

РАДИАЦИОННЫЙ ФАКТОР В ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ АЭС

С.Е. Щеклеин*, О.Л. Ташлыков*, Н.И. Маркелов**

** ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет - УПИ»,
г. Екатеринбург*

*** Концерн «Росэнергоатом», г. Москва*



Проведен анализ изменения коэффициента использования установленной мощности на АЭС России и за рубежом. Показана зависимость простоя АЭС в ремонте от облучаемости персонала. Поставлена проблема снижения дозовых затрат ремонтного персонала АЭС в связи с переходом на требования НРБ-99 по снижению облучаемости персонала в 2,5 раза. Проведен анализ облучаемости ремонтного персонала на АЭС России. Рассмотрены задачи оптимизации ремонтных работ на отдельных этапах: планирования, подготовки работ, выполнения работ, оценки работы и обратной связи. Освещены основные задачи повышения эффективности ремонтного обслуживания систем и оборудования АЭС, связанные со снижением облучаемости ремонтного персонала.

Атомная энергетика, как и любое промышленное производство, стремится к увеличению доходов и снижению затрат при условии поддержания достаточного уровня безопасности. Повышение доходов для АЭС означает увеличение до максимума времени эксплуатации, т.е. снижение до минимума времени на плановые остановки реактора с целью перегрузки топлива и проведения регламентных ремонтных работ. Снижение издержек связано с сокращением эксплуатационных затрат в период нормальной эксплуатации, а также в период перегрузки топлива. Эти две задачи могут показаться противоречащими задаче поддержания достаточного уровня безопасности. Однако многолетний мировой опыт эксплуатации показал, что обеспечение безопасности АЭС тесно связано с решением основных производственных и экономических задач, и никак не противоречит текущей работе станции. Предпринимаемые на АЭС меры по предотвращению аварий и отказов направлены одновременно на повышение и коэффициента готовности, и экономической эффективности станции.

В 2002 г. атомными станциями России выработано 139,8 млрд. кВт·ч электроэнергии, что составило 103,6% от выработки 2001 г. Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) на АЭС России в 2002 г. составил 71,73% (рис. 1) [3], и предполагается его дальнейшее повышение (на некоторых отечественных блоках КИУМ достигает 82-83%). Основой роста выработки электроэнергии должна стать оптимизация ремонтных кампаний, продолжительность которых пока довольно велика (рис. 2). Среднее время нахождения энергоблоков в текущих и капитальных

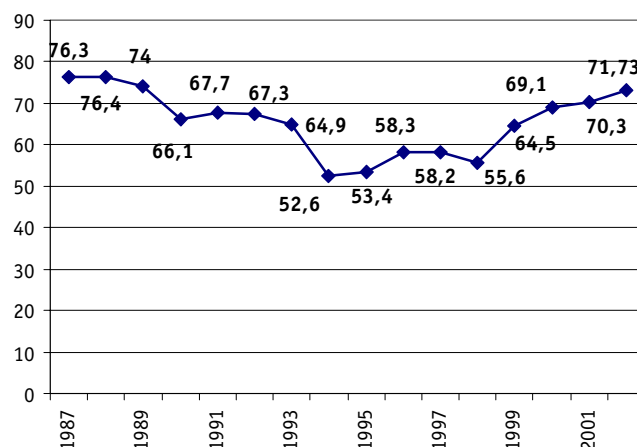


Рис.1. Средний коэффициент использования установленной мощности АЭС России в 1987-2002 гг.

ремонтах составляет до 20% (за рубежом этот показатель - 7-10%). Первопричины такого отставания находятся в проектах времен СССР. При их разработке закладывался КИУМ на уровне 75-80%, что определялось возможностями оборудования и технологий того времени. Кроме того, энергетика СССР была устойчивым образованием с большим запасом по мощности.

На многих зарубежных АЭС значение КИУМ составляет 85-90% и выше. Например, построенные по советским проектам АЭС с реакторами ВВЭР-440 Ловииса (Финляндия) и Пакш (Венгрия) входят в десятку лидеров по этому показателю, что свидетельствует о резерве роста у отечественных станций.

