

УТВЕРЖДЕНО

приказ Департамента по ядерной и радиационной безопасности
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

от 30.12.2022 № 68

РУКОВОДСТВО

по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик работающих под давлением оборудования и трубопроводов атомных электростанций»

ГЛАВА 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Руководство по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик работающих под давлением оборудования и трубопроводов атомных электростанций» (далее – Руководство по безопасности) разработано в целях содействия соблюдению требований норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Безопасность атомных электростанций. Требования к программе по управлению старением атомных электростанций», утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 6 декабря 2018 г. № 61 (далее – НП 61), норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных электростанций», утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 30 июня 2021 г. № 45.

2. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации Департамента по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по установлению и методам мониторинга ресурсных характеристик работающих под давлением оборудования и трубопроводов атомных электростанций (далее – АЭС) при их проектировании, конструировании, изготовлении, эксплуатации и выводе из эксплуатации.

3. Настоящее Руководство по безопасности распространяется на работающие под давлением оборудование и трубопроводы АЭС с

водо-водяными энергетическими реакторами, включенные в программу управления ресурсом.

4. Настоящее Руководство по безопасности не распространяется на корпуса реакторов, насосы, арматуру АЭС.

5. Требования по управлению ресурсом могут быть выполнены с использованием иных способов (методов), отличных от изложенных в настоящем Руководстве по безопасности, при обоснованности выбранных способов (методов) для обеспечения безопасности.

6. Примерный перечень оборудования и трубопроводов АЭС, включаемых в программу управления ресурсом и попадающих под действие настоящего Руководства по безопасности, приведен в приложении 1 к настоящему Руководству по безопасности.

По согласованию с разработчиками проектов реакторной установки (далее – РУ) и АЭС эксплуатирующая организация может дополнять указанный перечень.

7. В настоящем Руководстве по безопасности используются термины и определения, приведенные в НП 61, а также следующие термины и определения:

деградация – необратимые изменения, ухудшающие способность изделия выполнять требуемую функцию, развивающиеся с течением времени. Деградация может наступить при применении или при хранении и быть вызвана внутренними процессами и (или) воздействием окружающей среды;

доминирующий механизм старения, деградации, повреждений оборудования и трубопроводов – один из нескольких механизмов старения, деградации, повреждений оборудования и трубопроводов, приводящий к наиболее быстрому исчерпанию ресурса.

однотипное оборудование и трубопроводы (далее – оборудование и трубопроводы) – оборудование или трубопроводы, представленные в проекте РУ или АЭС как минимум в нескольких единицах.

ГЛАВА 2

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

8. Ресурсные характеристики работающих под давлением оборудования и трубопроводов АЭС рекомендуется устанавливать и обосновывать конструкторской (проектной) организацией на стадии проектирования.

9. Примерный перечень параметров, на основе которых могут быть определены ресурсные характеристики работающих под давлением

оборудования и трубопроводов АЭС, приведен в приложении 2 к настоящему Руководству по безопасности. Необходимые для управления ресурсом оборудования и трубопроводов ресурсные характеристики рекомендуется определять на основе параметров из указанного перечня или, если приведенных в нем параметров недостаточно для определения ресурсных характеристик, дополнительно назначать иные.

10. Ресурсные характеристики оборудования и трубопроводов определяются как предельно допустимые значения приведенных в приложении 2 к настоящему Руководству по безопасности параметров, достижение которых соответствует исчерпанию ресурса согласно критериям оценки ресурса, определенным в главе 4 настоящего руководства по безопасности.

11. Установленный конструкторской (проектной) организацией перечень ресурсных характеристик оборудования и трубопроводов рекомендуется обосновать, при этом в качестве обоснования могут служить:

ссылки на опыт эксплуатации и управление ресурсом аналогичного оборудования на АЭС;

результаты испытаний или опытной эксплуатации прототипов;

расчетно-аналитические методы;

прогнозируемые механизмы деградации оборудования и трубопроводов (для новых разработок).

ГЛАВА 3

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РЕСУРСА

12. Критерии оценки ресурса оборудования и трубопроводов рекомендуется устанавливать для каждой из установленных для этого оборудования или трубопровода ресурсной характеристики на основе требований нормативных правовых актов, в том числе обязательных для соблюдения требований технических нормативных правовых актов (далее – НПА, ТНПА), требований конструкторской (проектной) документации.

13. Примерный перечень критериев оценки ресурса работающих под давлением оборудования и трубопроводов АЭС приведен в приложении 3 к настоящему Руководству по безопасности. Необходимые для управления ресурсом оборудования и трубопроводов критерии оценки ресурса рекомендуется определять с использованием указанного перечня.

