

УТВЕРЖДЕНЫ
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от «__» _____ 202_ г. № _____

**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-XX)**

I. Назначение и область применения

1. 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» (далее по тексту – Правила) распространяются на реакторные установки со свинцовым теплоносителем атомных станций.

2. Правила устанавливают требования к конструированию, расчету на прочность и изготовлению элементов активной зоны реакторных установок со свинцовым теплоносителем, направленные на обеспечение их целостности (сокращения и условное обозначение приведены в приложении № 1 к Правилам, основные термины и определения – в приложении № 2).

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

II. Требования к конструированию элементов активной зоны

4. При конструировании элементов а.з. должны учитываться процессы и нагружающие воздействия, которые возникают при проведении испытаний

элементов а.з. в организации-изготовителе и на объекте использования атомной энергии, при их установке в а.з. и выгрузке из а.з., эксплуатации, хранении, при транспортировании и транспортно-технологических операциях.

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

6. Конструкция элементов а.з. должна обеспечивать возможность проведения их осмотра при транспортно-технологических операциях и на этапе эксплуатации РУ, а также возможность их испытаний при изготовлении и на объекте использования атомной энергии, и контроля при изготовлении.

7. В проектах элементов а.з. должны быть установлены объем, методы контроля и нормы оценки качества основного металла, сварных (паяных) соединений элементов а.з.

8. Твэлы должны быть сконструированы таким образом, чтобы была обеспечена установленная в проекте твэла сплошность топливного столба при их эксплуатации в а.з., а также чтобы препятствовать смещению таблеток топливного столба при транспортно-технологических операциях с твэлами и ТВС.

9. ТВС, блоки отражателя и блоки защиты должны быть сконструированы таким образом, чтобы исключалась возможность их заклинивания при перегрузочных операциях и самопроизвольного всплытия при эксплуатации в составе РУ.

10. Порядок разработки элементов а.з. – содержание и порядок согласования проектной, конструкторской и технологической документации, проведение опытно-конструкторских работ, включая стендовые и реакторные исследования и испытания, – а также порядок подготовки и освоения производства, оценка соответствия в форме испытаний должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50.04.09 «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»,

утвержденным приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 ноября 2019 г. № 1083-ст (Стандартинформ, 2019).

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

12. Организации, разрабатывающие ПКД элементов а.з., должны обеспечить ее хранение с момента разработки до завершения вывода РУ из эксплуатации. Учетные копии (в том числе в электронной форме) разработанной ПКД элементов а.з. должны храниться у разработчика проекта РУ и в эксплуатирующей организации.

Конструкционные материалы элементов активной зоны

13. Элементы а.з. должны быть изготовлены из конструкционных материалов (основных, сварочных и паяльных), обеспечивающих целостность этих элементов в течение назначенных для них сроков службы с учетом установленных проектом а.з. повреждающих факторов и режимов эксплуатации.

14. Материалы для изготовления элементов а.з. должны применяться с учетом характеристик их физических и механических свойств и их возможного изменения в течение всего срока службы, стойкости к воздействию свинцового теплоносителя, топливных и поглощающих материалов, внутритвэльной среды, а также технологических свойств, необходимых для изготовления элементов а.з.

15. Выбор основных конструкционных материалов, определение их характеристик должны проводиться в соответствии с требованиями стандарта Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12077-2022, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 28 сентября 2022 г. № 1/1277-П-дсп, передача которого осуществляется в порядке, установленном законодательством

Российской Федерации¹.

16. Обоснование выбора конструкционных материалов для изготовления элементов а.з. должен выполняться организациями – разработчиками проектов соответствующих элементов а.з., с привлечением головной материаловедческой организации, на основании аттестационных отчетов на применяемые материалы.

Сварные (паяные) соединения

17. Разработчиками проектов элементов а.з. сварные (паяные) соединения элементов а.з. с целью дифференциации требований к их качеству при изготовлении должны быть отнесены к следующим категориям:

а) I категория – герметизирующие соединения в твэлах, герметизирующие соединения в пэлах;

б) II категория – герметизирующие соединения между деталями и сборочными единицами в элементах а.з., кроме твэлов и пэлов;

в) III категория – соединения между деталями и сборочными единицами в элементах а.з., кроме отнесенных к I и II категориям;

г) IV категория – соединения типа законтривания (сварные соединения, используемые для законтривания разъемных соединений).

18. Для сварных (паяных) соединений I, II и III категорий в ПКД элементов а.з. разработчиками проектов этих элементов должны быть установлены 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.