Спецификой технического обслуживания и ремонта (ТОиР) систем и оборудования АЭС является то, что многие работы могут проводиться только на остановленном энергоблоке и в условиях воздействия ионизирующих излучений. Кроме того, к ТОиР на АЭС предъявляются более высокие требования как с точки зрения ядерной и радиационной безопасности, качества ремонтных работ, так и с точки зрения готовности систем и оборудования, влияющих на безопасность.

В 1977 г. Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) в своей 26-й публикации обобщила и проанализировала опыт работы в условиях облучения, сформулировала ряд положений в части критериев и принципов обеспечения радиационной безопасности, а также нормирования радиационных воздействий. Они были сформулированы на основе концепции беспороговой линейной зависимости «доза-эффект». Публикация МКРЗ-60, вышедшая в свет в 1990 г., содержит последние рекомендации комиссии.

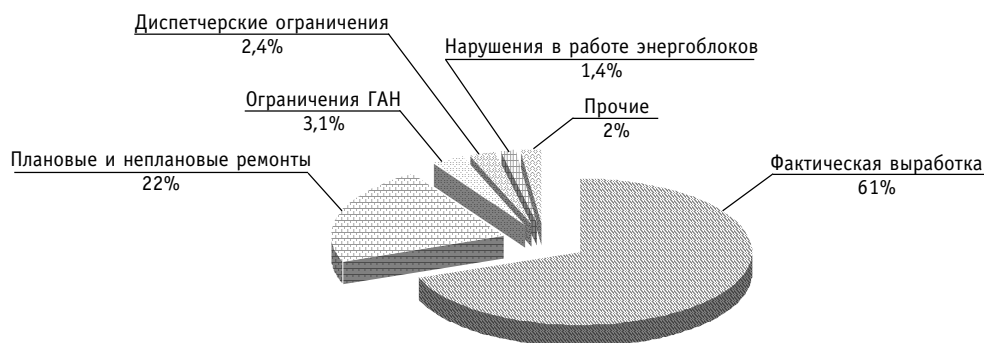


Рис.2. Выработка и потери электроэнергии на АЭС России в 2000 г.

Финляндия была первой страной, принявшей в свое законодательство Публикацию МКРЗ-60. С 1 января 1992 г. индивидуальные пределы доз в Финляндии основаны на общей сумме 5-ти лет, не превышающей 100 мЗв, причем годовая доза не должна быть более 50 мЗв. Таким образом, эффективная среднегодовая доза не должна превышать 20 мЗв. Вдобавок к этим пределам в Финляндии применяются и эксплуатационные ограничения. Ограничение, установленное регулируемыми органами, применяется в случае, если на одном энергоблоке коллективная доза облучения (средняя за два года подряд) превышает 2,5 чел-Зв на 1 ГВт установленной мощности нетто. При этом в регулирующий орган должен быть представлен отчет с изложением причин превышения, а также возможные меры по улучшению радиационной защиты. Кроме того, для выполнения любой задачи, где ожидается коллективная доза для работников 0,1 чел-Зв или «значительный» риск внутреннего загрязнения, регулируемому органу должен быть заранее предоставлен документ с описанием задачи и соответствующих мер по радиационной защите [5].

В России после утверждения Госкомсанэпиднадзором в апреле 1996 г. новых Норм радиационной безопасности (НРБ-96) и выхода приказа министра Российской Федерации по атомной энергии (от 12 июля 1996 г. №413) о вводе в действие НРБ-96 (приказ по концерну «Росэнергоатом» от 14 августа 1996 г. №154) начался переходный период на требования новых Норм.

В связи с переходом в отечественной радиационной защите на новые Нормы радиационной безопасности НРБ-99 и Основные санитарные правила обращения с радиоактивными веществами ОСПОРБ-99, разработанные в соответствии с международными рекомендациями и правилами, остро встал вопрос по снижению в 2,5 раза пределов облучения персонала, и, в первую очередь, ремонтного, т.к. основной вклад в коллективную дозу облучения персонала АЭС вносят работы по техническому обслуживанию и ремонту. Это требует внимательного изучения зарубежного опыта при внедрении принципа оптимизации в практическую деятельность.

