

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 электротехнического оборудования атомных электростанций»

ГЛАВА 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Руководство по ядерной и радиационной безопасности «Установление и методы мониторинга ресурсных характеристик электротехнического оборудования 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 электротехнического оборудования атомных электростанций (далее – АЭС) при его проектировании, конструировании, изготовлении, эксплуатации и выводе из эксплуатации.

3. Действие настоящего Руководства по безопасности распространяется на электротехническое оборудование АЭС, включенное в программу управления ресурсом.

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.

4. Положения настоящего Руководства по безопасности рекомендуется учитывать при формировании требований эксплуатирующей организации к закупаемому электротехническому оборудованию АЭС.

5. В настоящем Руководстве по безопасности используются следующие термины и определения:

кабельная арматура – устройства, предназначенные для механического и электрического соединений электрических кабелей, а также подключения силовых кабелей к электрооборудованию;

головной образец продукции – объекты разработки, выступающие одновременно в роли первых образцов несерийной и мелкосерийной продукции, реализуемой заказчику на особых условиях поставки;

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 электротехнического оборудования – один из нескольких механизмов старения, деградации, повреждений электротехнического оборудования, приводящий к наиболее быстрому исчерпанию ресурса;

дополнительный срок эксплуатации – календарная продолжительность (период) эксплуатации энергоблока АЭС на мощности сверх назначенного срока службы;

жизненный цикл [изделия] – совокупность этапов последовательного изменения состояния изделия за время его существования;

испытания – экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний в результате воздействия на него при его функционировании и моделировании. Определение включает оценивание и (или) контроль;

кабель управления – кабель для цепей дистанционного управления, релейной защиты и автоматики;

контрольный кабель – кабель для цепей контроля и измерения на расстоянии электрических и физических параметров;

критерий предельного состояния – признак или совокупность признаков предельного состояния объекта (оборудования, изделия, элемента), установленные документацией на него

(нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной)). В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же объекта могут быть установлены два и более критериев предельного состояния;

мониторинг технического состояния – составная часть технического обслуживания, заключающаяся в наблюдении за объектом с целью получения информации о его техническом состоянии и рабочих параметрах. Мониторинг может проводиться в процессе работы объекта непрерывно или через запланированные интервалы времени. На основе данных мониторинга осуществляется контроль технического состояния и остаточного ресурса объекта;

однотипное электротехническое оборудование (далее – электротехническое оборудование) – электротехническое оборудование, представленное в проекте реакторной установки (далее – РУ) или АЭС как минимум в нескольких единицах или использующееся на нескольких энергоблоках АЭС;

образец для испытаний – продукция или ее часть, или проба, непосредственно подвергаемые эксперименту при испытаниях;

отказ – нарушение работоспособного состояния систем (элементов), обнаруживаемое визуально или средствами контроля и диагностирования (видимый отказ) или выявляемое только при проведении технического обслуживания (скрытый отказ);

повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния. Дефект и (или) повреждение могут служить причиной возникновения частичного или полного отказа объекта. Наличие дефекта и (или) повреждения приводит объект в неисправное состояние;

предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно;

предельное значение ресурсной характеристики – значение параметра, определяющего ресурс оборудования, при достижении которого наступит необратимое нарушение условий работоспособности оборудования;

продление срока эксплуатации – деятельность по подготовке энергоблока АЭС к эксплуатации в период дополнительного срока;

распределительное устройство – электроустановка, предназначенная для приема и распределения электрической энергии на одном напряжении, содержащая коммутационные аппараты и соединяющие их сборные шины (секции шин), а также устройства управления и защиты. К устройствам управления относятся аппараты и связывающие их элементы,

обеспечивающие контроль, измерение, сигнализацию и выполнение команд;

силовой кабель – кабель для передачи электрической энергии токами промышленных частот;

система аварийного электроснабжения – обеспечивающая система безопасности, представляющая собой совокупность автономных источников, преобразовательных, распределительных и коммутационных устройств, осуществляющих электроснабжение потребителей во всех состояниях энергоблока АЭС (включая аварии и обесточивание энергоблока);

специализированная организация – юридическое лицо, привлекаемое на основе контракта или гражданско-правового договора к проведению проектных, конструкторских, материаловедческих работ по управлению ресурсными характеристиками, располагающее условиями выполнения этих работ, подготовленным установленным порядком персоналом для их проведения;

техническое состояние – состояние объекта, характеризуемое совокупностью установленных в документации параметров, описывающих его способность выполнять требуемые функции в рассматриваемых условиях;

техническое диагностирование – определение технического состояния объекта. Задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния; поиск места и определение причин отказа (неисправности); прогнозирование технического состояния. Термин «техническое диагностирование» применяют в наименованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности). Термин «контроль технического состояния» применяется, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния;

трубчатый электронагреватель (далее – ТЭН) – электрический нагреватель сопротивления, состоящий из нагревательного элемента, имеющего на концах контактные стержни, запрессованные вместе с наполнителем в металлическую оболочку;

