

УТВЕРЖДЕНЫ
приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № _____

**Федеральные нормы и правила
в области использования атомной энергии
«Основные требования к расчетам на прочность оборудования
и трубопроводов атомных энергетических установок»
(НП-110-25)**

I. Назначение и область применения

1. Настоящие федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Основные требования к расчетам на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» (НП-110-25) (далее – Правила) устанавливают требования к расчетам на прочность оборудования и трубопроводов атомных станций с реакторами с водным теплоносителем, с реакторами на быстрых нейтронах с жидкотеплоносительным натриевым теплоносителем, а также установок с исследовательскими реакторами указанных типов.

2. Требования Правил распространяются на ОиТ, подпадающие под действие федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» (НП-089-15), утвержденных приказом Ростехнадзора от 17 декабря 2015 г. № 521 (зарегистрирован Минюстом России 9 февраля 2016 г., регистрационный № 41010) с изменениями, внесенными приказами Ростехнадзора от 17 января 2017 г. (зарегистрирован Минюстом России 22 марта 2017 г., регистрационный № 46096) и от 19 ноября 2019 г. (зарегистрирован Минюстом России 25 декабря 2019 г., регистрационный

№ 56980), и температура которых в условиях эксплуатации, предусмотренных конструкторской документацией, не превышает 600°C.

3. Требования Правил обязательны для исполнения эксплуатирующими организациями, организациями, выполняющими работы и предоставляющими услуги в области использования атомной энергии, при выполнении расчетов на прочность ОиТ на стадиях проектирования (конструирования), изготовления, монтажа и эксплуатации (в том числе в период дополнительных сроков).

4. Порядок приведения ОиТ в соответствие с Правилами, в том числе сроки и объем необходимых мероприятий, определяется в каждом конкретном случае в условиях действия лицензии на сооружение и эксплуатацию атомных энергетических установок.

Расчеты на прочность для ОиТ, выполненные в составе технических проектов, утвержденных до введения Правил в действие, не требуют приведения в соответствие с требованиями Правил.

5. Используемые в Правилах термины, определения и обозначения приведены в ГОСТ Р 59115.1-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Термины и определения», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. №1165-ст (Стандартинформ, 2021), разделе 3 ГОСТ Р 59115.8-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Расчет по выбору основных размеров», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. №1172-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.8), разделе 3 ГОСТ Р 59115.9-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Поверочный расчет на прочность», утвержденном приказом Росстандарта от 17 декабря 2021 г. №1810-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.9).

II. Общие положения

6. Расчетами на прочность должно быть подтверждено, что в течение срока эксплуатации в ОиТ не будут достигнуты следующие предельные состояния с учетом коэффициентов запаса:

- а) кратковременное разрушение (без учета влияния временного фактора);
- б) разрушение в условиях ползучести;
- в) возникновение пластической деформации по всей площади какого-либо из возможных сечений ОиТ;
- г) возникновение трещин вследствие циклического нагружения;
- д) потеря устойчивости;
- е) достижение предельно допустимой деформации пластичности и/или ползучести;
- ж) достижение предельных изменений формы и (или) размеров и (или) предельного значения накопленной вязкопластической деформации¹ (пластической деформации²);
- з) нестабильное развитие трещины;
- и) смятие поверхности ОиТ, приводящее к его неработоспособности;
- к) достижение предельных размеров постулируемого дефекта.

7. Коэффициенты запаса должны приниматься в соответствии со следующими национальными стандартами:

ГОСТ Р 59115.8-2021 (раздел 4);

ГОСТ Р 59115.9-2021 (разделы 5, 10, 12, приложения В, Г);

ГОСТ Р 59115.14-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Расчет на сопротивление хрупкому разрушению корпуса водо-водяного энергетического реактора», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. №1177-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.14) (приложение С).

