

ПОДДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТОВ ПО АНАЛИЗУ БЕЗОПАСНОСТИ В АКТУАЛЬНОМ СОСТОЯНИИ, КАК ПРИНЦИП ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

А. П. Швец¹, В. П. Кравченко²

¹ *ГП «НАЭК «Энергоатом» ОП «Хмельницкая АЭС», отдел сопровождения отчетов по анализу безопасности, Служба Анализа Безопасности, инженер 1-к*

² *Одесский национальный политехнический университет, д.т.н., профессор*

Исследуются методика разработки окончательных отчетов по анализу безопасности (далее – ООАБ), а также принципы поддержания этих отчетов в актуальном состоянии при разработке нормативных и производственных документов в сфере обеспечения безопасности АЭС. Обосновывается возможность подготовки альтернативного корректирующего нормативно-производственного документа промежуточного обоснования текущего уровня безопасности. Исследуется внедрение принципиально нового метода оценки текущего уровня безопасности.

Введение

Нормативно-производственная документация, которая регулирует работу АЭС в плане обеспечения безопасности, требует постоянного обновления и поддержания актуального состояния своего содержания. Под понятием поддержания актуального состояния подразумевается контроль соответствия приведенной в документе информации правилам и нормам обеспечения безопасности и соответствия им эксплуатационных показателей АЭС. Основным документом, который обосновывает безопасную эксплуатацию АЭС, является ООАБ, актуализация которого должна производиться постоянно в процессе эксплуатации энергоблока. Процесс актуализации ООАБ характеризуется анализом соответствия показателей эксплуатации энергоблока установленным уровням по безопасности с внесением всех изменений эксплуатационного процесса систем безопасности (СБ) и коррекции нормативно-законодательной базы в сфере использования ядерной энергии, как субъектами управления так и предприятиями.

Основной задачей ООАБ является анализ, обобщение и представление проектной системы технических и организационных мер, обосновывающих надежную и безопасную эксплуатацию энергоблоков АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами. В ООАБ отражается информация о том, как эти меры удовлетворяют современным требованиям

безопасности в части радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации и проектных авариях. Приводится информация об эксплуатационных показателях АЭС и обосновывается принцип того, что работа АЭС не приводит к превышению установленных дозовых пределов облучения персонала и населения, нарушению нормативов по выбросам и сбросам, содержанию радиоактивных веществ в окружающей среде. Также в ООАБ обосновывают свойства и специфику работы АЭС такими свойствами, которые ограничивают радиационное воздействие и при запроектных авариях.

В процессе работы АЭС постоянно происходят изменения в нормативно-технической и организационно-распорядительной документации управления атомно-энергетической отраслью. Поступают новые рекомендации Международного агентства по атомной энергии, Всемирной ассоциации операторов атомных станций, происходят постоянные модернизации технологических систем и оборудования, изменяются подходы к принципам работы и технологическим процессам. Учет постоянного динамического изменения принципов эксплуатации и нормативных актов заставляет вести постоянный мониторинг обеспечения безопасности и выполнения требований распорядительных документов.

Выполнение целей мониторинга обеспечения безопасности, заложенных в ООАБ, производится через поддержание изложенной в ООАБ информации в актуальном состоянии. Для этого предусмотрен ряд процедур, таких как: внесение корректив при изменении технологических процессов и нормативных актов, актуализация ООАБ и проведение периодической переоценки безопасности (далее – ППБ).

Согласно НП 306.2.141-2008 [1] не допускается расхождение между информацией, содержащейся в ООАБ, и информацией, содержащейся в проектных материалах, а также между проектом АЭС и его реализацией. Соответствие ООАБ АЭС реальному состоянию должно поддерживаться Эксплуатирующей организацией в течение всего срока службы АЭС.

Целью статьи является периодическая переоценка безопасности и анализ эффективности поддержания отчетов по анализу безопасности в актуальном состоянии, а также, внедрение новых методологий создания отчетов по периодической переоценке безопасности.

Целью ППБ в соответствии с НП 306.2.099-2004 [2] является определение: соответствия уровня безопасности энергоблоков действующим нормам и правилам ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ), а также проектной и эксплуатационной документации, ООАБ и другой документации, указанной в лицензии на эксплуатацию;

достаточности существующих условий, обеспечивающих поддержку надлежащего уровня безопасности энергоблока до следующей периодической переоценки безопасности;

перечня и сроков внедрения мероприятий по повышению безопасности энергоблока, которые необходимы для устранения или ослабления недостатков, выявленных вследствие проведенных анализов безопасности.

Периодическая переоценка безопасности проводится, согласно [1], раз в десять лет, путем пересмотра и корректировки всего содержания ООАБ каждого энергоблока в отдельности, с разработкой отчета по периодической переоценке безопасности (далее – ОППБ) и переизданием новой редакции ООАБ. Процесс проведения мероприятий по осуществлению ППБ, как правило, проводится в несколько этапов, в которые могут входить:

- сбор и анализ исходных данных для актуализации;
- актуализация материалов;
- корректировка актуализированных материалов по замечаниям государственной экспертизы ЯРБ;
- сбор, анализ и уточнение исходных данных для разработки ОППБ;
- разработка отчета по ППБ;
- корректировка материалов ОППБ по замечаниям государственной экспертизы ядерно-радиационной безопасности.

Сбор и анализ исходных данных для актуализации производится из баз данных по внедренным за весь отчетный период модернизациям и нововведениям, внедренным с момента проведения предыдущей ППБ, которые могли быть не учтены. По результатам анализа производится актуализация ООАБ на соответствие технологическим процессам и нормативным документам, вышедшим с момента проведения предыдущей ППБ.

Целью разрабатываемого ОППБ является подтверждение того, что:

эксплуатация энергоблоков осуществляется в соответствии с проектом с соблюдением пределов и условий безопасной эксплуатации, требований лицензионных документов (лицензии, отдельных разрешений) и удовлетворяет требованиям действующих норм и правил ЯРБ;

реализованные мероприятия по реконструкции и модернизации систем и элементов направлены на повышение безопасности энергоблока, с выполнением соответствующей корректировки проектной документации и эксплуатационных процедур;

разработана и эффективно реализуется программа управления старением сооружений, систем и элементов энергоблока и выполнено обоснование того, что их реальное техническое состояние обеспечивает безопасную эксплуатацию энергоблока в течение

проектного срока эксплуатации;

выявлены (или отсутствуют) несоответствия требованиям действующих норм и правил ядерной и радиационной безопасности, реализованы и/или запланированы мероприятия по ликвидации или ослаблению этих несоответствий;

реализованные эксплуатационные процедуры, схемы административного управления, ведомственного надзора, система качества отвечают принципам культуры безопасности и обеспечивают эффективное выполнение эксплуатирующей организацией и администрацией функций, предусмотренных [3] и соответствующим нормативно-правовым актам;

фактическое влияние эксплуатации энергоблока на персонал, население и окружающую природную среду не превышает критериев и границ радиационной и экологической безопасности, установленных нормативными документами;

существующие условия и реализация намеченных планов повышения безопасности обеспечивают необходимый уровень безопасности эксплуатации энергоблока в течение проектного срока эксплуатации.

В соответствии с НП 306.2.162-2010 [4] ОППБ разрабатывается на основе ООАБ энергоблока АЭС с учетом проведенных модернизаций, мероприятий по повышению безопасности, опыту эксплуатации и научно-технических данных, которые внедрены на энергоблоке. Для выполнения этого требования анализируются проектные данные, материалы актуализированного ООАБ и существующие действующие на АЭС материалы: результаты оценки текущего технического состояния и переназначения ресурса, материалы по управлению старением, квалификации оборудования, сейсмостойкости, результаты эксплуатационной практики, партнерских проверок (при их наличии) и т.д..

Поддержание актуального состояния ООАБ и внедрение новых подходов в анализе безопасности

При эксплуатации энергоблоков необходимо поддержание ООАБ энергоблоков АЭС в актуальном состоянии в соответствии с требованиями положения ПЛ-Д.0.08.425-08 [5]. Основная цель осуществления деятельности по поддержанию ООАБ в актуальном состоянии состоит в организации и внедрении комплекса организационно-технических мер, касательно инженерно-технической поддержки подразделений в части своевременного системного подхода к анализу безопасности на АЭС, внедрения современных подходов и программных методов технологий анализа безопасности, использования международного опыта в направлении анализа безопасности с целью обеспечения безопасной эксплуатации энергоблоков в соответствии с требованиями, нормами и стандартами по безопасности.

Учитывая то, что оценка обеспечения безопасности должна проводиться наиболее новыми методами анализа и оптимальными процедурами статистики, некоторые аспекты методов анализа безопасности должны подвергаться регулированию. Одним из наиболее вероятных новшеств в методиках анализа безопасности и обоснования состояния уровня безопасности может стать внедрение концепции проведения и разработки промежуточного анализа оценки текущего состояния безопасности энергоблока (далее – ПАОТСБЭ).

Предлагаемый метод обоснования безопасности АЭС базируется на составлении промежуточного отчетного документа состояния текущего уровня безопасности энергоблока, построенного на принципе «квартально-годовой экспертизы» безопасности отчетного периода между комплексными ППБ. Где под «квартально-годовой экспертизой» подразумевается создание ПАОТСБЭ по статистическим данным, ежемесячно избираемым, анализируемым и отобраным за три года в целом. ПАОТСБЭ предлагается разрабатывать с целью подтверждения того, что:

- эксплуатация энергоблока осуществляется в соответствии с проектом и соблюдением границ и условий безопасной эксплуатации, требований лицензий и удовлетворяет нормам радиационной и ядерной безопасности;

- за отчетный период были соблюдены проектные значения и конструктивные составляющие, а при отступлениях от проекта, не было нарушения установленных границ по ядерной и радиационной безопасности;

- эффективно реализуется программа управления старением сооружений, систем и элементов энергоблока, выполнено обоснование их безопасной эксплуатации в сверхпроектный период;

- на АЭС реализованы эксплуатационные процедуры управления, согласно принципам культуры безопасности, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию АЭС, согласно действующему законодательству;

- фактическое влияние эксплуатации АЭС на персонал, окружающую среду и население не превышает критериев и границ, установленных нормативными документами.

При разработке ПАОТСБЭ основная оценка безопасности производится на основе детерминистического принципа анализа безопасности, с некоторой долей вероятностного анализа и учетом особенностей эксплуатации анализируемого энергоблока, а также показателей безопасности других однотипных энергоблоков АЭС по аналогичным критериям оценки уровня безопасности. С помощью этих критериев производится предварительный прогноз показателей состояния безопасности на следующий отчетный период «квартально-годовой экспертизы». Дополнительно, в разработке ПАОТСБЭ,

предлагается отойти от подхода максимального консерватизма к принципам и методологии анализа реалистичного и структурно-системного моделирования эвристики результатов.

Методика разработки ПАОТСБЭ строится на принципах: создания модели оценки состояния уровня безопасности, мониторинга, верификации, прогнозирования и обоснования результатов. Расчетными критериями анализа безопасности становятся показатели функционирования систем безопасности (СБ), систем важных для безопасности (СВБ) и показатели соблюдения установленных пределов ЯРБ и регламентных границ.

Проведение мониторинга основывается на отслеживании протекания технологических процессов, связанных с работой СБ и СВБ, в части анализа данных ресурса и надежности оборудования, первопричин возникновения дефектов и методик их профилактики, ремонтов оборудования и графиков технического обслуживания, отказов и частоты их возникновения. Также, отслеживаются взаимосвязи между возникновениями отказов оборудования СБ - СВБ и причинно-следственными факторами нарушения принципов эксплуатации и ремонта оборудования.

Верификационные действия производятся с целью выявления совместимости реальных показателей на соответствие как условиям безопасной эксплуатации (далее – УБЭ) так и ядерной и радиационной безопасности к границам «эталонной» модели, при наложении на нее полученных данных. Выявляются участки воздействия, зоны риска, границы стабильности и границы вероятности возникновения отказов. Производится расчет вероятных последствий и возникновения исходных событий.

