

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

**Федеральные нормы и правила  
в области использования атомной энергии  
«Требования к обоснованию прочности корпуса блока реакторного,  
оборудования, трубопроводов и внутрикорпусных устройств  
ядерной энергетической установки  
со свинцовым теплоносителем»  
(НП-108-21)**

**I. Назначение и область применения**

1. Настоящие федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к обоснованию прочности корпуса блока реакторного, оборудования, трубопроводов и внутрикорпусных устройств ядерной энергетической установки со свинцовым теплоносителем» (НП-108-21) (далее – Правила) разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии», 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 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 49, ст. 5600; 2012, № 51, ст. 7203).

2. Настоящие Правила предназначены для ядерных энергетических установок со свинцовым теплоносителем и устанавливают требования к обоснованию прочности оборудования, трубопроводов, внутрикорпусных устройств, корпуса блока реакторного, а также их составных частей, находящихся в постоянном или периодическом контакте со свинцовым теплоносителем и (или) защитным газом до первой отсечной арматуры или гидрозатвора от корпуса блока реакторного, а также оборудования и трубопроводов второго паро-водяного контура от парогенератора до второй со стороны парогенератора арматуры (отсечной или обратной).

3. Требования настоящих Правил распространяются на элементы и их составные части, подверженные проектным нагружающим воздействиям и подпадающие под действие федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Правила устройства и безопасной эксплуатации корпуса блока реакторного, оборудования, трубопроводов и внутрикорпусных устройств ядерных энергетических установок со свинцовым теплоносителем» утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 2020 г. № \_\_\_\_ (зарегистрирован Минюстом России \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г. регистрационный № \_\_\_\_\_) (далее – НП-107-21), для которых:

проектирование (конструирование), изготовление, монтаж, ввод в эксплуатацию и эксплуатация должны выполняться согласно требованиям НП-107-21;

температура при нормальной эксплуатации и нарушении нормальной эксплуатации, включая проектные аварии, не превышает:

- \* 650°С для металлических элементов;
- \* 700°С для бетонных элементов (бетонного наполнителя).

4. Требования настоящих Правил обязательны для исполнения эксплуатирующими организациями, а также организациями, выполняющими работы и предоставляющими услуги в области использования атомной энергии.

## **II. Требования к обоснованию прочности металлических элементов**

### **Общие положения**

5. Требования настоящей главы распространяются на оборудование, трубопроводы, внутрикорпусные устройства, а также на металлические обечайки, оболочки и иные металлические составные части КБР (далее – МЭ) (список сокращений и условных обозначений приведен в приложении № 1 к настоящим Правилам), кроме металлической арматуры бетона.

6. Расчетами на прочность должно быть обосновано, что в течение проектного срока службы в МЭ не будут достигнуты следующие предельные

состояния (термины и определения приведены в приложении № 2 к настоящим Правилам):

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

б) разрушение в условиях ползучести при статическом нагружении;

в) возникновение пластической деформации по всей площади какого-либо из возможных сечений либо только по части площади сечения, но по всей толщине стенки МЭ (или его компонента);

г) возникновение макротрещины при циклическом нагружении (при наличии ползучести или без нее)<sup>1</sup>;

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

е) накопление предельно допустимой деформации ползучести;

ж) достижение предельных изменений формы и (или) размеров;

з) накопление предельно допустимой вязко-пластической деформации<sup>2</sup>;

и) накопление предельно допустимой пластической деформации<sup>3</sup>, с учётом коэффициентов запаса, установленных в следующих стандартах Госкорпорации «Росатом»:

СТО 95 12047-2019, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 5 декабря 2019 г. № 1/1350-П-дсп (далее – СТО 95 12047-2019);

СТО 95 12048-2019, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 10 декабря 2019 г. № 1/1374-П-дсп (далее - СТО 95 12048-2019);

СТО 95 12049-2019, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 4 декабря 2019 г. № 1/1344-П-дсп (далее – СТО 95 12049-2019).