8. Для предельных состояний, указанных в подпунктах «б» и (или) «г» пункта 6 Правил, на стадии эксплуатации выполняется расчет ОиТ на сопротивление разрушению с постулированной трещиной, расположенной в местах достижения предельных состояний. Размеры и ориентация постулированной трещины устанавливаются в соответствии с требованиями

¹ При температуре, равной или превышающей значение температуры ползучести T_c .

² При температуре ниже температуры ползучести T_c .

раздела 6 ГОСТ Р 59115.11-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Поверочный расчет на постпроектных стадиях», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. №1174-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.11).

9. При проведении расчетов на прочность ОиТ должны быть учтены факторы (включая перечисленные ниже), влияющие по отдельности или в совокупности на достижение предельного состояния (в том числе):

- а) температурные воздействия;
- б) воздействие и влияние теплоносителя и иных рабочих сред;
- в) внутреннее и наружное давление;
- г) внешние динамические воздействия, включая сейсмические;
- д) внутренние динамические воздействия;
- е) радиационные воздействия;

10. При проведении расчетов на прочность ОиТ должны быть учтены процессы (включая перечисленные ниже), влияющие по отдельности или в совокупности на достижение предельного состояния:

а) упругое или упругопластическое деформирование металла в зависимости от значений напряжений и температуры;

б) термическая ползучесть металла при температуре, превышающей значение T_t , установленное стандартом ГОСТ Р 59115.4-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Длительные механические свойства конструкционных материалов» утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1168-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.4);

в) обнаруженные при эксплуатации эффекты коррозии, эрозии, растрескивания, изменение физических и механических характеристик конструкционных материалов в процессе эксплуатации вследствие нагрева, старения материала, облучения, деформирования;

- г) радиационная ползучесть металла (при её наличии).

11. Значения физических и механических характеристик основного металла и сварных соединений, используемые в расчетах на прочность ОиТ, должны приниматься:

а) на стадии проектирования (конструирования) – в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии, документами по стандартизации, включенными в сводный перечень документов по стандартизации в области использования атомной энергии, применяемых на обязательной основе (далее – Сводный перечень), предусмотренный Положением о стандартизации в отношении продукции (работ, услуг), для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, а также процессов и иных объектов стандартизации, связанных с такой продукцией, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 12 июля 2016 г. № 669 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2016, № 29, ст. 4839) и в соответствии с требованиями, установленными:

ГОСТ Р 59115.2-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения, коэффициент Пуассона, модуль сдвига», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1166-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.2);

ГОСТ Р 59115.3-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Кратковременные механические свойства конструкционных материалов», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1167-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.3);

ГОСТ Р 59115.4-2021;

ГОСТ Р 59115.5-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Расчетные характеристики циклической и длительной циклической прочности конструкционных материалов», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1169-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.5);

ГОСТ Р 59115.6-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Методы определения характеристик трещиностойкости конструкционных материалов», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1170-ст (Стандартинформ, 2021) (далее – ГОСТ Р 59115.6);

При отсутствии в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии и документах по стандартизации, включенных в Сводный перечень, значений физических и механических характеристик основного металла и сварных соединений, необходимых для обоснования прочности оборудования и трубопроводов, указанные характеристики должны приниматься на основании обосновывающих отчетов, согласованных с головной материаловедческой организацией.

б) на стадии эксплуатации механические характеристики, принятые на стадии проектирования, должны быть подтверждены или откорректированы с учетом влияния эксплуатационных факторов по результатам фактического определения и с учётом прогнозирования на конец срока эксплуатации ОиТ в соответствии с разделом 4 ГОСТ Р 59115.5, разделом 5 ГОСТ Р 59115.6, разделом 5 ГОСТ Р 59115.11, разделами 6, 9 ГОСТ Р 59115.14.

12. Расчет на прочность на стадии проектирования (конструирования) должен проводиться в два этапа с учетом предельных состояний:

- а) расчет по выбору основных размеров;
- б) поверочный расчет.

13. Расчет на прочность на стадии эксплуатации должен включать в себя поверочный расчет, выполняемый с учетом предельных состояний и положений раздела VI Правил.

Поверочный расчет на стадии эксплуатации не проводится при выполнении условий, указанных в разделе 4 ГОСТ Р 59115.11.

14. Расчет на прочность на стадии эксплуатации должен проводиться с учетом:

– значений характеристик физических и механических свойств конструкционных материалов с учетом данных об их изменении;

– фактических (измеренных) размеров рассматриваемого оборудования и трубопроводов;

– коррозионных, эрозионных и непроектных механизмов повреждения ОиТ;

– параметров нагружения (температура, количество циклов, силовое нагружение, флюенс и др.) оборудования и трубопроводов;

– данных эксплуатационного контроля (результатов измерений, выполненных при эксплуатационном контроле) оборудования и трубопроводов, в том числе выявленных на стадии эксплуатации несплошностей и отклонений от проектных размеров;

– требований пункта 27 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения» (НП-096-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 октября 2015 г. № 410 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 11 ноября 2015 г., регистрационный № 39666) (далее – НП-096-15);

– результатов реализации программ по управлению ресурсом ОиТ (при их наличии);

– данных об изменении регламента эксплуатации оборудования и трубопроводов.

15. Расчет на прочность ОиТ должен выполняться в соответствии с документами по стандартизации, включенными в Сводный перечень.

Для ОиТ, которые подвергаются облучению до флюенса не более 1×10^{22} нейтр/м² для материалов ферритного класса и не более 2×10^{25} нейтр/м² для материалов аустинитного класса при $E \geq 0,1$ МэВ уточненные поверочные расчёты на стадии проектирования следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59115.10-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Уточненный поверочный расчет на стадии проектирования», утвержденного приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1173-ст (Стандартинформ, 2021).

Для ОиТ, радиационное распухание которых не превышает 0,02 (2%) на конец рассматриваемого срока эксплуатации, уточненный поверочный расчет

на стадиях изготовления, монтажа, эксплуатации (в том числе в продленных сроках) следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59115.12-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Уточненный поверочный расчет на постпроектных стадиях», утвержденного приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1175-ст (Стандартинформ, 2021).

При обосновании прочности ОиТ на этапе подготовки к выводу из эксплуатации атомных энергетических установок следует руководствоваться требованиями ГОСТ Р 59115.13-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Поверочный расчет для стадии вывода из эксплуатации атомных энергетических установок», утвержденного приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1176-ст (Стандартинформ, 2021).

При проведении расчета на прочность типовых узлов (труб, тройников, отводов, их сварных соединений) трубопроводов атомных энергетических установок следует руководствоваться требованиями ГОСТ Р 59115.15-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Расчет на прочность типовых узлов трубопроводов», утвержденного приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1178-ст (Стандартинформ, 2021).

III. Особенности подходов к расчёту на прочность на стадии эксплуатации в период дополнительных сроков

16. При проведении расчёта на прочность на стадии эксплуатации в период дополнительных должны выполняться требования пунктов 10, 11, 13, 14, 15 Правил и должны быть учтены выявленные в процессе эксплуатации непроектные механизмы повреждения ОиТ.

17. Влияние длительной эксплуатации на механизмы деградации свойств конструкционных материалов ОиТ должно быть учтено при использовании свойств конструкционных материалов ОиТ в расчётах на прочность с учетом пункта 11 Правил.

IV. Требования к номинальным допускаемым напряжениям

18. Значения номинальных допускаемых напряжений, используемые в расчетах на прочность, должны определяться по временному сопротивлению, пределу текучести, пределу длительной прочности.

19. Номинальные допускаемые напряжения должны определяться согласно требованиям раздела 4 ГОСТ Р 59115.8 и раздела 5 ГОСТ Р 59115.9.

