ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70421— 2023

ЭЛЕМЕНТЫ ЛОКАЛИЗУЮЩИХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Расчет на прочность на стадии эксплуатации

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

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 июля 2023 г. № 572-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, определения и сокращения 2
4 Общие положения 2
5 Требования к исходным данным при проведении расчетов на прочность 2
6 Расчет на прочность защитных железобетонных оболочек и герметичных проходок 4
7 Расчет на прочность оборудования и трубопроводов локализующих систем безопасности 5
7.1 Общие положения проведения расчета на прочность 5
7.2 Схематизация выявленных несплошностей и отклонений геометрических параметров оборудования и трубопроводов от проектных значений 5
7.3 Расчет на статическую прочность 6
7.4 Расчет на внешние динамические воздействия 6
7.5 Расчет на устойчивость 7
7.6 Расчет на вибропрочность 7
7.7 Расчет на прогрессирующее изменение формы и размеров 7
7.8 Расчет на циклическую прочность 7
7.9 Расчет на сопротивление разрушению 7
7.10 Расчет на длительную статическую прочность 8
7.11 Расчет на длительную циклическую прочность 8
8 Расчет на прочность стальных защитных оболочек 9
Библиография 10

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭЛЕМЕНТЫ ЛОКАЛИЗУЮЩИХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Расчет на прочность на стадии эксплуатации

The elements of localizing safety systems of nuclear power plants.
Strength analysis at operational stage

Дата введения — 2023—08—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на элементы локализующих систем безопасности атомных станций, а именно: на защитные железобетонные и стальные оболочки, герметичные проходки, оборудование и трубопроводы локализующих систем безопасности, на которые распространяется действие федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [1] и [2].

1.2 Настоящий стандарт устанавливает требования к расчету на прочность на стадии эксплуатации элементов локализующих систем безопасности атомных станций, указанных в 1.1.

1.3 Настоящий стандарт не распространяется на защитные железобетонные оболочки действующих блоков атомных станций, проектирование которых завершено на момент введения его в действие.

1.4 Настоящий стандарт не регламентирует методы, применяемые для определения расчетных нагрузок, внутренних усилий, перемещений, напряжений и деформаций элементов локализующих систем безопасности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

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 трубопроводов атомных энергетических установок. Поверочный расчет на прочность

ГОСТ Р 59115.11—2021 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Поверочный расчет на постпроектных стадиях

ГОСТ Р 59115.12 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Уточненный поверочный расчет на постпроектных стадиях

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

ГОСТ Р 70416 Железобетонные защитные оболочки блоков атомных станций. Расчет на прочность на стадии проектирования

ГОСТ Р 70418 Трубные и кабельные проходки атомных станций. Расчет на прочность на стадии проектирования

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 указа-

Издание официальное

телю «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, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 59115.1.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АС — атомная станция;
АСК — атоматизированная система контроля;
ЗПА — запроектная авария;
ЛСБ — локализующие системы безопасности;
НДС — напряженно-деформированное состояние;
ПА — проектная авария;
СПЗО — система преднапряжения защитной оболочки.

4 Общие положения

4.1 Расчет на прочность элементов ЛСБ на стадии эксплуатации допускается не проводить, в случае если одновременно выполняются следующие условия:

а) использование фактических значений характеристик материалов, полученных по результатам эксплуатационного контроля согласно требованиям [2], не ухудшит оценок прочности по сравнению с расчетами на стадии проектирования (конструирования);

б) консерватизм оценок прочности на основе расчетной последовательности нагружения, включающей в себя фактическую последовательность от начала эксплуатации до момента обоснования прочности и прогнозируемую последовательность на конец назначенного срока службы, не выше, чем у используемой в расчетах на стадии проектирования (конструирования);

в) фактические размеры рассматриваемых элементов ЛСБ, полученные по результатам эксплуатационного контроля согласно требованиям [2], соответствуют проектным;

г) утонения толщин стенок элементов ЛСБ за счет сплошной (равномерной) коррозии, прогнозируемые на конец срока службы, не превышают значений прибавок c_2, использованных при проведении расчета на прочность на стадии проектирования;

д) использование фактической истории нагружения (температура, количество циклов, силовое нагружение, усилиях в элементах СПЗО и другие нагрузки, предусмотренные проектом АС, с учетом их уточнения при эксплуатации) не ухудшит оценок прочности по сравнению с расчетами на стадии проектирования (конструирования).