¹ Порядок передачи служебной информации ограниченного распространения другим органам и организациям, утвержденный приказом к приказу Госкорпорации «Росатом» от 4 декабря 2017 г. № 1/51НПА «Об упорядочении обращений со служебной информацией ограниченного распространения в Госкорпорации «Росатом», ее подведомственных организациях, а также организациях, координацию и регулирование деятельности которых осуществляется Госкорпорация «Росатом» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 28 декабря 2017 г., регистрационный № 49490).

Для сварных (паяных) соединений I и II категорий в ПКД элементов а.з. дополнительно должны быть установлены требования по герметичности.

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

19. Категории сварных (паяных) соединений должны быть указаны в ПКД.

20. Выполнение сварных (паяных) соединений должно проводиться в соответствии с требованиями стандарта Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12076-2022, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 23 сентября 2022 г. № 1/1258-П (далее – СТО 95 12076-2022).

III. Требования к расчету на прочность

Основные положения

21. 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.

22. Требования настоящего раздела 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 экспериментально.

23. Расчетами на прочность должно быть обосновано, что в течение назначенного срока службы в элементах а.з. не будут достигнуты следующие предельные состояния с учетом запасов прочности, устанавливаемых согласно стандартам Госкорпорации «Росатом» – СТО 95 12078-2022, утвержденному приказом Госкорпорации «Росатом» от 26 декабря 2022 г. № 1/1263-П (далее – СТО 95 12078-2022), СТО 95 12079-2022, утвержденному приказом Госкорпорации «Росатом» от 26 декабря 2022 г. № 1/1264-П (далее –

СТО 95 12079-2022) и ГОСТ Р «Тепловыделяющие элементы реакторов с натриевым и свинцовым теплоносителем. Расчет на прочность» (находится в разработке, далее – ГОСТ Р «Тепловыделяющие элементы...»):

а) кратковременное разрушение (без учета влияния длительности нагружения);

б) разрушение в условиях ползучести при статическом нагружении;

в) возникновение пластической деформации от силовых нагрузок по всей площади какого-либо из возможных сечений либо только по части площади сечения, но по всей толщине стенки элемента;

г) возникновение трещины вследствие циклического нагружения (при наличии ползучести или без нее);

д) потеря устойчивости (при наличии ползучести или без нее);

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.

24. В расчетах на прочность элементов а.з. должны быть учтены процессы и нагружающие воздействия (включая перечисленные ниже), влияющие по отдельности или в совокупности на достижение предельного состояния:

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

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

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

г) перемещения, проскальзывания (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) фреттинг-износ.

25. Расчет на прочность элементов а.з. должен проводиться в два этапа:

а) расчет по выбору толщин стенок;

б) поверочный расчет.

Требования к номинальным допускаемым напряжениям

26. Номинальные допускаемые напряжения, используемые в расчетах на прочность, должны определяться по временному сопротивлению, пределу текучести и пределу длительной прочности материала элемента а.з. с учетом изменения указанных характеристик в процессе эксплуатации.

27. Номинальные допускаемые напряжения должны определяться с учетом коэффициентов запаса прочности согласно требованиям СТО 95 12078-2022 и ГОСТ Р «Тепловыделяющие элементы...».

Требования к расчету по выбору толщин стенок

28. Расчёт выполняется только для элементов а.з., нагруженных давлением. В расчете по выбору толщин стенок должны вычисляться значения расчетной толщины стенки (S_R) элементов а.з. в зависимости от размеров и номинальных допускаемых напряжений этих конструкций. В качестве нагрузки должно рассматриваться расчетное давление. Величина номинального допускаемого напряжения должна приниматься в зависимости от расчетной температуры.

29. Методы вычисления расчетной толщины стенки S_R должны

основываться на условии недостижимости ни одного из предельных состояний, указанных в подпунктах «а», «б», «в» и «е» пункта 23 Правил.

30. Значение номинальной толщины стенки должно быть не меньше S_R , учитывать допуски на размеры исходных полуфабрикатов, возможные утонения при изготовлении, а также утонения стенки за счет сплошной коррозии под воздействием коррозионной среды теплоносителя, топлива, продуктов деления и среды внутри твэла за весь назначенный срок службы элемента а.з.

31. Расчет по выбору толщин стенок должен выполняться согласно требованиям СТО 95 12078-2022 и ГОСТ Р «Тепловыделяющие элементы...».

Требования к поверочному расчету

32. Поверочный расчет рассчитываемых элементов а.з. должен проводиться по номинальным размерам. При этом должны учитываться изменения размеров элементов а.з. от нагружающих воздействий в процессе эксплуатации, если эти изменения влияют на достижение предельных состояний, указанных в пункте 23 Правил.