7. При проведении расчетов на прочность МЭ должны быть учтены нагружающие процессы и воздействия (включая перечисленные в пункте 8

---

<sup>1</sup>) Данное предельное состояние рассматривается как возникающее только за счет циклических нагрузок в отсутствие или при наличии ползучести.

<sup>2</sup> При температуре, равной или превышающей значение  $T_1$ .

<sup>3</sup> При температуре ниже  $T_1$ .

настоящих Правил), влияющие по отдельности или в совокупности на достижение предельного состояния МЭ.

8. В расчете на прочность МЭ должны учитываться:

воздействие температур и нейтронных потоков на свойства материалов и на нагружение МЭ;

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

термическая ползучесть металла при температуре, равной или превышающей значение  $T_t$ , установленное стандартом Госкорпорации «Росатом» СТО 95 12040-2019, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 5 декабря 2019 г. № 1/1351-П-дсп (далее - СТО 95 12040-2019);

влияние свинцового теплоносителя и газовой среды на прочность МЭ;

радиационная ползучесть и радиационное распухание металла в зависимости от уровня нейтронного облучения.

9. Расчет на прочность должен включать в себя расчет по выбору основных размеров и поверочный расчет, выполняемые с учетом предельных состояний, указанных в пункте 6 настоящих Правил. При обосновании прочности МЭ должны выполняться требования, установленные настоящими Правилами как для расчета по выбору основных размеров, так и для поверочного расчета.

10. В расчете на прочность должны применяться значения физических и механических характеристик основного металла и сварных соединений в соответствии с требованиями СТО 95 12040-2019, а также консервативным образом учитываться их изменения в процессе эксплуатации вследствие высокой температуры, особенностей деформирования, облучения и распухания металла, воздействия теплоносителя или газовой среды, а также их совместного влияния.

При отсутствии необходимых данных в указанном стандарте должны использоваться характеристики конструкционных материалов, обоснованные в соответствии с требованиями НП -107-21.

### Требования к номинальным допускаемым напряжениям

11. Номинальные допускаемые напряжения при температуре  $T$ , используемые в расчетах на прочность, должны определяться по временному сопротивлению, пределу текучести и пределу длительной прочности материала МЭ с учетом их изменений в процессе эксплуатации:

для компонентов МЭ, кроме болтов и шпилек:

$$[\sigma] = \min \{ R_m^T / n_m; R_{p0,2}^T / n_{0,2} \} \text{ при } T \text{ ниже } T_t,$$

$$[\sigma] = \min \{ R_m^T / n_m; R_{p0,2}^T / n_{0,2}; R_{mt}^T / n_{mt} \} \text{ при } T, \text{ равной или выше } T_t,$$

$$\text{где } n_m = 2,6;$$

$$n_{0,2} = 1,5;$$

$$n_{mt} = 1,5;$$

для болтов или шпилек:

$[\sigma]_w = R_{p0,2}^T / n_{0,2}$  от действия давления и усилия затяга при температуре болтов и шпилек ниже  $T_t$ ,

$[\sigma]_{wt} = \min \{ R_{p0,2}^T / n_{0,2}; R_{mt}^T / n_{mt} \}$  от действия давления при температуре болтов и шпилек равной или выше  $T_t$ ,

$$\text{где } n_{0,2} = 2,0;$$

$$n_{mt} = 3,0.$$

### Требования к расчету по выбору основных размеров

12. В расчете по выбору основных размеров должны вычисляться значения расчетной толщины стенки ( $S_R$ ) компонентов МЭ, а также выполняться подбор компонентов фланцевых соединений в зависимости от размеров и номинальных допускаемых напряжений ( $[\sigma]$ ) компонентов при расчетной температуре. В качестве нагрузки должно использоваться расчетное давление, а дополнительно для компонентов фланцевых соединений – давление гидравлических или пневматических испытаний и усилие затяга болтов и шпилек.

13. Расчетная толщина стенок  $S_R$  должна вычисляться с учетом предельных состояний, указанных в подпунктах «а», «б» и «в» пункта 6 настоящих Правил.