4.2 Перечень элементов ЛСБ и требования к обеспечению их прочности устанавливаются проектом АС в соответствии с [2].

5 Требования к исходным данным при проведении расчетов на прочность

5.1 Для проведения расчета на прочность элементов ЛСБ на стадии эксплуатации необходимо использовать следующие исходные данные:

- значения характеристик физических и механических свойств конструкционных материалов, с учетом данных об их изменении, включая бетон и арматуру железобетоных конструкций, а также материал герметичных проходок;

- фактические размеры рассматриваемых элементов ЛСБ, полученные по результатам эксплуатационного контроля согласно требованиям [2];

- результаты влияния коррозии, ползучести и других факторов на рассмативаемые элементы ЛСБ;

- история нагружения (температура, количество циклов, силовое нагружение, усилия в элементах СПЗО и другие нагрузки, предусмотренные проектом АС, с учетом их уточнения при эксплуатации);

- данные эксплуатационного контроля (результаты измерений, выполненные при эксплуатационном контроле) элементов ЛСБ, в том числе выявленные на постпроектных стадиях несплошности, отклонения от проектных размеров и результаты фактического НДС в сечениях элементов на основании показаний АСК НДС;

- данные об отклонениях от проектных значений для рассматриваемых элементов ЛСБ;

- предыдущие программы продления срока службы (при их наличии).

5.2 Значения характеристик физических и механических свойств материалов конструкции ЛСБ при расчетах напряженно-деформированного состояния и оценках прочности на стадии эксплуатации следует принимать в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [2], [3] и положений документов по стандартизации, приведенных в проекте АС, с учетом результатов контроля механических свойств при строительстве и во время периодических обследований.

5.3 Учет влияния среды на утонение стенки элементов ЛСБ и их составных частей (стальная герметизирующая облицовка, оборудование и трубопроводы) за счет сплошной коррозии следует проводить на основе экспериментальных данных с учетом назначенного срока службы согласно требованиям [2].

5.4 В расчете на прочность элементов ЛСБ на стадии эксплуатации влияние рабочей среды на физические и механические свойства конструкционных материалов, включая бетон и арматуру, должно быть учтено на основе экспериментальных данных, полученных в том числе методами неразрушающего контроля. Допускается применение других методов при условии их надлежащего расчетно-экспериментального обоснования для используемых материалов, условий эксплуатации и ресурса по числу циклов и длительности нагружения.

5.5 В расчете на прочность элементов ЛСБ на стадии эксплуатации следует учитывать данные контроля (результаты измерений при контроле) металла и железобетонных конструкций, в том числе данные по образцам-свидетелям (при их наличии), сведения о повреждениях, несплошностях и другие отклонения от проектных геометрических значений, фактические размеры.

5.6 В поверочном расчете на прочность следует учитывать данные об изменениях в элементах ЛСБ, произошедших на момент постпроектной стадии, применительно к которому выполняют обоснование прочности, а также возможные сценарии протекания ПА и ЗПА, принятые на момент проведения расчетов на прочность на постпроектной стадии при их отличии от проектных сценариев.

5.7 Расчет на прочность элементов ЛСБ на стадии эксплуатации должен учитывать как фактическую последовательность нагружения до момента определения текущего состояния, так и возможную последовательность режимов эксплуатации оборудования и трубопроводов ЛСБ на период от момента определения текущего состояния до окончания назначенного срока службы. Для рассматриваемых элементов ЛСБ устанавливают расчетную последовательность нагружения (включая нагрузки при ремонте, остаточные сварочные и реактивные напряжения, дополнительные нагрузки, фактические перемещения, измененные граничные условия и другие нагрузки, предусмотренные проектом АС с учетом их уточнения при эксплуатации), представляющую собой фактическую или принятую последовательность режимов эксплуатации, которая включает:

- фактическую последовательность от начала эксплуатации до момента обоснования прочности;

- прогнозируемую последовательность на конец назначенного срока службы.