условия эксплуатации – совокупность факторов, действующих на изделие при его эксплуатации;

электрический кабель – кабельное изделие, содержащее одну или более изолированных жил (проводников), заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный

покрыв, в который может входить броня, и пригодное, в частности, для прокладки в земле и под водой;

электронное эксплуатационное дело изделия – совокупность данных, описывающих физическую структуру экземпляра изделия и характеризующих события, происходящие с изделием в процессах эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (наработка, изменения в физической структуре экземпляра изделия, изменения характеристик изделия и его составных частях, отказы и их устранение и т.д.);

электротехническое изделие – изделие, предназначенное для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии;

электротехническое оборудование – совокупность взаимосвязанных электротехнических изделий, находящихся в конструктивном и (или) функциональном единстве, предназначенных для выполнения определенной функции по производству или преобразованию, передаче, распределению или потреблению электрической энергии.

ГЛАВА 2

НОМЕНКЛАТУРА ГРУПП ОДНОТИПНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

6. Примерный перечень однотипного электротехнического оборудования АЭС, включаемого в программу управления ресурсом, приведен в приложении 1 к настоящему Руководству по безопасности.

7. По согласованию с разработчиками проектов РУ и АЭС эксплуатирующая организация может дополнять указанный перечень отдельными типами электротехнического оборудования, отнесенного в проекте энергоблока АЭС к элементам 2 или 3 классов безопасности, исходя из опыта эксплуатации, опыта управления ресурсом электротехнического оборудования, а также исходя из возможности замены электротехнического оборудования в случае исчерпания его ресурса.

8. При дополнении указанного перечня отдельными типами электротехнического оборудования в проекте АЭС рекомендуется приводить обоснование отнесения оборудования к указанному перечню.

ГЛАВА 3

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

9. В проекте АЭС и в конструкторской, эксплуатационной документации рекомендуется приводить установленные и обоснованные ресурсные характеристики и сроки службы для всего электротехнического оборудования, включаемого в программу управления ресурсом. Ресурсные характеристики и сроки службы электротехнического оборудования АЭС рекомендуется устанавливать и обосновывать конструкторской (проектной) организацией на стадии проектирования.

10. Срок службы и ресурсные характеристики рекомендуется приводить в паспортах электротехнического оборудования. Для оборудования, не имеющего паспортов, эксплуатирующей организации рекомендуется обеспечить оформление паспортов.

11. Для электротехнического оборудования, ресурсные характеристики которого не были установлены на стадии проектирования, эксплуатирующей организации рекомендуется разработать методологию управления ресурсом данного электротехнического оборудования. При разработке методологии рекомендуется учитывать основные принципы управления ресурсом в части прогнозирования механизмов повреждения электротехнического оборудования, мониторинга ресурсных характеристик и выявления доминирующих механизмов старения и деградации на стадии эксплуатации, периодической оценки фактического состояния оборудования и трубопроводов АЭС и их остаточного ресурса.

12. Примерный перечень параметров, определяющих ресурс электротехнического оборудования АЭС, для которых устанавливаются ресурсные характеристики, приведен в приложении 2 к настоящему Руководству по безопасности. Необходимые для управления ресурсом электротехнического оборудования ресурсные характеристики устанавливаются с учетом указанного перечня параметров или, если приведенных в нем параметров недостаточно для управления ресурсом, дополнительно назначаются иные. При назначении оборудованию, уже находящемуся в эксплуатации, новых ресурсных характеристик в проекте АЭС рекомендуется привести обоснование выбора параметров, определяющих ресурс электротехнического оборудования.

13. Установленные конструкторской (проектной) организацией параметры, определяющие ресурс электротехнического оборудования, обосновываются с учетом:

опыта конструирования, изготовления, монтажа, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации электротехнического оборудования;

результатов опытной эксплуатации прототипов (головных образцов);
результатов аналитических исследований;

результатов испытаний образцов, в том числе результатов испытаний на ускоренное старение;

прогнозируемых механизмов старения и деградации электротехнического оборудования.

ГЛАВА 4

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

14. Для всех групп электротехнического оборудования в проекте АЭС рекомендуется приводить установленные и обоснованные предельные значения ресурсных характеристик с целью определения критериев оценки ресурса.

15. Рекомендуется, чтобы предельные значения ресурсных характеристик электротехнического оборудования устанавливались конструкторской (проектной) организацией на стадии проектирования по каждой из установленных для этого электротехнического оборудования ресурсной характеристике в соответствии с требованиями нормативных правовых актов, в том числе обязательных для соблюдения требований технических нормативных правовых актов (далее – НПА, ТНПА), требованиями конструкторской (проектной) документации.