В ожидании предстоящего ужесточения нормативов по облучаемости персонала АЭС, концерн «Росэнергоатом» заблаговременно начал проводить политику снижения получаемых доз. Первым и весьма эффективным мероприятием оказалось директивное установление контрольного уровня (КУ) облучения персонала и командированных на АЭС лиц. Значения этих контрольных уровней определяли на основе анализа опыта эксплуатации лучших АЭС страны. Последовательно в 1991, 1994 и 1997 гг. были установлены КУ, равные 4, 3 и 2 сЗв (бэр) соответственно [2].

Дозы облучения более 20 мЗв на АЭС за 1997-2001 гг. имели 827, 801, 693, 291 и 110 чел. соответственно, причем основная часть этого персонала (756, 735, 559, 291 и 108 чел.) - работники АЭС с РБМК.

На начальном этапе снижать дозы облучения удавалось в основном за счет выполнения организационных мероприятий административного повышения требований к качеству подготовки и проведения работ в зоне контролируемого доступа. Для дальнейшего снижения дозовых нагрузок персонала необходимо внедрение на АЭС принципа ALARA. Основой применения этого принципа является процесс оптимизации, в котором снижение коллективной дозы сопоставляется с затратами на дополнительные меры защиты. Социальный выигрыш за счет уменьшения дозы облучения состоит в устранении гипотетических радиобиологических последствий. Кроме социального выигрыша применительно к АЭС, появляются два дополнительных фактора снижения издержек. Первый обеспечивает повышение эффективности эксплуатации реакторной установки благодаря облегчению доступа к ее узлам и системам вследствие снижения радиационных полей, второй – возрастание надежности узлов при их модернизации, принятой с целью снижения радиоактивных отложений (данный эффект непосредственно не связан с уровнями излучения).

Готовность АЭС в целом и доступность ее систем и узлов обратно пропорциональны уровню излучения на рабочих местах персонала. При этом уровень облучения некоторых групп персонала (например, операторов, дозиметристов и т.д.) практически не влияет на готовность АЭС. Однако продолжительность остановок на регламентный ремонт непосредственно связана со значениями уровней излучения (например, вблизи парогенераторов, приводов СУЗ). Поэтому, с точки зрения максимальной готовности АЭС, приоритетом должны пользоваться работы, прямо влияющие на время простоя, независимо ни от источника излучения (система или узел), ни от коллективной дозы.

Исследования, проведенные в США, показали, что продолжительность простоя зависит от дозы облучения только в тех случаях, когда ее значение близко к рабочим контрольным уровням. Частые смены групп в таких условиях и неизбежные при этом потери времени на радиометрический контроль и санобработку снижают производительность труда ремонтного персонала. Кроме того, при замене новые работники часть дозы получают еще до того как приступят к выполнению работы (беспольная доза). Эта доза будет получена во время входа и выхода из зоны проведения работ, во время ознакомления с работой и подготовки инструментов. Дополнительным осложняющим фактором является необходимость применения средств индивидуальной защиты – респираторов, перчаток, спецобуви и т.п. В результате возрастает трудоемкость проведенной работы в сравнении с условиями меньших значений дозы.

Эффективность работы энергоблоков, коэффициент использования установленной мощности находятся в прямой зависимости от продолжительности ремонтной кампании, а безопасность эксплуатации – от качества технического обслуживания и ремонта. При этом большое внимание следует уделять проблеме качества ремонта, т.к. имеют место конкретные случаи остановки энергоблоков, происшедшие не в результате накопившихся дефектов, а вследствие некачественного технического обслуживания систем и оборудования. Достаточно сложно привести точные цифры по лишним дозам облучения, вызванным так называемой «повторной работой», но чаще всего даются оценки от 5 до 15%.