5.8 При отсутствии данных о фактической истории нагружения допускается использовать либо проектную историю, либо принятую на основе аналогичных фактических данных (полученных при использовании аналогичных элементов ЛСБ в аналогичных условиях, основанные на опыте его эксплуатации). В качестве расчетной истории нагружения следует принимать наиболее консервативную.

5.9 В качестве прогнозируемой последовательности нагружения следует использовать физически возможную прогнозируемую последовательность режимов эксплуатации элементов ЛСБ на период от момента определения текущего состояния до конца назначенного срока службы.

5.10 В качестве дополнительных исходных данных может быть использована информация из базы данных системы эксплуатационного мониторинга, а также из фактической модели эксплуатации элементов ЛСБ.

5.11 Поверочные расчеты на прочность на стадии эксплуатации элементов ЛСБ с учетом требований, изложенных в разделах 6—8, проводят при отклонении от принятых в проекте АС следующих данных, полученных в результате измерений или механических испытаний при эксплуатационном контроле:

- физические и механические свойства конструкционных материалов, включая бетон и арматуру;
- условия эксплуатации (температура, условия нагружения и другие факторы, предусмотренные проектом АС, с учетом их уточнения при эксплуатации);
- данные об уровне преднапряжения защитной оболочки (в том случае, когда уровень преднапряжения ниже предела безопасной эксплуатации, установленного в проекте АС);
- размеры элементов конструкции ЛСБ;
- размеры выявленных несплошностей металла.

5.12 Расчеты на прочность на стадии эксплуатации защитных железобетонных оболочек — в соответствии с разделом 6.

5.13 Расчеты на прочность оборудования и трубопроводов ЛСБ на стадии эксплуатации — в соответствии с разделом 7.

5.14 Расчеты на прочность на стадии эксплуатации защитных стальных оболочек — в соответствии с разделом 8.

5.15 При невозможности обнаружения несплошности металла из-за ограниченного доступа к оборудованию и трубопроводам ЛСБ расчет на сопротивление разрушению проводят согласно 7.9.

6 Расчет на прочность защитных железобетонных оболочек и герметичных проходок

6.1 Расчет на прочность железобетонных конструкций и стальной герметизирующей облицовки защитных железобетонных оболочек проводят в соответствии с ГОСТ Р 70416 с учетом их фактического состояния при эксплуатации с учетом требований [2]—[4].

6.2 Расчет на прочность герметичных проходок проводят в соответствии с ГОСТ Р 70418 с учетом их фактического состояния при эксплуатации.

6.3 При проведении расчета на прочность защитных железобетонных оболочек на стадии эксплуатации должно быть учтено изменение физико-механических и деформационных свойств материалов при эксплуатации АС, полученных на основе экспериментальных данных.

В случае если отсутствуют необходимые экспериментальные данные и в результате обследования не выявлено дефектов конструкции железобетонной защитной оболочки согласно требованиям 6.4, допускается принимать характеристики материалов на основе данных, заложенных в проекте АС, с учетом их изменения при эксплуатации и требований 5.2.

6.4 Расчеты на прочность защитных железобетонных оболочек на стадии эксплуатации должны быть выполнены с учетом результатов обследования их технического состояния в рамках комплексного обследования АС, проводимого в соответствии с [2], с учетом результатов всех предыдущих обследований и сведений о ремонтах и реконструкциях.

При выявлении изменений действующих эксплуатационных нагрузок и условий эксплуатации (по отношению к заданным в проекте АС) или нормируемых значений внешних воздействий природного и техногенного характера, а также снижения прочностных характеристик материалов, уменьшения фактических сечений или наличия дефектов в частях конструкции защитных железобетонных оболочек, которые изменяют их конструктивную схему, расчеты на прочность должны быть проведены на основе результатов обследования, отражающих реальное состояние конструкции с учетом фактических физико-механических характеристик материалов.

7 Расчет на прочность оборудования и трубопроводов локализующих систем безопасности

7.1 Общие положения проведения расчета на прочность

7.1.1 Номинальные допускаемые напряжения следует определять согласно ГОСТ Р 59115.9.

