

МЕСТО И РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

В.Л. Тихоновский*, Б.К. Былкин**

* ЗАО «НЕОЛАНТ», г. Москва

** НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва



Проанализированы место и роль информационных технологий при выводе из эксплуатации (БДВЭ) в контексте завершающей стадии жизненного цикла блока АЭС, а также перспективы создания единой информационной системы (ИС) БДВЭ ОАО «Концерн Росэнергоатом» с применением трехмерного моделирования. Показано, что создание ИС БДВЭ обеспечит системное унифицированное решение не только задачи информационного сопровождения процесса ВЭ, но и более широкого спектра задач по управлению инженерно-технической информацией на стадии эксплуатации.

Ключевые слова: атомная станция, база данных, вывод из эксплуатации, вариант вывода из эксплуатации, информационная система.

Keywords: nuclear power plant (NPP), data base, decommission, variant of decommission, information system.

ВВЕДЕНИЕ

Осуществление полного цикла работ по выводу из эксплуатации блока АЭС является масштабным организационным и техническим мероприятием, во многом сопоставимым по объему требуемых для его реализации временных, материальных и трудовых ресурсов с процессом первоначального сооружения блока.

Вывод из эксплуатации энергоблока АЭС – комплексный процесс, включающий в себя несколько этапов, на которых осуществляется разработка локальной (объектовой) концепции вывода из эксплуатации, программы вывода из эксплуатации, проведение комплексного инженерного и радиационного обследования, разработка проекта вывода из эксплуатации, дезактивация и демонтаж оборудования, обращение с РАО и т.д. На любом этапе вывода из эксплуатации принятие обоснованных решений может гарантироваться исключительно наличием и полнотой требуемой для этих целей информации.

В силу сложившейся в России ситуации в настоящее время в качестве основного варианта ВЭ блоков АЭС принят вариант «ликвидация после длительного сохранения под наблюдением». Таким образом, длительность стадии ВЭ блока АЭС в РФ (50 лет и более) может превышать совокупную длительность сроков его про-

ектирования, сооружения и эксплуатации, а стоимость и трудоемкость ВЭ (с учетом наличия радиационного фактора и значительных объемов РАО, образующихся при ВЭ) по экспертным оценкам в отдельных случаях могут быть сопоставимы с затратами на сооружение нового блока АЭС (с учетом дисконтирования). Например, при выводе из эксплуатации блоков первой и второй очередей ЛАЭС длительность этого этапа в программах вывода из эксплуатации принята не менее 50-ти лет [1–3].

В таких условиях сохранение и передача всей необходимой информации последующим поколениям специалистов, которые будут осуществлять работы по демонтажу реакторной установки и оборудования энергоблоков, становится важнейшей задачей, так как наличие достоверной информации напрямую влияет на безопасность и экономичность проведения работ по выводу из эксплуатации.

Особенностью сегодняшней ситуации в РФ является то обстоятельство, что проектирование блоков АЭС, которые подлежат в ближайшем будущем останову и выводу из эксплуатации, проводилось 40 – 50 лет назад с использованием существующих в то время технологий, ориентированных на выпуск проектной и конструкторской документации в бумажном виде. Это тем более значимо, что в силу ряда причин на действующих АЭС России до настоящего времени хранение проектной и эксплуатационной документации было организовано, как правило, только на бумажном носителе.

Очевидно, что кардинально изменить ситуацию с информационным сопровождением работ по ВЭ возможно только при создании специальной целенаправленно обновляемой и поддерживаемой на протяжении всей стадии ВЭ базы данных проектной и эксплуатационной документации блока АЭС, обеспечивающей ее долговременное и надежное хранение – *базы данных по выводу из эксплуатации (БДВЭ)* блока АЭС.

Термин «база данных по выводу из эксплуатации блока АЭС» принят в нормативных документах Ростехнадзора [4, 5 и др.] и руководящих документах ОАО «Концерн Росэнергоатом» [6], в которых под этим термином понимается не компьютерная реализация базы данных, а только концептуальное хранилище информации, необходимой для подготовки, планирования и обеспечения ВЭ блока АЭС. Таким образом, в понимании нормативных документов Ростехнадзора БДВЭ может быть реализована как комплект документации в бумажном формате или как комплект документов, переведенных в формат микрофильмов, т.е. в документах Ростехнадзора выдвигаются концептуальные требования только к базовому составу информации БДВЭ, а не к форме и способу ее реализации.

