

Е. В. Калько, А. М. Дыбач, А. Е. Севбо,
Е. П. Кудла

Государственный научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности

Концепция оперативного вероятностного анализа безопасности

Вероятностный анализ безопасности (ВАБ) является эффективным инструментом оценки и повышения безопасности атомной электростанции. ВАБ должен иметь достоверную и доказательную основу, а также обновляться для учета изменений АЭС. Изменения могут быть физическими (реализация модернизаций систем и оборудования АЭС), эксплуатационными (вследствие изменения инструкций и процедур) и организационными. Соответственно, следует обеспечить обновление ВАБ для отражения изменений (или модификаций) АЭС. Такой ВАБ определяют как оперативный.

Сформулирована концепция оперативного ВАБ, предложен логический структурированный подход к распределению модификаций АЭС по типам путем соотношения модификаций с техническими элементами ВАБ по качественным и количественным критериям.

Ключевые слова: оперативный вероятностный анализ безопасности, технический элемент, модификация АЭС.

Є. В. Калько, О. М. Дибач, О. Є. Севбо, О. П. Кудла

Концепція оперативного імовірнісного аналізу безпеки

Імовірнісний аналіз безпеки (ІАБ) є ефективним інструментом оцінки та підвищення безпеки атомної станції. ІАБ повинен мати достовірну та доказову основу, а також оновлюватися для врахування змін АЕС. Зміни можуть бути фізичними (реалізація модернізацій систем та обладнання АЕС), експлуатаційними (внаслідок зміни інструкцій та процедур) та організаційними. Відповідно, необхідно забезпечити оновлення ІАБ для відображення змін (чи модифікацій) АЕС. Такий ІАБ визначають як оперативний.

Сформульовано концепцію оперативного ІАБ, запропоновано логічний структурований підхід до розподілу модифікацій АЕС за типами співвідношенням модифікацій з технічними елементами ІАБ за якісними та кількісними критеріями.

Ключові слова: оперативний імовірнісний аналіз безпеки, технічний елемент, модифікація АЕС.

© Е. В. Калько, А. М. Дыбач, А. Е. Севбо, Е. П. Кудла, 2012

За последние годы для большинства зарубежных и отечественных энергоблоков АЭС выполнен вероятностный анализ безопасности (далее — ВАБ) с целью идентификации наиболее значимых с точки зрения риска проектных и эксплуатационных аспектов АЭС. В результате проведенных исследований ВАБ возможно повышение безопасности и экономических показателей АЭС наиболее эффективным способом. ВАБ позволяет сфокусировать ресурсы на аспектах, имеющих доминантное влияние на безопасность и эффективность АЭС. Однако ВАБ, используемый для прикладных целей, должен иметь достоверную и корректную основу. Поэтому очень важно разработать высокого качества оперативный ВАБ (далее — ОВАБ), который будет утвержден эксплуатирующей организацией и принят регулирующим органом.

В статье сформулирована концепция ОВАБ, а также детально рассмотрены вопросы обновления ОВАБ.

Определение ОВАБ. В [1] даётся определение ОВАБ как ВАБ энергоблока, который обновляется по необходимости для отражения действующих конструктивных и эксплуатационных характеристик и документируется таким образом, что каждый аспект модели ВАБ прямо зависит от текущего состояния энергоблока.

Согласно [2], при выполнении ОВАБ следует: производить обновление по мере необходимости для поддержания актуального состояния модели ВАБ;

при обновлении учитывать проектные и эксплуатационные особенности энергоблока;

осуществлять документирование в соответствии с требованиями организаций, которые будут эту информацию использовать (проектные организации, эксплуатирующая организация и регулирующий орган), в форме, пригодной для практического использования, включая риск-информированное регулирование.

Необходимость разработки, постоянного сопровождения и обновления ОВАБ определена следующими факторами:

при эксплуатации энергоблока реализуются мероприятия (модификации), которые в основном направлены на снижение уровня риска, однако некоторые из них могут приводить и к увеличению риска;

появляется новый опыт эксплуатации, выполняются новые исследования переходных процессов;

объем ВАБ расширяется (рассмотрение дополнительных исходных событий, режимов эксплуатации энергоблока и др.);

совершенствуется методология ВАБ (моделирование отказов по общей причине, учёт человеческого фактора и др.).