16. Примерный перечень критериев оценки параметров, определяющих ресурс электротехнического оборудования АЭС, приведен в приложении 3 к настоящему Руководству по безопасности. Необходимые для управления ресурсом электротехнического оборудования 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 или дополнительных источников установления численных значений, критериев ресурса рекомендуется конструкторской (проектной) организации в проекте АЭС привести обоснование необходимости использования альтернативных критериев.

ГЛАВА 5

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТОДАМ МОНИТОРИНГА РЕСУРСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

17. Мониторинг ресурсных характеристик электротехнического оборудования АЭС рекомендуется выполнять для всего включенного в программу управления ресурсом электротехнического оборудования, ресурс которого подлежит управлению, с целью периодической или непрерывной (с использованием систем автоматизированного контроля параметров технического состояния) оценки технического состояния и выявления доминирующих (определяющих) механизмов старения и деградации этого оборудования.

18. В составе программы управления ресурсом для конкретного энергоблока АЭС рекомендуется предусмотреть следующее:

- сформировать (с учетом особенностей процессов и механизмов деградации) укрупненные типовые группы оборудования и установить перечень электротехнического оборудования энергоблока, для которого требуется управление его ресурсом;

- определить и установить объем контроля технического состояния электротехнического оборудования энергоблока;

- установить критерии предельных состояний электротехнического оборудования;

- определить методы выявления повреждений, включая характерные повреждения электротехнического оборудования и закономерности их развития;

- определить периодичность и объем мониторинга состояния электротехнического оборудования.

Рекомендуется выделить следующие периоды проведения мониторинга ресурсных характеристик:

- оперативный мониторинг в ходе текущей эксплуатации;

- мониторинг и инструментальная диагностика при проведении планово-предупредительного ремонта;

- мониторинг и техническое диагностирование, аналитические и расчетные методы, методы испытаний на ускоренное старение при периодической оценке безопасности до истечения назначенного срока эксплуатации;

- мониторинг и техническое диагностирование, аналитические и расчетные методы, методы испытаний на ускоренное старение при периодической оценке безопасности, а также при эксплуатации в продленный срок;

инструментальная диагностика, аналитические и расчетные методы, методы испытаний на ускоренное старение при проведении процедуры продления сроков эксплуатации.

Рекомендуется определить методы прогнозирования остаточного ресурса, основанные на стандартизованных методах расчета, включая:

прогнозирование остаточного ресурса составных частей оборудования;

оценку остаточного ресурса по изменениям контролируемых параметров.

Рекомендуется определить методы повышения информативности контроля технического состояния электротехнического оборудования, включая:

оценку предельных повреждений статистическими методами;

планирование минимально необходимого объема контроля и технического диагностирования;

сокращение объема контроля за счет использования распределения экстремальных значений.

19. Рекомендуется, чтобы организация работ по мониторингу ресурсных характеристик электротехнического оборудования осуществлялась эксплуатирующей организацией с привлечением специализированных организаций, имеющих квалифицированных специалистов с соответствующим опытом работы.

20. Мониторинг ресурсных характеристик электротехнического оборудования включает следующие этапы:

проверку наличия технической документации;

проверку соблюдения условий эксплуатации, в том числе с учетом фактических характеристик, зафиксированных в формулярах;

проведение анализа эксплуатационной надежности;

проверку соблюдения регламента технического обслуживания и ремонта;

проведение испытаний и измерений текущих ресурсных характеристик;

сопоставление результатов оценок ресурсных характеристик с критериями оценки ресурса;

оформление документов по результатам проведенного мониторинга.

21. Мониторинг ресурсных характеристик рекомендуется проводить с учетом следующей диагностической информации:

паспортные данные электротехнического оборудования;

данные о техническом состоянии электротехнического оборудования на начальный момент эксплуатации;

данные о текущем техническом состоянии с результатами измерений и обследований;

результаты расчетов, оценок, предварительных прогнозов и заключений;

обобщенные данные по электротехническому оборудованию, которые не отмечены выше.

22. До выполнения мониторинга ресурсных характеристик подлежащего управлению ресурсом электротехнического оборудования АЭС рекомендуется проводить мониторинг фактических условий эксплуатации этого электротехнического оборудования, для чего на АЭС осуществляется контроль следующих параметров:

температуры, атмосферного давления, влажности в местах размещения электротехнического оборудования;

уровней радиационного воздействия;

сейсмических условий площадки;

вибрационных характеристик;

степени окисления смазки;

степени нагружения оборудования в процессе эксплуатации;

электромагнитной обстановки в местах размещения электротехнического оборудования;

характеристик внешних воздействий;

выходных сигналов электронных блоков;

результатов профилактических испытаний;

неисправностей, их характера и способов устранения;

количества и значений систематических и аварийных перегрузок;

скачков и колебаний напряжения питания;

количества включений и отключений.

23. Дополнительно к приведенным в пункте 22 настоящего Руководства по безопасности параметрам рекомендуется выполнять регистрацию и учет времени хранения (в том числе соблюдать условия завода-изготовителя по консервации и переконсервации, способа защиты от коррозии при эксплуатации и планово-предупредительных ремонтах) и времени фактической эксплуатации электротехнического оборудования.