Заблаговременное внедрение и наполнение такой базы данных по выводу из эксплуатации позволит централизованно сохранить и передать всю необходимую документацию и данные, требуемые для практического осуществления вывода из эксплуатации, будущим поколениям специалистов.

Все это определяет важную роль информационных технологий при ВЭ не только как надежного и удобного средства долговременного сохранения знаний, но и как инструмента, позволяющего управлять процессом ВЭ, повышать его эффективность, существенно оптимизируя затраты.

В настоящее время наиболее эффективной практической реализацией БДВЭ является информационная система (ИС), создаваемая средствами современных информационных технологий – ИС БДВЭ. Под ИС БДВЭ понимается информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку и предоставление всех данных, необходимых для планирования, разработки проекта и выполнения работ по ВЭ блока АЭС, включая проектно-конструкторскую документацию, сведения

об эксплуатации блока, инженерных и радиационных обследованиях, результаты расчетных исследований и выполнения работ на всех этапах ВЭ блока АЭС.

Для реализации ИС БДВЭ требуется использование множества различных информационных технологий: базы данных, трехмерной инженерной графики, средств работы с электронными документами, Internet-технологии и др. Однако ради сохранения преемственности с положениями документов Ростехнадзора разработчиками уже в течение более 10-ти лет используется термин ИС БДВЭ.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИС БДВЭ БЛОКА АЭС

С учетом принятой в РФ стратегии ВЭ блоков АЭС и принятого решения о продлении срока службы действующих блоков АЭС в жизненном цикле ИС БДВЭ можно выделить следующие пять основных фаз.

1. Инициация – формулирование базовых функциональных и технических требований к составу и структуре ИС БДВЭ, способам и методам ее применения в процессе ВЭ в программе ВЭ блока АЭС.

2. Создание ИС БДВЭ как информационной системы и ее первоначальное наполнение. Реализация мероприятий данной фазы позволяет создать ИС БДВЭ и упорядоченно сохранить в электронном виде наиболее важную информацию о блоке АЭС, его площадке, компоновке блока, его радиационном состоянии. Фаза реализуется на завершающем этапе проектного срока службы блока АЭС (4–5 лет).

3. Информационное наполнение ИС БДВЭ в процессе продления срока службы блока АЭС. В течение данной фазы производят расширение и детализацию наполнения ИС (проектно-конструкторской документацией и данными по оборудованию, системам, конструкциям), при необходимости, детализацию трехмерных моделей блоков АЭС и их площадки, в том числе и с применением технологии лазерного сканирования. Длительность данной фазы в зависимости от поколения блока АЭС и его технического состояния на сегодняшний день может колебаться от 15-ти до 25-ти лет.

4. Применение ИС БДВЭ при подготовке к ВЭ (до момента получения лицензии на ВЭ блока АЭС). На данной фазе осуществляется трансформация ИС БДВЭ в систему информационно-управляющую (информационно-аналитическую) с добавлением соответствующих аналитических и расчетных подсистем. К данной фазе ИС БДВЭ уже должна содержать соответствующий достаточный объем информации для решения задач управления, расчета и оптимизации. Как показывает отечественная практика (первый и второй блоки БелАЭС и НВАЭС), длительность данной фазы может составлять несколько десятков лет.

5. Применение ИС БДВЭ в процессе ВЭ. Это целевая фаза жизненного цикла ИС, ради которой система проектировалась, создавалась и наполнялась. Длительность данной фазы с учетом работ по приведению блоков в заданное конечное состояние может составлять 50 – 70 лет и более.

На рисунке 1 на примере первого блока Ленинградской АЭС показан жизненный цикл ИС БДВЭ блока АЭС.

Как видно из рис. 1, на завершающих этапах вывода из эксплуатации ИС БДВЭ будет содержать достаточный объем информации об оборудовании, системах, конструкциях реактора и других компонентах блока для создания на ее основе системы управления проведением отдельных работ в рамках ВЭ. К таким работам, например, можно отнести планирование демонтажа оборудования, управление захоронением РАО, расчеты финансовой стоимости конкретных работ. Для решения таких задач функциональность ИС БДВЭ необходимо будет расширить за счет включения в ее структуру дополнительных аналитических модулей или за счет ее