Прогностический процесс анализа заключается в создании прогноза вероятности возникновения причин, приводящих отказу, как к вероятному так и к дополнительному. При прогнозировании учитываются возможные сопутствующие факторы, такие как: ранее выявляемые отказы оборудования СБ и СВБ, вероятные отказы, возникновение которых возможно из-за выработки ресурса оборудования и ошибки персонала, качества произведенного ремонта, циклов нагружения, квалификация работы оборудования СБ и СВБ. Обоснование и отражение эффективности ПАОТСБЭ производится, главным образом, из полученных результатов произведенного анализа с описанием данных и интервалов, учитываемых в расчете, методов графического и структурного отображения результатов прогноза.

Показатели и критерии безопасности в ПАОТСБЭ, как эксплуатационные, так и нормативные должны отображаться статистически, по всему взятому отчетному периоду, как в виде графиков, так и в виде обоснований и отчетов по АЭС, где при выявлении отклонений от установленных регламентных значений должны быть отражены

корректирующие мероприятия и результаты их внедрения, а также причины и исходные события, сопутствующие выявленным факторам. Отбираются и анализируются статистические данные, непосредственно связанные с функционированием конкретно-взятой СБ. С помощью статистических данных показателя текущего уровня безопасности

СБ вычисляется относительный коэффициент безопасности $K_{saf.}^{index}$:

$$K_{saf.}^{index} = \frac{k^S \cdot (k_1 + k_2 + \dots + k_n)}{100}$$

где: k^S - коэффициент включения СБ в работу;

k_1, k_2, k_n - учетные составные показатели, влияющие на эффективность работы СБ.

В качестве примера вычисления относительного коэффициента безопасности рассмотрена система впрыска бора высокого давления TQ14:

$$K_{TQ_{x4}}^{index} = \frac{k^S \cdot (k^t + k^Q + k^V + k^L + k^P + k^N + k^W)}{100}$$

где: k^t - коэффициент времени включения СБ в работу, k^Q - коэффициент расхода рабочей среды СБ, k^V - коэффициент перекаченного объема рабочей среды, k^L - коэффициент достоверности уровня, k^P - коэффициент давления рабочей среды, k^N - коэффициент концентрации поглотителя, k^W - коэффициент показателей механической работы.

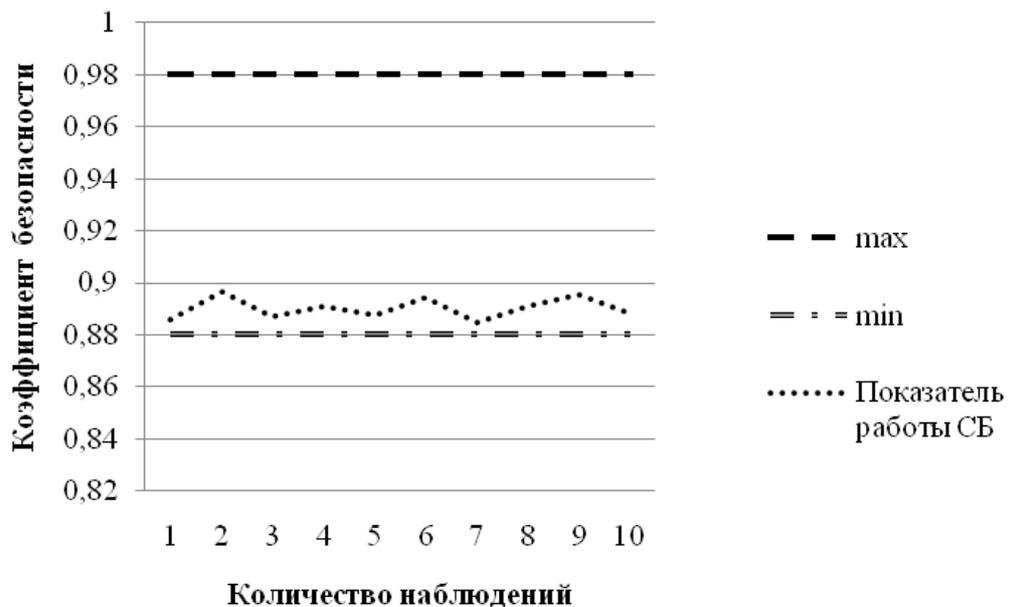


Рисунок 1 – Изменение относительного коэффициента безопасности система впрыска бора высокого давления TQ14

Принцип внедрения относительного коэффициента безопасности в анализ безопасности АЭС позволит подойти вплотную к аналитическому прогнозированию вероятности возникновения отказов, возникновения и протекания исходных событий и создания логической цепочки результирующих факторов по причинно-следственному признаку. Это позволит отойти от «условно-типовой» модели анализа эксплуатационных показателей энергоблока и даст возможность вести прогноз уровня безопасности путем перекрестного наложения реальных и эталонных моделей эксплуатационных показателей.

Также, при разработке ПАОТСБЭ особое внимание должно уделяться выявлению отступлений проекта энергоблока от нормативно-технических требований. Аналогично должны учитываться отклонения, выявленные в отчетном периоде при проведении анализа причин нарушений нормальной эксплуатации энергоблока, если таковые имели место, как во время эксплуатации, так и во время проведения партнерских проверок и реализации других международных проектов. При этом, должны учитываться результаты аналогичной деятельности на однотипных энергоблоках, в том числе и других АЭС, и результаты внедрения корректирующих мер, направленных на повышение безопасности АЭС.

Дополнительным фактором анализа уровня состояния безопасности, при разработке ПАОТСБЭ, должен стать принцип глубокого внедрения методологий соответствия квалификации оборудования, оптимизации его ресурса и прогнозирования возникновения отказов по причине работы в жестких условиях. Что в сочетании с текущими показателями безопасности и прогнозируемыми уровнями позволит систематизировать достижение целей и функций безопасности АЭС путем понижения рисков, связанных с вероятностью отказа оборудования СБ.

Выводы

Для достоверного предоставления информации окончательный отчет по анализу безопасности (ООАБ) необходимо актуализировать и проводить периодическую переоценку безопасности. Для более эффективной актуализации ООАБ предлагается ввести процедуру разработки промежуточного анализа оценки текущего состояния безопасности энергоблока (ПАОТСБЭ), которая основывается на принципе детерминистического анализа безопасности и методик вероятностного анализа с учетом особенностей эксплуатации анализируемого энергоблока. Основой анализа безопасности является методология реалистичного и структурно-систематичного моделирования эвристики результатов. В ПАОТСБЭ будут учитываться аналитические процессы текущего состояния СБ и СВБ, которые будут служить основой для актуализации ООАБ и разработки ОППБ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. Киев, 2008 г., НП 306.2.141-2008, библиограф. – 62 с.
2. Общие требования к продлению эксплуатации энергоблоков АЭС в сверхпроектный срок по результатам выполнения периодической переоценки безопасности. Киев, 2004 г., НП 306.2.099-2004.
3. Закон Украины «Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности» 08.02.1995 № 39/95-ВР. Киев, 1995 г.
4. Вимоги до оцінки безпеки атомних станцій. Київ, 2010 р., НП 306.2162-2010.
5. Положение о сопровождении отчетов по анализу безопасности энергоблоков АЭС Украины. Киев, 2008 г., ПЛ-Д.0.08.425-08, библиограф. – 27 с.

ПІДТРИМКА ЗВІТІВ З АНАЛІЗУ БЕЗПЕКИ В АКТУАЛЬНОМУ СТАНІ, ЯК ПРИНЦИП ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АЕС

О. П. Швець, В. П. Кравченко

Досліджується методика розробки й принципів підтримки Остаточних звітів з аналізу безпеки (надалі – ОЗАБ) в актуальному стані при розробці нормативних та виробничих документів у сфері забезпечення безпеки АЕС. Обґрунтовується імовірність підготовки альтернативного коригуючого нормативно-виробничого документу проміжного обґрунтування поточного рівня безпеки. Також, досліджується впровадження принципово нового методу оцінки поточного рівня безпеки.

MAINTENANCE OF SAFETY ANALYSIS REPORTS IN THE CURRENT STATE, LIKE A PROVIDE OF PRINCIPLE OF SAFETY OF NPP

A.P. Shvets, V.P. Kravchenko

Considering the design-methodology of final reports from safety analysis (next – FRSA) and the principles of FRSA sustentation in the current state, with elaboration and changing of regulatory and supporting documents in the safety-providing of NPP. Describing the possibility of preparation of similar corrective regulatory and supporting document, from intermediary justification of current safety level. Considering of implementation the new-principled method estimation of current safety level.