24. Контроль приведенных в пункте 22 настоящего Руководства по безопасности параметров рекомендуется осуществлять при постоянных или периодических измерениях в процессе эксплуатации в соответствии с программой управления ресурсом с учетом требований пункта 18 настоящего Руководства по безопасности.

25. В случае невозможности измерений приведенных в пункте 22 настоящего Руководства по безопасности параметров в процессе эксплуатации рекомендуется эксплуатирующей организации

устанавливать порядок дооснащения электротехнического оборудования АЭС системами технического диагностирования и (или) способами контроля необходимых параметров из приведенного выше перечня.

26. Рекомендуемые методы мониторинга ресурсных характеристик электротехнического оборудования АЭС приведены в приложении 4 к настоящему Руководству по безопасности. В приложении 5 к настоящему Руководству по безопасности приведен перечень ТНПА, рекомендуемых для использования в процессе мониторинга ресурсных характеристик.

27. Для реализации методов, приведенных в приложении 4 к настоящему Руководству по безопасности, рекомендуется разрабатывать методику мониторинга ресурсных характеристик с описанием необходимых средств их контроля и измерения ресурсных характеристик.

28. Мониторинг ресурсных характеристик рекомендуется проводить на основе консервативного подхода с учетом определения неопределенностей каждой ресурсной характеристики. Разработчику методики рекомендуется приводить методику оценки неопределенности ресурсной характеристики с учетом результатов, проводимых в процессе мониторинга измерений и испытаний.

29. Результаты проведенного мониторинга и результаты проведения испытаний и измерений (включая акты и протоколы с результатами измерений) рекомендуется документально оформлять для возможности определения остаточного ресурса и прогнозирования последующего процесса деградации.

30. По результатам проведенного мониторинга эксплуатирующей организации рекомендуется принимать решение о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации электротехнического оборудования, включая разработку мероприятий по смягчению механизмов старения.

ГЛАВА 6

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

31. 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 исходным и фактическим ресурсным характеристикам, механизмам старения, отказам и нарушениям в работе, а также по режимам работы, включая переходные режимы, испытания, а также предаварийные ситуации и аварии.

32. Информацию, указанную в пункте 31 настоящего Руководства по безопасности, рекомендуется хранить в течение всего срока службы электротехнического оборудования в виде компьютерной базы данных, позволяющей в случае необходимости оперативно на любом этапе жизненного цикла провести сравнение проектных и фактических ресурсных характеристик электротехнического оборудования.

33. В указанной в пункте 32 настоящего Руководства по безопасности базе данных для каждого типа электротехнического оборудования, ресурс которого подлежит управлению, рекомендуется формировать электронное эксплуатационное дело изделия, куда вносятся:

все паспортные данные на электротехническое оборудование; данные изготовителей электротехнического оборудования АЭС и монтажных организаций о наличии или отсутствии отклонений от конструкторской (проектной) документации на электротехническое оборудование АЭС и о технологии его изготовления, ремонтах, дополнительных испытаниях;

данные по специализированным организациям, оказывающим услуги эксплуатирующей организации по сопровождению эксплуатации и технической диагностике электротехнического оборудования;

сведения о наличии или отсутствии отклонений от конструкторской (проектной) документации на электротехническое оборудование АЭС при его хранении, перевозке и транспортировании;

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

параметры испытаний электротехнического оборудования при вводе АЭС в эксплуатацию;

данные по опыту эксплуатации электротехнического оборудования;

данные по мониторингу фактических условий эксплуатации электротехнического оборудования, приведенных в пункте 26 настоящего Руководства по безопасности;

данные по повреждениям, их накоплению и развитию, механизмам старения, отказам и нарушениям в работе; результаты мониторинга ресурсных характеристик и их сравнение с критериями оценки ресурса;

данные по оценкам остаточного ресурса электротехнического оборудования, эксплуатирующегося в период дополнительного срока эксплуатации.

34. В эксплуатационной документации АЭС рекомендуется устанавливать порядок сбора и систематизации данных по электротехническому оборудованию АЭС для информационной поддержки базы данных. В проекте АЭС обосновываются меры и порядок восстановления недостающих данных при их отсутствии.

35. Математическое и программное обеспечение базы данных рекомендуется разрабатывать таким образом, чтобы на любом этапе жизненного цикла энергоблока АЭС обеспечить возможность сопоставления исходных и фактических значений ресурсных характеристик электротехнического оборудования, а также анализа информации об условиях эксплуатации электротехнического оборудования АЭС и их влиянии на ресурс.

36. Порядок формирования и поддержания в актуализированном состоянии базы данных рекомендуется определять инструкцией по ведению базы данных и зависит от выбора системы управления базой данных. Допускается использование автоматизированных систем управления базой данных с использованием апробированного и общедоступного программного обеспечения.