7.1.2 Порядок определения напряжений и деформаций проводят в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.1.3 Классификацию напряжений следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.1.4 При расчете на прочность толщину стенки s оборудования и трубопроводов ЛСБ следует принимать равной:

- номинальному значению, в случае если установлено, что утонение толщины стенки за счет сплошной (равномерной) коррозии не превышает значения прибавки c_2, использованного при проведении расчета на прочность на стадии проектирования;

- фактическому значению s_f [измеренному аттестованными системами неразрушающего контроля значению толщины стенки (с учетом погрешности измерения толщин системой неразрушающего контроля), с учетом требований, установленных [2]] в период наработанного срока службы t, в случае если установленное средствами эксплуатационного контроля измеренное значение утонения толщины стенки за счет сплошной (равномерной) коррозии c_{2f} за срок службы t превышает значение c_2, установленное проведенным на стадии проектирования расчетом на прочность;

- $s = s_f - \frac{\tau c_{2f}}{t}$ в период назначенного срока службы τ (отсчитываемого от фактического значения наработанного срока службы t), в случае если c_{2f} превышает c_2.

В случае если в расчете на прочность на стадии проектирования значение прибавки c_2 отсутствует, то для его определения допускается использовать данные ГОСТ Р 59115.7.

7.1.5 Расчет на прочность проводят с учетом всех нагружающих факторов, влияющих на результаты данного расчета, для всех режимов нагружения. В один расчетный режим допускается включать группу режимов, в случае если значения параметров нагрузок и температуры (в градусах Цельсия) этих режимов не отличаются более чем на 5 % принятых расчетных значений. При этом в качестве расчетного режима следует принимать режим с максимальными значениями параметров.

7.1.6 Для определения групп категорий напряжений для оборудования и трубопроводов ЛСБ допускается применять требования ГОСТ Р 59115.15 или иные методики расчета с учетом требований раздела 5.

7.1.7 При проведении расчета на прочность на стадии эксплуатации должно быть учтено изменение физико-механических и деформационных свойств материалов из-за воздействия различных эксплуатационных факторов (температура и другие факторы, предусмотренные проектом АС, с учетом их уточнения при эксплуатации) и механических нагрузок с учетом фактического срока эксплуатации оборудования и трубопроводов ЛСБ.

7.2 Схематизация выявленных несплошностей и отклонений геометрических параметров оборудования и трубопроводов от проектных значений

7.2.1 При проведении расчета на прочность оборудования и трубопроводов ЛСБ должны быть учтены следующие виды выявленных несплошностей и отклонений геометрических размеров от проектных значений:

а) отклонения геометрических размеров сварных соединений (свариваемых частей конструкции) свыше установленных проектной (конструкторской) и/или технологической документацией допусков;

б) объемные и плоскостные несплошности в основном металле, сварных соединениях и наплавке, размеры которых не соответствуют требованиям проекта АС;

в) уменьшения толщины стенки (локальные и протяженные) вследствие:

1) местной или сплошной коррозии;

2) эрозии;

3) механической обработки;

г) изменение геометрических размеров оборудования и трубопроводов, связанных с ремонтами, модернизациями и другими технологическими мероприятиями.

7.2.2 Должна быть учтена фактическая геометрия сварного шва, зафиксированная по результатам выполненных ремонтов или замены рассматриваемых оборудования и трубопроводов ЛСБ согласно требованиям [2].

7.2.3 Должны быть учтены следующие выявленные объемные и плоскостные несплошности в основном, наплавленном металле и сварных швах по перечислению б) 7.2.1:

- протяженные плоскостные несплошности;
- непровары корня шва, несплавления по разделке, подрезы;
- поры, включения.

7.2.4 Выявленные аттестованными системами неразрушающего контроля на основании протоколов и заключений несплошности (с учетом погрешности оценки их размеров системой неразрушающего контроля) должны быть схематизированы как одиночные расчетные трещины или скопление расчетных трещин в рассматриваемой зоне оборудования и/или трубопровода ЛСБ, для которого выполняют расчет на прочность.