Снижение доз облучения не всегда стоит денег. Экономия трудозатрат одновременно означает сбережение денег и доз. Выполнение работ всегда займет все время, которое ему отведено. Следовательно, при свободном графике остановов все виды работ займут больше времени, чем при плотном графике! Таким образом, можно сэкономить трудозатраты просто плотным планированием графика. Небольшие превышения временных показателей не играют роли, т.к. при уплотнении графика достигается экономия денег и снижение коллективных доз (рис.3) [5]. Так, за счет совершенствования проведения операций на втором энергоблоке японской АЭС «Симанэ»

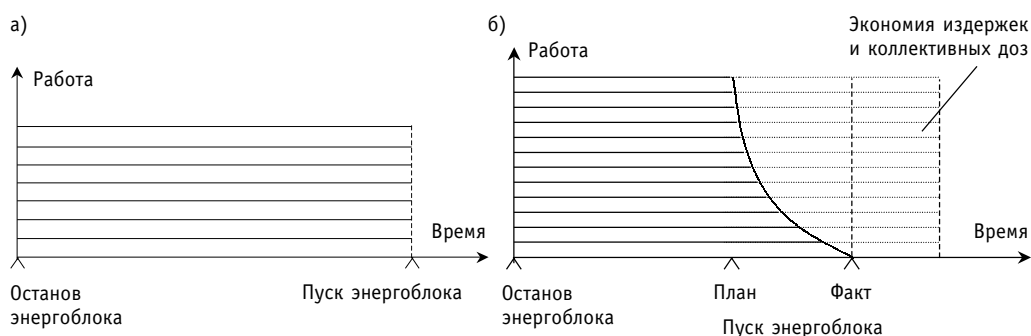


Рис.3. Свободный (а) и плотный (б) графики

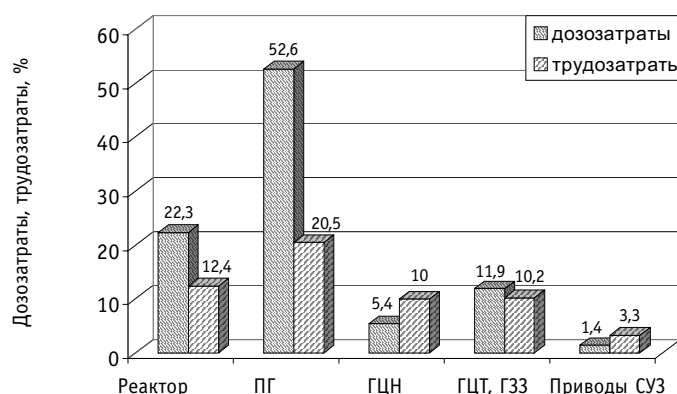


Рис.4. Вклад некоторого оборудования реакторной установки с ВВЭР-1000 в дозозатраты и трудозатраты при капитальном ремонте

(BWR, 820 МВт), длительность седьмой периодической проверки была сокращена по сравнению с шестой на 15 сут. Благодаря этому сокращению, КИУМ возрос примерно на 4%. При этом одним из путей уплотнения графика работ явился хронометраж процесса. Раньше при проверках операций, связанных с критическими процессами, операционный контроль осуществляли в течение суток. При переходе на почасовой контроль удается, опираясь на результаты таких проверок, повысить плотность работ за день и, следовательно, сократить продолжительность процесса. Итоги такого контроля позволили осуществить следующее: сокращение продолжительности демонтажа (с 15 до 6 ч), операций по перегрузке топлива; пересмотр процесса функциональных испытаний приводов регулирующих стержней; проведение операций пуска и остановки реактора и замены приводов регулирующих стержней за две рабочие смены; строгое соблюдение порядка почасового контроля; параллельное проведение внутрифирменных испытаний не зависимо от государственных и других инспекций [1].

Однозначно нельзя ответить на вопрос, в какой степени повышение КИУМ способствует снижению издержек, поскольку необходимо учитывать различные факторы. В приведенном примере сокращение простоя на 15 сут обеспечивает экономию около 10 млн. долл.