37. Хранение базы данных рекомендуется выполнять как в электронном виде, так и на бумажном носителе. Доступ к базе данных ограничивается числом персонала, ответственным за мониторинг ресурсных характеристик. Контроль доступа к базе данных рекомендуется осуществлять с помощью идентификации пользователей и регистрации событий.

38. Для восстановления данных, включенных в базу, в случае логических или физических сбоев рекомендуется предусматривать создание резервной копии на отдельном учетном носителе.

39. Для АЭС, находящихся на стадии эксплуатации и на которых ведение базы данных не предусмотрено, эксплуатирующей организации рекомендуется организовать работы по разработке и вводу в действие компьютерной базы данных, указанной в пункте 32 настоящего Руководства по безопасности.

Приложение 1
к Руководству по ядерной и
радиационной безопасности
«Установление и методы
мониторинга ресурсных
характеристик
электротехнического
оборудования атомных
электростанций»

**Примерный перечень электротехнического оборудования АЭС,
включаемого в программу управления ресурсом**

1. Электрооборудование турбогенератора:
генератор;
рабочий возбуждатель;
выключатель генераторного напряжения, включая токопроводы.
2. Электротехническое оборудование систем надежного и аварийного электроснабжения, в том числе:
трансформаторы
распределительные устройства;
дизель-генераторные электростанции;
аккумуляторные батареи;
выпрямители и инверторы;
отключающие и переключающие коммутационные устройства, в том числе автоматический ввод резервного электроснабжения (АВР);
устройства релейной защиты и автоматики.
3. Электродвигатели и электроприводы, используемые в приводе оборудования, включенного в программу управления ресурсом.
4. ТЭН, используемые для нагрева теплоносителя в оборудовании, включенном в программу управления ресурсом.
5. Электрические кабели, в том числе силовые и контрольные, кабели управления, а также кабельная арматура, используемые в составе электротехнического оборудования, включенного в программу управления ресурсом и отнесенного к классам безопасности 2 и 3.

Приложение 2
к Руководству по ядерной и
радиационной безопасности
«Установление и методы
мониторинга ресурсных
характеристик
электротехнического
оборудования атомных
электростанций»

**Примерный перечень параметров, определяющих ресурс
электротехнического оборудования АЭС, для которых
устанавливаются ресурсные характеристики**

1. Физико-химические и механические свойства изоляции.
2. Электрические параметры изоляции.
3. Состояние обмоток электрических машин и трансформаторов.
4. Показатели качества трансформаторного масла.
5. Толщина стенки бака масляного трансформатора.
6. Количество циклов включения-выключения аппаратов вторичных цепей.
7. Сопротивление контактных соединений аппаратуры управления.
8. Рабочие характеристики и долговечность стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей.
9. Состав электролита аккумуляторных батарей.
10. Воздушные зазоры между статором и ротором электрических машин.
11. Зазоры и величина вибрации в подшипниках скольжения электродвигателя.
12. Прочность и вибростойкость оборудования.
13. Время и разновременность замыкания и размыкания главных контактов выключателей.
14. Сопротивление постоянному току трубчатых электронагревателей.
15. Другие параметры, не отмеченные выше.

Приложение 3
к Руководству по ядерной и
радиационной безопасности
«Установление и методы
мониторинга ресурсных
характеристик
электротехнического
оборудования атомных
электростанций»

**Примерный перечень критериев оценки параметров, определяющих
ресурс электротехнического оборудования АЭС**

№ п/п	Параметры, определяющие ресурс электротехнического оборудования	Критерий оценки
1	Физико-химические и механические свойства изоляции	Предельное значение для материала изоляции, установленное НПА, ТНПА
2	Электрические параметры изоляции	Предельное значение, установленное в НПА, ТНПА
3	Состояние обмоток электрических машин и трансформаторов	Предельное значение для обмоток, установленное в ТНПА
4	Показатели качества трансформаторного масла	Предельное значение, установленное в НПА, ТНПА
5	Толщина стенки бака масляного трансформатора	Минимальное значение, для которого выполняются условия прочности для поверочного расчета на прочность, приведенные в НПА, ТНПА
6	Количество циклов включения-выключения аппаратов вторичных цепей	Предельное значение, устанавливаемое в соответствии с техническими условиями и техническими требованиями, разработанными на этапах проектирования и конструирования
7	Сопротивление контактных соединений аппаратуры управления	
8	Рабочие характеристики и долговечность стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей	Предельное значение, устанавливаемое в соответствии с техническими условиями и техническими требованиями, разработанными на этапах проектирования и конструирования
9	Состав электролита аккумуляторных батарей	
10	Воздушные зазоры между статором и ротором электрических машин	
11	Зазоры и величина вибрации в подшипниках скольжения электродвигателя	Недопустимые частоты или амплитуды колебаний, приводящие к нарушению условий работоспособности оборудования, согласно техническим условиям и (или)
12	Прочность и вибростойкость оборудования	