14. Назначаемая номинальная толщина стенки должна определяться с учетом  $S_R$ , а также допусков на размеры исходных полуфабрикатов, возможных утонений при изготовлении и монтаже, а также сплошного утонения стенки под воздействием коррозионной среды за весь срок службы МЭ, определенного на образцах, испытанных в условиях, близких к эксплуатационным.

15. Расчет по выбору основных размеров должен выполняться в соответствии с требованиями СТО 95 12047-2019.

### **Требования к поверочному расчету**

16. Поверочный расчет МЭ должен проводиться после выполнения расчета по выбору основных размеров.

17. Поверочный расчет рассчитываемых МЭ должен проводиться по номинальным размерам.

18. 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 (вязко-хрупкому) разрушению (нестабильное развитие трещины);
- ж) расчет на прогрессирующее изменение формы и размеров;
- з) расчет на накопление вязко-пластических (пластических) деформаций;
- и) расчет на внешние динамические воздействия;
- к) расчет на вибропрочность.

### **Требования к определению напряжений и деформаций**

19. Используемые в поверочном расчете значения напряжений и деформаций и их изменения во времени должны вычисляться на основе проектной последовательности нагружения МЭ. При этом должны учитываться все предусмотренные проектом нагружающие воздействия на МЭ, возникающие при изготовлении, монтаже, испытаниях, предпусковых наладочных работах и эксплуатации.

20. При сложном (не одноосном) напряженном состоянии в оценках прочности должны применяться приведенные напряжения или деформации.

21. В расчетах за пределами упругости материала рассматриваемого МЭ должны применяться упругопластические деформации (при реализации процессов ползучести – упруго-вязко-пластические деформации) или условные упругие напряжения.

22. Методы вычисления приведенных напряжений и деформаций, учета пластичности и ползучести материала, условных упругих напряжений и формирования расчетных циклов условных упругих приведенных напряжений для проверки выполнения нормативных критериев прочности должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на статическую прочность**

23. Расчет на статическую прочность должно быть подтверждено, что напряжения в МЭ не достигнут значений, вызывающих предельные состояния, указанные в подпунктах «а» и «в» пункта 6 настоящих Правил, и при этом не реализуются:

- а) смятие поверхности МЭ (его компонента);
- б) разрушение срезом;
- в) изменение размеров или формы, влияющее на работоспособность конструкции.

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

25. Методы и критерии расчета на статическую прочность должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на устойчивость**

26. Расчет на устойчивость должно быть подтверждено, что значения нагружающих воздействий на МЭ, а в условиях реализации процессов ползучести и (или) релаксации напряжений – также и длительность приложения нагружающих воздействий к МЭ, не достигнут значений, вызывающих потерю устойчивости по предельному состоянию, указанному в подпункте «д» пункта 6 настоящих Правил.

27. При выполнении расчета на устойчивость должно учитываться снижение жесткости МЭ вследствие допусков на размеры исходных полуфабрикатов, возможных утонений при изготовлении и монтаже, а также утонения стенки под воздействием коррозионной среды, прогнозируемого на весь срок службы МЭ.

28. Методы и критерии прочности расчета на устойчивость должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на циклическую прочность**

29. Расчет на циклическую прочность должно быть подтверждено, что в МЭ, работающем при температуре, не превышающей значения  $T_t$ , под действием нагружающих воздействий, предусмотренных проектом ядерной энергетической установки, в течение проектного срока службы не возникнут усталостные макротрещины предельного состояния, указанного в подпункте «г» пункта 6 настоящих Правил.

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

31. 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 в основном металле. В указанные зависимости должны быть введены запасы прочности по числу циклов и по значениям амплитуд условных упругих приведенных



напряжений, а также учтено влияние асимметрии цикла приведенных напряжений, габаритов и шероховатости поверхности рассчитываемого МЭ, значений физических и механических характеристик материала, температуры металла, нейтронного облучения и параметров рабочей среды (свинцового теплоносителя, защитного газа, воздушной среды), влияющих на циклическую прочность.

При расчете должны быть учтены особенности сопротивления усталости сварного соединения по сравнению с основным металлом МЭ.

32. В расчете на циклическую прочность должно вычисляться усталостное повреждение металла в точках МЭ 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 с отличающимися периодами повторения.