7.2.5 Схематизация несплошностей по перечислению б) 7.2.1 основана на следующих принципах:

- для всех объемных и плоскостных несплошностей (в виде пор, включений, непроваров, подрезов и т. д. в основном металле, сварных швах и наплавке) в качестве расчетного дефекта следует принимать трещину;
- в качестве расчетных трещин различают подповерхностные и поверхностные (в том числе угловые);
- схематизируют геометрические параметры оборудования и трубопроводов ЛСБ, размеры, ориентация и местоположение расчетной трещины, а также параметры напряженного состояния.

7.2.6 Несплошность, расположенную внутри толщи металла оборудования и трубопроводов ЛСБ, схематизируют как подповерхностную расчетную трещину. Подповерхностную расчетную трещину представляют в виде эллиптической трещины высотой $2a$ и протяженностью $2c$ ($2a$, $2c$ — оси эллипса).

7.2.7 Несплошность, выходящую на поверхность, схематизируют как поверхностную расчетную трещину. Поверхностную расчетную трещину представляют в виде полуэллиптической трещины глубиной a и протяженностью $2c$ (a, c — полуоси эллипса).

7.2.8 Несплошность, расположенную в оборудовании и/или трубопроводе ЛСБ в зоне, имеющей угловую форму, схематизируют как угловую расчетную трещину. Угловую расчетную трещину представляют в виде четвертьэллиптической трещины глубиной a и протяженностью c (a, c — полуоси эллипса).

7.2.9 Рекомендации по схематизации несплошностей приведены в приложении А ГОСТ Р 59115.11—2021.

7.2.10 Рекомендации по определению значения теоретического коэффициента концентрации напряжений для случая, если дефекты сварных стыковых соединений труб [по перечислению а) 7.2.1 и 7.2.2] не обнаружены, приведены в приложении Б ГОСТ Р 59115.11—2021.

7.2.11 Схематизация выявленных отклонений геометрических параметров оборудования и трубопроводов ЛСБ от проектных значений, указанных в перечислении в) 7.2.1, выполняют соответствующим уменьшением толщины стенки.

7.3 Расчет на статическую прочность

Расчет на статическую прочность оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.4 Расчет на внешние динамические воздействия

Расчет на внешние динамические воздействия следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9 с учетом требований [4].

Для оборудования и трубопроводов ЛСБ, спроектированных до введения в действие настоящего стандарта, в случаях, если первая собственная частота колебаний выше 20 Гц, расчет на сейсмопрочность допускается выполнять статическим методом с умножением максимальных ускорений, определяемых по акселерограммам или спектрам ответа, на коэффициент динамичности. Для частоты в диапазоне от 20 до 33 Гц коэффициент динамичности принимают равным 1,3, для частоты выше 33 Гц — равным 1.

7.5 Расчет на устойчивость

Расчет на устойчивость оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.6 Расчет на вибропрочность

7.6.1 Расчет на вибропрочность оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.6.2 В случаях, когда расчетным путем не подтверждается необходимая отстройка от детерминированных частот возмущения, вибропрочность должна быть обоснована на основании экспериментальных данных характеристик вибрационного нагружения.

Экспериментальные методы оценки вибропрочности приведены в ГОСТ Р 59115.9.

7.6.3 Допускается не проводить расчеты на вибропрочность трубопроводов с рабочей средой, в случае если выполнен один из двух критериев:

- средние квадратические значения измеренных виброскоростей $\vartheta_{СКЗ}$ не превышают $\vartheta_{СКЗ} \le [\vartheta_{СКЗ}]$, где $[\vartheta_{СКЗ}] = 7{,}5$ мм/с;
- максимальные значения измеренных виброскоростей ϑ_{max} не превышают $\vartheta_{max} \le [\vartheta_{max}]$, где $[\vartheta_{max}] = 15$ мм/с.

Данные критерии требуют консервативного измерения скоростей в различных точках рассматриваемой трубопроводной системы для определения точек с максимальной виброскоростью. Когда местоположение этих точек установлено, в них проводят окончательные измерения максимальных скоростей.

7.6.4 На стадии эксплуатации необходимо учитывать результаты проверки условия отстройки собственных частот колебаний оборудования и трубопроводов ЛСБ от детерминированных частот возмущения, которую проводят на стадиях проектирования, монтажа и предпусковых наладочных работ.