		техническим требованиям, разработанным на этапе проектирования и конструирования
13	Время и разновременность замыкания и размыкания главных контактов выключателей	Предельное значение, устанавливаемое в соответствии с техническими условиями и техническими требованиями. Устанавливается в конструкторской документации на электротехническое оборудование
14	Сопротивление постоянному току трубчатых электронагревателей	
15	Другие параметры, не отмеченные выше	

Приложение 4
к Руководству по ядерной и
радиационной безопасности
«Установление и методы
мониторинга ресурсных
характеристик
электротехнического
оборудования атомных
электростанций»

**Рекомендуемые методы мониторинга
ресурсных характеристик электротехнического оборудования АЭС**

№ п/п	Параметры, определяющие ресурс (контролируемые параметры)	Рекомендуемые методы мониторинга (контроля и экспериментальной проверки)
1	Физико-химические и механические свойства изоляции	<p>Методы, установленные в ТНПА, в том числе включающие: анализ структуры и состава микрообразцов изоляционных материалов физико-химическими методами, в том числе определение содержания стабилизаторов, антиоксидантов, пластификаторов (инфракрасная Фурье спектроскопия, термогравиметрический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия); оценку состояния кабеля по полному сопротивлению от функции частоты и других электрических параметров; частотно-диэлектрическую спектроскопию; измерение модуля упругости при сжатии полимерной оболочки кабеля; определение величины относительного удлинения при разрыве.</p> <p>Примеры. 1. Методы в соответствии с ГОСТ 27905.2-88 (МЭК 610-78, МЭК 791-84). Проверка механизмов старения, связанных с эксплуатацией, физико-химические методы на системах изоляции, измерения, связанные с факторами старения, в том числе: визуальный осмотр; химические методы; твердость по ГОСТ 24621-2015 (ISO 868:2003); эластичность по ГОСТ 24622-91 (ISO 2039-2-87); жесткость по ГОСТ 25922-83; растягивающее напряжение по ГОСТ 11262-2017; изгиб по ГОСТ 4648-2014 (ISO 178:2010); сжатие по ГОСТ 4651-2014 (ISO 604:2002); удар по ГОСТ 19109-2017. 2. Методы ускоренных испытаний образцов электротехнического оборудования и материалов, применяемых в его составе с целью определения остаточного ресурса в соответствии с ГОСТ Р 51372-99; ГОСТ 9.707-81</p>

2	Электрические параметры изоляции	<p>Методы, установленные в ТНПА, в том числе включающие:</p> <p>контроль электрической прочности, в том числе: напряженность электрического поля, при которой происходит пробой электроизоляционного материала; испытание изоляции повышенным напряжением; контроль сопротивления изоляции, в том числе:</p> <p>измерение сопротивления изоляции; оценка абсорбционных характеристик изоляции (коэффициент абсорбции, индекс поляризации); проведение рефлектометрии электрических свойств кабелей, в том числе: временной рефлектометрии; рефлектометрии, основанной на частичных разрядах; частотно-резонансной рефлектометрии; контроль диэлектрических свойств, включая: измерение частотных диэлектрических спектров (тангенса угла диэлектрических потерь); измерение восстановленного (возвратного) напряжения; измерение изотермического тока релаксации; измерение тока утечки и коэффициента несимметрии тока утечки, в том числе испытание повышенным выпрямленным напряжением с учетом, при необходимости, пульсаций выпрямленного напряжения; неразрушающий контроль состояния на основе спектрального анализа тока потребления.</p> <p>Примеры.</p> <p>1. Общие положения по организации и методическому обеспечению по ГОСТ 27.905.1-88, 27.905.2-88, 27.905.3-88, 27.905.4-88.</p> <p>2. Сопротивление изоляции по ГОСТ 6433.2-71, ГОСТ 10169-77 (ГОСТ 25000-81 в части разд. 16). Диэлектрическая проницаемость по ГОСТ 6433.4-71.</p> <p>1. Диэлектрические потери и их изменение с нагрузкой и (или) частотой по ГОСТ 6433.4-71.</p> <p>2. Поверхностное удельное сопротивление по ГОСТ 6433.2-71.</p> <p>3. Частичные разряды, в том числе: напряжение начала и затухания, амплитуда, количество и другие характеристики по ГОСТ 20074-83.</p> <p>4. Диэлектрические свойства как функция от температуры по ГОСТ 6433.2-71.</p> <p>Испытания постоянным и переменным напряжением по ГОСТ 6433.3-71</p>
3	Состояние обмоток электрических машин и трансформаторов	<p>Методы, установленные в ТНПА, в том числе, неразрушающий контроль состояния, осуществляемый на основе спектрального анализа тока потребления, а также метода частотной диэлектрической спектроскопии.</p> <p>Пример.</p> <p>Методы в соответствии с ГОСТ 3484.1-88, ГОСТ 3484.3-88, ГОСТ 22756-77 (МЭК 722-86), ГОСТ 10169-77 (ГОСТ 25000-81 в части разд. 16)</p>