Подробный анализ дозовых затрат на АЭС России с реакторными установками В-320 впервые был проведен в 1990 г. Результаты анализа позволили выявить наиболее дозозатратные виды работ, операций (рис. 4), а также значительное различие дозовых затрат на выполнение отдельных видов однотипных операций на различных АЭС (рис. 5). Все это свидетельствовало о наличии потенциальных резервов для снижения облучаемости персонала отечественных АЭС при выполнении ремонтных работ. Для их реализации требуются схемы анализа на всех АЭС, оценка с помощью их количественных значений основных факторов, влияющих на облучаемость, использование этих данных при подготовке и в ходе проведения регламентного ремонта и, в частности, разработка и использование такого мощного фактора как нормативы дозозатрат на типовые операции и работы регламентного ремонта.

В 1993 г. на Калининской АЭС была создана Группа учета, анализа и планирования дозозатрат. Главная задача Группы заключалась в методическом и организационном обеспечении работ, направленных на снижение доз облучения и координации этих работ. Результаты изменения продолжительности ремонтов и коллективных доз, отнесенные на один блок Калининской АЭС с 1994 по 2001 гг. представлены на рис. 6.

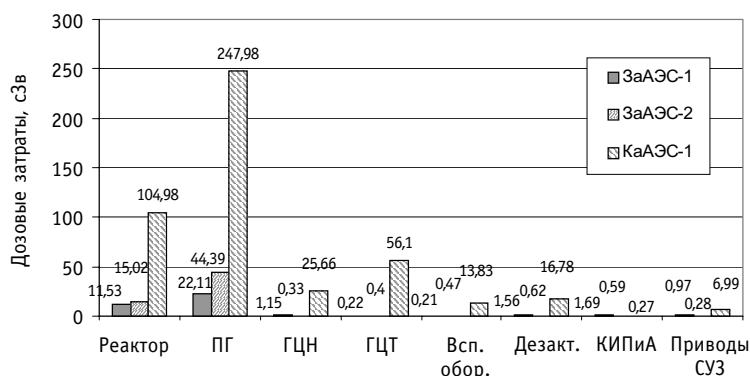


Рис.5. Дозовые затраты на ремонт отдельного оборудования реакторных установок В-320 Запорожской и Калининской АЭС (в типовой номенклатуре работ капитального ремонта – ППР-90)

Оптимальная организация работ может привести как к уменьшению числа работников, необходимых для выполнения работ, сокращению длительности работ в зоне действия ионизирующих излучений (следовательно, к снижению общей стоимости работ), так и к снижению доз облучения в соответствии с принципом ALARA). В общем виде процесс оптимизации ремонтных работ может быть разбит на следующие этапы: планирования, подготовки, выполнения работ, анализа выполненных работ и обратной связи.

На стадии планирования подлежат оптимизации многие аспекты эксплуатации АЭС, такие как применение робототехники, дезактивация, временная биологическая защита и т.д. Как составную часть планирования следует рассматривать предварительное изготовление деталей (предварительную сборку оборудования), перемещение узлов установок для обследования и ремонта в места с низким уровнем излучения, подготовку работников на тренажерах.

Современная философия радиационной защиты придает особое значение «общему управлению рисками», при котором и к внутреннему, и к внешнему облучению следует относиться одинаково. При концентрации внимания на защите от внутреннего облучения может возникнуть излишняя защита, т.е. использование респираторов и полных защитных костюмов, что увеличивает длительность пребывания в зоне действия повышенного излучения, а следовательно, возрастают дозы внешнего облучения. В США с 1 января 1994 г., согласно новым правилам, включенным в часть 20 тома 10 CFR, требуется выполнение программ, направленных на реализацию принципа ALARA в отношении доз для персонала. Часть 20 включает положения 26 и 30 Пуб-



Рис.6. Коллективные дозы облучения и продолжительность ремонтов, отнесенные на один блок Калининской АЭС, за период с 1994 по 2001 гг.