14. В случае необходимости использования иных, не указанных в приложении 3 настоящего Руководства по безопасности, критериев оценки ресурса, или дополнительных источников установления численных

значений, критериев ресурса рекомендуется конструкторской (проектной) организации в проекте АЭС привести обоснование необходимости использования альтернативных критериев.

ГЛАВА 4

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТОДАМ МОНИТОРИНГА РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ

15. Мониторинг ресурсных характеристик оборудования и трубопроводов АЭС рекомендуется выполнять для всего оборудования и для всех трубопроводов, включенных в программу управления ресурсом, с целью периодической или непрерывной (с использованием систем автоматизированного контроля остаточного ресурса) оценки технического состояния и выявления доминирующих (определяющих) механизмов старения, деградации и повреждений этого оборудования и трубопроводов.

16. Необходимым условием выполнения процедур по мониторингу ресурсных характеристик является мониторинг фактических условий эксплуатации этого оборудования и этих трубопроводов, для чего рекомендуется контролировать следующие параметры (изменения параметров):

- температуру стенки;

- температуру теплоносителя или иной рабочей среды;

- давление и скорость повышения или сброса давления теплоносителя или рабочих сред;

- вибрационные характеристики (амплитуда и частота колебаний). Контролируются выборочно с учетом опыта эксплуатации референтных единиц оборудования и трубопроводов. Места контроля обосновываются в проекте;

- скорость потока теплоносителя или рабочих сред;

- количество циклов нагружения;

- перемещения контрольных точек оборудования и трубопроводов АЭС (включая геодезический мониторинг);

- характеристики внешних и внутренних воздействий;

- параметры химических отмывок и (или) дезактивации.

17. Дополнительно к приведенным в пункте 16 параметрам рекомендуется выполнять фиксацию и учет времени эксплуатации оборудования или трубопровода в том или ином режиме, а также учет фактического количества реализаций того или иного режима эксплуатации, включая гидравлические (пневматические) испытания оборудования и трубопроводов на прочность и плотность.

18. Контроль приведенных в пункте 16 настоящего Руководства по безопасности параметров рекомендуется осуществлять либо прямыми методами (постоянное или периодическое измерение в процессе эксплуатации), либо косвенными методами (посредством пересчета, экстраполяции или интерполяции) с оценкой точности измерений или расчетов. В случаях отсутствия постоянного мониторинга периодичность проведения измерений рекомендуется обосновать.

19. В случаях невозможности прямого или косвенного контроля параметров, приведенных в пункте 16 настоящего Руководства по безопасности, эксплуатирующей организации рекомендуется установить порядок дооснащения оборудования и трубопроводов АЭС системами и (или) способами контроля необходимых параметров из приведенного перечня в пункте 16 настоящего Руководства по безопасности.

20. Рекомендуемые методы мониторинга ресурсных характеристик оборудования и трубопроводов с использованием приведенных в пункте 16 параметров представлены в приложении 4 настоящего Руководства по безопасности.

ГЛАВА 5

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРУ, СИСТЕМАТИЗАЦИИ И ХРАНЕНИЮ ДАННЫХ ПО ОБОРУДОВАНИЮ И ТРУБОПРОВОДАМ АЭС

21. Для строящихся и проектируемых АЭС эксплуатирующей организации рекомендуется до ввода энергоблока АЭС в эксплуатацию организовать и отладить систему сбора, обработки, систематизации, анализа и хранения информации по повреждениям, их накоплению и развитию, механизмам старения, отказам и нарушениям в работе (с учетом пусконаладочных работ), а также по режимам работы, включая переходные режимы, гидравлические (пневматические) испытания и аварийные ситуации.

22. Указанную информацию рекомендуется хранить в течение всего срока службы оборудования и трубопроводов в виде компьютерной базы данных, позволяющей в случае потери или повреждения данных оперативно получить все необходимые параметры для оценки остаточного ресурса оборудования и трубопроводов.

23. В указанную базу данных для каждого типа оборудования, ресурс которого подлежит управлению, рекомендуется вносить:

все паспортные данные на оборудование или трубопроводы;
данные изготовителей оборудования и трубопроводов АЭС и монтажных организаций о наличии или отсутствии отклонений от

конструкторской (проектной) документации на оборудование и трубопроводы АЭС и технологии их изготовления, а также данные о ремонтах, термообработках, дополнительных испытаниях;

данные о наличии или отсутствии отклонений от конструкторской (проектной) документации на оборудование и трубопроводы АЭС при их хранении, перевозке и транспортно-технологических операциях;

параметры имеющихся отклонений (при их наличии) при изготовлении, хранении, транспортировке и монтаже;

данные по мониторингу фактических условий эксплуатации оборудования и трубопроводов, приведенные в пункте 16 настоящего Руководства по безопасности;

данные по повреждениям, их накоплению и развитию, механизмам старения, отказам и нарушениям в работе;

данные по предэксплуатационному и эксплуатационному контролю;

данные по коррозионной активности теплоносителя и других рабочих сред.