4	Показатели качества трансформаторного масла	<p>Методы, установленные в ТНПА, включающие в том числе: анализ растворенных газов и содержания воды в масле методом фотоакустической инфракрасной спектроскопии; хроматографический анализ газов, растворенных в трансформаторном масле; определение физико-химических параметров трансформаторного масла; определение оптических параметров масла (мутность, цвет, плотность); определение содержания фурановых соединений; определение содержания антиокислительной присадки.</p> <p>Пример. Методы в соответствии с ГОСТ 981-75, ГОСТ 6370-2018</p>
5	Толщина стенки бака масляного трансформатора	<p>Методы, установленные в ТНПА, включающие: ультразвуковую толщинометрию; визуальный и измерительный контроль; метод акустической эмиссии</p>
6	Количество циклов включения-выключения аппаратов вторичных цепей	<p>Методы, установленные в ТНПА. Регистрируются в процессе эксплуатации персоналом по данным наблюдений</p>
7	Сопротивление контактных соединений аппаратуры управления	<p>Методы, установленные в ТНПА, в том числе: измерение переходного сопротивления контактных соединений; превышение температур главных и вспомогательных цепей, контактных групп при номинальных (максимальных) токах нагрузки.</p> <p>Пример. Требования и методы в соответствии с положениями ГОСТ ИЕС 60947-5-4-2014</p>
8	Рабочие характеристики и долговечность стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей	<p>Методы, установленные в ТНПА.</p> <p>Пример. Требования и методы в соответствии с положениями ГОСТ Р МЭК 60896-11-2015, ГОСТа Р МЭК 60896-22-2015, ГОСТ Р МЭК 60896-21-2013</p>
9	Состав электролита аккумуляторных батарей	<p>Методы, установленные в ТНПА.</p> <p>Пример. Измерения массовой доли примесей в электролите производятся, как и в концентрированной серной кислоте по методикам, приведенным в ГОСТ 667-73 на кислоту серную аккумуляторную. Измерения примесей в дистиллированной воде производятся в соответствии с методами, приведенными в ГОСТ 6709-72 на дистиллированную воду</p>

10	Воздушные зазоры между статором и ротором электрических машин	<p>Методы, установленные в ТНПА, в том числе: постоянный контроль за системами автоматического измерения величины зазора между ротором и статором, использующими различные методы измерений (например, волоконно-оптическая отражающая система с прерыванием луча, лазерная триангуляционная система измерения формы статора); периодическое измерение величины воздушных зазоров с помощью набора калиброванных щупов (пластинчатых и клиновых).</p> <p>Пример. Методы в соответствии с положениями ГОСТ 10169-77 (ГОСТ 25000-81 в части разд. 16)</p>
11	Зазоры и величина вибрации в подшипниках скольжения электродвигателя	<p>Методы, установленные в ТНПА, в том числе измерение размеров радиального зазора в подшипниках скольжения с разъемными вкладышами, которые определяются по отпечаткам отрезков свинцовой проволоки, закладываемой между шейкой вала и верхней половиной вкладыша, а также в полость разъема вкладышей.</p> <p>Вибрация измеряется на всех подшипниках электродвигателя с помощью вибропреобразователей и виброметров</p>
12	Прочность и вибростойкость оборудования	<p>Методы, установленные в ТНПА, при этом замеры вибрации оборудования проводятся виброизмерительной аппаратурой; прочность оценивается расчетным путем, вибропрочность должна подтверждаться расчетом (экспериментально), а вибростойкость — экспериментально.</p> <p>Примеры.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 17359-2015, устанавливающий рекомендации в отношении процедур, используемых при реализации программ контроля состояния и диагностирования машин (системами мониторинга), включая программы и методы контроля состояния оборудования. 2. Положения ГОСТ ISO 10816-1-97, ГОСТ ISO 7919-1-2002 = СТБ ИСО 7919-1-2001, определяющие общие руководящие принципы измерения и оценки механической вибрации неподвижных и подвижных элементов машин, в том числе: виброперемещение; виброскорость; виброускорение, а также порядок установления их предельных значений. 3. Положения ГОСТ 32106-2013, определяющие оценку вибрационного состояния оборудования опасных производств при эксплуатации и приемочных испытаниях после монтажа и ремонта
13	Время и одновременность замыкания и размыкания главных контактов выключателей	<p>Методы, установленные ТНПА, в том числе испытания на механическую работоспособность с измерением временных характеристик.</p> <p>Пример. Методы испытаний в соответствии с положениями ГОСТ Р 52565-2006</p>

14	Сопротивление постоянному току трубчатых электронагревателе	Методы, установленные в ТНПА, в том числе испытания на сопротивление постоянному току. Пример. Методы испытаний в соответствии с положениями ГОСТ 19108-81 и ГОСТ 27570.0-87 (МЭК 335-1-76)
15	Другие параметры, не отмеченные выше	Разработка дополнительных методов и их обоснование