33. В результате расчета на циклическую прочность должно быть подтверждено, что во всех точках МЭ сумма усталостных повреждений от всех типов циклов условных упругих приведенных напряжений не достигает допустимого значения.

34. Методы и критерии расчета на циклическую прочность должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на длительную статическую прочность**

35. Расчет на длительную статическую прочность должно быть подтверждено, что в МЭ, работающем при температуре  $T$ , равной или выше  $T_t$ , в течение проектного срока службы не будут достигнуты предельные состояния, указанные в подпунктах «б» и «е» пункта 6 настоящих Правил.

36. Для МЭ, рассчитываемого на длительную статическую прочность, во всем диапазоне эксплуатационных температур должна быть обоснована статическая прочность согласно пунктам 23–25 настоящих Правил со значениями  $[\sigma]$ , соответствующими значениям  $T$  каждого рассчитываемого режима.

37. В расчете на длительную статическую прочность должны определяться допустимые значения напряжений на основе характеристик

сопротивления металла длительному статическому разрушению, зависящих от температуры, длительности нагружения, возможного наличия сварных соединений и воздействия среды.

38. В результате расчета на длительную статическую прочность должно быть подтверждено, что напряжения в МЭ и суммарное длительное статическое повреждение не превышают допустимых значений.

39. Методы и критерии расчета на длительную статическую прочность должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

#### **Требования к расчету на длительную циклическую прочность**

40. Расчет на длительную циклическую прочность должно быть подтверждено, что в МЭ, температура которого равна или превышает значение  $T_t$ , под действием циклически повторяющихся нагружающих воздействий, предусмотренных проектом, в течение проектного срока службы не возникнут усталостные макротрещины предельного состояния, указанного в подпункте «г» пункта 6 настоящих Правил.

41. Необходимым условием проведения расчета МЭ на длительную циклическую прочность должно являться выполнение требований пунктов 35–39 настоящих Правил. Сам расчет на длительную циклическую прочность должен проводиться на основе зависимостей, указанных в пунктах 31–33 настоящих Правил, дополненных учетом влияния длительных статических повреждений материала. При этом из всех типов циклов условных упругих приведенных напряжений должны отбираться только такие типы циклов, в которых реализуется ползучесть.

42. Для получения суммарного повреждения в рассчитываемой точке МЭ найденные повреждения от циклов, в которых температура равна или превышает значение  $T_t$ , должны быть просуммированы с усталостными повреждениями от циклов, в которых температура не превышает значения  $T_t$ .

43. Методы и критерии расчета на длительную циклическую прочность должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

#### **Требования к расчету на сопротивление разрушению**

44. Расчет на сопротивление разрушению должно быть подтверждено, что в течение срока службы рассчитываемого МЭ не будет

достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «а» пункта 6 настоящих Правил, в форме нестабильного роста трещины.

45. В результате расчета на сопротивление разрушению должно быть подтверждено, что расчетные характеристики постулируемых трещин в нагруженном МЭ не превышают допускаемых значений.

46. Методы и критерии расчета на сопротивление разрушению должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на прогрессирующее изменение формы и размеров**

47. Расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должно быть подтверждено, что в МЭ под действием циклически повторяющихся нагружающих воздействий в течение проектного срока службы не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «ж» пункта 6 настоящих Правил.

48. Расчет на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должен выполняться в том случае, если в проектной или конструкторской документации установлены и обоснованы предельные значения изменения форм и (или) размеров, учитывающие конкретное назначение и условия работы рассчитываемого МЭ.

В результате расчета на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должно быть показано, что остаточные изменения формы и (или) размеров не превышают допускаемых значений.

49. Методы и критерии расчета на прогрессирующее изменение формы и (или) размеров должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на накопление вязко-пластических деформаций**

50. Расчет на накопление вязко-пластических деформаций должно быть подтверждено, что в течение срока службы рассчитываемого МЭ не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «з» пункта 6 настоящих Правил (при отсутствии вязких деформаций – не будет достигнуто предельное состояние, указанное в подпункте «и» пункта 6 настоящих Правил).