24. Математическое и программное обеспечение базы данных рекомендуется разработать таким образом, чтобы оно позволяло на любом этапе жизненного цикла энергоблока АЭС обеспечить возможность:

проведения сопоставления исходных и фактических значений ресурсных характеристик оборудования и трубопроводов;

прогноза значений ресурсных характеристик оборудования и трубопроводов до окончания их проектного срока службы;

анализа информации об условиях эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭС и их влиянии на ресурс;

предварительной обработки и верификации имеющихся данных: конвертации данных.

25. Хранение базы данных рекомендуется выполнять с использованием современных носителей информации с обязательным дублированием информации в виде резервных копий, позволяющих в случае необходимости восстановить полный объем информации. При хранении копий базы данных рекомендуется использовать носители информации, не имеющие связи с сетями общего доступа.

26. Для АЭС, находящихся на стадии эксплуатации, эксплуатирующей организации рекомендуется составить план-график разработки и ввода в действие компьютерной базы данных.

Приложение 1

к Руководству по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик работающих под давлением оборудования и трубопроводов атомных электростанций»

Примерный перечень оборудования и трубопроводов АЭС, включаемых в программу управления ресурсом

Главный циркуляционный трубопровод;
компенсатор давления;
соединительный трубопровод;
трубопровод впрыска системы компенсации давления;
трубопровод сброса системы компенсации давления;
парогенератор;
барботер;
гидроемкость системы аварийного охлаждения активной зоны;
трубопровод системы аварийного охлаждения активной зоны;
теплообменник аварийного и планового расхолаживания;
трубопроводы системы аварийного и планового расхолаживания;
трубопроводы, примыкающие к элементам главного циркуляционного трубопровода (до первой отсечной арматуры);
трубопроводы острого пара от парогенератора до главной паровой задвижки, включая трубопроводы пара до быстродействующей редуцирующей установки для сброса пара в конденсаторы турбины и быстродействующей редуцирующей установки собственных нужд;
трубопроводы питательной воды от узла питания до парогенератора.

Приложение 2

к Руководству по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик арматуры атомных электростанций»

Примерный перечень параметров, на основе которых могут быть определены ресурсные характеристики работающих под давлением оборудования и трубопроводов АЭС

1. Общая толщина стенки оборудования (или трубопровода).
2. Локальная толщина стенки оборудования (или трубопровода).
3. Накопленное значение повреждаемости металла оборудования (или трубопровода) при циклически повторяющихся нагрузках.
4. Сдвиг критической температуры хрупкости металла сварных соединений и основного металла оборудования (или трубопровода) вследствие температурного старения и циклической повреждаемости металла (только для оборудования и трубопроводов, расчет на сопротивление хрупкому разрушению которых является обязательным).
5. Накопленное значение пластических деформаций металла оборудования (или трубопровода).
6. Накопленное значение деформаций ползучести металла оборудования (или трубопровода).
7. Изменения размеров или формы оборудования (или трубопровода) вследствие упругих и неупругих деформаций.
8. Механические характеристики конструкционных материалов незаменимых и заменяемых элементов оборудования (или трубопровода).
9. Качественное изменение структуры металла, приводящее к появлению новых механизмов его деградации и ускоренному исчерпанию ресурса оборудования (или трубопровода).
10. Необратимые изменения технологических параметров оборудования (или трубопровода) вследствие отложений, износа или истирания, изменений размеров или формы.
11. Вибрационные характеристики оборудования (или трубопровода).

Приложение 3

к Руководству по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик арматуры атомных электростанций»