Структура ОВАБ. ОВАБ имеет две составляющие — непосредственно расчетную модель ОВАБ и обновление ОВАБ. Результатом первой составляющей является расчет частоты повреждения аварийной зоны реактора (ЧПАЗ) и частоты предельного аварийного выброса (ЧПАВ), второй — процедура учета изменений на энергоблоке для обеспечения соответствия расчетных величин конфигурации энергоблока (рис. 1).

Как видно из рис. 1, ОВАБ включает в себя два ключевых элемента: разработку модели ОВАБ и обновление ВАБ. Под первым элементом понимается разработка вероятностных моделей и документации по ВАБ, в которые будут вноситься изменения, соответствующие последующим модификациям конкретного энергоблока. Под вторым элементом понимается техническое сопровождение и обновление моделей и документации ВАБ в зависимости от модификаций конкретного энергоблока.

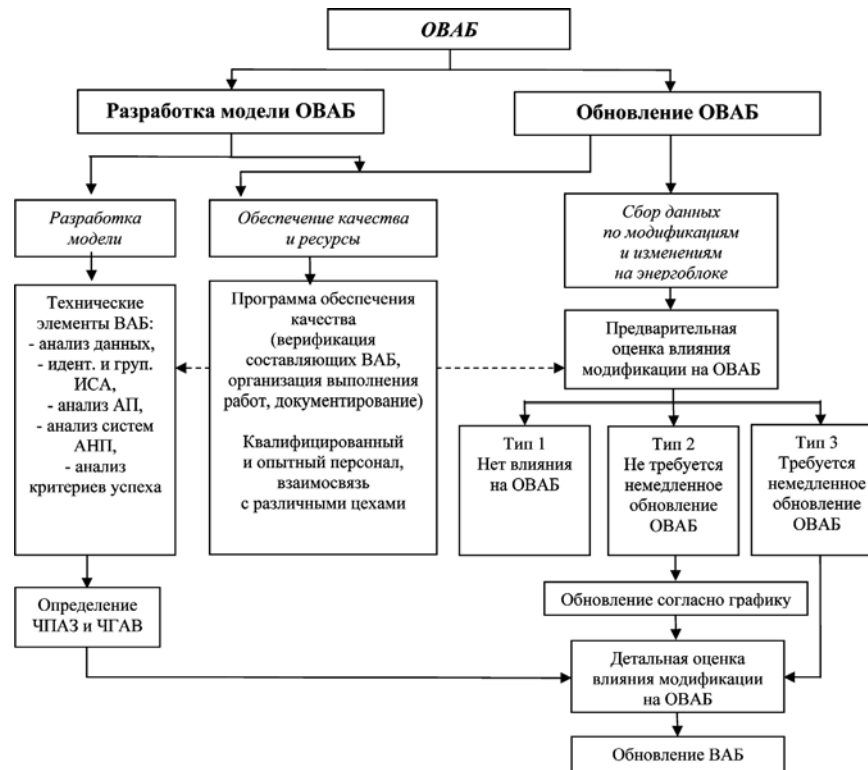


Рис. 1. Структура ОВАБ

Вопрос разработки моделей ВАБ (как первого, так и второго уровня) в настоящее время хорошо изучен. Соответствующие методологические подходы представлены в множестве международных публикаций, в частности в руководствах МАГАТЭ [3, 4].

Обновление ОВАБ. В [8] предлагается выделить несколько этапов сопровождения ОВАБ:

1. *Сбор данных, идентификация модификаций энергоблока и их предварительная оценка.* Предусматривается качественный анализ модификаций АЭС по отношению к вероятностным моделям ОВАБ (включая допущения моделирования), данных и результатов. В результате анализа могут быть приняты следующие решения:

модификация не влияет на аспекты ОВАБ и обновление не требуется. В этом случае документируются модификация и предварительная оценка;

модификация энергоблока влияет на какой-либо аспект ОВАБ, но немедленное обновление ОВАБ не требуется. Модификация и предварительная оценка документируются и сохраняются до следующего планового обновления ОВАБ;

рассмотренная модификация энергоблока влияет на какой-либо элемент ОВАБ и требуется немедленное обновление ОВАБ. При этом планируется и выполняется обновление ОВАБ, документируются модификация и предварительная оценка.