ликаций МКРЗ, которые теперь определяют дозу как общий эффективный дозовый эквивалент (TEDE). Он включает сумму внутренней (ожидаемого эффективного дозового эквивалента или CEDE) и внешней дозы (прямого дозового эквивалента или DDE). Для обеспечения выполнения принципа ALARA в отношении TEDE (снижение общего риска для работников) требуется оценка повышения или понижения общей дозы работника как результат использования респираторной защиты (в ядерной энергетике признано, что использование респираторной защиты снижает эффективность на 25%). Оценка TEDE должна проводиться во время планирования работ или анализа ALARA до начала работ, чтобы определить заранее, какую дополнительную дозу получит человек при проведении работ в респираторе. Изменения, вносимые в традиционную технологию проведения работ (например, постоянное увлажнение загрязненных поверхностей оборудования, дополнительная вентиляция и т.д.), могут явиться простым способом уменьшения концентрации радиоактивных веществ в воздухе и, таким образом, снизить потребность в дополнительных средствах индивидуальной защиты. При этом общая доза снижается.

Стадия подготовки работ относится к задачам, решаемым с целью подготовки исполнителя, рабочей площадки и оборудования или системы для работы. Все усилия по подготовке и обеспечению выполнения комплекса работ, включая создание благоприятной окружающей обстановки, имеют большое значение, если они создают оптимальные условия для обеспечения качественных результатов, а длительность работ, дозы и затраты удерживаются на минимально достижимом обоснованном уровне. Проведение радиационно опасных работ может быть оптимизировано отбором для их выполнения сотрудников, показавших при обучении лучшие результаты.

Рабочая площадка может быть усовершенствована с точки зрения оптимального использования вспомогательного оборудования и организации работ групп поддержки (например, установка лесов, временных защитных экранов, дезактивация, удаление радиоактивных отходов и т.д.). Прямое влияние подготовки работ трудно определить количественно, но анализ операций по ТООИР показывает, что в среднем от 20 до 30% коллективных доз являются следствием недостаточной подготовки работ (например, непригодность лесов), плохой настройки инструментов, отсутствия достаточной подготовки работников и т.д. Важным фактором, снижающим дозовую нагрузку, является перенос определенного объема работ в зоны с меньшими уровнями излучения (например, максимально возможное укрупнение конструкций в условиях мастерских и т.д.). Другим существенным фактором, определяющим оптимизацию рабочей площадки, является улучшение условий труда. Так, опросы, проведенные на ряде АЭС, показали что, например, недостаточное освещение увеличивает продолжительность выполнения операций (следовательно, и облучение) на 20%, затрудненное общение из-за масок при отсутствии аудиосвязи – на 20%, стесненность пространства – более чем на 20% и т.д.

На этапе выполнения работ необходимо проводить эффективный контроль за всеми процессами для достижения целей, поставленных на этапе планирования. При этом работники должны постоянно иметь исчерпывающую информацию о радиационной обстановке, что позволит снизить «необязательные» дозы и дозы при перемещениях. Очень важна непрерывная регистрация дозовых нагрузок и их сравнение с расчетным уровнем, который определяют на этапе планирования работ. Такой контроль может выявить новые цели или привести к пересмотру и оптимизации используемых методов проведения работ, если поставленные ранее цели не достигаются. Кроме того, на этом этапе производится сбор информации для обратной связи с целью помощи в руководстве работой в режиме реального времени и в последующем планировании аналогичных работ.

Оценка работы и обратная связь являются одновременно заключительным и начальным этапом, т.к. процесс оптимизации непрерывен. Оценка работ должна носить многогранный характер, т.е., кроме распределения коллективных и индивидуальных доз, необходимо фиксировать трудозатраты, количество работников, длительность работ (операций), недостатки и т.д. Для эффективной оптимизации необходим механизм гарантии осуществления обратной связи в работе (отслеживание предложений и т.п.) [4].

Для решения задачи дальнейшего повышения эффективности ремонтного обслуживания систем и оборудования АЭС можно выделить следующие основные направления, ряд из которых непосредственно связан со снижением облучаемости ремонтного персонала.