Примерный перечень критериев оценки ресурса оборудования и трубопроводов АЭС

№ п/п	Ресурсная характеристика	Критерий (критерии) оценки ресурса	Примечание
1.	Время эксплуатации	Предельное значение, установленное в конструкторской документации	Рекомендуется внести в паспорт и вести учет с занесением информации в паспорт
2.	Общая толщина стенки	Минимальное значение, для которого выполняются требования расчета по выбору основных размеров, регламентированное НПА, ТНПА, устанавливающими нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	Рекомендуется внести в паспорт и вести контроль с занесением информации в паспорт (по результатам контроля в соответствии с программой управления ресурсом)
3.	Локальная толщина стенки	Минимальное значение, для которого выполняются условия прочности при проверочном расчете на прочность, приведенные НПА, ТНПА, устанавливающих нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	Рекомендуется внести в паспорт и вести контроль с занесением информации в паспорт (по результатам контроля в соответствии с программой управления ресурсом)
4.	Накопленное значение повреждаемости металла при циклически повторяющихся нагрузках	Предельное значение, приведенное в НПА, ТНПА, устанавливающих нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	
5.	Сдвиг критической температуры хрупкости металла сварных соединений и основного металла вследствие	Предельное значение, для которого выполняются условия прочности при расчете на сопротивление хрупкому разрушению, приведенные в НПА, ТНПА, устанавливающих	

№ п/п	Ресурсная характеристика	Критерий (критерии) оценки ресурса	Примечание
	температурного старения и циклической повреждаемости металла	нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	
6.	Накопленное значение пластических деформаций	Предельное значение для конструкционного материала	
7.	Накопленное значение деформаций ползучести	Предельные значения для характеристик длительной прочности, пластичности и ползучести конструкционного материала	
8.	Изменения размеров или формы вследствие упругих и неупругих деформаций	Устанавливаются в конструкторской (проектной) документации	
9.	Механические характеристики конструкционных материалов заменяемых и заменяемых элементов оборудования (трубопроводов)	Предельные значения для конструкционных материалов	
10.	Качественные изменения структуры металла, приводящие к появлению новых механизмов его деградации и ускоренному истощению ресурса	Устанавливаются в техническом решении по допуску в эксплуатацию оборудования (трубопроводов), содержащих упомянутые дефекты в соответствии с требованиями НПА, ТНПА	Рекомендуется внести в паспорт и вести контроль с занесением информации в паспорт (по результатам контроля в соответствии с программой управления ресурсом)

№ п/п	Ресурсная характеристика	Критерий (критерии) оценки ресурса	Примечание
11.	Необратимые изменения технологических параметров оборудования (или трубопровода) вследствие отложений, износа или истирания, изменения геометрических размеров или формы	Устанавливаются эксплуатирующей организацией по результатам контроля технического состояния оборудования (или трубопровода)	
12.	Вибрационные характеристики оборудования (или трубопровода)	Недопустимые частоты или амплитуды колебаний, приводящие к нарушениям условий прочности, установленных в НПА, ТНПА, устанавливающих нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	

Приложение 4

к Руководству по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик арматуры атомных электростанций»

Рекомендуемые методы мониторинга ресурсных характеристик оборудования и трубопроводов

№ п/п	Ресурсная характеристика	Рекомендуемые методы мониторинга
1.	Общая толщина стенки	Ультразвуковая толщинометрия;
		визуальный и измерительный контроль
2.	Локальная толщина стенки	Ультразвуковая толщинометрия;
		визуальный и измерительный контроль
3.	Накопленное значение повреждаемости металла при циклически повторяющихся нагрузках	Расчет с использованием проектных данных (на этапе проектирования), или данных по фактической нагруженности оборудования или трубопроводов (на этапе эксплуатации), или автоматический метод (при использовании системы автоматизированного контроля остаточного ресурса)
4.	Сдвиг критической температуры хрупкости металла сварных соединений и основного металла вследствие температурного старения и циклической повреждаемости металла	Расчетные или экспериментальные методы (по результатам испытаний образцов, проб металла)
5.	Накопленное значение пластических деформаций	Расчетные или экспериментальные методы (по результатам измерений)
6.	Накопленное значение деформаций ползучести	Расчетные или экспериментальные методы (по результатам измерений)
7.	Изменения размеров или формы вследствие упругих и неупругих деформаций	Расчетные или экспериментальные методы (по результатам измерений, включая геодезические)
8.	Механические характеристики конструкционных материалов незаменимых и заменяемых элементов оборудования (трубопроводов)	Экспериментальные методы (по результатам прямых или косвенных измерений и (или) с помощью исследований на образцах)

№ п/п	Ресурсная характеристика	Рекомендуемые методы мониторинга
9.	Качественное изменение структуры металла, приводящее к появлению новых механизмов его деградации и ускоренному исчерпанию ресурса	Экспериментальные методы (по результатам прямых или косвенных измерений и (или) с помощью исследований на образцах металла)
10.	Необратимые изменения технологических параметров оборудования (или трубопровода) вследствие отложений, износа или истирания, изменения геометрических размеров или формы	Экспериментальные методы (по результатам прямых или косвенных измерений)
11.	Вибрационные характеристики оборудования (или трубопровода)	Расчетные или экспериментальные методы (по результатам измерений)