33. В состав поверочного расчета должны входить:

- а) расчет на статическую прочность;
- б) расчет на устойчивость;
- в) расчет на циклическую прочность;
- г) расчет на длительную статическую прочность;
- д) расчет на длительную циклическую прочность;
- е) расчет на сопротивление хрупкому (вязкохрупкому) разрушению (нестабильное развитие трещины);
- ж) расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров;
- з) расчет на накопление вязкопластических (пластических) деформаций;
- и) расчет на внешние динамические воздействия;
- к) расчет на вибропрочность (вместо расчётного допускается приведение результатов расчётно-экспериментального обоснования).

34. Указанные расчеты, входящие в состав поверочного расчета, должны выполняться согласно требованиям, приведенным в приложении № 3 к Правилам. Отсутствие в поверочном расчете какого-либо из перечисленных видов расчета должно быть обосновано организацией, выполняющей обоснование прочности.

IV. Изготовление элементов активной зоны

35. Изготовление элементов а.з. должно проводиться в соответствии с РКД, разработанной на основе ПКД, и технологической документацией, регламентирующей содержание и порядок выполнения всех технологических и контрольных операций, и в соответствии с требованиями СТО 95 12076-2022.

36. При изготовлении элементов а.з. должно быть обеспечено проведение контроля качества изготовления, а также применяемых полуфабрикатов и (или) деталей и сборочных единиц элементов а.з. в объеме, предусмотренном РКД и технологической документацией.

37. На элементы а.з. должна быть нанесена маркировка, позволяющая их идентифицировать на каждом этапе жизненного цикла (исключая процесс облучения). Способ нанесения и считывания маркировки, место нанесения и объем маркировки, должен быть определен в ПКД и РКД.

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

Перечень сокращений 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 реакторной установки со
свинцовым теплоносителем»,
утвержденным приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № _____

Основные термины и определения

Амплитуда напряжений – половина от разности максимального и минимального напряжения, возникающего в цикле напряжений.

Внутритвэльная среда – среда внутри оболочки твэла, образованная топливом, продуктами его деления, конструкционными материалами и продуктами их коррозии.

Длительное статическое повреждение – снижение способности материала сопротивляться разрушению в условиях ползучести, вызванное выдержкой под напряжением.

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 (литье, ковка, механическая обработка давлением и резанием, резка, сварка, наплавка, термическая обработка, шлифование).

Целостность элемента а.з. – состояние элемента, при котором обеспечено выполнение требований по прочности и герметичности, установленных нормативной и проектной конструкторской документацией для данного элемента.

Элементы активной зоны – тепловыделяющие и поглощающие

элементы, тепловыделяющие сборки, 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 реакторной установки со
свинцовым теплоносителем»,
утвержденным приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № _____

Требования к расчетам, выполняемым в составе поверочного расчета

Требования к определению напряжений и деформаций

1. Значения напряжений и деформаций, используемые в поверочном расчете, должны вычисляться с учетом их изменения во времени в процессе проектной последовательности нагружения элемента а.з. При вычислении напряжений и деформаций должны учитываться все установленные в ПКД нагружающие воздействия на элементы а.з., возникающие при испытаниях, вводе в эксплуатацию и эксплуатации.

2. В расчетах на прочность должны использоваться приведенные напряжения или приведенные деформации.

3. В расчетах на прочность за пределами упругости материала рассчитываемого элемента а.з. должны применяться 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 должны соответствовать требованиям СТО 95 12078-2022, СТО 95 12079-2022 и ГОСТ Р «Тепловыделяющие элементы...».

Требования к расчету на статическую прочность

5. Расчет на статическую прочность должно быть подтверждено, что напряжения в элементе а.з. не достигают значений, вызывающих предельные состояния, указанные в подпунктах «а» и «в» пункта 23 Правил, и что при этом не реализуются:

- а) смятие поверхности элемента а.з.;
- б) разрушение срезом;
- в) предельное состояние, указанное в подпункте «ж» пункта 23 Правил.

6. Расчет на статическую прочность следует выполнять без учета вибрационных и динамических нагрузок, а также процессов ползучести и релаксации напряжений.

Требования к расчету на устойчивость

7. Расчет на устойчивость должно быть подтверждено, что уровни нагружающих воздействий на элементы а.з., а в условиях реализации процессов ползучести и (или) релаксации напряжений – также и длительность приложения нагружающих воздействий к элементам а.з., не достигнут значений, вызывающих предельное состояние, указанное в подпункте «д» пункта 23 Правил.

8. В расчете на устойчивость должны учитываться возможные утонения стенки исходных полуфабрикатов в границах технологических допусков, утонения при изготовлении, а также, при расчёте для этапа эксплуатации, равномерное утонение под воздействием коррозионных сред теплоносителя, топлива и внутритвальной среды, прогнозируемое на весь назначенный срок службы элемента а.з.