7.7 Расчет на прогрессирующее изменение формы и размеров

Расчет на прогрессирующее изменение формы и размеров оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.8 Расчет на циклическую прочность

7.8.1 Расчет на циклическую прочность оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.8.2 В случае если на момент окончания назначенного срока службы суммарное накопленное повреждение, полученное по результатам расчета согласно положениям ГОСТ Р 59115.9, a_N более 1, то определяют такой момент времени, при котором a_N равно 1. Начиная с этого момента времени, рассматривают развитие предполагаемой зародившейся расчетной трещины в соответствии с 7.9.2.

7.9 Расчет на сопротивление разрушению

7.9.1 Общие положения расчета на сопротивление разрушению

7.9.1.1 Расчет на сопротивление разрушению оборудования и трубопроводов ЛСБ проводят в следующем порядке:

а) сбор и анализ исходной информации, необходимой для расчета:

1) требования, приведенные в разделе 5;

2) выбор расчетных зон в оборудовании и трубопроводах;

б) выбор расчетных трещин (тип, расположение, размеры) в соответствии с 7.9.2;

в) проведение расчета возможного роста расчетных трещин на конец прогнозируемого срока службы оборудования и трубопроводов ЛСБ в соответствии с 7.9.3;

г) оценка сопротивления разрушению подрощенной в соответствии с перечислением в) 7.9.1.1 расчетной трещины проводят в соответствии с положениями 7.9.4.

7.9.1.2 При расчете на сопротивление разрушению рассматривают следующие зоны оборудования и трубопроводов:

- зоны с выявленными в результате контроля несплошностями;
- зоны, наиболее опасные с точки зрения хрупкого/вязкого разрушения (в частности, сварные швы и зоны, где можно ожидать наибольших значений коэффициентов интенсивности напряжений K_I,

или наименьших допускаемых значений вязкости разрушения $[K_{Ic}]$, $[K_{Jc}]$, или наименьшего отношения $[K_{Ic}]/K_I$, $[K_{Jc}]/K_J$. Расчет K_J, $[K_{Jc}]$ проводят в соответствии с ГОСТ Р 59115.9, допускается использование численных методов расчета K_I и K_J;

- зоны, где возможное развитие трещин показано расчетом на циклическую прочность.

7.9.1.3 При расчете на сопротивление разрушению должны быть учтены остаточные напряжения в основном и наплавленном металле.

7.9.1.4 Для оборудования и трубопроводов ЛСБ, подвергающихся облучению, дополнительно должно быть определено распределение флюенса нейтронов с $E \leq 0{,}5$ МэВ по толщине стенки.

7.9.1.5 Положения настоящего раздела не распространяются на расчет крепежных деталей.

7.9.2 Выбор расчетной трещины

7.9.2.1 Выявленные по результатам контроля на стадии эксплуатации в соответствии с [5] (пункты 156—157) несплошности, превышающие установленные нормы и устранение которых по техническим возможностям не представляется возможным, должны быть схематизированы как расчетные трещины в рассматриваемой зоне оборудования и/или трубопроводов ЛСБ, для которых выполняют расчет на сопротивление разрушению. Схематизацию несплошностей следует проводить с учетом 7.2 и приложения А ГОСТ Р 59115.11—2021.

7.9.2.2 Для зон в оборудовании и трубопроводах ЛСБ, где возможно образование трещины по результатам расчета на циклическую прочность (см. 7.8.2), начальное значение расчетной трещины следует принимать согласно 7.9.2.3 и 7.9.2.4.

7.9.2.3 Расчетную предполагаемую зародившуюся трещину следует принимать полуэллиптической либо четвертьэллиптической, конечные размеры которой определяют расчетом подрастания трещины с начальными размерами a_0 = 1 мм, c_0 = 3 мм (a_0, c_0 — размеры начальной предполагаемой зародившейся расчетной трещины в направлении малой и большой полуосей эллипса соответственно), в случае если размах напряжений, равный $\Delta\varepsilon \cdot E^T$ (где $\Delta\varepsilon$ — размах деформации при циклическом деформировании), в месте зарождения трещины не превышает двух пределов текучести.

