



# ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 3

2015

## СЕРИЯ: АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

### УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСОМ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

В структуре инженерной поддержки (по другой терминологии – инженерного сопровождения) эксплуатации АЭС центральное место занимает управление ресурсом оборудования. Управление ресурсом – это оптимизация условий эксплуатации с целью сведения к минимуму вероятности внезапных отказов элементов оборудования и систем АЭС и сокращение материальных затрат на поддержание их работоспособности.

Актуальность вопросов модернизации, ремонта, замены оборудования, определения возможности продления его эксплуатации обусловлена на современном этапе целым рядом факторов:

для ряда энергоблоков атомных станций оканчивается проектный срок эксплуатации, планируется его продление;

на действующих энергоблоках некоторых АЭС осуществляется переход на экономически более эффективные удлиненные топливные циклы (например, с 12 на 18-месячный), что ужесточает требования к качеству составления прогноза технического состояния оборудования (достоверность, полнота и т.д.);

вместо прежней практики ремонта и испытания систем и оборудования с заданной согласно регламенту обслуживания цикличностью на многих АЭС применяется концепция ремонта оборудования АЭС в зависимости от его технического состояния и оценки риска отказа, что позволяет существенно сократить затраты на ремонтное обслуживание и увеличить выработку электроэнергии благодаря сокращению плановых простоев;

вводятся в эксплуатацию новые энергоблоки АЭС, на которых предполагается обслуживание по техническому состоянию с назначением межремонтного интервала по результатам прогнозирования технического состояния.

Вероятностный анализ безопасности типовых энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР-1000 показал, что низкую значимость относительно безопасности имеют 65–70% оборудования. Для такого оборудования принципиально возможны обоснованное снижение периодичности и объемов технического обслуживания и ремонтов и переход на ремонт по техническому состоянию, позволяющий снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт без влияния на количественные показатели безопасности.

Для оценки влияния отказов систем, оборудования и конструкций на уровень безопасности энергоблоков и ранжирования оборудования используется категоризация по мерам значимости, рассчитываемым в ВАБ. К отдельным группам относятся механическое, электрическое оборудование и КИПиА, выполняющие одинаковые функции. Для каждой категории (группы) оборудования устанавливаются требования по периодичности и объему плановых ремонтов. Периодичность (частота ремонтов) определяется с учетом цели

максимизации надежности оборудования и оценки степени влияния отказа оборудования на технологический процесс.

Для каждой группы оборудования определяются эксплуатационные риски: уровень риска, возникающего из-за отказа, и частота проявления отказа.

Элементы группы высокого риска являются критичными с точки зрения ядерной безопасности или эксплуатации сооружения, элементы этой группы должны работать с максимальной надежностью, их отказ практически не допускается.

Элементы группы среднего риска являются умеренно критичными с точки зрения ядерной безопасности или эксплуатации сооружения, отказ этих элементов может привести к материальному ущербу или к значительному снижению уровня ядерной безопасности. Их надежность должна поддерживаться на высоком уровне.

В результате отказа элементов группы низкого риска возникает умеренный экономический ущерб или минимальный риск по ядерной безопасности. За элементами этой группы необходим постоянный надзор.

Элементы группы без риска достаточно ремонтировать только в случае отказа, так как их отказ не приведет к росту риска безопасности и потере производства.

### **Техническое обслуживание и ремонт оборудования АЭС по фактическому состоянию**

Для обеспечения перехода на техническое обслуживание и ремонт оборудования по фактическому состоянию должны быть обнаружены и идентифицированы все потенциально аварийно-опасные дефекты на ранней стадии развития, желательно за несколько месяцев до того, как необратимое изменение состояния может быть зафиксировано системой мониторинга.

Такая задача решается с помощью технических и/или методических средств превентивной диагностики, в которых для каждого вида дефекта используются определенные диагностические признаки, позволяющие своевременно его обнаружить. Для этого к традиционным направлениям управления ресурсом оборудования АЭС в процессе эксплуатации – неразрушающему контролю и определению фактического состояния металла – добавляется прогнозирование технического состояния оборудования и систем.

В формате реального времени фиксируются тенденции изменения технологических параметров, которые могут с большой вероятностью привести к нарушениям в работе оборудования.

Такое диагностическое сопровождение на всех этапах межремонтного периода АЭС, не исключая, а лишь дополняя существующие операции технического обслуживания и ремонта, вместе с имеющимся регламентом технологического обслуживания позволяет получать достоверную информацию о техническом состоянии оборудования. Это, в свою очередь, дает возможность при планировании ремонтных работ корректировать их объемы, обусловленные заданной цикличностью плановых ремонтов. Таким образом, путем фиксации изменения состояния оборудования на более ранней стадии и своевременного принятия соответствующих мер снижается вероятность разгрузки энергоблока при возникновении и развитии аномального технического состояния оборудования.

Все направления этой деятельности требуют натурального экспериментального обоснования.

При натуральных испытаниях оборудование подвергается повышенным нагрузкам, так как значительная часть испытаний проводится в переходных и динамических режимах (сбросы нагрузки, срабатывание аварийной защиты, обесточивание главных циркуляционных насосов, полное обесточивание АЭС и т.п.), редко наблюдающихся при обычной эксплуатации, но вызывающих существенные потери ресурса. Такие нагрузки должны учитываться в проектном обосновании ресурса оборудования, и при правильной организации процесса эксплуатации не приводят к превышению проектных значений затрат ресурса.

