

## 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 арматуры атомных электростанций»

### ГЛАВА 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Руководство по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик арматуры 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 арматуры атомной электростанции (далее – АЭС) при ее проектировании, конструировании, изготовлении, эксплуатации и выводе из эксплуатации.

3. Настоящее Руководство по безопасности распространяется на корпуса и рабочие органы запорной, обратной, регулирующей и предохранительной арматуры (предохранительные устройства) АЭС, включенной в программу управления ресурсом.

4. 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.

5. Примерный перечень арматуры АЭС, включаемой в программу управления ресурсом и попадающей 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.

6. 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 арматуры – один из нескольких механизмов старения, деградации, повреждений арматуры, приводящий к наиболее быстрому исчерпанию ее ресурса;

внутренняя протечка – количество рабочей среды, протекающей в процессе эксплуатации через закрытый затвор запорной или предохранительной арматуры;

внешняя утечка – количество рабочей среды, вытекающей в процессе эксплуатации через уплотнения, прокладки и сальники.

## **ГЛАВА 2**

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

7. Ресурсные характеристики арматуры АЭС рекомендуется устанавливать и обосновывать конструкторской (проектной) организацией на стадии проектирования.

8. Примерный перечень параметров, на основе которых могут быть определены ресурсные характеристики арматуры АЭС, приведен в приложении 2 к настоящему Руководству по безопасности. Необходимые для управления ресурсом арматуры ресурсные характеристики рекомендуется определять на основе параметров из указанного перечня или, если приведенных в нем параметров недостаточно для определения ресурсных характеристик, – дополнительно назначать иные.

9. Ресурсные характеристики арматуры АЭС 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.

10. Установленный конструкторской (проектной) организацией перечень ресурсных характеристик арматуры рекомендуется обосновать, при этом в качестве обоснования могут служить:

ссылки на опыт эксплуатации и результаты управления ресурсом аналогичной арматуры на АЭС;

результаты опытной эксплуатации прототипов, эксплуатируемых в наиболее жестких условиях по параметрам теплоносителя, циклам срабатывания, внешним и внутренним воздействиям;

прогнозируемые механизмы деградации арматуры (для новых разработок).

### **ГЛАВА 3**

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РЕСУРСА**

11. Критерии оценки ресурса арматуры рекомендуется устанавливать для каждой ресурсной характеристики этой арматуры на основе требований нормативных правовых актов, в том числе обязательных для соблюдения требований технических нормативных правовых актов (далее – НПА, ТНПА), конструкторской (проектной) документации.

12. Примерный перечень критериев оценки ресурса арматуры АЭС приведен в приложении 3 к настоящему Руководству по безопасности. Необходимые для управления ресурсом арматуры критерии оценки ресурса рекомендуется определять с использованием указанного перечня.

В случае необходимости использования иных, не указанных в приложении 3 к настоящему Руководству по безопасности, критериев оценки ресурса арматуры АЭС 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 АРМАТУРЫ

13. Мониторинг ресурсных характеристик арматуры АЭС рекомендуется выполнять для всех единиц арматуры, включенных в программу управления ресурсом, ресурс которых подлежит управлению, с целью периодической или непрерывной (с использованием систем автоматизированного контроля остаточного ресурса) оценки технического состояния и выявления доминирующих (определяющих) механизмов старения, деградации и повреждений этих единиц арматуры.

14. Конструкторской организации (проектировщику) арматуры рекомендуется приводить ресурсные характеристики и методы мониторинга ресурсных характеристик в руководстве по эксплуатации с указанием периодичности замены внутрикорпусных элементов арматуры с внесением в паспорт арматуры перечня заменяемых элементов.

15. На стадии эксплуатации мониторинг ресурсных характеристик проводится в соответствии с программой управления ресурсом.

16. Ресурс арматуры подтверждается, поддерживается при наличии технической возможности, восстанавливается за счет технического обслуживания и ремонта с периодичностью, определенной в программе управления ресурсом, а также регламентах и графиках технического обслуживания и ремонта.

17. В случаях, когда остаточный ресурс арматуры исчерпан, арматура заменяется. При замене арматуры в программу управления ресурсом вносятся соответствующие изменения, включающие необходимые мероприятия по мониторингу ресурсных характеристик вновь установленной арматуры.

18. Эксплуатирующей организации рекомендуется определить перечень незаменяемой арматуры, ресурс которой должен быть обеспечен до вывода энергоблока АЭС из эксплуатации, а также арматуры, задействованной при выводе энергоблока АЭС из эксплуатации, ресурс которой должен быть также обеспечен и на период вывода энергоблока из эксплуатации.