2. *Оценка влияния модификации энергоблока на ОВАБ.* Выполняется оценка соответствия модификаций АЭС техническим элементам (ТЭ) модели ОВАБ, которые изложены в табл. 1–6. Оценивают необходимость выполнения дополнительных анализов, например теплогидравлических расчетов для подтверждения принятых допущений, обработки данных по надежности оборудования, и выполнения действий по сбору данных, которые необходимы для обновления ОВАБ.

3. *Обновление ОВАБ.* В модели ОВАБ реализуются необходимые изменения, выполняются количественная оценка моделей ОВАБ и анализ полученных результатов.

ОВАБ должен иметь достоверную и доказательную основу, для чего необходимо обеспечить возможность обновления по мере: модификаций энергоблока; получения обратной связи от внутреннего и внешнего опыта эксплуатации; углубленного понимания теплогидравлических процессов или развития аварии и усовершенствования техники моделирования. Обновление необходимо для учета: конструктивных изменений (например, вследствие модификации оборудования или систем); эксплуатационных изменений (например, вследствие изменения инструкций и процедур); организационных изменений.

Частота обновлений ОВАБ, принятая в международной практике, варьируется для различных АЭС. Тем не менее, очень важно отслеживать все происходящие изменения и оценивать их влияние на результаты ВАБ. Если изменения значительны, необходимо обновление ВАБ как можно скорее. В противном случае их нужно добавить в список изменений, которые будут включены в следующее обновление ВАБ. Частота обновления существенно зависит от предполагаемой прикладной задачи, при этом четырех-пятителетний период (один топливный цикл) рассматривается как максимально возможный период обновления, чтобы не ставить под сомнение общую применимость ОВАБ. Обычно расчетные модели обновляются после планово-предупредительных ремонтов (ППР), полное обновление документации может быть выполнено позже.

Поскольку каждая модификация энергоблока оценивается по мере ее внедрения, рекомендуется не накапливать пакет таких оценок за период более одного года. В случае отсутствия модификаций, которые требуют изменения в моделях ОВАБ, обновление производится не реже одного раза в четыре-пять лет. ОВАБ должен обновляться при

каждом его использовании для обоснования изменений в лицензионной базе. Если он используется для обоснования, и за отчетный период не было модификаций, требующих изменения моделей ОВАБ, то обновление выполняется формально, т. е. в составе обосновывающих документов должен быть отчет, который подтверждает отсутствие модификаций энергоблока или отсутствие их влияния на модели и результаты ОВАБ. Для обеспечения адекватного представления в модели энергоблока, обновление выполняется после проведения модификации энергоблока. После каждой модификации сроки обновления ОВАБ и данных устанавливаются в зависимости от влияния модификации на уровень безопасности энергоблока.

Документирование данных можно разделить на два основных направления: документирование исходных данных по проведенным модификациям энергоблока и документирование результатов пересмотра ОВАБ при срочном и при плановом обновлении. При документировании исходных данных по модификациям энергоблока все модификации должны быть задокументированы в материалах по обновлению. В случае существенных изменений возможна разработка новой ревизии соответствующего документа ОВАБ. Независимо от значимости модификации необходимо обновить все базы данных, которые используются в ОВАБ, для отражения текущего состояния информации по энергоблоку.

Документирование изменений данных и заключений выполняется итеративно в процессе обновления ВАБ. Все необходимые модификации записываются в базу данных обновления. При необходимости срочного изменения, в ОВАБ вносится информация по данной конкретной модификации или по всем модификациям, накопившимся к этому времени. При проведении детальной оценки влияния модификации на ОВАБ возможно выполнение расчетов с использованием теплогидравлических и вероятностных моделей.

Анализ в рамках ОВАБ должны выполняться инженерным персоналом соответствующей квалификации. Минимальные требования по квалификации персонала: опыт работы на энергоблоке (или на энергоблоке аналогичного типа) и знание систем, оборудования, эксплуатационной документации и опыта эксплуатации энергоблока; знание базовой методологии ВАБ (цели и задачи ВАБ, технические элементы и процесс разработки ВАБ); персонал, который выполняет задачу по соотношению модификации с техническими элементами ВАБ и обновлению ОВАБ, должен хорошо знать принятые при выполнении ВАБ подходы и допущения, а также соответствующие расчетные модели.

