

Г. В. Громов¹, А. М. Дыбач¹,
А. Е. Севбо¹, М. