

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Федеральная служба по экологическому,
технологическому и атомному надзору

**ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА
В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

УТВЕРЖДЕНЫ
приказом Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 20 августа 2025 г. № 282

**ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУИРОВАНИЮ, РАСЧЕТУ НА ПРОЧНОСТЬ
И ИЗГОТОВЛЕНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК
СО СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ
НП-119-25**

Вступили в силу
с 29 декабря 2025 г.

Москва, 2026

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУИРОВАНИЮ, РАСЧЕТУ НА ПРОЧНОСТЬ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК СО СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ (НП-119-25)

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

Москва, 2026

Настоящие федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к конструированию, расчету на прочность и изготовлению элементов активной зоны реакторных установок со свинцовым теплоносителем» (НП-119-25)* разработаны в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии», в соответствии с которой федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии – нормативные правовые акты, устанавливающие требования к безопасному использованию атомной энергии, включая требования безопасности объектов использования атомной энергии, требования безопасности деятельности в области использования атомной энергии, в том числе цели, принципы и критерии безопасности, соблюдение которых обязательно при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии.

Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии разрабатываются и утверждаются в порядке, установленном Положением о разработке и утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 1 декабря 1997 г. № 1511, и Порядком разработки и утверждения федеральных норм и правил в области использования атомной энергии в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденным приказом Ростехнадзора от 7 июля 2015 г. № 267.

Перечень действующих федеральных норм и правил в области использования атомной энергии размещен на официальном сайте Ростехнадзора в сети Интернет по адресу: www.gosnadzor.ru/about_gosnadzor/legal.

НП-119-25 устанавливают требования к конструированию, расчету на прочность и изготовлению элементов активной зоны реакторной установки со свинцовым теплоносителем, направленные на обеспечение их целостности.

Требования НП-119-25 обязательны для исполнения эксплуатирующими организациями, а также организациями, выполняющими работы и предоставляющими услуги в области использования атомной энергии в части конструирования и изготовления элементов активной зоны.

Выпускаются впервые.

Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 20 августа 2025 г. № 282 «Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Требования к конструированию, расчету на прочность и изготовлению элементов активной зоны реакторных установок со свинцовым теплоносителем» (НП-119-25)» зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 17 декабря 2025 г., регистрационный № 84653, вступил в силу с 29 декабря 2025 г.

* В разработке принимали участие: Глебова И. А., Глебова Н. А., Лемехов В. В., Полоз М. В., Пулинец А. А., Ташкинов А. В. (АО «НИКИЭТ»), Шарафутдинов Р. Б. (ФБУ «НТЦ ЯРБ»), Мирошниченко М. И. (Ростехнадзор). При разработке учтены замечания и предложения: АО «СХК», АО «Прорыв», АО «ОКБМ Африкантов», АО «ТВЭЛ», АО «ГНЦ НИИАР», АО «ВНИИНМ», АО «Концерн Росэнергоатом».

I. Назначение и область применения

1. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к конструированию, расчету на прочность и изготовлению элементов активной зоны реакторных установок со свинцовым теплоносителем» (НП-119-25) (далее – Правила) распространяются на РУ (сокращения и условное обозначение приведены в приложении № 1 к Правилам) со свинцовым теплоносителем атомных станций.

2. Правила устанавливают требования к конструированию, расчету на прочность и изготовлению элементов а.з. (термины и определения приведены в приложении № 2 к Правилам) РУ со свинцовым теплоносителем, направленные на обеспечение их целостности.

3. Требования Правил обязательны для исполнения эксплуатирующими организациями, а также организациями, выполняющими работы и предоставляющими услуги в области использования атомной энергии в части конструирования и изготовления элементов а.з.

II. Требования к конструированию элементов активной зоны

4. Конструирование элементов а.з. осуществляется в соответствии с процессами и нагружающими воздействиями, возникающими при:

- а) проведении испытаний элементов а.з. в организации-изготовителе и на объекте использования атомной энергии;
- б) установке элементов в а.з. и выгрузке элементов из нее;
- в) эксплуатации элементов а.з.;
- г) хранении элементов а.з.;
- д) транспортировании элементов а.з. и транспортно-технологических операциях с элементами а.з.