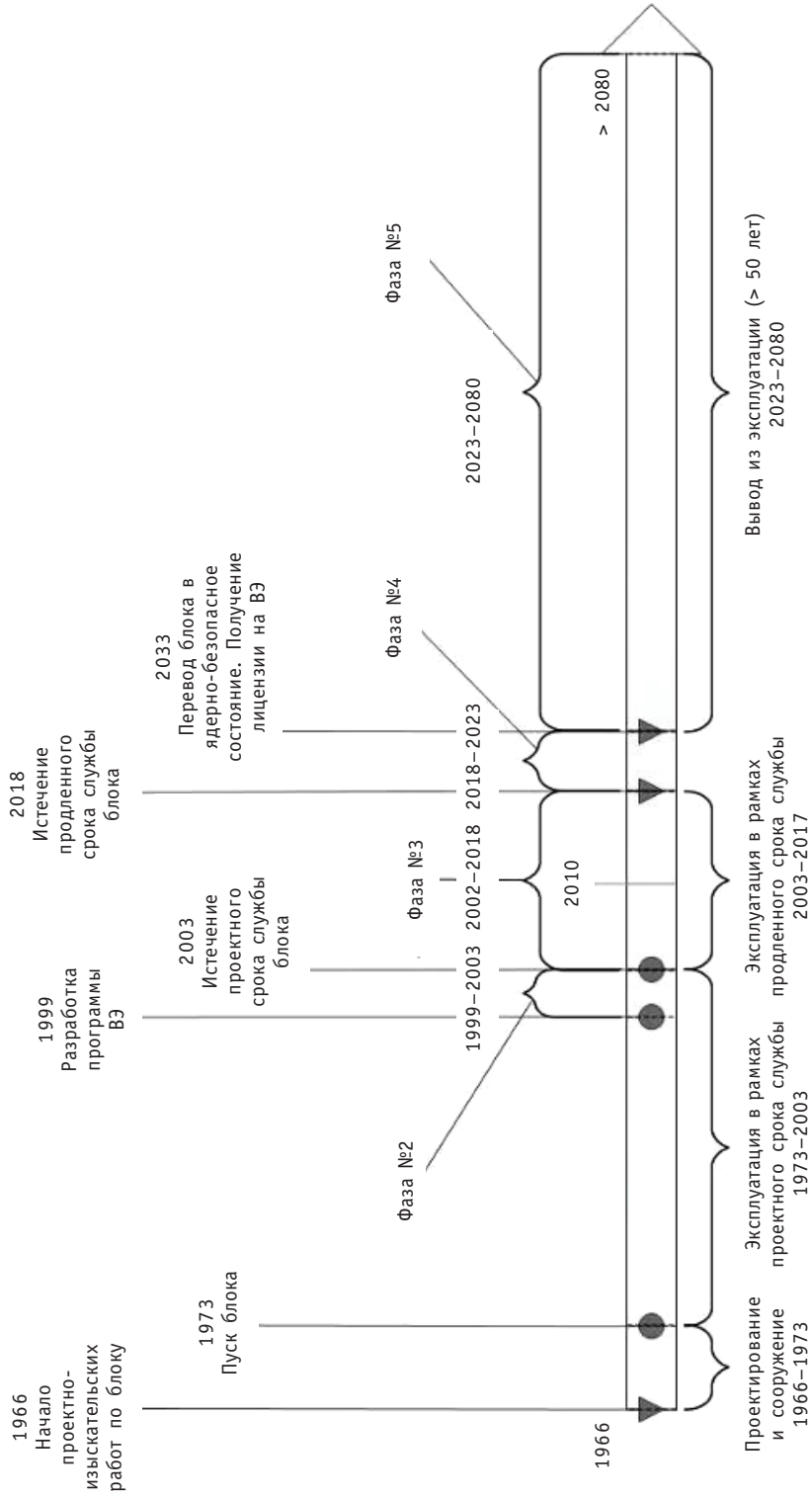


Рис. 1. Жизненный цикл ИС БДВЭ применительно к первому блоку Ленинградской АЭС

интеграции с соответствующими специализированными коммерческими программными продуктами.

СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ ИС БДВЭ ОАО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В течение последних лет в ОАО «Концерн Росэнергоатом» выполнен комплекс работ по созданию информационных систем по выводу из эксплуатации на первом-четвертом блоках Ленинградской АЭС, первом-втором блоках Белоярской АЭС, первом-втором блоках Нововоронежской АЭС. Все три системы реализованы на различных платформах (ЛАЭС – Bentley Systems, БелАЭС – Parametric Technology Corporation, НВАЭС – собственная разработка компании НПП «РАДИКО»). В настоящее время ЗАО «НЕОЛАНТ» ведет работу по созданию СИОВЭ первого и второго блоков Курской АЭС. ОАО «НИКИЭТ» проводит работы по масштабированию ИС ВЭ первого и второго блоков БелАЭС, планируются работы по третьему блоку БелАЭС.

Особенностью созданных информационных систем по выводу из эксплуатации блоков АЭС (ЛАЭС и БелАЭС) является то, что в них впервые используются трехмерные модели блоков и площадок АЭС (3D-модели). Под трехмерной моделью понимается электронная пространственная модель какого-либо объекта реального мира или его части (здания, сооружения, предприятия и т.д.), выполненная с помощью какой-либо прикладной программной системы трехмерного моделирования или проектирования. Эта модель выполняется для целей разработки проекта: определения компоновочных решений, проведения расчетов в расчетных системах, получения рабочей документации (плоскостных и изометрических рабочих чертежей), спецификаций и т.д.

Как показывает мировой, а теперь и отечественный опыт, применение трехмерного моделирования для решения задач ВЭ одинаково эффективно как при выводе из эксплуатации АЭС по варианту немедленного демонтажа, так и по варианту отложенного демонтажа (после сохранения под наблюдением реакторных конструкций).

В настоящее время генеральные проектанты АЭС РФ (ОАО «Атомэнергопроект», ОАО «СПбАЭП», ОАО «НИАЭП») активно применяют современные технологии трехмерного проектирования при проектировании новых блоков АЭС (ЛАЭС-2, НВАЭС-2, четвертый блок КланАЭС, третий и четвертый блоки РоАЭС). В ОАО «Концерн Росэнергоатом» осуществляются работы по созданию корпоративной информационной системы (КИС), предоставляющей унифицированные информационные сервисы для решения типовых задач хранения и обработки информации. В рамках КИС на АЭС реализуются унифицированные системы электронных архивов документации, технического обслуживания и ремонтов оборудования, управления проектами и т.д.

Совокупность вышеперечисленных факторов определяет необходимость централизованного планомерного создания в рамках КИС информационной системы базы данных подготовки и вывода из эксплуатации блоков АЭС ОАО «Концерн Росэнергоатом» с применением трехмерного моделирования (ИС БДВЭ РЭА).

Место и роль ИС БДВЭ РЭА определяется следующим образом.

Пользователями ИС БДВЭ РЭА являются структурные подразделения аппарата ОАО «Концерн РЭА» и АЭС, ответственные за подготовку и вывод из эксплуатации блоков АЭС, а также пользователи в научно-исследовательских, проектно-конструкторских институтах, других внешних организациях, привлекаемых к разработке и осуществлению проекта ВЭ блока АЭС.

Ядром ИС БДВЭ являются локальные информационные системы базы данных по выводу из эксплуатации блоков АЭС (ЛИС БДВЭ), функционирующие на АЭС, которые формируются и наполняются информацией на всех стадиях жизненного цикла блоков АЭС. На стадии проектирования проектные организации формируют основу ЛИС БДВЭ: 3D-модель блока АЭС и его площадки, а также реализуют наполнение технической и проектно-конструкторской информацией, необходимой для планирования и выполнения работ по выводу из эксплуатации. На стадии строительства заказчик строительства совместно с проектной организацией уточняет информацию, полученную на этапе проектирования по результатам авторского надзора и конкретно реализованным проектным и техническим решениям. На стадии эксплуатации подразделения АЭС в течение всего срока эксплуатации организуют сбор, обработку и хранение информации в объеме, необходимом для выполнения всего комплекса мероприятий на заключительной стадии жизненного цикла блоков АЭС. На стадии вывода из эксплуатации это осуществляется подразделениями, обеспечивающими вывод из эксплуатации блока АЭС.

Фундаментальной частью ЛИС БДВЭ являются инженерные модели (3D, 2D), в том числе трехмерная информационная модель блока АЭС (его площадки), вокруг которых интегрируется вся необходимая для осуществления ВЭ инженерно-техническая информация. Для вновь проектируемых блоков АЭС такие модели создаются Генеральным проектировщиком блока АЭС. Для действующих блоков АЭС такие модели реализуются в рамках создания ЛИС БДВЭ блока АЭС на платформе, выбранной Генеральным проектировщиком блока АЭС.

В соответствии с требованиями руководящих документов Ростехнадзора и ОАО «Концерн Росэнергоатом» [4 – 6] на стадии эксплуатации блоков АЭС до момента получения лицензии на вывод из эксплуатации блока АЭС в ЛИС БДВЭ должен быть собран значительный объем разнообразной информации (документации и данных), касающейся технического состояния систем, оборудования, конструкций, зданий и сооружений, условий эксплуатации в течение всего периода, аварий, проводимых модернизаций и ремонтов, радиационного мониторинга, результатов комплексных инженерных и радиационных обследований (КИРО) и др. Объем собранной информации должен быть достаточен для подготовки программы и проекта по выводу из эксплуатации АЭС, отчетов по обоснованию безопасности (ООБ ВЭ, ОВОС ВЭ) и в дальнейшем для управления процессом вывода.

Для сбора, обработки и ввода-вывода такого объема информации ИС БДВЭ должна реализовываться с использованием подсистем КИС ОАО «Концерн Росэнергоатом» (подсистемы «Управление документооборотом», «Управление ТОиР» и т.д.) и действующих на АЭС информационных систем радиационного мониторинга, учета и контроля обращения с ОЯТ и РАО и т.д.

ИС БДВЭ предназначена для обеспечения информационной поддержки деятельности структурных подразделений центрального аппарата ОАО «Концерн Росэнергоатом», АЭС, специализированных организаций по подготовке и выводу из эксплуатации блоков АЭС.

Целями создания ИС БДВЭ являются снижение издержек и повышение безопасности при выводе из эксплуатации блоков АЭС; аккумуляция и представление знаний, необходимых для реализации этапов ВЭ; реализация в ОАО «Концерн Росэнергоатом» подотчетной части ОИС ВЭ ЯРОО Госкорпорации «Росатом», являющейся многоуровневой распределенной информационной системой, обеспечивающей эффективное управление проектами по ВЭ, интегрирующей для каждого ЯРОО или их групп необходимый объем инженерно-технической информации по всем аспектам ВЭ, предоставляющей доступ к информации организациям-участникам ра-

бот по ВЭ объекта и организующей обмен технологическим и методическим опытом по ВЭ для организаций Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

В рамках создания ИС БДВЭ АЭС РЭА планируется применять современные информационные технологии.

- Лазерное сканирование может применяться для уточнения отдельных фрагментов трехмерных моделей блоков АЭС в случае отсутствия актуальной проектно-конструкторской документации и контроля геометрических размеров зданий и сооружений площадки блока АЭС и его конструкций в процессе длительной выдержки под наблюдением.

- Автоматизированная идентификация (штрих-кодовая и радиочастотная маркировка, мобильные терминалы сбора данных) может применяться для оперативного получения специалистами исчерпывающей информации об интересующем их компоненте блока АЭС, его площадки непосредственно по месту нахождения специалиста. Потребность в таких возможностях будет возрастать по мере отдаления от срока останова блока и смены поколений специалистов. Эта технология может быть успешно применена для автоматизации сбора информации в процессе проведения первоначального и последующих периодических локальных КИРО блока для повышения качества и оперативности сбора данных, а также для автоматизации ввода данных в локальную ИС БДВЭ. Другим применением технологии автоматизированной идентификации может быть маркировка емкостей с РАО, отдельных демонтируемых радиоактивных конструкций и оборудования для их учета и отслеживания последующих перемещений.

- GPS/ГЛОНАСС-трекинг может использоваться для контроля целостности и отклонений зданий и сооружений на площадке, конструкций, оборудования и систем внутри блока (локальный GPS). Применение подобной технологии позволит заблаговременно оценить процессы разрушений и корректирующие меры.

- 4D-анимационная модель демонтажа, представляющая собой интеграцию трехмерной модели с планом-графиком выполнения работ по демонтажу. Технология позволяет заранее определить оптимальный способ выполнения работ по демонтажу, заблаговременно разрешить возможные пространственно-временные конфликты работ. Это позволит снизить стоимость выполнения работ и уменьшить дозовые нагрузки на персонал.

- Трехмерные интерактивные тренажеры. Технология позволяет использовать трехмерные модели блока АЭС и его площадки для обучения персонала средствами виртуальной реальности. Применение технологии совместно с 4D-анимацией позволяет оптимизировать работы по демонтажу, сократить сроки, стоимость выполнения работ и уменьшив дозовые нагрузки на персонал.

- Расчетные модули. По мере продвижения работ по выводу из эксплуатации и накопления информации в ЛИС БДВЭ все отчетливее будет проявляться необходимость в выполнении различных расчетов и оптимизаций процесса ВЭ с использованием накопленной в ЛИС БДВЭ информации. Практическую реализацию указанных возможностей можно обеспечить за счет создания дополнительных функциональных аналитических подсистем в ЛИС БДВЭ, к которым можно отнести расчетную подсистему прогнозирования образования РАО при ВЭ, оптимизационную подсистему обработки вариантов процедур демонтажа оборудования и т.д.

Литература

1. Былкин Б.К., Зверков Ю.А., Шапошников В.А. и др. Стратегия вывода из эксплуатации первого энергоблока Ленинградской АЭС//Известия Академии промышленной экологии. – 2001. – № 1. – С. 67-81.
2. Былкин Б.К., Шапошников В.А, Тихоновский В.Л., и др. База данных при выводе из эксплуатации энергоблоков Ленинградской АЭС//Атомная энергия. – 2003. – Т. 95. – Вып. 3. – С. 176-182.
3. Черников О.Г., Шапошников В.А., Тихоновский В.Л., Былкин Б.К. Опыт разработки базы данных для вывода из эксплуатации блоков Ленинградской АЭС//Журнал «Росэнергоатом». – 2005. – № 9. – С. 30-31.
4. Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации блока атомной станции (НП-012-99), Ростехнадзор, 1999.
5. Требования к содержанию программы вывода из эксплуатации блока атомной станции (РБ-013-2000), Ростехнадзор, 2000.
6. Типовая структура базы данных для вывода из эксплуатации блока атомной станции. Общие требования. РД ЭО 0582-2005, ОАО «Концерн Росэнергоатом». – С. 1-27.

Поступила в редакцию 8.08.2011

УДК 621.311.25.004.7

Place and Role of Information Technologies at Decommissioning of NPP Power Units \V.L. Tikhonovsky, B.K. Bylkin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 1 illustration. – References, 6 titles.

The place and role of information technologies at decommissioning (DBD) (БДВЭ) have been analysed in the context of final stage of life cycle of NPP unit, as well as prospect of creation of unified information system (IS) DBD OAO «Concern Rosenergoatom» with use of three-dimensional modeling.

It was shown, that creation of IS DBD will provide not only system unitized solution of the problem of D process information информационного accompaniment, but also solution of more wide spectrum of tasks on control of engineering-technical information at the operation stage.

УДК 621.039.534.6

Estimation of Intensity of Consumption of Oxygen Constructional Steels of Primary Coolant Circuit Power Reactor Facility with Heavy Heat-Carriers \R.Sh. Askhadullin, K.D. Ivanov, V.M. Shelemetev, R.P. Sadovnichy; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 3 illustrations. – References, 6 titles.

On the basis of the executed experimental researches on influence of temperature and an oxygen mode of heavy liquid-metal heat-carriers on intensity of course of oxidizing processes of their interaction with various constructional steels the technique of numerical estimations of local and integrated streams of the oxygen spent for oxidation of internal surfaces of the first contour of reactor installations is developed.

Use of the given technique allows carrying out tentative estimations of results of long operation of constructional steels, to prove use optimum from the point of view mass carry oxygen modes of the heat-carrier, to form requirements to systems of technology of the heat-carrier.

УДК 621.039.51

Creation of the WWR-c Reactor Precision Model for Its Construction Optimisation and Following Optimisation of the ⁹⁹Mo and Other Radioisotope Productivity \V.V. Kolesov, O.Yu. Kochnov, Yu.V. Volkov, V.F. Ukraintsev, R.I. Fomin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 5 pages, 2 tables, 2 illustrations. – References, 3 titles.

For the WWR-C research reactor construction optimization for optimal ⁹⁹Mo and other radioisotope productivity a precision mathematical model of reactor was created. Monte-Carlo calculation with use of this model were carried out to determine reactor criticality, neutron fluxes at an experimental channels and control rod worth. It is shown that calculated values are in good accordance with experimental ones.

УДК 621.039.526: 621.039.83

Experience of development and operation of the process radiation facility «Polymer» at the Beloyarsk NPP \Yu.V. Nosov, V.I. Ogleznev, I.A. Chernov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 3 tables, 2 illustrations. – References, 5 titles.

Using spent control rods with europium absorber of the BN600 reactor as gamma sources, the Beloyarsk NPP together with the Obninsk branch of the Physical-Chemical Research Centre named after L.Ya. Karpov has designed and manufactured the process radiation facility «Polymer» and successfully operated it for 18 years. This paper presents main characteristics of the facility and summarizes the technical-organizational and economic issues of ensuring its safe operation.