## **Натурные испытания оборудования при вводе энергоблока в эксплуатацию**

Так как вопросы управления ресурсом оборудования при инженерной поддержке эксплуатации относятся не только к периоду промышленной эксплуатации, но и к периоду ввода в эксплуатацию вновь построенного энергоблока, управление ресурсными характеристиками оборудования при натурных испытаниях в процессе ввода его в эксплуатацию являются важнейшей частью этого процесса. Необходимость натурных исследований конструкций в начальный период эксплуатации определяется невозможностью полного моделирования процессов, как расчетным путем, так и на стендах.

При этих испытаниях определяются и документируются характеристики систем (элементов), важных для безопасности, уточняются рабочие характеристики оборудования и систем, пределы и условия безопасной эксплуатации. Задачей испытаний на этом этапе является проверка соответствия реальных параметров работы оборудования и сооружений рабочим характеристикам и критериям, определенным в процессе разработки и проектирования и в случае выявления несоответствия принятие мер по устранению выявленных недостатков.

Натурные испытания требуют значительных материальных, временных и людских затрат, а также существенных затрат ресурса оборудования. В связи с этим ограничение натурных испытаний только задачами рутинной проверки работоспособности оборудования и его проектных характеристик для обеспечения лишь основных задач безопасности и выработки электроэнергии является не оптимальным, актуальной является задача достижения более полного использования возможностей натурных испытаний. Необходимо использовать результаты, которые получаются при пусконаладочных испытаниях и измерениях, не только для узких целей ввода в эксплуатацию, но и оптимальным путем распространять их на весь цикл проектной службы или за его пределы.

Применение метода натурального экспериментального обоснования является главной особенностью ввода в эксплуатацию российских АЭС. Согласно принятой в России концепции, задача натурных испытаний – проверка соответствия реальных параметров работы оборудования оптимальным рабочим характеристикам и критериям, определенным при его разработке и проектировании, и в случае выявления несоответствий принятие мер по их устранению.

При вводе в эксплуатацию проводится широкий спектр испытаний, включающих как индивидуальные, так и комплексные испытания разнообразного оборудования и систем на различных стадиях пусконаладочных работ. Важной задачей пусконаладочных работ в процессе ввода в эксплуатацию является создание условий для полного завершения процесса приработки конструкций для достижения минимальных значений интенсивности отказов в процессе последующей промышленной эксплуатации энергоблока.

Полное использование возможностей натурных испытаний в процессе ввода блока в эксплуатацию для оптимизации условий эксплуатации оборудования АЭС является важнейшим резервом повышения эффективности пусконаладочных испытаний.

Прямые натурные исследования, проводимые на оборудовании РУ при пусконаладочных работах и эксплуатации, особенно при переходных и динамических режимах, служат диагностическим обеспечением технического обслуживания и ремонта.

При выполнении испытаний могут быть выявлены и зарегистрированы явления и процессы, не предусмотренные проектом, влияющие на снижение ресурса и даже на безопасность. В этом случае обеспечение проектных условий эксплуатации может быть достигнуто тремя путями (или их сочетанием):

- принятием мер по предотвращению воздействия на условия безопасности;
- принятием мер по снижению или исключению влияния на снижение ресурса;
- корректировкой проектных критериев.

Последний способ решения проблемы может быть применен в случае недостаточности или невозможности решения первыми двумя путями. В этом случае изменение проектных критериев должно быть обосновано прочностными и другими

необходимыми расчетами, подтверждающими прочность и работоспособность оборудования и сооружений в измененных условиях эксплуатации.

\*\*\*

Оценки, выполняемые в рамках программ по оптимизации ремонта и обслуживания оборудования АЭС (например, на АЭС «Пакш»), показывают, что определенный на основе жестких циклов объем ремонтных работ может быть значительно – по некоторым подсчетам на 10–40% – сокращен за счет введения соответствующего мониторинга. Результаты проявляются не только в надежности оборудования, но и в показателях готовности к работе систем, а также и в других сопутствующих привилегиях.

Благодаря отказу от работ, связанных с излишними ремонтами (обесточивание, дренирование, воздухоудаление и т.д.), а также снижению рисков и опасности, сопряженных с этими работами (радиоактивные отходы, травматизм при работе с электрическим, механическим оборудованием и т.д.), ожидается значительное улучшение экономических показателей работы АЭС.

Источники:

1. Рясный С.И. Управление ресурсом оборудования при инженерной поддержке эксплуатации АЭС // Теплоэнергетика. – 2015, №5, С. 39-43
2. Buranszky I. Введение программ по оптимизации ремонта на АЭС «Пакш», Atomexpo-2015, Москва
3. Материалы МНТК-7 «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР», «Гидропресс», 17-20 мая 2011 г.
4. Atominfo.Ru

Материал подготовили: Брылева В.А., Войтецкая Е.Ф., Нарейко Л.М.

**Адреса для контактов:**

ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси, 220109, Минск, ул. академика А.К. Красина, 99

тел.: 391-14-43, факс: 391-13-35, Web-site: <http://www.sosny.bas-net.by>

E-mail: [valentina.bryliova@yandex.by](mailto:valentina.bryliova@yandex.by)

Для получения данного информационного бюллетеня просим подать заявку в электронном виде с указанием своего электронного адреса

©При перепечатке ссылка обязательна

По заказу Министерства энергетики Республики Беларусь