19. Необходимым условием выполнения процедур по мониторингу ресурсных характеристик, подлежащих управлению ресурсом единиц арматуры АЭС, является мониторинг фактических условий эксплуатации этих единиц арматуры, для чего рекомендуется контролировать (прямыми измерениями или косвенными расчетными оценками) следующие параметры:

время эксплуатации;

температуру стенки корпуса;  
температуру теплоносителя или иной рабочей среды;  
скорость разогрева или расхолаживания;  
градиенты температур по толщине стенки корпуса;  
давление и скорость повышения или сброса давления теплоносителя или рабочих сред;  
вибрационные характеристики (в рамках системы, в которой арматура установлена);  
скорость потока теплоносителя или рабочих сред;  
количество циклов нагружения внутренним давлением;  
количество срабатываний;  
время открытия/закрытия;  
давление гидравлических (пневматических) испытаний (в том числе в составе контура, в котором установлена арматура) на прочность и плотность.

20. Дополнительно к приведенным в пункте 19 настоящего Руководства по безопасности параметрам рекомендуется выполнять фиксацию и учет времени эксплуатации арматуры в каждом режиме, а также учет фактического количества реализаций режимов эксплуатации, включая гидравлические (пневматические) испытания арматуры на прочность и плотность.

21. Контроль приведенных в пункте 19 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).

22. В случаях невозможности прямого или косвенного контроля приведенных в пункте 19 настоящего Руководства по безопасности параметров рекомендуется установить порядок дооснащения арматуры АЭС системами и (или) приспособлениями контроля необходимых параметров из приведенного перечня.

23. Рекомендуемые методы мониторинга ресурсных характеристик арматуры с использованием, приведенных в пункте 19 настоящего Руководства по безопасности, параметров указаны в приложении 4 к настоящему Руководству по безопасности.

## ГЛАВА 5

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРУ, СИСТЕМАТИЗАЦИИ И ХРАНЕНИЮ ДАННЫХ ПО АРМАТУРЕ АЭС

24. Для строящихся и проектируемых АЭС эксплуатирующей организации рекомендуется до ввода энергоблока АЭС в эксплуатацию создать базу данных для сбора, обработки, систематизации, анализа и хранения информации по повреждениям арматуры, их накоплению и развитию, механизмам старения, отказам и нарушениям в работе, а также по режимам работы, включая переходные режимы, гидравлические (пневматические) испытания и аварийные ситуации.

25. Указанную в пункте 24 настоящего Руководства по безопасности информацию рекомендуется хранить в течение всего срока службы арматуры в виде компьютерной базы данных, позволяющей в случае необходимости оперативно получить все необходимые параметры для оценки остаточного ресурса арматуры.

26. В указанную в пункте 24 настоящего Руководства по безопасности базу данных для каждой единицы арматуры АЭС, ресурс которой подлежит управлению, рекомендуется вносить:

все паспортные данные на арматуру;

данные изготовителей арматуры и монтажных организаций о наличии или отсутствии отклонений от конструкторской (проектной) документации на арматуру и технологии ее изготовления, о ремонтах, термообработках, дополнительных испытаниях;

данные о наличии или отсутствии отклонений от конструкторской (проектной) документации на арматуру при ее хранении, транспортировке и транспортно-технологических операциях;

технические характеристики имеющихся отклонений (при их наличии) при изготовлении, хранении, транспортировке и монтаже арматуры;

данные по мониторингу фактических условий эксплуатации арматуры, приведенные в пункте 19 настоящего Руководства по безопасности;

полную информацию по результатам проводившегося контроля металла;

данные по повреждениям арматуры (или металла арматуры) и их накоплению и развитию, по механизмам старения, отказам и нарушениям в работе.

27. Математическое и программное обеспечение базы данных рекомендуется подготовить таким образом, чтобы они позволяли на любом этапе жизненного цикла энергоблока АЭС обеспечить возможность

сопоставления исходных и фактических значений ресурсных характеристик арматуры, а также анализа информации об условиях эксплуатации арматуры АЭС и влиянии этих условий на ресурс.

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

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 арматуры атомных электростанций»

### **Примерный перечень арматуры АЭС, включаемой в программу управления ресурсом**

Главная запорная задвижка главного циркуляционного трубопровода; импульсно-предохранительное устройство системы компенсации давления;

клапан запорный Ду100 системы компенсации давления;

клапан обратный Ду100 системы компенсации давления;

клапан, регулирующий Ду100, системы компенсации давления;

задвижка запорная быстродействующая Ду125 системы компенсации давления;

задвижка запорная Ду125 системы компенсации давления;

клапан запорный Ду50 системы компенсации давления (указанная арматура включается в программу управления ресурсом в случае невозможности ее замены за проектный срок эксплуатации АЭС);

клапан запорный Ду32 системы компенсации давления (указанная арматура включается в программу управления ресурсом в случае невозможности ее замены за проектный срок эксплуатации АЭС);

