

УДК 005.8:316.422

Е.А. Квасневский

*Отряд государственной пожарной охраны № 1, Южноукраинск*

## ПРИНЦИПЫ И КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

*Рассмотрено применение в проектах системо-технических и организационных мер глубоко-эшелонированной защиты. Рассмотрены основные принципы и критерии безопасности, требуемые действующими нормативными документами.*

**Ключевые слова:** *глубоко эшелонированная защита, критерии безопасности, детерминистическая основа, учет единичного отказа*

### Введение

Атомная энергетика Украины является базовой отраслью экономики Украины.

В настоящее время на четырех АЭС НАЭК «Энергоатом» эксплуатируются 15 энергоблоков с общей установленной мощностью 13 835 МВт, что составляет 26,3% от суммарной установленной мощности всех электростанций страны. В 2010 году доля АЭС в выработке электроэнергии по Украине составила почти 50 %.

Основная часть энергоблоков АЭС Украины эксплуатируется уже больше 25 лет. Проекты действующих энергоблоков разрабатывались по действующим в 70-е годы прошлого столетия нормам, правилам и стандартам. Приведение состояния энергоблоков в соответствие с вновь вводимыми нормами, правилами и стандартами осуществлялось в рамках программ повышения безопасности, которые пересматривались в процессе эксплуатации по мере выполнения мероприятий, накопленного опыта эксплуатации и пр.

Все действующие энергоблоки АЭС используют водоводяные реакторные установки ВВЭР следующих проектов: ВВЭР-440/В-213 (РАЭС-1, 2), ВВЭР-1000/В-302, 338 (ЮУАЭС-1, 2), ВВЭР-1000/В-320 (11 энергоблоков ЗАЭС, РАЭС, ХАЭС, ЮУАЭС).

### Основные принципы и критерии безопасности

В проектах энергоблоков АЭС заложены следующие принципы и критерии безопасности.

Безопасность энергоблоков АЭС обеспечена за счет последовательной реализации концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на

применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду и системы организационно-технических мер по защите барьеров и сохранению их эффективности, с целью защиты персонала, населения и окружающей среды.

Примененная в проектах система технических и организационных мер образует 5 уровней глубокоэшелонированной защиты.

*Уровень 1.* Создание условий, предотвращающих нарушения нормальной эксплуатации.

*Уровень 2.* Предотвращение проектных аварий системами нормальной эксплуатации.

*Уровень 3.* Предотвращение аварий системами безопасности.

*Уровень 4.* Управление запроектными авариями.

*Уровень 5.* Планирование мероприятий по защите персонала и населения.

В проектах реализованы следующие основные принципы безопасности:

– создание физических барьеров на пути распространения радиоактивных выбросов (топливная матрица, оболочка твэла, граница контура теплоносителя, герметичное ограждение реакторной установки и биологическая защита);

– наличие специальных систем безопасности, построенных на принципе создания параллельных каналов, выполняющих одинаковую функцию;

– обеспечение принципов: независимости, резервирования, физического разделения, учета единичного отказа при создании систем безопасности;

– высокие технические характеристики системы локализации для исключения выхода радиоактивности в окружающую среду;

– высокая степень контроля и автоматизации технологических процессов, включая обеспечение преодоления аварийных ситуаций в наиболее ответственный (первый) этап аварии без участия персонала;

– обеспечение безопасности при внешних воздействиях, характерных для рассматриваемых площадок, включая природные и техногенные воздействия;

– обеспечение безопасности при широком спектре исходных событий с учетом постулируемых отказов, возможных ошибок персонала и дополнительных воздействий;

– применение консервативного подхода при выборе технических решений, влияющих на безопасность;

– применение мероприятий и технических решений, направленных на:

- защиту систем локализации при проектных авариях;

- предотвращение перерастания исходных событий в проектные аварии;

- ослабление последствий аварий, которые не удалось предотвратить;

- обеспечение возможности проверок и испытаний оборудования и систем, важных для безопасности, поддержания их в исправном состоянии;

- организация санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения;

- обеспечение качества с учетом требований специальных нормативных документов.

Проектами обеспечиваются критерии безопасности, требуемые действующими в настоящее время в Украине нормативными документами: радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации и проектных авариях не приводит к превышению установленных дозовых пределов облучения персонала и населения, нормативов по выбросам и сбросам, содержанию радиоактивных веществ в окружающей среде, а также ограничивается при запроектных авариях.

Основные принципы и критерии безопасности, реализованные в проекте, соответствуют также основным положениям стандартов и руководящих документов МАГАТЭ, а также практике проектирования АЭС в западных странах.

На сегодня выполнен всесторонний анализ безопасности действующих энергоблоков на детерминистической основе с привлечением украинских специалистов и международных экспертов, выполняется углубленный анализ безопасности с использованием современных

методологий, в том числе вероятностного анализа безопасности.

#### **Источники формирования мероприятий по повышению безопасности и оценка безопасности, выполняемая эксплуатирующей организацией (эшелонированная защита)**

Всесторонняя оценка безопасности и независимая проверка оценки безопасности должны выполняться на всех этапах жизненного цикла АЭС. Результаты оценки должны предоставляться в регулирующий орган. Оценка безопасности это систематический процесс, осуществляемый в ходе проектирования и эксплуатации АЭС для обеспечения того, чтобы все соответствующие требования по безопасности были удовлетворены в предлагаемой (или эксплуатируемой) конструкции станции. Сюда также входят требования, установленные эксплуатирующей организацией и регулирующим органом. Оценка безопасности включает выполнение анализа безопасности, но не ограничивается ним. Опыт показывает, что при оценке безопасности в ходе эксплуатации фокусирование на любом единичном аспекте эксплуатации является неэффективным, и может даже вводить в заблуждение. Более достоверный анализ должен основываться на наборе показателей, предназначенных для мониторинга всех аспектов реализации эксплуатационной безопасности. Показатели эксплуатационной безопасности АЭС представляют собой набор коэффициентов, характеризующих состояние глубокоэшелонированной защиты, включающей последовательность барьеров на пути выхода радиоактивных веществ, стратегию мер по обеспечению выполнения функций безопасности и предотвращению отказов оборудования, ошибок административного и оперативного персонала. Рекомендации по созданию такого набора показателей и организации их расчета и анализа представлены в техническом документе МАГАТЭ **IAEA- TEC DOC - 1141 «Показатели эксплуатационной безопасности атомных электростанций».**

Описанная концепция безопасности распространяется как на новые энергоблоки, так и на действующие.

Широкие возможности повышения безопасности при новом проектировании энергоблоков породили желание внести изменения в описанную выше сложившуюся концепцию безопасности АС. На это направлены некоторые работы таких международных организаций, как Европейская организация операторов (The organization European Utility Requirements – EUR) и Западноевропейская ассоциация регуляторов

(Western European Nuclear Regulator Association – WENRA). Поскольку эта проблема также затрагивает интересы регулирования ядерной и радиационной безопасности АЭС в Украине.

Во всем мире находится в эксплуатации свыше 260 установок различных типов и производительности, а 50 установок находятся либо на этапе проектирования, либо сооружаются. Хотя некоторые проблемы безопасности на реакторных и не реакторных установках сходны, существует ряд специфических вопросов безопасности на не-реакторных установках топливного цикла, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации, например критичность, химическая токсичность, пожароопасность и взрывоопасность.

На основе разработанных за последние годы профилей данных о ядерной безопасности страны, получающие поддержку в области ядерной безопасности в рамках программы технического сотрудничества, совместно разработали планы действий в области ядерной безопасности. Эти планы указывают приоритеты в создании и поддержании инфраструктуры ядерной безопасности, которая отвечает требованиям норм безопасности.

Существуют документы по требованиям безопасности при проектировании АЭС. Они содержат согласованные в международных масштабах проектные требования к конструкциям, системам и элементам, важным для безопасности, которые должны соблюдаться с целью обеспечения безопасной эксплуатации АЭС и предотвращения или смягчения последствий событий, которые могли бы поставить под угрозу безопасность. В них также оговариваются требования к всесторонней детерминистической и вероятностной оценке безопасности действующих АЭС и учитываются самые последние достижения в области подходов к обеспечению безопасности.

### Выводы

Результаты проведенных анализов показывают:

- энергоблоки эксплуатируются безопасно с приемлемым уровнем рисков. Требования по обеспечению безопасности реакторных установок, предусмотренные проектом, научно-технической документацией и международной практикой, выполняются в достаточном объеме;

- обнаруженные дефициты безопасности и отклонения от требований нормативных документов позволяют эксплуатировать энергоблоки в проектных пределах и не требуют остановки энергоблоков для их устранения. Их устранение

позволит существенно повысить безопасность при дальнейшей эксплуатации АЭС.

### Список литературы:

1. Смутнев В.И. О культуре ядерной эксплуатации // *Электрические станции*. – М.: № 1- 1989.
2. *Безопасность атомных станций. Росэнергоатом, ВНИИАЭС, ЭДФ, Париж, 1994.*
3. *Система показателей и методика оценки состояния энергетической безопасности: Научно-технический отчет, под редакцией А. Шевцова, Днепропетровск: ДФ НИСИ, 1999.*
4. *Методические вопросы оценки и учета фактора энергетической безопасности в решении задач ТЕК: Научно-технический отчет под редакцией А. Шевцова, Днепропетровск, ДФ НИСИ, 1998.*

Статья поступила в редколлегию 12.11.2011

**Рецензент:** докт. техн. наук, проф. С.Д. Бушуев, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.