7.9.2.4 В случае если размах напряжений в месте зарождения трещины превышает два предела текучести, то размер глубины начальной трещины следует принимать:

- равным наибольшему размеру зоны циклического упругопластического деформирования в месте зарождения, в случае если этот размер больше глубины начальной поверхностной трещины (размер a_0 по 7.9.2.3). Границу зоны упругопластического деформирования следует определять из условия непревышения размаха напряжений двух пределов текучести;

- равным размеру глубины начальной поверхностной трещины (размер a_0 по 7.9.2.3), в случае если размер зоны пластического деформирования не превышает размера глубины этой трещины.

Размер c_0 следует принимать согласно 7.9.2.3.

7.9.2.5 В случаях, не предусмотренных в 7.9.2.1—7.9.2.4, расчетную трещину выбирают в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.9.3 Расчет роста расчетной трещины

7.9.3.1 Расчет роста расчетной трещины для оборудования и трубопроводов ЛСБ рекомендуется проводить по методике, изложенной в приложении В ГОСТ Р 59115.11—2021.

7.9.3.2 Расчетную трещину ориентируют таким образом, чтобы ее рост за рассматриваемый период эксплуатации был наибольшим по результатам расчета.

7.9.4 Оценка сопротивления разрушению

7.9.4.1 Оценка сопротивления разрушению оборудования и трубопроводов ЛСБ должна быть проведена в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.9.4.2 Уточненную оценку сопротивления разрушению оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.12.

7.9.4.3 Рекомендации по определению расчетных характеристик механики разрушения приведены в приложении Г ГОСТ Р 59115.11—2021.

7.10 Расчет на длительную статическую прочность

Расчет на длительную статическую прочность оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.11 Расчет на длительную циклическую прочность

7.11.1 Расчет на длительную циклическую прочность оборудования и трубопроводов ЛСБ следует проводить в соответствии с положениями ГОСТ Р 59115.9.

7.11.2 В случае если на момент окончания назначенного срока службы рассматриваемого элемента ЛСБ суммарное накопленное повреждение, полученное по результатам расчета согласно положени-

ям ГОСТ Р 59115.9, a_N более 1, то следует определять такой момент времени, при котором a_N равно 1. Начиная с этого момента времени, рассматривают развитие предполагаемой зародившейся расчетной трещины в соответствии с 7.9.2.

8 Расчет на прочность стальных защитных оболочек

8.1 Расчет на прочность стальных защитных оболочек проводят в соответствии с [6].

8.2 На стадии эксплуатации стальных защитных оболочек проводят только поверочный расчет на прочность, который включает в себя:

- расчет на статическую прочность;
- расчет на устойчивость;
- расчет на циклическую прочность;
- расчет на сопротивление разрушению;
- расчет на внешние динамические воздействия.

Поверочный расчет выполняют согласно положениям раздела 7 [6].

8.3 Определение категорий напряжений и расчетных групп категорий напряжений проводят согласно разделу 1 [6].

8.4 Нагрузки и воздействия при проведении расчета на прочность стальных защитных оболочек определяют согласно разделу 4 [6].

8.5 Допускаемые напряжения определяют согласно разделу 5 [6].

8.6 При проведении расчета на прочность стальных защитных оболочек на стадии эксплуатации должно быть учтено изменение физико-механических и деформационных свойств материалов из-за воздействия различных эксплутационных факторов (температура и другие факторы, предусмотренные проектом АС, с учетом их уточнения при эксплуатации) и механических нагрузок с учетом фактического срока эксплуатации конструкции.

Библиография

[1]	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП00115	Общие положения обеспечения безопасности атомных станций
[2]	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП01016	Правила устройства и эксплуатации локализующих систем безопасности атомных станций
[3]	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП04122	Требования по безопасности к строительным конструкциям зданий и сооружений атомных станций
[4]	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП03101	Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций
[5]	Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП08415	Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций
[6]	Правила и нормы в атомной энергетике ПНАЭ Г1001289	Атомные станции. Стальные защитные оболочки. Нормы расчета на прочность

УДК 621.039:531:006.354 ОКС 27.120.20

Ключевые слова: прочность, локализующие системы безопасности, герметичное ограждение, оборудование и трубопроводы, атомные станции, атомные энергетические установки, расчет на прочность

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 21.07.2023. Подписано в печать 26.07.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.

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

gost.e-ecolog.ru