клапан запорный Ду15 системы компенсации давления (указанная арматура включается в программу управления ресурсом в случае невозможности ее замены за проектный срок эксплуатации АЭС);

клапан, регулирующий Ду50, системы компенсации давления (указанная арматура включается в программу управления ресурсом в случае невозможности ее замены за проектный срок эксплуатации АЭС);

импульсно-предохранительное устройство системы аварийного охлаждения активной зоны;

задвижка запорная быстродействующая Ду300 системы аварийного охлаждения активной зоны;

клапан обратный Ду300 системы аварийного охлаждения активной зоны;

клапан запорный Ду15 системы аварийного охлаждения активной зоны (указанная арматура включается в программу управления ресурсом в случае невозможности ее замены за проектный срок эксплуатации АЭС);



клапан запорный сильфонный Ду15 системы аварийного газоудаления (указанная арматура включается в программу управления ресурсом в случае невозможности ее замены за проектный срок эксплуатации АЭС);

клапан запорный сильфонный Ду32 системы аварийного газоудаления (указанная арматура включается в программу управления ресурсом в случае невозможности ее замены за проектный срок эксплуатации АЭС);

клапан запорный сильфонный Ду65 системы аварийного газоудаления;

быстродействующая редуцирующая установка для сброса пара в атмосферу;

импульсно-предохранительное устройство парогенератора;

быстродействующий запорно-отсечной клапан;

арматура на трубопроводах 2-го контура и питательной воды от узла запитки 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 арматуры АЭС**

1. Время эксплуатации (для регулировочной арматуры и арматуры, эксплуатируемой в условиях ползучести).
2. Общая толщина стенки корпуса или других элементов арматуры.
3. Локальная толщина стенки корпуса или других элементов арматуры.
4. Значение накопленного усталостного повреждения металла (включая сварные швы) корпуса или других элементов арматуры при циклически повторяющихся нагрузках.
5. Сдвиг критической температуры хрупкости металла сварных соединений и основного металла корпуса или других элементов арматуры вследствие температурного старения и циклической повреждаемости металла (указанный параметр используется только в случаях, когда является обязательным расчет элемента арматуры на сопротивление хрупкому разрушению).
6. Накопленное значение пластических деформаций корпуса или других элементов арматуры.
7. Накопленное значение деформаций ползучести корпуса или других элементов арматуры.
8. Изменения размеров и формы корпуса или других элементов арматуры вследствие упругих и неупругих деформаций.
9. Механические характеристики конструкционных материалов незаменимых элементов арматуры.
10. Качественное изменение структуры металла элемента арматуры, приводящее к появлению новых механизмов его деградации и ускоренному истощению ресурса.
11. Максимальное значение внешней утечки, установленное в конструкторской документации.
12. Максимальное значение внутренней протечки (для запорной или предохранительной арматуры).

13. Необратимые изменения технических характеристик арматуры вследствие отложений, коррозии, износа или истирания, изменений размеров или формы элементов арматуры.

14. Количество циклов срабатывания предохранительной арматуры.

### Приложение 3

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

#### Примерный перечень критериев оценки ресурса арматуры АЭС

№ п/п	Параметр	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 корпуса или других элементов арматуры	Минимальное значение, для которого выполняются требования расчета по выбору основных размеров, регламентированное нормами и правилами по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, устанавливающими нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	Рекомендуется внести в паспорт и вести учет с занесением информации в паспорт (по результатам контроля в соответствии с программой управления ресурсом). Для элементов, не попадающих под действие НПА, ТНПА, расчет на прочность выполняется в соответствии с современным уровнем развития науки и техники.
3.	Локальная толщина стенки корпуса или других элементов арматуры	Минимальное значение, для которого выполняются условия прочности при проверочном расчете на прочность, приведенные в нормах и правилах по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, устанавливающих нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	Рекомендуется внести в паспорт и вести учет с занесением информации в паспорт (по результатам контроля в соответствии с программой управления ресурсом). Для элементов, не попадающих под действие НПА, ТНПА, расчет на прочность выполняется в соответствии с современным уровнем развития науки и техники.

№ п/п	Параметр	Критерий (критерии) оценки ресурса	Примечание
4.	Значение накопленного усталостного повреждения металла (включая сварные швы) корпуса или других элементов арматуры при циклически повторяющихся нагрузках	Предельное значение, приведенное в нормах и правилах по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, устанавливающих нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	Для элементов, не попадающих под действие НПА, ТНПА, расчет на прочность выполняется в соответствии с современным уровнем развития науки и техники.
5.	Сдвиг критической температуры хрупкости металла сварных соединений и основного металла корпуса или других элементов арматуры вследствие температурного старения и циклической повреждаемости металла (только для элементов, для которых требуется расчет на сопротивление хрупкому разрушению)	Предельное значение, для которого выполняются условия прочности при расчете на сопротивление хрупкому разрушению, приведенное в нормах и правилах по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, устанавливающих нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.	Для элементов, не попадающих под действие НПА, ТНПА, расчет на прочность выполняется в соответствии с современным уровнем развития науки и техники.
6.	Накопленное значение пластических деформаций корпуса или других элементов арматуры	Предельное значение для конструкционного материала	
7.	Накопленное значение деформаций ползучести корпуса или других элементов арматуры	Предельное значение для конструкционного материала	
8.	Изменения размеров и формы корпуса или других элементов арматуры вследствие упругих и неупругих деформаций	Устанавливаются в конструкторской (проектной) документации	
9.	Механические характеристики конструкционных материалов незаменимых элементов арматуры	Предельные значения для конструкционных материалов	

