АС в одной зоне контроля по показательной, степенной функции с учетом погрешности измерения и консервативного учета значений измеренной толщины.

Консервативный учет значений измеренной толщины стенки детали и сборочной единицы трубопровода АС, которые не удовлетворяют физическому смыслу механизма повреждения ЭКИ согласно критерию

$$s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i-1} < s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i}, \tag{10}$$

осуществляют за счет внесения изменений в исходные данные. Если критерий (10) выполняется, то принимают следующее: $s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i} = s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i-1}$.

6.4.5 В случае использования для расчета скорости ЭКИ W_s программ для электронных вычислительных машин, указанные программы должны пройти экспертизу в организации научно-технической поддержки уполномоченного органа государственного регулирования безопасности.

6.5 Расчет прогнозируемой толщины стенки деталей и сборочных единиц трубопроводов атомных станций

Прогнозируемую толщину стенки s_t детали и сборочной единицы трубопровода АС определяют по формуле

$$s_t = s^{\text{мин}}_{\text{изм}\,i} - W_s \cdot t. \qquad (11)$$

Приложение А
(обязательное)

Определение расчетной толщины стенки детали и сборочной единицы трубопроводов атомных станций от действия внутреннего давления

Определяют расчетную толщину стенки $[s]_р$ детали и сборочной единицы трубопровода АС от действия внутреннего давления, в зависимости от коэффициента кривизны поверхности K, учитывающего сферические утонения, и протяженности утонения m:

$$\sigma_p\left([s]_р\right)\left(1-\frac{s_{ном}-[s]_р}{s_{ном}\cdot m}\right)\left[1-\frac{\left(s_{ном}-[s]_р\right)\cdot K}{s_{ном}}\right]\le[\sigma], \qquad (А.1)$$

где

$$K=\left(\frac{s_{ном}-[s]_р}{s_{ном}}-1,2\right)\cos^3\left(\frac{\pi\left(s_{ном}-[s]_р\right)}{2s_{ном}}\right);$$

$$m=\sqrt{1+0,6275\frac{L_z^2}{D_a[s]_р}-0,003375\frac{L_z^4}{(D_a[s]_р)^2}};$$

$\sigma_p\left([s]_р\right)$ — величина мембранных напряжений от действия внутреннего давления с учетом равномерного утонения для деталей и сборочных единиц трубопровода АС, МПа.

Напряжения $\sigma_p\left([s]_р\right)$ определяют по расчетным аналитическим зависимостям, по выбору основных размеров, для определения расчетной толщины стенки $[s]_р$, согласно разделу 6 ГОСТ Р 59115.15—2021.

Библиография

[1] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-001-15 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций

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

[3] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-084-15 Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций

[4] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-096-15 Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения

[5] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-045-18 Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды для объектов использования атомной энергии

[6] Метрологические требования к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии (утверждены приказом Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 31 октября 2013 г. № 1/10-НПА, зарегистрированы Министерством юстиции Российской Федерации 27 февраля 2014 г., регистрационный № 31442)

[7] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-017-18 Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции

[8] Правила и нормы в атомной энергетике ПНАЭ Г-7-002-86 Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок

[9] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 444 от 21 декабря 2021 г.)

УДК 621.039:621.311.25 ОКС 27.120.20

Ключевые слова: эрозионно-коррозионный износ, неразрушающий контроль

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 21.07.2023. Подписано в печать 25.08.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч-изд. л. 1,58.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru