

РАЗДЕЛ 18. ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Вывод из эксплуатации является конечным этапом жизненного цикла АЭС.

Вывод блока из эксплуатации – процесс осуществления комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, исключающий использование блока в качестве источника энергии и обеспечивающий безопасность персонала, населения и окружающей среды.

На энергоблоке №2 Белорусской АЭС за время эксплуатации реактора будут образовываться РАО. Отходы образуются при штатной технологической замене узлов и деталей, при проведении плановых ремонтных работ. После окончательного останова реактора все оборудование, находящееся внутри защитной оболочки, также следует считать РАО различных категорий.

В числе радионуклидов, составляющих РАО АЭС, находятся радиоактивные изотопы как биогенных, так и замещающих их химических элементов, а именно, ^3H , ^{137}Cs , ^{90}Sr . Возможно присутствие следового количества актиноидов ^{239}Pu , ^{241}Pu , ^{241}Am и ^{14}C , что будет определено по результатам комплексного инженерного радиационного обследования (КИРО). На пути распространения радионуклидов за пределы станции должен быть поставлен инженерный барьер, причем длительность удержания радионуклидов в пределах инженерных барьеров должна обеспечить уменьшение активности радионуклидов, значимых с точки зрения радиационной безопасности, до приемлемого уровня.

В проекте АЭС приняты меры по снижению затратных и дозовых показателей, а также объемов и уровня активности отходов, сопровождающих вывод энергоблока из эксплуатации, а именно:

- выбор материалов для изготовления оборудования, систем и конструкций блока АЭС, обеспечивающий низкий уровень их активации (применение сплавов с низким содержанием кобальта, менее 0,025 %);
- использование при сооружении блока АЭС строительных конструкций, которые позволяют упростить демонтажные работы при выводе из эксплуатации блока АЭС;
- применение современных методов дезактивации, соответствующих покрытий поверхностей оборудования, систем и конструкций для обеспечения минимальных уровней поверхностного загрязнения радиоактивными веществами при эксплуатации блока АЭС;
- использование передвижных модульных установок, обеспечивающих автономную дезактивацию (наружную и внутреннюю) любого радиоактивно загрязненного оборудования АЭС в процессе эксплуатационного цикла для снижения трудо- и дозозатрат при выводе из эксплуатации блока АЭС;
- выбор соответствующего водно-химического режима первого контура, позволяющего сократить образование продуктов коррозии при эксплуатации и уменьшить радиационную опасность при выводе из эксплуатации блока АЭС.

При выводе реакторной установки (РУ) из эксплуатации выбор варианта организационно-технических мероприятий, которые должны быть выполнены, зависит от множества факторов, основными из которых являются:

- состояние конструкций, зданий и оборудования энергоблока, выявляемое специальной ревизией, определяющей техническую возможность и экономическую целесообразность продления срока службы отдельных систем и составных частей РУ, что в свою очередь зависит от прогресса в области технологии проведения работ в условиях радиации;
- наличие альтернативных площадок для размещения замещающей мощности;
- необходимость использования зданий, сооружений или территории остановленного блока (АЭС) для иных целей, связанных с потребностью отрасли или региона.

Минимальный срок между останом РУ и началом работ по выводу ее из эксплуатации составит около трех лет, необходимых для выдержки отработавшего топлива перед его вывозом со станции.

Для выбора и обоснования варианта вывода из эксплуатации блока АЭС эксплуатирующая организация обеспечивает проведение обследования блока АЭС в объеме, необходимом для рассмотрения различных вариантов вывода из эксплуатации блока АЭС. С учетом результатов обследования и анализа проектной и эксплуатационной документации выполняются технико-экономические исследования различных вариантов вывода из эксплуатации блока АЭС, на основании которых эксплуатирующая организация принимает решение о выборе конкретного варианта вывода из эксплуатации блока АЭС.

Эксплуатирующая организация не позднее чем за 5 лет до истечения проектного срока службы блока АЭС обеспечивает разработку программы вывода из эксплуатации блока АЭС для выбранного варианта и представляет ее в Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) для оформления в установленном порядке изменений в условия действия лицензии на эксплуатацию блока АЭС. При изменении сроков окончательного останова блока АЭС Программа должна быть пересмотрена.

Программа вывода из эксплуатации блока АЭС содержит основные организационные и технические мероприятия по реализации выбранного варианта вывода из эксплуатации блока АЭС, последовательность и график выполнения этапов вывода, перечень основных работ на каждом этапе вывода, а также описание конечного состояния после завершения всех работ по выводу из эксплуатации блока АЭС.

Программа содержит два раздела:

– «Подготовка к выводу из эксплуатации блока АЭС», где регламентируются мероприятия и работы в период с момента утверждения Программы до начала работ по выводу из эксплуатации блока АЭС;

– «Вывод из эксплуатации блока АЭС», где регламентируются мероприятия и работы в период от начала вывода из эксплуатации блока АЭС до достижения заданного конечного состояния блока.

В сроки, определяемые «Программой вывода из эксплуатации блока АЭС», эксплуатирующая организация обеспечивает проведение КИРО выводимого из эксплуатации энергоблока АЭС.

КИРО энергоблока АЭС имеет несколько этапов, соответствующих этапам вывода из эксплуатации блока АЭС, целью которых является определение фактического технического и радиационного состояния оборудования, систем, строительных конструкций и промплощадки энергоблока АЭС на момент проведения обследования.

В соответствии с программой вывода из эксплуатации блока АЭС, на основе материалов комплексного инженерного и радиационного обследования блока, эксплуатирующая организация обеспечивает разработку Проекта вывода блока АЭС из эксплуатации.

В Проекте вывода блока АЭС из эксплуатации должны быть определены конкретные виды работ по выводу из эксплуатации блока АЭС с указанием технологий проведения работ, последовательности их выполнения, а также необходимые людские, финансовые и материально-технические ресурсы на каждом этапе вывода.

В соответствии с Проектом вывода из эксплуатации блока АЭС эксплуатирующая организация подготавливает отчет по обоснованию безопасности при выводе блока АЭС из эксплуатации для получения в Департаменте по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) лицензии на вывод из эксплуатации.

Выводимый из эксплуатации блок АЭС должен укомплектовываться персоналом, имеющим необходимую квалификацию и допущенными к самостоятельной работе в установленном порядке.

Ответственность за выполнение норм, правил, требований и инструкций по мерам ядерной, технической и радиационной безопасности при проведении работ по выводу блока АЭС из эксплуатации несёт эксплуатирующая организация до момента, когда эта

ответственность может быть снята или передана другой организации в установленном порядке по решению Правительственных органов.

Работы по выводу из эксплуатации блока АЭС могут прекращаться только после достижения заданного конечного состояния блока АЭС, которое подтверждается соответствующим документом (актом, заключением и т.п.) эксплуатирующей организации, согласованным в установленном порядке.

Решение о завершении работ по выводу из эксплуатации блока АЭС принимает эксплуатирующая организация совместно с органами государственного регулирования безопасности и другими заинтересованными организациями на основании оформленных в установленном порядке документов, подтверждающих соответствие достигнутого в ходе работ состояния блока АЭС требованиям проекта вывода блока из эксплуатации.

Основные варианты вывода энергоблока АЭС из эксплуатации

Для выбора и обоснования варианта вывода из эксплуатации блока АЭС эксплуатирующая организация обеспечивает проведение обследования блока АЭС в объеме, необходимом для рассмотрения различных вариантов вывода из эксплуатации блока АЭС. С учетом результатов обследования и анализа проектной и эксплуатационной документации выполняются технико-экономические исследования различных вариантов вывода, на основании которых эксплуатирующая организация принимает решение о выборе конкретного варианта вывода из эксплуатации блока АЭС.

Основными вариантами вывода блока АЭС из эксплуатации являются:

- ликвидация блока АЭС;
- захоронение блока АЭС.

Возможны другие варианты вывода блока АЭС из эксплуатации, предусматривающие другие сочетания этапов или конечные цели вывода блока АЭС из эксплуатации, обусловленные фактическим состоянием блока АЭС к моменту начала работ по выводу блока АЭС из эксплуатации, перспективами использования промплощадки АЭС, пересмотром требований по обеспечению безопасности и т.д.

Вариант «Ликвидация блока АЭС» может проводиться несколькими этапами с немедленным демонтажем систем, оборудования и строительных конструкций после подготовительного этапа, либо с отложенным демонтажем с сохранением под наблюдением блока АЭС и применением консервации и локализации систем оборудования выводимого из эксплуатации блока АЭС.

Вариант вывода из эксплуатации блока АЭС «Захоронение блока АЭС» предполагает локализацию высокоактивных компонентов оборудования, систем и строительных конструкций за счет создания дополнительных физических барьеров, исключающих несанкционированный доступ к ним.

Мероприятия по обеспечению безопасности при выводе АЭС из эксплуатации

Радиационная безопасность в ходе вывода из эксплуатации обеспечивается техническими и организационными мероприятиями с помощью чего, необходимо достигнуть снижения дозовых нагрузок на персонал и население, а также максимально уменьшить поступление радиоактивных продуктов в окружающую среду.

На всех этапах вывода из эксплуатации блока АЭС эксплуатирующая организация обеспечивает контроль, учет и физическую защиту радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, а также оборудования, представляющего по своим радиационным характеристикам потенциальную опасность для работников (персонала), населения и окружающей среды.

При производстве работ на этапах вывода из эксплуатации блока АЭС необходимо применение организационных мер, технических средств и технологических процессов, направленных на уменьшение мощностей доз излучений в помещениях выводимого из эксплуатации блока АЭС и защиту персонала от радиационного воздействия, таких как:

- использование дистанционных и робототехнических комплексов и установок;
- дезактивация оборудования, помещений и установок;

- оптимизация маршрутов движения персонала и расположения рабочих мест с учетом пространственных распределений полей излучения;
- классификация помещений по степени радиационной опасности;
- применение съемных покрытий и мобильных вентиляционных установок в местах проведения демонтажных работ для предотвращения загрязнения помещений, оборудования и окружающей среды;
- применение дополнительных защитных устройств и экранировки загрязненного оборудования, включая стационарные и передвижные экраны для защиты персонала от радиационного воздействия;
- применение контейнеров, чехлов, погрузочного оборудования и т.п., которые используются при обращении с РАО, образующимися при проведении работ по выводу из эксплуатации блока АЭС.

До начала выполнения работ по выводу из эксплуатации блока АЭС разрабатывается план мероприятий по защите работников (персонала) блока АЭС в случае аварии.

Обращение с РАО при выводе АЭС из эксплуатации

Основной целью обращения с РАО является предотвращение распределения радионуклидов и других вредных веществ в окружающей среде и исключение облучения персонала и населения.

Эта цель достигается созданием и использованием различных естественных и искусственных защитных барьеров. Главными барьерами, препятствующими распространению радионуклидов и ионизирующего излучения в процессах сбора, переработки и хранения РАО, являются биологическая защита, герметизация оборудования, вентиляция помещений, очистка вентиляционного воздуха и др.

Концепция обращения с РАО предусматривает необходимость комплексного решения проблемы обращения с РАО, начиная с момента их образования до окончательного захоронения.

Наиболее важным этапом при обращении с РАО является их кондиционирование, включающее в себя операции, при которых жидкие, твердые и газообразные отходы переводятся в формы, пригодные для перевозки, хранения и (или) захоронения.

Для сокращения объемов радиоактивных отходов, образующихся при выводе из эксплуатации блока АЭС и подлежащих захоронению, осуществляется их переработка механическими, термическими и (или) химическими методами, такими как:

- сжигание горючих отходов;
- перевод ЖРО в твердую фазу (цементирование, битумирование);
- прессование (холодное и горячее);
- переплавка металлических низкоактивных отходов (с использованием в дальнейшем металла в хозяйственной деятельности, том числе в атомной энергетике).

Экологические аспекты вывода из эксплуатации

Как при ликвидации энергоблока, так и при его захоронении неизбежны демонтаж загрязненного радионуклидами оборудования, кондиционирование и хранение РАО.

С экологической точки зрения конечной целью вывода АЭС из эксплуатации является целенаправленный перевод в основной (необменный) фонд вещества всех радиоактивных техногенных веществ, образовавшихся при эксплуатации АЭС. Удержание радионуклидов в основном фонде вещества обеспечивается реализацией принципа многобарьерности защиты (глубоко эшелонированной защиты). Этот принцип справедлив на всех этапах жизненного цикла реакторной установки, включая все стадии обращения и захоронения РАО.

При рассмотрении безопасности захоронения радиационно-опасного объекта следует иметь в виду, что по окончании эксплуатации защитные барьеры, имеющиеся при эксплуатации АЭС, сохраняются и их состояние продолжает контролироваться на различных этапах вывода энергоблока из эксплуатации.

Эффективным барьером является инженерное сооружение, способное удерживать радиоактивные отходы в течение не менее 10 его периодов полураспада основных радиационно-опасных радионуклидов.

Кондиционированные РАО, окруженные техническим грунтом (консервантом) и помещенные в металлическую бочку (оболочку), окружены первым полноценным барьером безопасности.

Вторым барьером безопасности является контейнер, в котором размещены металлические бочки с РАО. Здесь матрицей является бочка, содержащая РАО, консервантом – технический грунт, заполняющий пустоты между бочками и стенками контейнера. Стенки контейнера – это оболочка.

Третьим барьером безопасности является помещение, в котором размещены контейнеры с РАО. Матрицей является контейнер, консервантом является технический грунт, заполняющий пространство между контейнерами и строительными конструкциями.

Независимо от выбранного варианта вывода энергоблока из эксплуатации на стадии проектирования Белорусской АЭС и в ходе подготовки к выводу из эксплуатации предусмотрены меры, которые обеспечивают выполнение требований безопасности на всех этапах выполнения работ.

Радиационное воздействие на работников (персонал), население и окружающую природную среду не приведёт к превышению действующих на момент выполнения работ пределов доз облучения работников (персонала) и населения, а также нормативов по выбросам, сбросам и концентрациям радиоактивных веществ в различных природных средах (воздухе, поверхностных и подземных водах, почве).

Все осуществляемые мероприятия по выводу из эксплуатации выполняются в соответствии с нормативными документами и требованиями Республики Беларусь, Российской Федерации по обеспечению безопасности при выводе из эксплуатации, а также с учётом международного опыта, рекомендаций МАГАТЭ.