1. Совершенствование системы управления проведением технического обслуживания и ремонта энергоблоков АЭС.
2. Применение системы информационной поддержки ТО и ремонта.
3. Уменьшение регламентных объемов ТО и ремонта.
4. Внедрение новых высокопроизводительных технологий диагностики и ремонта.
5. Повышение качества подготовки ремонтного персонала.
6. Организация централизованного материально-технического обеспечения ремонтной кампании.
7. Повышение качества ТО и ремонта.

Внедрение высокопроизводительных технологий диагностики и ремонта оборудования АЭС предполагает разработку и приобретение для ремонтных служб и АЭС следующего оборудования:

- гайковертов для уплотнения главного разъема реактора, парогенераторов, ГЦН, сосудов и арматуры;
- дистанционных труборезов и сварочных автоматов для ремонта трубопроводов;
- систем диагностики технического состояния арматуры и оборудования;
- притирочных машин для ремонта уплотнительных поверхностей арматуры;
- легкоъемной теплоизоляции.

В настоящее время разработана программа «Развитие и повышение эффективности ремонтного обслуживания АЭС России на 2001-2005 гг.», в которой большое значение отводится совершенствованию системы ТОиР, научно-технической поддержки ТОиР, структуры ремонтных циклов и сокращению нормативных сроков ремонта. В частности, предполагается внедрение стратегии ремонта по техническому состоянию оборудования, для чего планируется:

- обоснование применения комбинированной стратегии ТОиР систем и оборудования АЭС (регламентированного и по техническому состоянию);
- разработка нормативных документов, регламентирующих порядок проведения ТОиР по техническому состоянию;
- разработка, приобретение и внедрение технических средств и методик диагностики и контроля состояния оборудования;
- внедрение установок дистанционного контроля технического состояния оборудования (ВТК, УЗК, вибродиагностика, видеосистемы);
- разработка системы ведения базы данных по состоянию оборудования, формирование и ведение базы данных на отраслевом уровне.

Для совершенствования структуры ремонтных циклов и сокращения нормативных сроков ремонта предполагается:

- формирование базы данных по надежности оборудования;
- анализ показателей надежности оборудования, имеющего ремонтный цикл менее 8 лет;

- подготовка технических обоснований и внесение изменений в нормативные документы;
- разработка мероприятий по переходу с 4-летней на 8-летнюю периодичность капитальных ремонтов реакторных и паротурбинных установок, генераторов;
- оптимизация и совершенствование технологии ремонта турбин и генераторов с целью сокращения сроков ремонта с внедрением информационно-диагностических систем и систем контроля;
- разработка программы технического освидетельствования оборудования с 8-летней периодичностью;
- обоснование возможности ремонта оборудования систем безопасности в межремонтный период и внесение изменений в нормативную документацию;
- разработка и внедрение предложений по изменению и оптимизации типовых программ эксплуатационного контроля состояния основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов энергоблоков, в целях уменьшения объема контроля металла реакторной установки и трубопроводов, и обоснования изменения периодичности контроля реактора с 4 до 8 лет;
- обоснование увеличения периодов между ревизиями арматуры по результатам оценки ее технического состояния средствами диагностики.

В России потери в результате простоя энергоблока мощностью 1000 МВт в течение 1 суток оцениваются суммой в 200 тыс. долл. [6]. С этих позиций и нужно оценивать необходимость затрат на повышение качества ремонтных работ, разработку современных технологий ремонта, обучение специалистов, изготовление или приобретение новой оснастки и специального оборудования.