Для разработки и обновления ОВАБ на энергоблоке должна быть постоянно действующая группа (или подразделение) инженерного персонала в составе (как минимум):

инженера по анализу систем (специалист со знанием систем, оборудования, эксплуатационной документации и опыта эксплуатации энергоблока на разных мощностях);

инженера по анализу данных (специалист по сбору и анализу данных по надежности оборудования и частот ИСА);

инженера по анализу надежности персонала (специалист по идентификации и количественной оценке надежности оперативного и ремонтного персонала);

инженера по ВАБ — специалиста по разработке деревьев событий и деревьев отказов, а также других вероятностных моделей.

Качество выполняемых работ в рамках внедрения ОВАБ должно обеспечиваться с учетом требований руководств по обеспечению качества при анализе и оценке безопасности. Используемые в работе руководства, процедуры и инструкции должны включать количественные и качественные критерии приемлемости для гарантии того, что важные действия были выполнены удовлетворительно, в соответствии с принятыми стандартами и методами. Требования по обеспечению качества представлены в документе ДСТУ ISO 9000–2007.

Распределение модификаций по типам для разных технических элементов ВАБ. Основной проблемой при обновлении ВАБ является правильное распределение всех изменений (модификаций) АЭС по типам, что является отправной точкой для последующего внесения изменений в модель ОВАБ. Для решения этой проблемы разработан систематический логический подход соотношения модификаций с различными техническими элементами (ТЭ) и предложены качественные и количественные критерии распределения. Результаты работы структурированы в табл. 1–6 (в табл. 2–6 представлены ТЭ, специфические для составляющих ВАБ).

Характеристика ТЭ для ВАБ первого уровня:

«Анализ данных» — количественные оценки частот ИСА, вероятностей отказов оборудования (включая отказы по общей причине), а также оценка неготовности оборудования моделируемых систем;

«Идентификация и группирование ИСА» — определение и анализ событий, которые нарушают нормальную эксплуатацию энергоблока (при работе на мощности или в условиях останова) и требуют успешных ответных действий персонала и работы оборудования по предотвращению повреждения активной зоны;

«Анализ аварийных последовательностей (АП)» — в хронологическом порядке моделируются различные варианты развития ИСА, начиная с момента возникновения и заканчивая успешным подавлением аварии, или повреждение активной зоны.

«Анализ систем» — в процессе анализа систем идентифицируют различные комбинации отказов оборудования, которые препятствуют выполнению функций системы;

«Анализ надежности персонала (АНП)» — конечная цель АНП состоит в идентификации и оценке вероятностей базовых событий для взаимодействия человек — система;

«Анализ критериев успеха» — выполняется с целью установления минимального набора систем, которые позволят успешно выполнять функции безопасности в условиях ИСА и, в конечном счете, установить безопасное стабильное состояние, предотвращающее повреждение активной зоны или радиоактивный выброс;

«Количественная оценка» — выполняется количественная оценка ЧПАЗ.

Характеристика ТЭ для ВАБ второго уровня:

«Интерфейс между ВАБ первого и второго уровней» — устанавливаются взаимосвязи между исследованиями ВАБ первого и второго уровней посредством перевода АП из ВАБ первого уровня в состояния повреждения энергоблока (СПЭ);

«Анализ прочностных характеристик гермообъема» — данный элемент включает оценку прочности и видов отказов ГО;

«Анализ развития тяжелых аварий» — моделируются различные последовательности событий, влияющих на