51. Расчет на накопление вязко-пластических деформаций должен проводиться для МЭ, в котором реализуется ползучесть. При этом должно учитываться влияние прогрессирующего изменения формы и (или) размеров.

52. В результате расчета на накопление вязко-пластических деформаций должно быть показано, что накопленные вязко-пластические деформации, включающие в себя деформации пластичности и ползучести, не превышают допустимых значений.

53. Методы и критерии проведения расчетов на накопление вязко-пластических деформаций должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на внешние динамические воздействия**

54. Расчетом на внешние динамические воздействия должно быть подтверждено, что при сочетании эксплуатационных нагрузок и внешних динамических воздействий, включая сейсмические воздействия, в МЭ не будут достигнуты предельные состояния, указанные в подпунктах «а», «в», «г», «ж», а для оборудования, кроме того, и подпункта «д» пункта 6 настоящих Правил.

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

56. Методы и критерии расчета на сейсмические воздействия должны соответствовать требованиям СТО 95 12049-2019.

57. Методы и критерии расчета на внешние динамические воздействия, кроме сейсмических воздействий, должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **Требования к расчету на вибропрочность**

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

59. Расчет на вибропрочность должен содержать:

определение спектра собственных частот колебаний МЭ и проверку отсутствия резонанса (отстройки от детерминированных частот возмущения);

проверку на отсутствие виброударных взаимодействий МЭ с соседними элементами и конструкциями с целью исключения повышенного износа;

расчеты на циклическую и длительную циклическую прочность с учетом вибронапряжений.

60. Результаты расчета МЭ на вибропрочность, в том числе в случаях, когда расчетом не удастся обосновать отсутствие резонанса в рассматриваемом МЭ, должны быть подтверждены расчетно-экспериментальным путем по результатам анализа вибраций, зарегистрированных в процессе предпусковых наладочных работ с использованием расчета на циклическую и длительную циклическую прочность.

61. Методы и критерии расчета на вибропрочность должны соответствовать требованиям СТО 95 12048-2019.

### **III. Требования к расчету металло-бетонного корпуса блока реакторного**

#### **Общие положения**

62. Расчет НДС КБР должен выполняться совместно для МЭ и БЭ, входящих в состав КБР.

63. Расчеты на прочность МЭ в составе КБР, а также иных металлических компонентов в составе элементов КБР (кроме металлической арматуры бетона) должны выполняться в соответствии с требованиями главы II настоящих Правил по результатам расчета НДС, выполненного совместно с БЭ. При этом должно быть учтено влияние уровней напряжений и деформаций, возникающих в БЭ, на физические и механические характеристики бетона, используемые в расчете НДС КБР.

64. Физические и механические характеристики бетона, используемые в расчетах НДС, должны приниматься с учетом влияния на них

уровней напряжений, деформаций и требований долговечности по результатам анализа:

- статической прочности;
- образования и развития трещин;
- устойчивости;
- внешних динамических воздействий.

Анализ должен проводиться в соответствии с требованиями следующих стандартов Госкорпорации «Росатом»:

СТО 95 12052-2019, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 5 декабря 2019 г. № 1/1349-П-дсп (далее - СТО 95 12052-2019);

СТО 95 12053-2019, утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 10 декабря 2019 г. № 1/1380-П-дсп (далее - СТО 95 12053-2019).

Указанные виды анализа должны выполняться для всех режимов нагружения КБР, возникающих при изготовлении, предэксплуатационном нагреве, предпусковых наладочных работах и при эксплуатации.

### **Требования к определению напряжений и деформаций в бетонных элементах**

65. Определение НДС и проверка выполнения условий прочности по напряжениям и деформациям в БЭ должны проводиться с учетом:

- физико-механических характеристик металлической арматуры;
- физико-механических характеристик бетона с учетом различий при растяжении и сжатии, а также влияния неодноосности напряженного состояния;
- влияния длительного воздействия высокой температуры на физико-механические свойства материалов БЭ;
- влияния трещин в бетоне на теплофизические характеристики бетона и температурные поля в БЭ;
- влияния растрескивания бетона на деформационные свойства БЭ;
- влияния воздействия нейтронного облучения;
- влияния механического взаимодействия металлической арматуры и бетона;
- особенностей геометрической формы БЭ, включая каналы системы

парогазоотведения.

66. Методы учета указанных факторов при определении напряжений и деформаций должны соответствовать требованиям СТО 95 12052-2019.

#### **Требования к расчету бетонных элементов на статическую прочность**

67. Расчетом БЭ на статическую прочность должно быть установлено выполнение условий прочности по напряжениям и (или) деформациям. В случае невыполнения хотя бы одного из условий прочности физические и механические характеристики бетона должны уточняться для учета в последующих расчетах на прочность МЭ в составе КБР при их совместном деформировании с БЭ.

68. Методы и критерии расчета на статическую прочность для применяемых марок бетона должны соответствовать требованиям СТО 95 12052-2019.

#### **Требования к расчету бетонных элементов на образование и развитие трещин**

69. В случае установления в результате анализа статической прочности БЭ начала трещинообразования дальнейшие расчеты на прочность МЭ в составе КБР при их совместном деформировании с БЭ должны проводиться с учетом анализа развития трещин в БЭ и соответствующих изменений физических и механических характеристик бетона.

70. Методы и критерии расчета БЭ на образование и развития трещин должны соответствовать требованиям СТО 95 12052-2019.

#### **Требования к расчету корпуса блока реакторного на устойчивость**

71. Расчет на устойчивость должна быть подтверждена устойчивость КБР с учетом совместного деформирования бетонных и металлических элементов.

72. Методы и критерии расчета КБР на устойчивость с учетом деформационных свойств бетона должны соответствовать требованиям СТО 95 12052-2019.

### **Требования к расчету корпуса блока реакторного на внешние динамические воздействия**

73. Расчет на внешние динамические воздействия должно быть подтверждено, что при сочетании эксплуатационных нагрузок и внешних динамических воздействий, включая сейсмические воздействия, при совместном деформировании бетонных и металлических элементов КБР будет обеспечена прочность металлических частей КБР в соответствии с требованиями главы II настоящих Правил.

74. В расчете на внешние динамические воздействия должны быть учтены следующие особенности динамического механического взаимодействия по поверхностям контакта БЭ с металлическими конструкциями: возможность проскальзывания, раскрытия зазоров и соударений в зонах контакта металла и бетона, а также других видов взаимодействия, влияющих на НДС при динамических воздействиях.

75. Методы и критерии расчета на внешние динамические воздействия должны соответствовать требованиям СТО 95 12052-2019 и СТО 95 12053-2019.

---



ПРИЛОЖЕНИЕ № 1  
к федеральным нормам и правилам  
в области использования атомной  
энергии «Требования к обоснованию  
прочности корпуса блока реакторного,  
оборудования, трубопроводов и  
внутрикорпусных устройств ядерной  
энергетической установки со  
свинцовым теплоносителем»,  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому,  
технологическому и атомному надзору  
от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

### Список сокращений и условных обозначений

В настоящих Правилах применены следующие сокращения:

- БЭ – бетонные элементы (бетонный наполнитель) металло-бетонного корпуса блока реакторного;
- КБР – корпус блока реакторного;
- МЭ – металлические элементы;
- НДС – напряженно-деформированное состояние.

В настоящих Правилах применены следующие условные обозначения:

- $R_m^T$  – минимальное значение временного сопротивления при температуре  $T$ , Мпа;
- $R_{mt}^T$  – минимальный предел длительной прочности материала при температуре  $T$ , Мпа;
- $R_{p0,2}^T$  – минимальное значение предела текучести при температуре  $T$ , Мпа;
- $n_m$  – коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению;
- $n_{mt}$  – коэффициент запаса прочности по пределу длительной прочности;

$n_{0,2}$  – коэффициент запаса прочности по пределу текучести;

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

$T_t$  – температура, при превышении которой необходимо учитывать характеристики длительной прочности, пластичности и ползучести, °С (К);

$[\sigma]$  – номинальное допускаемое напряжение для компонентов, кроме болтов и шпилек, Мпа;

$[\sigma]_W$  – номинальное допускаемое напряжение для болтов и шпилек при температуре ниже  $T_t$ , Мпа;

$[\sigma]_{Wt}$  – номинальное допускаемое напряжение для болтов и шпилек при температуре равной или выше  $T_t$ , Мпа.

---

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2  
к федеральным нормам и правилам  
в области использования атомной  
энергии «Требования к обоснованию  
прочности корпуса блока реакторного,  
оборудования, трубопроводов и  
внутрикорпусных устройств ядерной  
энергетической установки со  
свинцовым теплоносителем»,  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому,  
технологическому и атомному надзору  
от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

### Термины и определения

**Амплитуда цикла напряжений или деформаций** – половина от разности максимального и минимального значений цикла напряжений или деформаций.

**Асимметрия цикла напряжений** – отношение минимального значения к максимальному значению приведенных напряжений, возникающих в точке элемента (компонента) в процессе цикла изменения условных упругих приведенных напряжений.

**Длительное статическое повреждение** – отношение времени действия приведенного напряжения в точке элемента (компонента) в условиях ползучести к допускаемому времени разрушения вследствие ползучести для этого приведенного напряжения.

**Долговечность бетона** – способность бетона в составе элемента (компонента) в течение проектного срока службы элемента (компонента) сохранять физические и механические характеристики не ниже уровней, установленных при проектировании (конструировании).

**Компонент** – часть элемента, анализируемая при выполнении расчета на прочность.

**Кратковременное разрушение** – разрушение элемента (компонента), происходящее в момент достижения полем напряжений или деформаций состояния, установленного нормативной документацией.

**Номинальное допускаемое напряжение** – расчетная характеристика, определяемая прочностными свойствами материала при заданной температуре отдельно для болтов (шпилек) и других компонентов с учетом коэффициентов запаса, а также наличия или отсутствия ползучести материала.

**Номинальный размер** – значение размера, указанное в конструкторской (проектной) документации без учета допусков.

**Приведенная деформация** – используемое при оценке прочности элемента или его компонента значение деформации, приводящее деформированное состояние к условиям эквивалентного одноосного напряженного состояния.

**Приведенное напряжение** – используемое при оценке прочности элемента или его компонента значение напряжения, приводящее напряженное состояние к условиям эквивалентного одноосного напряженного состояния.

**Расчетная температура** – температура стенки элемента (компонента), значение которой используется при расчете по выбору основных размеров и определяется как максимальное для рассматриваемого режима среднеинтегральное значение распределения температуры по толщине стенки.

**Расчетное давление** – избыточное давление в элементе (компоненте), значение которого используется при расчете на прочность по выбору основных размеров и устанавливается конструкторской (проектной) организацией не ниже, чем максимальное давление при условиях нормальной эксплуатации в элементе.

**Режим нагружения** – изменение во времени совокупности параметров нагружения (значение нагрузок, температур, флюенса нейтронов, количества циклов приложения нагрузок) элемента (компонента), характеризующее определенную стадию его жизненного цикла.

**Тип циклов условных упругих приведенных напряжений или деформаций** – совокупность параметров цикла условных упругих приведенных напряжений или деформаций, включающая: амплитуду цикла напряжения или деформации, асимметрию цикла приведенных напряжений, значения минимальной и максимальной температуры цикла, а в условиях ползучести – дополнительно длительность действия максимального или минимального приведенного напряжения цикла.

**Усилие затяга** – продольное внутреннее усилие, создаваемое в болтах (шпильках) для обеспечения герметичности фланцевого соединения.

**Условные упругие напряжения** – напряжения, значения которых определяются по соотношениям обобщенного закона Гука путем замены в них компонентов деформаций упругости на суммы одноименных им компонентов деформаций упругости, пластичности и ползучести.

**Усталостное повреждение** – отношение числа повторений рассматриваемого типа циклов к допускаемому числу повторений этого цикла.

**Цикл напряжений** – изменение напряжения от исходного значения до конечного, равного исходному, при котором достигаются одно максимальное и одно минимальное значения напряжения.

---