V. Требования к расчету по выбору основных размеров

20. В расчете по выбору основных размеров должны вычисляться значения расчетной толщины стенки компонентов, а также определяться параметры фланцевых соединений (при их наличии) в зависимости от размеров и номинальных допускаемых напряжений материала этих конструкций при расчетной температуре (для температуры выше и ниже температуры вызывающей ползучесть). В качестве нагрузки должно использоваться расчетное давление, а дополнительно для компонентов фланцевых соединений – давление гидравлических или пневматических испытаний и усилие затяга болтов и шпилек.

В случаях, указанных в ГОСТ Р 59115.8, расчет по выбору основных размеров выполнять с использованием значений давления меньше расчётного или номинального допускаемого напряжения, соответствующего температуре меньше расчетной.

21. Расчетная толщина стенок должна вычисляться с учетом предельных состояний, указанных в подпунктах «а», «б», «в» и «е» пункта 6 Правил.

22. Назначаемая номинальная толщина стенки компонента должна приниматься не меньше значения расчетной толщины стенки компонента, учитывать допуски на размеры исходных полуфабрикатов, возможные утонения при изготовлении и монтаже, а также утонения стенки за счет сплошной коррозии и/или эрозии (при её наличии) под воздействием коррозионной среды за весь срок эксплуатации компонента согласно требованиям ГОСТ Р 59115.7-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Прибавки к толщине

стенки на сплошную коррозию», утвержденного приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1171-ст (Стандартинформ, 2021).

23. При расчете по выбору основных размеров должны выполняться требования ГОСТ Р 59115.8.

VI. Требования к поверочному расчету

24. Поверочный расчет ОиТ (компонентов) должен проводиться:

а) на стадии проектирования (конструирования) – с использованием номинальных значений размеров, установленных в ПКД с учетом результатов расчета по выбору основных размеров;

б) на стадии эксплуатации – с учетом фактических значений размеров и с учетом выявленных несплошностей металла, утонений, а также данных о фактическом коррозионном (и/или эрозионном) воздействии среды и прогноза по коррозионному воздействию среды на весь срок эксплуатации ОиТ. Случаи использования номинальных значений размеров вместо фактических устанавливаются в стандарте ГОСТ Р 59115.11;

25. При поверочном расчете должны рассматриваться все тепло-механические нагрузки, температурные и радиационные воздействия, влияющие на результат обоснования прочности, возникающие при всех режимах нагружения в процессе эксплуатации и испытаний давлением, регламентированных проектом реакторной установки и/или АС.

26. 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 разрушению;

ж) расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров;

з) расчет на достижение предельной вязкопластической (пластической) деформации;

и) расчет на внешние динамические воздействия;

- к) расчет на вибропрочность;
- л) расчет на внутренние динамические воздействия.

Требования к определению напряжений и деформаций

27. Значения напряжений и деформаций и их изменения во времени, используемые в поверочном расчете, должны вычисляться на основе последовательности нагружения ОиТ (компонента). При вычислении напряжений и деформаций должны учитываться все нагружающие воздействия на ОиТ, возникающие при испытаниях, вводе в эксплуатацию и эксплуатации.

28. Для расчетов ОиТ на стадии проектирования должна использоваться прогнозируемая последовательность нагружения ОиТ (компонента), построенная с учетом нагружающих воздействий, установленных ПКД.

29. Для расчетов на стадии эксплуатации должны использоваться:

а) фактическая последовательность нагружения ОиТ (компонента), построенная с учетом нагружающих воздействий, реализованных к моменту времени, применительно к которому выполняется поверочный расчет;

б) прогнозируемая последовательность нагружения ОиТ (компонента), построенная с учетом нагружающих воздействий, ожидаемых от момента времени, применительно к которому выполняется расчет, до окончания срока эксплуатации ОиТ.

30. В расчетах на прочность должны применяться приведенные напряжения или деформации. Определение напряжений и деформаций выполняется в упругой области или за пределами упругой области. В расчетах на прочность за пределами упругости материала рассматриваемого компонента должны применяться условные упругие напряжения или упругопластические деформации (при реализации процессов ползучести – упруговязкопластические деформации).