Таблица 1. ТЭ для ВАБ первого уровня

ТЭ	Распределение модификаций по типам [8]		
	1 тип	2 тип	3 тип
Анализ данных	Отличия параметров надежности менее чем на порядок; нет отличий по возможности отказов по общей причине	Отличия параметров надежности близки к порядку; влияние на возможность возникновения отказов по общей причине	Отличия параметров надежности более чем на порядок; исключение отказов по общей причине или возникновение новых отказов по общей причине с условной вероятностью больше 1.0E-01
Идентификация и группирование ИСА	Отказы не могут быть причиной нового ИСА или новой причиной уже смоделированного ИСА	Отказы могут быть новой причиной смоделированного ИСА; оценочная частота возникновения ИСА вследствие новой причины 1.0E-01 — 1.0E-07 1/год (выполняется хотя бы одно из условий)	Отказы могут быть причиной нового ИСА, которое не может группироваться с смоделированными ИСА, и оценочная частота ИСА превышает 1.0E-01 1/год.
Анализ аварийных последовательностей (АП)	Модификация не влияет на развитие АП; модификация приводит к возникновению новой АП с ЧПАЗ, которая не превышает 1.0E-08 1/год	Модификация требует моделирования новой функции безопасности в дереве событий (ДС); модификация приводит к возникновению новой АП с ЧПАЗ, которая превышает 1.0E-08 1/год, но составляет не более 10 % суммарной ЧПАЗ	Модификация приводит к изменению суммарной ЧПАЗ, которая превышает 10 %
Анализ систем	Модификация не связана с системами, которые смоделированы или учтены в ВАБ; модификация не изменяет существующие комбинации отказов, которые могут препятствовать выполнению системой необходимых функций; новая система не выполняет непосредственно и не влияет на выполнение ФБ, смоделированных в ВАБ	Модификация влияет на выполнение ФБ, смоделированных в ВАБ, и уже учтена в ВАБ; модификация изменяет существующие комбинации отказов, которые могут препятствовать выполнению системой необходимых функций, оценочная вероятность новой комбинации не превышает 1.0E-03 1/год	Модификация изменяет существующие комбинации отказов, которые могут препятствовать выполнению системой необходимых функций, вероятность новой комбинации превышает 1.0E-03 1/год
Анализ надежности персонала (АНП)	Модификация приводит к незначительным изменениям времени, необходимого на выполнение механических действий персонала; модификация письменных процедур приводит к изменениям в дополнительных промежуточных действиях персонала	Модификация связана с изменениями в эргономике блочного щита управления; оценочное изменение вероятности ошибки персонала вследствие модификации не превышает 50 % (например, изменение алгоритмов управления системой)	Модификация приводит к значительным изменениям в порядке выполнения важных действий и вероятности ошибки персонала (пример: внедрение симптомно-ориентированных противоаварийных процедур)
Анализ критериев успеха	Модификация не связана с изменениями технических характеристик (рабочее давление и расход, зависимость работоспособности от внешних условий) основного оборудования	Модификация не влияет существенно на временные характеристики аварийной последовательности; модификация связана с изменениями технических характеристик основного оборудования, но это не приводит к изменению критерия успеха (КУ) с точки зрения необходимого количества каналов или систем	Модификация существенно влияет на временные характеристики аварийного процесса, что приводит к изменению ВОП; модификация приводит к изменению КУ с точки зрения необходимого количества каналов или систем
Количественная оценка	Не зависит непосредственно от какой-либо модификации энергоблока. Возможны изменения, связанные с усовершенствованием техники моделирования		

целостность ГО, для сценариев с повреждениями активной зоны, представленных в СПЭ;

«Определение характеристик выбросов радиоактивных веществ» — анализируются характеристики радиологических выбросов в окружающую среду вследствие последовательности тяжелой аварии, приводящей к отказу или байпасу ГО;

«Количественная оценка» — объединяются модели развития аварии и оценки выбросов радиоактивных веществ для расчета ЧПАВ.

Характеристика ТЭ для ВАБ внутренних затоплений:

«Идентификация затоплений» — определяются зоны энергоблока, в которых затопление может приводить к значительному риску;

«Анализ развития затоплений» — идентифицируются потенциальные сценарии затоплений для каждого источника затопления с помощью определения путей распространения затоплений от источника до места аккумуляции воды.