5. Прочность элементов а.з. обосновывается для всего срока службы элементов а.з. в соответствии с требованиями главы III Правил.

6. Посредством конструирования элементов а.з. должна обеспечиваться возможность проведения их осмотра при транспортно-технологических операциях на этапах ввода в эксплуатацию и эксплуатации РУ, а также возможность испытаний при изготовлении и на объекте использования атомной энергии и контроля при изготовлении.

7. В проектах элементов а.з. указываются объемы, методы контроля и нормы оценки качества основного металла и сварных (паяных) соединений элементов а.з.

8. При конструировании твэлов применяются технические решения, посредством которых обеспечивается установленная в проектах твэлов сплошность топливного столба при их эксплуатации в а.з., а также сохранение размера топливного столба в процессе изготовления твэлов и ТВС, и при транспортно-технологических операциях с твэлами и ТВС.

9. При конструировании ТВС, блоков отражателя и блоков защиты исключается возможность их заклинивания при перегрузочных операциях и самопроизвольного всплытия при эксплуатации в составе РУ.

10. Разработка и согласование проектной, конструкторской и технологической документации элементов а.з., (в том числе проведение опытно-конструкторских работ, включая стендовые и реакторные исследования и испытания), процесс подготовки и освоения производства элементов а.з. а также оценка соответствия в форме испытаний осуществляются в соответствии с положениями разделов 5 - 13 национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 50.04.09-2019 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Разработка и постановка на производство составных частей активных зон объектов использования атомной энергии и оценка их соответствия в форме испытаний. Порядок проведения»¹.

11. Изменения конструкторской и технологической документации, необходимость в которых возникает при изготовлении элементов а.з., вносятся в указанную документацию организациями, являющимися ее разработчиками.

12. Организации, разрабатывающие проекты элементов а.з., и разработчик проекта РУ должны обеспечить хранение ПКД со дня разработки ПКД до дня завершения вывода РУ из эксплуатации.

¹ Утвержден и введен в действие 1 февраля 2020 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 ноября 2019 г. № 1083-ст (М.: Стандартинформ, 2019).

13. Для изготовления элементов а.з. выбираются материалы исходя из характеристик физических и механических свойств и их возможного изменения при эксплуатации, стойкости к воздействию свинцового теплоносителя, топливных и поглощающих материалов, внутритвэльной среды, а также технологических свойств материалов, необходимых для изготовления элементов а.з., с целью обеспечения работоспособности этих элементов в течение назначенных для них сроков службы.

14. Выбор конструкционных материалов для изготовления элементов а.з. выполняется организациями - разработчиками проектов элементов а.з. с привлечением головной материаловедческой организации, на основании отчетов, обосновывающих применение конструкционных материалов, в которых содержатся результаты исследований конструкционных материалов, включая значения характеристик их свойств.

15. Разработчиками проектов элементов а.з. сварные (паяные) соединения элементов а.з. с целью дифференциации требований к их качеству при изготовлении подразделяются на:

- а) герметизирующие соединения в твэлах и пэлах (далее – I категория);
- б) герметизирующие соединения между деталями и сборочными единицами в элементах а.з., кроме твэлов и пэлов (далее – II категория);
- в) соединения между деталями и сборочными единицами в элементах а.з., кроме отнесенных к I и II категориям (далее – III категория);
- г) соединения типа законтривания (сварные соединения, используемые для законтривания разъемных соединений) (далее – IV категория).

16. Для сварных (паяных) соединений I, II и III категорий в ПКД элементов а.з. разработчиками проектов этих элементов устанавливаются требования по прочности, жаропрочности, коррозионной и эрозионной стойкости, жаростойкости, способности выдерживать вибрационные и ударные нагрузки, цикличность изменения температуры без нарушения требований по прочности в процессе эксплуатации.

Кроме требований, указанных в абзаце первом настоящего пункта, для сварных (паяных) соединений I и II категорий в ПКД элементов а.з. устанавливаются требования по герметичности.

Для сварных (паяных) соединений IV категории в ПКД элементов а.з. устанавливаются требования по прочности, коррозионной и эрозионной стойкости и жаростойкости.

17. Категории сварных (паяных) соединений указываются в ПКД.

18. Выполнение сварных (паяных) соединений проводится в соответствии с положениями подразделов 4.3 - 4.5 раздела 4 стандарта Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12076-2022 «Элементы активной зоны реакторной установки со свинцовым теплоносителем. Изготовление и сборка»².

III. Требования к расчету на прочность

19. Требования настоящей главы распространяются на расчеты на прочность, выполняемые при конструировании элементов а.з. для режимов нормальной эксплуатации и нарушений нормальной эксплуатации до проектной аварии включительно.

20. Требования настоящей главы не распространяются на сборочные единицы и детали, расположенные внутри твэлов или пэлов, а также на делящиеся и поглощающие материалы. Обоснование прочности сборочных единиц и деталей, расположенных внутри твэлов или пэлов, выполняется экспериментальным или расчетным способом.

21. Расчетами на прочность должно быть обосновано, что в течение назначенного срока службы в элементах а.з. не будут достигнуты следующие предельные состояния с коэффициентами запаса прочности³:

- а) кратковременное разрушение;

² Утвержден приказом Госкорпорации «Росатом» от 23 сентября 2022 г. № 1/1258-П (далее – СТО 95 12076-2022).

³ Разделы 5, 8 - 13 стандарта Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12078-2022 «Элементы активной зоны реакторной установки со свинцовым теплоносителем. Расчет на прочность при статических воздействиях», утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 26 сентября 2022 г. № 1/1263-П (далее – СТО 95 12078-2022), подраздел 5.4 раздела 5 стандарта Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12079-2022 «Элементы активной зоны реакторной установки со свинцовым теплоносителем. Расчет на прочность при динамических воздействиях», утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 26 сентября 2022 г. № 1/1264-П (далее – СТО 95 12079-2022), раздел 5 национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 71786-2024 «Тепловыделяющие элементы реакторов с натриевым и свинцовым теплоносителем. Расчет на прочность», утвержденного и введенного в действие 1 апреля 2025 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 декабря 2024 г. № 2077-ст (М.: ФГБУ «Институт стандартизации», 2025) (далее – ГОСТ Р 71786-2024).

- б) разрушение в условиях ползучести при статическом нагружении;
- в) возникновение пластической деформации от действия давления, весовых и инерционных нагрузок по всей площади хотя бы одного из возможных сечений;
- г) возникновение трещины вследствие циклического нагружения (при наличии ползучести или при ее отсутствии);
- д) потеря устойчивости (при наличии ползучести или при ее отсутствии);
- е) достижение предельно допустимой деформации ползучести;
- ж) достижение предельных изменений формы и (или) размеров;
- з) достижение предельно допустимой вязкопластической деформации при наличии ползучести материала;

и) достижение предельно допустимой пластической деформации при отсутствии ползучести материала.

22. При обосновании прочности элементов а.з. рассматриваются процессы и нагружающие воздействия, влияющие по отдельности или в совокупности на достижение предельного состояния, в том числе:

а) изменения физических и механических характеристик конструкционных материалов в процессе эксплуатации вследствие нагрева, старения материала, облучения, распухания, воздействия теплоносителя, топлива, внутритвэльной среды;

б) проявление анизотропии физико-механических свойств конструкционных материалов (при наличии);

в) пластическое течение, термическая и радиационная ползучесть, радиационное распухание (при их наличии) конструкционных материалов;

г) перемещение, проскальзывание (или отсутствие проскальзываний в случае заклинивания) твэлов в дистанционирующих решетках и возникающие при этом усилия взаимодействия;

д) изменение геометрических характеристик элементов а.з. в процессе эксплуатации;

е) нагрузки от взаимодействия с топливом;

ж) коррозия оболочки твэла со стороны теплоносителя, внутренняя коррозия;

з) износ металла элементов а.з. вследствие трения контактирующих поверхностей элементов а.з.

23. Расчет на прочность элементов а.з. проводится в два этапа:

а) расчет по выбору толщин стенок (выполняется для элементов а.з., нагруженных избыточным давлением);

б) поверочный расчет.

24. Номинальные допускаемые напряжения, используемые в расчетах на прочность, определяются по временному сопротивлению, пределу текучести и пределу длительной прочности материала элемента а.з., включая изменения указанных характеристик в процессе эксплуатации.

25. Номинальные допускаемые напряжения определяются с применением коэффициентов запаса прочности согласно положениям раздела 5 СТО 95 12078-2022 и подраздела 5.1 раздела 5 ГОСТ Р 71786-2024.

26. В расчете по выбору толщин стенок вычисляются значения S_R элементов а.з. в зависимости от размеров и номинальных допускаемых напряжений этих конструкций. В качестве нагрузки рассматривается расчетное давление. Величина номинального допускаемого напряжения принимается в соответствии с расчетной температурой, установленной в ПКД.

27. Методы вычисления S_R основываются на условии недостижимости ни одного из предельных состояний, указанных в подпунктах «а» – «в» и «е» пункта 21 Правил.

28. Значение номинальной толщины стенки принимается не меньше суммы следующих значений: S_R , допусков на размеры исходных полуфабрикатов, возможных утонений при изготовлении и утонения стенки за счет сплошной коррозии под воздействием коррозионной среды теплоносителя, топлива и внутритвэльной среды за весь назначенный срок службы элемента а.з.

29. Расчет по выбору толщин стенок выполняется в соответствии с положениями раздела 4 СТО 95 12078-2022 и пунктом 4.2 ГОСТ Р 71786-2024.

30. Поверочный расчет элементов а.з. проводится по номинальным размерам, включая изменения размеров элементов а.з. от нагружающих воздействий в процессе эксплуатации, если эти изменения влияют на достижение предельных состояний, указанных в пункте 21 Правил.

31. В состав поверочного расчета включаются расчеты на:

а) статическую прочность;

б) устойчивость;

- в) циклическую прочность;
- г) длительную статическую прочность;
- д) длительную циклическую прочность;
- е) сопротивление хрупкому (вязкохрупкому) разрушению (нестабильному развитию трещины);
- ж) прогрессирующее изменение формы и (или) размеров;
- з) накопление вязкопластических (пластических) деформаций;
- и) внешние динамические воздействия;
- к) вибропрочность (вместо расчетного допускается приведение результатов расчетно-экспериментального обоснования).

32. Указанные в пункте 31 Правил расчеты проводятся в соответствии с требованиями к расчетам, выполняемым в составе поверочного расчета, приведенными в приложении № 3 к Правилам. Отсутствие в поверочном расчете хотя бы одного из указанных в пункте 31 Правил видов расчетов обосновывается организацией, выполняющей обоснование прочности.

IV. Изготовление элементов активной зоны

33. Изготовление элементов а.з. проводится в соответствии с:

- а) РКД, разработанной на основе ПКД;
- б) технологической документацией, регламентирующей содержание и очередность выполнения всех технологических и контрольных операций;
- в) положениями раздела 4 СТО 95 12076-2022.

34. При изготовлении элементов а.з. обеспечивается проведение контроля качества изготовления, а также применяемых полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц элементов а.з. в объеме, предусмотренном РКД и технологической документацией.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к федеральным нормам и правилам
в области использования атомной энергии
«Требования к конструированию, расчету
на прочность и изготовлению элементов
активной зоны реакторных установок
со свинцовым теплоносителем», утвержденным
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 20 августа 2025 г. № 282

Сокращения и условное обозначение

а.з.	–	активная зона
РУ	–	реакторная установка
ПКД	–	проектная конструкторская документация
РКД	–	рабочая конструкторская документация
пэл	–	поглощающий элемент
ТВС	–	тепловыделяющая сборка
твэл	–	тепловыделяющий элемент
S_R	–	расчетная толщина стенки, мм

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к федеральным нормам и правилам
в области использования атомной энергии
«Требования к конструированию, расчету
на прочность и изготовлению элементов
активной зоны реакторных установок
со свинцовым теплоносителем», утвержденным
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 20 августа 2025 г. № 282

Термины и определения

Внутритвэльная среда – вещества внутри оболочки твэла, образованные продуктами деления топлива и продуктами коррозии.

Длительное статическое повреждение – снижение способности материала сопротивляться разрушению вследствие статического нагружения в условиях ползучести.

Технологические свойства материалов – свойства материалов, определяющие возможность получения необходимых характеристик материалов при применении технологических операций, изменяющих состояние материала, структуру его поверхности, придающих форму и размеры (в том числе литье,ковка, механическая обработка давлением и резанием, резка, сварка, наплавка, термическая обработка, шлифование).

Целостность элемента активной зоны – состояние элемента, при котором обеспечено выполнение требований по прочности и герметичности, установленных, в том числе в ПКД для данного элемента.

Элементы активной зоны – твэлы и пэлы, ТВС, рабочие органы системы управления и защиты, средства воздействия на реактивность, блоки отражателя и блоки защиты.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3
к федеральным нормам и правилам
в области использования атомной энергии
«Требования к конструированию, расчету
на прочность и изготовлению элементов
активной зоны реакторных установок
со свинцовым теплоносителем», утвержденным
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от 20 августа 2025 г. № 282

Требования к расчетам, выполняемым в составе поверочного расчета

1. Значения напряжений и деформаций и их изменения во времени, используемые в поверочном расчете, вычисляются в соответствии с проектной последовательностью нагружения элемента а.з. При вычислении напряжений и деформаций рассматривают все установленные в ПКД нагружающие воздействия на элементы а.з., возникающие при испытаниях, вводе в эксплуатацию и эксплуатации, в том числе приводящих к изгибу и кручению ТВС.

2. В расчетах на прочность используются приведенные напряжения или приведенные деформации.

3. В расчетах на прочность за пределами упругости материала рассчитываемого элемента а.з. применяются упругопластические деформации (при реализации процессов ползучести – упруговязкие или упруговязкопластические деформации) либо условные упругие напряжения.

4. Используемые во всех видах поверочного расчета методы и критерии оценки прочности, включая допускаемые значения критериев прочности, должны соответствовать положениям разделов 4–14 СТО 95 12078-2022, разделов 4–6 СТО 95 12079-2022 и раздела 5 ГОСТ Р 71786-2024.

5. При проведении расчетов на прочность значения характеристик физических и механических свойств конструкционных материалов принимается в соответствии с разделом 7 стандарта Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12077-2022⁴, а также по данным, приведенным в отчетах, указанных в пункте 14 Правил.

6. Расчет на статическую прочность подтверждается, что напряжения в элементе а.з. не достигают значений, вызывающих предельные состояния, указанные в подпунктах «а» и «в» пункта 21 Правил, а также при этом не реализуются:

- а) смятие поверхности элемента а.з.;
- б) разрушение срезом;
- в) предельное состояние, указанное в подпункте «ж» пункта 21 Правил.

7. Расчет на статическую прочность выполняется без включения в расчет вибрационных и динамических нагрузок, а также процессов ползучести и релаксации напряжений.

8. Расчет на устойчивость подтверждается, что нагрузки на элементы а.з., а в условиях реализации процессов ползучести и (или) релаксации напряжений нагрузки на элементы а.з. и длительность приложения нагружающих воздействий к элементам а.з., не достигнут значений, вызывающих предельное состояние, указанное в подпункте «д» пункта 21 Правил.

9. В расчет на устойчивость включаются возможные утонения стенки исходных полуфабрикатов в границах технологических допусков, утонения при изготовлении, а при расчете для этапа эксплуатации также включается равномерное утонение под воздействием теплоносителя, топлива и внутритвальной среды, прогнозируемое на весь назначенный срок службы элемента а.з.