Литература

1. *Маяновский М.С.* Разработка новых технологий и повышение эффективности японских АЭС // Атомная техника за рубежом. - 2000. - № 3. - С. 20-24.
2. *Новиков А.* Состояние радиационной безопасности АЭС России // Бюллетень по атомной энергии. - 2002. - № 1. - С. 26-32.
3. *Ташлыков О.Л.* Ремонт оборудования атомных станций: Учеб. пособие для вузов / Под ред. С.Е.Щеклеина. - Екатеринбург ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. - 320 с.
4. *Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е.* О роли обратной связи в оптимизации ремонтных работ и снижении дозовых затрат персонала/Международный конгресс «Энергетика-3000»: Тез. докл. (Обнинск, 21-23 октября 2002 г.). – Обнинск: ИАТЭ, 2002. - С. 99-101.
5. Управление работами в атомной энергетике. - Вена, Австрия: Агентство по ядерной энергии. МАГАТЭ, 1998. - 169 с.
6. Обзор материалов Международной научно-практической конференции «Организация технического обслуживания и ремонта АЭС и повышение КИУМ энергоблоков» // Вестник концерна «Росэнергоатом». - 2000. - № 7. - С. 5-7.

Поступила в редакцию 16.10.2003

УДК 621.039.56

Mathematical Simulation of Dose Fields in the Planning of Repair Stuff Irradiation \O.L. Tashlykov, S.Ye. Sheklein, N.I. Markelov; Editorial board of journal "Izvestia vissikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2004. – 6 pages, 5 illustrations. – References, 5 titles.

The article shows a role of scheduling stage in optimizing cycle of repairing works, and methods to forecast radiation doses of the stuff. The dose imitation problems related with dose rate determination in the different points of working space and time in the corresponding radiation fields was shown. Design data for distribution of dose ratio fields from surface and line sources is listed.

УДК 621.039.56

Radiation Factor in the Problem of APR Use Ratio Improvement \S.Ye. Sheklein, O.L. Tashlykov, N.I. Markelov; Editorial board of journal "Izvestia vissikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2004. – 9 pages, 6 illustrations. – References, 6 titles.

The analysis of power use ratio is carried out for atomic power plants (APP) at Russia and abroad. APP under repair stoppage dependence on staff irradiation is shown. The problem of dose expenditures reduction for APP staff because of switching to radiation standards requirement NRB-99 of stuff irradiation reduction as much as 2,5 times was formulated. The repair personnel irradiation analysis was carried out for Russian APP.

Repair work optimization problems have been considered at the following stages: scheduling, work preparation, execution, work assessment and back-coupling. Key problems in the efficiency improvements of repair services for APP systems and equipment, which connected with repair personnel irradiation reduction was covered.

УДК 539.16.04: 502.3

Dose Analysis for the Population of Radioactive Contaminated Territories with the Use of Multilevel Adaptive Dose Models \V.I. Didenko, B.I. Yatsalo, G.Y. Bruk, V.Yu. Golikov; Editorial board of journal "Izvestia vissikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2004. – 7 pages, 3 illustrations, 1 table. – References, 9 titles.

The structure of external and internal doses to the population of the most radioactive contaminated districts of Bryansk region is considered. Model assessments of effective doses for 2003, 2010 and 2030 as well as the contribution of external/internal doses into total dose have been carried out. A brief description of multilevel adaptive dose models realised within stand-alone computer system DoseApplication and PRANA GIS-DSS are presented.

УДК 574: 621.039

The Estimate of Ecological Risk for Ground Ecosystems in Case of Nuclear Power Plant Failures \D.Y. Kremlenkov, M.Y. Kremlenkov; Editorial board of journal "Izvestia vissikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2004. – 8 pages, 3 tables. – References, 8 titles.

The estimate of probabilistic damage to forest- and agro-ecosystems from Caesium-137 and Strontium-90 emergency pollution in case of nuclear power plant failures is carried out. This estimate is based on radio-ecological risk conception, which involves application of radioactive substances distribution models in atmosphere, as well as calculation of absorbent radiation dose in critical ecosystem groups.

It is shown a radio-ecological damage defined in ecosystem's destruction aria and dependence of such damage on the scale of radionuclid emergency pollution, weather conditions and radio-stability of critical groups of plant communities. On the assumption of dose diapason from MELD to ELD, ecological risk defined in probable ecosystem's destruction aria is estimated: for Caesium-137 pollution about 2% of coniferous forest and from 4 to 9% of deciduous forest; for Strontium-90 pollution from 2 to 4% of agricultural crop.