Таблица 2. ТЭ для ВАБ второго уровня

ТЭ	Распределение модификаций по типам [8]		
	1 тип	2 тип	3 тип
Интерфейс между ВАБ первого и второго уровней	Модификация не приводит к необходимости моделирования нового узлового события в диаграмме группирования СПЭ и не влияет на атрибуты соединительного ДС	Модификация не приводит к необходимости моделирования нового узлового события в диаграмме группирования СПЭ, но влияет на числовые характеристики СПЭ	Модификация приводит к необходимости моделирования нового узлового события в диаграмме группирования СПЭ; модификация влияет на атрибуты соединительного ДС и существенно увеличивает числовые показатели СПЭ
Анализ прочностных характеристик гермообъема	Модификация не приводит к новому виду отказа ГО, а изменения характеристик элементов ГО не влияют на прочность ГО	Модификация не приводит к новому виду отказа ГО, но есть незначительное влияние на моделирование ГО, частоту и величину радиоактивных выбросов	Модификация приводит к новому виду отказа ГО или значительному влиянию на моделирование ГО или частоту радиоактивных выбросов
Анализ развития тяжелых аварий	Модификация не приводит к значительным изменениям в развитии тяжелой аварии и не влияет на работоспособность систем и оборудования ГО	Модификация связана с изменениями систем и элементов, но эти изменения не могут существенно изменить развитие тяжелой аварии, величину и частоту радиоактивных выбросов	Модификация связана с изменениями конструкций и элементов ГО, а также конфигураций систем, которые предотвращают развитие или ограничивают последствия тяжелых аварий
Определение выброса радиоактивных веществ. Количественная оценка	Не зависит непосредственно от какой-либо модификации энергоблока. Возможны изменения, связанные с усовершенствованием техники моделирования.		

Таблица 3. ТЭ для ВАБ внутренних затоплений

ТЭ	Распределение модификаций по типам [8]		
	1 тип	2 тип	3 тип
Идентификация затоплений	Отказы не могут быть причиной нового исходного события затопления (ИСЗ) или новой причиной уже смоделированного ИСЗ; модификация не имеет дополнительной защиты от затоплений	Отказы могут быть новой причиной ИСЗ, которое было смоделировано; оценочная частота возникновения ИСЗ вследствие новой причины в диапазоне $1.0E-01 \dots 1.0E-07$ 1/год.	Модификация исключает возникновение группы ИСЗ; модификация является причиной затопления, оценочная частота которого равна или больше $1.0E-01$ 1/год
Анализ развития затоплений	Модификация не влияет на развитие АП и сценариев затоплений; модификация приводит к возникновению новой АП с ЧПАЗ, которая не превышает $1.E-08$ 1/год	Модификация приводит к необходимости моделирования новой функции безопасности в ДС; модификация приводит к возникновению новой АП с ЧПАЗ, которая превышает $1.0E-08$ 1/год, но не более 10 % суммарной ЧПАЗ	Модификация приводит к изменению суммарной ЧПАЗ вследствие затоплений более чем на 10 %.

Таблица 4. ТЭ для ВАБ внутренних пожаров

ТЭ	Распределение модификаций по типам [8]		
	1 тип	2 тип	3 тип
Идентификация пожаров	Отказы не могут быть причиной нового исходного события пожара (ИСП) или новой причиной уже смоделированного ИСП; модификация не имеет дополнительной защиты от пожаров	Отказы могут быть новой причиной ИСП, которое было смоделировано, и оценочная частота возникновения ИСП вследствие новой причины находится в диапазоне $1.0E-01 \dots 1.0E-07$ 1/год.	Модификация исключает возникновение группы ИСП или является причиной пожара, оценочная частота которого равна или больше $1.0E-01$ 1/год.
Анализ развития пожаров	Модификация не влияет на развитие АП и сценариев пожаров; модификация приводит к возникновению новой АП с ЧПАЗ, которая не превышает $1.0E-08$ 1/год.	Модификация приводит к необходимости моделирования новой функции безопасности в ДС; модификация приводит к возникновению новой АП с ЧПАЗ, которая превышает $1.0E-08$ 1/год, но не более 10 % суммарной ЧПАЗ	Модификация приводит к изменению суммарной ЧПАЗ вследствие пожаров, более чем на 10 %

Таблица 5. ТЭ для ВАБ при работе энергоблока на пониженной мощности и в период останова (ВАБ ППР)

ТЭ	Распределение модификаций по типам [8]		
	1 тип	2 тип	3 тип
Идентификация эксплуатационных состояний (ЭС)	Модификация не приводит к изменению частотных характеристик ЭС; модификация не приводит к возникновению нового ЭС; отказы не могут быть причиной нового ИСА или новой причиной уже смоделированного ИСА (выполняются все условия)	Модификация может быть причиной нового ИСА, которое было смоделировано, и оценочная частота возникновения ИСА вследствие новой причины находится в диапазоне 1.0E-01...5.0E-07 1/год.	Модификация исключает возникновение группы ИСА или является причиной ИСА, оценочная частота которого равна или больше 1.0E-01 1/год

Таблица 6. ТЭ для ВАБ внешних экстремальных воздействий (ВАБ ВЭВ)

ТЭ	Распределение модификаций по типам [8]		
	1 тип	2 тип	3 тип
Отборочный и граничный анализ ВЭВ	Модификация не влияет на принципы отбора ВЭВ и на результаты отборочного и граничного анализов	Модификация приводит к изменению частотных характеристик ВЭВ	Модификация влияет на принципы отбора ВЭВ или существенно изменяет результаты отборочного анализа; модификация приводит к необходимости детального рассмотрения ВЭВ, которые не рассматривались ранее
Детальный анализ ВЭВ	Модификация связана с изменениями систем и элементов, но эти изменения не могут существенно изменить сценарии развития аварии вследствие ВЭВ	Модификация приводит к необходимости моделирования новой функции безопасности в ДС; модификация приводит к возникновению новой АП с ЧПАЗ, которая не превышает 10 % суммарной ЧПАЗ	Модификация существенно увеличивает способность систем и элементов противостоять воздействию ВЭВ

Характеристика ТЭ для ВАБ внутренних пожаров:

«Идентификация пожаров» — выполняются идентификация и первичный отбор пожарных участков с потенциально высоким риском и сценариев развития аварии;

«Анализ развития пожаров» — анализ развития и распространения пожаров выполняется вместе с оценкой стойкости компонентов относительно влияния огня и продуктов горения.

Характеристика ТЭ для ВАБ ППР:

«Идентификация эксплуатационных состояний» — устанавливаются взаимосвязи между деятельностью в рамках ВАБ для номинальной мощности и ВАБ ППР с помощью идентификации и анализа эксплуатационных состояний энергоблока в процессе снижения мощности и останова на ППР, а также определении ИСА для каждого эксплуатационного состояния.

Характеристика ТЭ для ВАБ ВЭВ:

«Отборочный и граничный анализ ВЭВ» — определяются внешние экстремальные воздействия природного и техногенного характера, а также их частотные характеристики;

«Детальный анализ ВЭВ» — анализируются аварийные последовательности вследствие ВЭВ.

Выводы

Оперативный ВАБ является необходимым условием для дальнейшей реализации прикладных задач по использованию вероятностных оценок при эксплуатации АЭС. Следует рассматривать два ключевых элемента ОВАБ: разработку вероятностной модели и обновление (сопровождение) ОВАБ. Важно определить методологические аспекты обновления ОВАБ, чтобы обеспечить своевременный учет

в вероятностной модели всех важных модификаций АЭС для отражения актуального уровня безопасности АЭС.

Предложенный логический структурированный подход распределения модификаций АЭС по типам их влияния на модели ОВАБ является перспективным для использования при выполнении работ по внедрению оперативного ВАБ на АЭС Украины.

Список использованной литературы

1. Living probabilistic safety assessment (LPSA) // IAEA, IAEA-TECDOC-1106. — Vienna, 1999.
2. Living PSA development and application in member countries // NEA/CSNI/R (95)2. — 1996.
3. Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants Specific Safety Guide // IAEA, SSG-3. — Vienna, 2010.
4. Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants Specific Safety Guide // IAEA, SSG-4. — Vienna, 2010.
5. Applications of probabilistic safety assessment (PSA) for nuclear power plants // IAEA, IAEA-TECDOC-1200. — Vienna, 2001.
6. Living PSA and its Use in the Nuclear Safety Decision-making Process. Development and Use of Risk Monitors at Nuclear Power Plants // OECD, NEA No. 4411, CSNI Technical Opinion Papers, ISBN 92-64-01047-5. — 2005.
7. A Methodology for Living Probabilistic Safety Assessment (LPSA) / M. Zubair, Z. Zhang // College of Nuclear Science and Technology, Harbin Engineering University, 2008.
8. Отчет по НИР «Оперативный Вероятностный анализ безопасности / Севбо А. Е., Дыбач А. М.; ГНТЦ ЯРБ. — К., 2009.

Получено 0.04.2012.