10. Расчет на циклическую прочность подтверждается, что в элементе а.з. под действием циклических нагружающих воздействий (без влияния ползучести) в течение назначенного срока службы не возникнет предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 21 Правил.

11. В расчете на циклическую прочность для заданного числа циклов нагружений вычисляются допускаемые амплитуды условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций) или для заданных значений амплитуд условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций) – допускаемое число циклов нагружений.

12. Расчет на циклическую прочность выполняется в соответствии с зависимостью, представленной в виде уравнений усталости или кривых усталости, связывающих допускаемые амплитуды и допускаемые числа циклов изменения условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций) в основном металле. В указанных зависимостях вводятся запасы прочности по числу циклов и по значениям амплитуд условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций), в том числе исходя из шероховатости поверхности, а также вводится влияние асимметрии цикла приведенных напряжений, значений физических и механических характеристик материала, температуры металла, нейтронного облучения и параметров теплоносителя, топлива и продуктов деления, влияющих на циклическую прочность и на достижение предельного состояния. В расчетные зависимости вводятся особенности сопротивления усталости материалов сварных соединений по сравнению с основным металлом.

13. Допускается проводить расчет по кривым усталости, полученным экспериментальным путем, при выполнении хотя бы одного из следующих требований:

а) экспериментальная кривая усталости получена по результатам испытания образцов металла, для которых воссозданы и обоснованы условия циклического нагружения и состояния металла штатной конструкции;

б) экспериментальная кривая усталости получена по результатам испытания натуральных конструкций элементов а.з. или их моделей, спроектированных, изготовленных в соответствии с требованиями, предъявляемыми к штатным конструкциям, и испытываемых при нагрузках и температурах, а также при воздействии рабочих сред, соответствующих условиям эксплуатации, установленным в проекте РУ.

⁴ Утвержден приказом Госкорпорации «Росатом» от 28 сентября 2022 г. № 1/1277-П-дсп.

14. В расчете на циклическую прочность вычисляется усталостное повреждение металла в точках элемента а.з. для каждого типа циклов условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций).

15. Расчет при одновременном действии циклов условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций), отличающихся периодичностью (двухчастотное нагружение), выполняется в соответствии с подразделом 10.1 раздела 10 СТО 95 12078-2022.

16. Расчет на циклическую прочность подтверждается, что в любой точке элемента а.з. сумма усталостных повреждений от всех типов циклов условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций) не превышает допустимого значения, установленного в подразделе 10.1 раздела 10 СТО 95 12078-2022 и в подразделе 5.2 раздела 5 ГОСТ Р 71786-2024.

17. Расчет на длительную статическую прочность подтверждается, что в элементах а.з., работающих в условиях ползучести, в течение назначенного срока службы не будут достигнуты предельные состояния, указанные в подпунктах «б» и «е» пункта 21 Правил.

18. При расчете на длительную статическую прочность определяются допускаемые напряжения, вычисляемые на основе значений характеристик сопротивления металла длительному статическому разрушению, зависящих от температуры, длительности нагружения, наличия сварных соединений, воздействия среды и облучения.

19. Расчет на длительную статическую прочность подтверждается, что напряжения в элементе а.з. и накопленное длительное статическое повреждение не превышают допустимых значений, установленных в подразделе 8.2 раздела 8 СТО 95 12078-2022 и в подразделе 5.4 раздела 5 ГОСТ Р 71786-2024.

20. Расчет на длительную циклическую прочность подтверждается, что в элементе а.з., работающем в условиях ползучести, под действием циклически повторяющихся нагружающих воздействий в течение назначенного срока службы не возникнет предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 21 Правил.

21. Расчет на длительную циклическую прочность должен проводиться в соответствии с требованиями, указанными в пунктах 11–17 настоящего приложения, а также влияния длительных статических повреждений материала. В расчете на длительную циклическую прочность рассматриваются только типы циклов условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций), в которых реализуется ползучесть.

22. Для получения накопленного повреждения в рассчитываемой точке элемента а.з. вычисленные повреждения от типов циклов, в которых реализуется ползучесть материала, должны быть просуммированы с усталостными повреждениями от типов циклов без ползучести.

23. Расчет на сопротивление хрупкому (вязкохрупкому) разрушению подтверждается, что в течение назначенного срока службы рассчитываемого элемента а.з. не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «а» пункта 21 Правил, в виде нестабильного роста трещины.

24. Расчет проводится для постулируемых расчетных трещин в элементах а.з. в условиях воздействия на элементы а.з. температуры, нейтронного облучения, процессов ползучести, рабочей и внутритвальной среды в процессе их нагружения.

25. В результате расчета на сопротивление хрупкому (вязкохрупкому) разрушению подтверждается, что расчетные значения характеристик трещиностойкости в нагруженном элементе а.з. не превышают допустимых значений, установленных в подразделе 11.2 раздела 11 СТО 95 12078-2022 и подраздела 5.1 раздела 5 ГОСТ Р 71786-2024.

26. Расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров подтверждается, что в элементе а.з. под действием циклически повторяющихся нагружающих воздействий, а также термической и (или) радиационной ползучести или радиационного набухания в течение проектного срока службы не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «ж» пункта 21 Правил.

27. В результате расчета на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров устанавливается, что изменения формы и (или) размеров не превышают установленных в ПКД допустимых значений, исходя из конкретных функций и условий работы рассчитываемых элементов а.з.

28. Расчет на накопление вязкопластических (пластических) деформаций подтверждается, что в течение срока службы рассчитываемого элемента а.з. не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «з» пункта 21 Правил (при отсутствии вязких деформаций – не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «и» пункта 21 Правил).

29. Расчет на накопление вязкопластических деформаций проводится для элементов а.з., в которых реализуется ползучесть; для элементов, в которых отсутствует ползучесть – расчет на накопление пластических деформаций. При этом в расчет включается влияние (при наличии) прогрессирующего изменения формы и (или) размеров на напряженно-деформируемое состояние.

30. В результате расчета на накопление вязкопластических (пластических) деформаций устанавливается, что накопленные деформации пластичности и ползучести (или только пластичности) не превышают допустимых значений, установленных в разделе 12 СТО 95 12078-2022 и подразделах 5.5 и 5.6 раздела 5 ГОСТ Р 71786-2024.

31. Расчет на внешние динамические воздействия подтверждается, что при сочетании эксплуатационных нагрузок и внешних динамических воздействий природного и техногенного происхождения, включая сейсмические воздействия, в элементе а.з. не будут достигнуты предельные состояния, указанные в подпунктах «а», «в», «г», «ж» пункта 21 Правил.

32. В расчет на внешние динамические воздействия включается влияние гидродинамических эффектов от движения свинцового теплоносителя, а также от механических воздействий по поверхностям контакта элементов а.з. (в том числе проскальзывание, раскрытие зазоров и соударения с соседними элементами и конструкциями).

33. Расчет на вибропрочность или расчетно-экспериментальным обоснованием подтверждается, что при действующих вибрационных нагрузках не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 21 Правил, а также не возникнут виброударные взаимодействия с соседними элементами и конструкциями.

34. В расчет на вибропрочность или результаты расчетно-экспериментального обоснования включаются:

- а) определение спектра собственных частот колебаний и проверка их отстройки от детерминированных частот возбуждения;
- б) проверка на отсутствие виброударных взаимодействий с целью исключения повышенного износа;
- в) расчеты на циклическую и длительную циклическую прочность от действия циклов вибронапряжений совместно с прочими нагружающими воздействиями.

35. Результаты расчета элементов а.з. на вибропрочность, в том числе в случаях отсутствия в таких расчетах обоснования отстройки от детерминированных источников возбуждения в рассматриваемом элементе а.з., подтверждаются расчетно-экспериментальным методом по результатам анализа вибраций, зарегистрированных в процессе отработки на макетах и стендах и (или) на этапе предпусковых наладочных работ на РУ.