31. Расчетные методы вычисления приведенных напряжений и деформаций, учета пластичности и ползучести материала, условных упругих напряжений и формирования расчетных циклов условных упругих приведенных напряжений, используемых для проверки выполнения

нормативных критериев прочности, должны соответствовать требованиям раздела 6 ГОСТ Р 59115.9.

Требования к расчету на статическую прочность

32. Расчетом на статическую прочность должно быть подтверждено, что напряжения в ОиТ не достигнут значений, вызывающих предельные состояния, указанные в подпунктах «а», «в», «ж», «и» пункта 6 Правил, и что при этом также не реализуется разрушение срезом.

33. Расчет на статическую прочность должен выполняться без учета вибраций и динамических нагрузок, а также процессов ползучести.

34. Допускаемые значения напряжений должны соответствовать требованиям раздела 8 ГОСТ Р 59115.9.

Требования к расчету на устойчивость

35. Расчетом на устойчивость должно быть подтверждено, что значения нагружающих воздействий на ОиТ (компонент), а в условиях реализации процессов ползучести – также и длительность приложения нагружающих воздействий к ОиТ (компонент), не достигнут значений, вызывающих предельное состояние, указанное в подпункте «д» пункта 6 Правил.

36. При выполнении расчета на устойчивость должны учитываться возможные утонения стенки исходных полуфабрикатов в границах технологических допусков, утонения при изготовлении и монтаже, а также возможные утонения, прогнозируемые на момент окончания срока эксплуатации ОиТ в соответствии с требованиями пункта 27 НП-096-15, разделом 4 ГОСТ Р 59115.9 и разделом 5 ГОСТ Р 59115.11.

37. Оценка прочности на устойчивость должна выполняться в соответствии с требованиями раздела 9 ГОСТ Р 59115.9.

Требования к расчету на циклическую прочность

38. Расчетом на циклическую прочность должно быть подтверждено, что в ОиТ под действием циклических нагружающих воздействий без учета влияния ползучести в течение срока эксплуатации не возникнет предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 6 Правил.

39. 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.

40. Расчет на циклическую прочность должен выполняться на основе зависимостей, 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, а также учтено влияние асимметрии цикла приведенных напряжений, значений физических и механических характеристик материала, температуры металла, нейтронного облучения и параметров рабочей среды, влияющих на циклическую прочность.

41. При выполнении расчёта на циклическую прочность, должны быть учтены особенности сварного соединения по сравнению с основным металлом ОиТ в соответствии с разделом 10 ГОСТ Р 59115.9.

42. Расчет на циклическую прочность по кривым усталости, полученным экспериментальным путем, проводится при выполнении следующих требований:

а) для испытаний образцов металла должны выполняться требования раздела 5 ГОСТ Р 59115.5-2021 «Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Расчетные характеристики циклической и длительной циклической прочности конструкционных материалов», утвержденном приказом Росстандарта от 20 октября 2021 г. № 1169-ст (Стандартинформ, 2021), учтены рассматриваемые условия нагружения и состояния металла конструкции и введены соответствующие коэффициенты запаса;

б) для испытаний ОиТ (компонентов) реальных конструкций или их моделей должны выполняться следующие условия: они должны быть спроектированы, изготовлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данным конструкциям, а испытания должны проводиться в соответствии с условиями их эксплуатации.

43. В расчете на циклическую прочность должно вычисляться усталостное повреждение металла в точках ОиТ для каждого типа циклов условных упругих приведенных напряжений.

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

44. Расчет на циклическую прочность должен подтвердить, что в любой точке ОиТ сумма усталостных повреждений от всех типов циклов условных упругих приведенных напряжений (приведенных деформаций) не превышает допустимого значения, указанного в разделах 5, 10 ГОСТ Р 59115.9.

При выполнении расчета на стадии эксплуатации если выполняются требования пункта 8 Правил, то превышение указанного допустимого значения не учитывается.