№ п/п	Параметр	Критерий (критерии) оценки ресурса	Примечание
10.	Качественное изменение структуры металла элемента арматуры, приводящее к появлению новых механизмов его деградации и ускоренному истощению ресурса	Устанавливается эксплуатирующей организацией по результатам эксплуатационного контроля металла по согласованию с конструкторской организацией (при ее наличии) и материаловедческой организацией	Рекомендуется внести в паспорт (по результатам контроля в соответствии с программой управления ресурсом)
11.	Максимальное значение внешней утечки, установленное в конструкторской документации	Устанавливается в руководстве по эксплуатации	
12.	Максимальное значение внутренней протечки (для запорной или предохранительной арматуры)	Устанавливается в руководстве по эксплуатации	
13.	Необратимые изменения технических характеристик арматуры вследствие отложений, износа или истирания, изменения геометрических размеров или формы	Устанавливается в руководстве по эксплуатации	
14.	Количество циклов срабатывания предохранительной арматуры	Устанавливается в конструкторской документации	Рекомендуется вносить в паспорт после каждого срабатывания
15.	Состояние заменяемых элементов	Предельное состояние, установленное в конструкторской документации	Рекомендуется вносить в паспорт (перечень замененных элементов, периодичность замены внутрикорпусных элементов) и вести учет

## Приложение 4

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

### Рекомендуемые методы мониторинга ресурсных характеристик арматуры

№ п/п	Ресурсная характеристика	Рекомендуемые методы мониторинга
1.	Время эксплуатации	Любой метод, фиксирующий время эксплуатации с точностью не менее одного часа
2.	Общая толщина стенки корпуса или других элементов арматуры	Ультразвуковая толщинометрия; визуальный и измерительный контроль
3.	Локальная толщина стенки корпуса или других элементов арматуры	Ультразвуковая толщинометрия; визуальный и измерительный контроль
4.	Значение накопленного усталостного повреждения металла (включая сварные швы) корпуса или других элементов арматуры при циклически повторяющихся нагрузках	Расчетные оценки, автоматический метод (при использовании системы автоматизированного контроля остаточного ресурса), или экспериментальные методы
5.	Сдвиг критической температуры хрупкости металла сварных соединений и основного металла корпуса или других элементов арматуры вследствие температурного старения и циклической повреждаемости металла (только для элементов, для которых требуется расчет на сопротивление хрупкому разрушению.)	Расчетные оценки или экспериментальные методы (по результатам испытаний)
6.	Накопленное значение пластических деформаций корпуса или других элементов арматуры	Расчетные оценки или экспериментальные методы (по результатам измерений)
7.	Накопленное значение деформаций ползучести корпуса или других элементов арматуры	Расчетные оценки или экспериментальные методы (по результатам измерений)
8.	Изменения размеров и формы корпуса или других элементов арматуры вследствие упругих и неупругих деформаций	Расчетные оценки или экспериментальные методы (по результатам измерений)
9.	Механические характеристики конструкционных материалов, не замечаемых элементов арматуры	Экспериментальные методы (по результатам прямых или косвенных измерений, испытаний) и (или) с помощью исследований на образцах

№ п/п	Ресурсная характеристика	Рекомендуемые методы мониторинга
10.	Качественные изменения структуры металла элемента арматуры, приводящие к появлению новых механизмов его деградации и ускоренному истощению ресурса	Экспериментальные методы, исследования образцов металла
11.	Максимальное значение внешней утечки, установленное в конструкторской документации	Прямые или косвенные методы измерений в процессе эксплуатации или при осмотрах
12.	Максимальное значение внутренней утечки (для запорной или предохранительной арматуры)	Прямые или косвенные методы измерений в процессе эксплуатации, при осмотре или контроле
13.	Необратимые изменения технических характеристик арматуры вследствие отложений, коррозии, износа или истирания, изменений размеров или формы элементов арматуры	Расчетные оценки или экспериментальные методы
14.	Количество циклов срабатывания для предохранительной арматуры	Учет по факту срабатывания
15.	Показатели надежности	Испытания и (или) анализ результатов эксплуатации