Требования к расчету на циклическую прочность

9. Расчет на циклическую прочность должно быть подтверждено, что в элементе а.з. под действием циклических нагружающих воздействий без учета влияния ползучести в течение назначенного срока службы не возникнет предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 23 Правил.

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

11. Расчет на циклическую прочность должен выполняться на основе зависимостей, представленных 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 должны быть учтены запасы прочности по числу циклов и по значениям амплитуд условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций), а также учтено 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.

12. При расчете должны быть учтены особенности сопротивления усталости материалов сварных соединений по сравнению с основным металлом.

13. Допускается проводить расчет по кривым усталости, полученным экспериментальным путем, при выполнении какого-либо из следующих требований:

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

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

15. В расчете должны быть учтены особенности усталостного повреждения металла при одновременном действии циклов условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций), отличающихся периодичностью (двухчастотное нагружение).

16. Расчетом на циклическую прочность должно быть подтверждено, что в любой точке элемента а.з. сумма усталостных повреждений от всех типов циклов условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций) не превышает допустимого значения.

Требования к расчету на длительную статическую прочность

17. Расчетом на длительную статическую прочность должно быть подтверждено, 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 23 Правил.

18. При расчете на длительную статическую прочность должны быть определены 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. Расчетом на длительную статическую прочность должно быть подтверждено, что напряжения в элементе а.з. и накопленное длительное статическое повреждение не превышают допускаемых значений.

Требования к расчету на длительную циклическую прочность

20. Расчетом на длительную циклическую прочность должно быть подтверждено, 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 23 Правил.

21. Расчет на длительную циклическую прочность должен проводиться на основе требований, указанных в пунктах 10–16 настоящего приложения, дополненных учетом влияния длительных статических повреждений материала. При этом в расчете должны учитываться только такие 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.

Требования к расчету на сопротивление хрупкому (вязкохрупкому) разрушению

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

24. Расчет должен проводиться для постулируемых расчетных трещин с учетом воздействия температуры, нейтронного облучения, процессов ползучести и рабочей среды.

25. В результате расчета на сопротивление хрупкому (вязкохрупкому) разрушению должно быть подтверждено, что коэффициент интенсивности напряжений, или J -интеграл, или раскрытие в вершине трещины в нагруженном элементе а.з. не превышают допустимых значений.

Требования к расчету на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров

26. Расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров

должно быть подтверждено, что в элементе а.з. под действием циклически повторяющихся нагружающих воздействий, а также термической и (или) радиационной ползучести и радиационного распухания в течение проектного срока службы не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «ж» пункта 23 Правил.

27. В результате расчета на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должно быть установлено, что остаточные изменения формы и (или) размеров не превышают установленных в ПКД допускаемых значений, учитывающих конкретные функции и условия работы рассчитываемых элементов а.з.

Требования к расчету на накопление вязкопластических (пластических) деформаций

28. Расчет на накопление вязкопластических (пластических) деформаций должно быть показано, что в течение срока службы рассчитываемого элемента а.з. не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «з» пункта 23 Правил (при отсутствии вязких деформаций – не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «и» пункта 23 Правил).

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

30. В результате расчета на накопление вязкопластических (пластических) деформаций должно быть установлено, что накопленные деформации пластичности и ползучести (или только пластичности), не превышают допускаемых значений.

Требования к расчету на внешние динамические воздействия

31. Расчет на внешние динамические воздействия должно быть

подтверждено, 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 23 Правил.

32. При расчете на внешние динамические воздействия должно учитываться влияние гидродинамических эффектов от движения свинцового теплоносителя, а также от механических воздействий по поверхностям контакта элементов а.з., включая проскальзывание, раскрытие зазоров и соударения с соседними элементами и конструкциями.

Требования к расчету на вибропрочность или расчётно-экспериментальному обоснованию вибропрочности

33. Расчет на вибропрочность или расчётно-экспериментальным обоснованием должно быть подтверждено, что с учётом действующих вибрационных нагрузок не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 23 Правил, а также не возникнут виброударные взаимодействия с соседними элементами и конструкциями.

34. Расчет на вибропрочность или результаты расчётно-экспериментального обоснования должны содержать:

а) определение спектра собственных частот колебаний и проверку их отстройки от детерминированных частот возбуждения;

б) проверку на отсутствие виброударных взаимодействий с целью исключения повышенного износа;

в) расчеты на циклическую и длительную циклическую прочность с учетом вибронапряжений.

35. Результаты расчета элементов а.з. на вибропрочность, включая случаи, когда расчетом не удастся обосновать отстройку от детерминированных источников возбуждения в рассматриваемом элементе а.з., должны быть подтверждены расчетно-экспериментальным путем по результатам анализа вибраций, зарегистрированных в процессе отработки на

макетах и стендах и (или) на этапе предпусковых наладочных работ на РУ.