Требования к расчету на длительную статическую прочность

45. Расчет на длительную статическую прочность должно быть подтверждено, что в ОиТ, работающих при температуре T , превышающей T_b , в течение срока эксплуатации не будут достигнуты предельные состояния, указанные в подпункте «б» пункта 6 Правил.

46. Для ОиТ, рассчитываемых на длительную статическую прочность, во всем диапазоне эксплуатационных температур должна быть обоснована статическая прочность в соответствии с пунктами 33-35 Правил со значениями номинального допустимого напряжения, соответствующими значениям T каждого расчетного эксплуатационного режима.

47. При расчете на длительную статическую прочность должны быть определены допустимые напряжения на основе характеристик сопротивления металла длительному статическому разрушению, зависящих от температуры, длительности нагружения, наличия сварных соединений и воздействия рабочей среды.

48. Расчет на длительную статическую прочность должно быть подтверждено, что напряжения в ОиТ (включая напряжения от срезающих

нагрузок) и накопленное длительное статическое повреждение не превышают допускаемых значений, установленных в разделах 5, 14 ГОСТ Р 59115.9.

49. При превышении допускаемых значений накопленного длительного статического повреждения по результатам расчета на стадии эксплуатации производится проверка условий выполнения требований пункта 8 Правил.

Требования к расчету на длительную циклическую прочность

50. Расчет на длительную циклическую прочность должно быть подтверждено, что в ОиТ, температура которого превышает значение T_t , под действием циклически повторяющихся нагружающих воздействий в течение срока эксплуатации не возникнет предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 6 Правил. При выполнении расчёта должна быть учтена стадия неустановившейся ползучести, если не показано, что влияние неустановившейся ползучести пренебрежимо мало.

51. Расчет на длительную циклическую прочность должен проводиться на основе требований, указанных в пунктах 39-45 Правил, дополненных учетом влияния длительных статических повреждений материала. При этом должны учитываться только такие типы циклов условных упругих приведенных напряжений, в которых реализуются ползучесть.

52. Для получения накопленного повреждения в рассчитываемой точке ОиТ вычисленные повреждения от циклов, в которых температура превышает значение T_t , должны быть просуммированы с усталостными повреждениями от циклов, в которых температура не превышает значения T_t .

53. Оценка прочности на длительную циклическую прочность должна выполняться в соответствии с требованиями раздела 11 ГОСТ Р 59115.9.

Требования к расчету на сопротивление разрушению

54. Расчет на сопротивление разрушению должно быть подтверждено, что в течение срока эксплуатации рассчитываемых ОиТ не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпунктах «а», «з» и «к» пункта 6 Правил. Расчет на сопротивление разрушению не проводится при выполнении условий, указанных в разделе 12 ГОСТ Р 59115.9.

55. Расчет на стадии проектирования (конструирования) должен проводиться для постулируемых расчетных трещин. В расчетах необходимо учитывать возможный устойчивый рост постулируемой в соответствии с разделом 12 ГОСТ Р 59115.9 трещины вследствие усталости, ползучести и коррозии.

56. Расчет на стадии эксплуатации должен проводиться для трещин, постулируемых в соответствии с пунктом 8 Правил, и для выявленных несплошностей металла с учетом возможного их устойчивого роста вследствие усталости, ползучести и коррозии.

57. Расчет на сопротивление разрушению должно быть установлено, что расчетные характеристики трещин: коэффициент интенсивности напряжений или J-интеграл или раскрытие в вершине трещины – в нагруженных ОиТ не превышают допустимых значений, установленных в разделах 5 и 12 ГОСТ Р 59115.9 и Приложения П ГОСТ Р 59115.14.

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

58. Расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должно быть подтверждено, что в ОиТ под действием нагружающих воздействий в течение срока эксплуатации не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «ж» пункта 6 Правил. Расчет должен выполняться в случае, если при расчете на статическую прочность были нарушены требования по предотвращению состояний, указанных в пункте 33 Правил.

59. Расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должен выполняться по предельным значениям изменения формы и (или) размеров, учитывающим конкретные функции и условия работы рассчитываемого ОиТ. Предельные значения изменения формы и (или) размеров устанавливаются в конструкторской документации.

60. Оценка прочности на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должна выполняться в соответствии с требованиями раздела 13 ГОСТ Р 59115.9.

Требования к расчету на достижение предельной вязкопластической (пластической) деформации

61. Расчет на достижение предельной вязкопластической (пластической) деформации должно быть подтверждено, что накопленные деформации пластичности и ползучести (или только пластичности), не превышают допусковых значений, установленных в разделах 5, 13 ГОСТ Р 59115.9.

62. Оценка прочности на накопление вязкопластических (пластических) деформаций должна выполняться в соответствии с требованиями раздела 13 ГОСТ Р 59115.9

Требования к расчету на внешние динамические воздействия

63. Расчет на внешние динамические воздействия должно быть подтверждено, что при сочетании нагрузок, возникающих при эксплуатации, и внешних динамических воздействий, включая сейсмические воздействия, в трубопроводах не будут достигнуты предельные состояния, указанные в подпунктах «а», «г» и «д» пункта 6 Правил.

64. При расчёте на внешние динамические воздействия должны учитываться особенности сейсмических воздействий и воздействий техногенного происхождения.

65. Оценка прочности на внешние динамические воздействия должна выполняться в соответствии с требованиями раздела 15 ГОСТ Р 59115.9.

Требования к расчету на вибропрочность

66. Расчет на вибропрочность должно быть подтверждено, что при возникновении в ОиТ вибраций не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «г» пункта 6 Правил, а также не возникнут виброударные взаимодействия с соседними ОиТ и конструкциями.

67. Расчет на вибропрочность должен содержать:

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

б) проверка на отсутствие виброударных взаимодействий ОиТ с соседними ОиТ и конструкциями;

в) расчеты на циклическую прочность с учетом вибронапряжений.

68. Результаты измерений вибрационных характеристик ОиТ, получаемые при предпусковых наладочных работах и (или) при последующей эксплуатации, должны учитываться в расчетах на вибропрочность на стадии эксплуатации в соответствии с разделом 16 и Приложением Е ГОСТ Р 59115.9.

69. Оценка прочности на вибропрочность должна выполняться в соответствии с требованиями раздела 16 ГОСТ Р 59115.9.

Требования к расчету на внутренние динамические воздействия

70. Расчет на внутренние динамические воздействия должно быть подтверждено, что при сочетании нагрузок, возникающих при эксплуатации, и внутренних динамических воздействиях, включая гидравлические удары и падение предметов на ОиТ, в них не будут достигнуты предельные состояния «в», «и», указанные в пункте 6 Правил. Оценка прочности выполняется по результатам проведения поверочного расчёта для каждого конкретного внутреннего воздействия в соответствии с разделом VI Правил.

71. Расчет на внутренние динамические воздействия проводится если вероятность возникновения рассматриваемого внутреннего динамического воздействия превышает 10^{-6} .

+ _____

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к федеральным нормам и правилам
в области использования атомной
энергии «Основные требования
к расчетам на прочность оборудования
и трубопроводов атомных
энергетических установок»,
утвержденным приказом Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «__» _____ 20__ г. № _____

Список сокращений и обозначений

В настоящих Правилах применены следующие сокращения:

ОиТ – оборудование и трубопроводы;

АС – атомная станция.

В Правилах применены следующие условные обозначения:

T – температура материала, значение которой принимается равным (в зависимости от вида расчета на прочность) значению в рассматриваемой точке, либо среднему значению в рассматриваемом сечении, °С (К);

T_i – температура, при превышении которой в расчетах на прочность необходимо учитывать характеристики длительной прочности, пластичности и ползучести, °С (К);

J-интеграл – интеграл, который включает в себя фронт трещины от одной поверхности до другой, используемый для характеристики вязкости разрушения материала.