Приложение 5
к Руководству по ядерной и
радиационной безопасности
«Установление и методы
мониторинга ресурсных
характеристик
электротехнического
оборудования атомных
электростанций»

**Перечень нормативных документов, рекомендуемых для
использования в процессе мониторинга ресурсных характеристик**

№	Обозначение документа	Наименование документа
1	ГОСТ 10169-77 (ГОСТ 25000-81 в части разд. 16)	Машины электрические трехфазные синхронные. Методы испытаний
2	ГОСТ 11262-2017	Пластмассы. Метод испытания на растяжение
3	ГОСТ 13268-88	Электронагреватели трубчатые
4	ГОСТ 15845-80	Изделия кабельные. Термины и определения
5	ГОСТ 16504-81	Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения
6	ГОСТ 16962.2-90	Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам
7	ГОСТ 17359-2015	Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство.
8	ГОСТ 17516.1-90	Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам
9	ГОСТ 18311-80	Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий
10	ГОСТ 19108-81	Электронагреватели трубчатые (ТЭН) для бытовых нагревательных электроприборов. Общие технические условия
11	ГОСТ 19109-2017	Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Изоду
12	ГОСТ 22756-77 (МЭК 722-86)	Трансформаторы (силовые и напряжения) и реакторы. Методы испытаний электрической прочности изоляции
13	ГОСТ 24291-90	Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения
14	ГОСТ 24621-2015 (ISO 868:2003)	Пластмассы и эбонит. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра (твердость по Шору)
15	ГОСТ 24622-91 (ISO 2039-2-87)	Пластмассы. Определение твердости. Твердость по Роквеллу
16	ГОСТ 25866-83	Эксплуатация техники. Термины и определения
17	ГОСТ 25922-83	Методы определения жесткости

№	Обозначение документа	Наименование документа
18	ГОСТ 26881-86	Аккумуляторы свинцовые стационарные. Общие технические условия
19	ГОСТ 27.002-89	Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения
20	ГОСТ 27905.2-88 (МЭК 610-78, МЭК 791-84)	Системы электрической изоляции. Оценка эксплуатационных характеристик, механизма старения и методы диагностики
21	ГОСТ 27570.0-87 (МЭК 335-1-76)	Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Общие требования и методы испытаний
22	ГОСТ 30372-2017	Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения
23	ГОСТ 32106-2013	Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных и компрессорных агрегатов
24	ГОСТ 3484.3-88	Трансформаторы силовые. Методы измерений диэлектрических параметров изоляции
25	ГОСТ 4651-2014 (ISO 604:2002)	Пластмассы. Метод испытания на сжатие
26	ГОСТ 4648-2014 (ISO 178:2010)	Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб
27	ГОСТ 6370-2018	Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей
28	ГОСТ 6433.2-71	Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрического сопротивления при постоянном напряжении
29	ГОСТ 6433.3-71	Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрической прочности при переменном (частоты 50 Гц) и постоянном напряжении
30	ГОСТ 6433.4-71	Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости при частоте 50 Гц
31	ГОСТ 667-73	Кислота серная аккумуляторная. Технические условия
32	ГОСТ 6709-72	Вода дистиллированная. Технические условия
33	ГОСТ 9.311-21	Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений
34	ГОСТ 9.707-81	Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение
35	ГОСТ 981-75	Масла нефтяные. Метод определения стабильности против окисления
36	ГОСТ ISO 10816-1-97	Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования
37	ГОСТ ISO 7919-1-2002 = СТБ ИСО 7919-1-2001	Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования

№	Обозначение документа	Наименование документа
38	ГОСТ Р 15.301-2016	Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство
39	ГОСТ Р 51372-99	Методы ускоренных испытаний на долговечность и сохраняемость при воздействии агрессивных и других специальных сред для технических изделий, материалов и систем материалов. Общие положения
40	ГОСТ Р 52565-2006	Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия
41	ГОСТ Р 53394-2017	Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения
42	ГОСТ ИЕС 60034-14-2014	Машины электрические вращающиеся. Часть 14. Механическая вибрация некоторых видов машин с высотой оси вращения 56 мм и более. Измерения, оценка и пределы вибрации
43	ГОСТ Р МЭК 60896-11-2015	Батареи свинцово-кислотные стационарные. Часть 11. Открытые типы. Общие требования и методы испытаний
44	ГОСТ Р МЭК 60896-21-2013	Батареи свинцово-кислотные стационарные. Часть 21. Типы с регулирующим клапаном. Методы испытаний
45	ГОСТ Р МЭК 60896-22-2015	Батареи свинцово-кислотные стационарные. Часть 22. Типы с регулирующим клапаном. Требования
46	ГОСТ ИЕС 60947-5-4-2014	Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-4. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Методы оценки эксплуатационных характеристик низкоэнергетических контактов. Специальные испытания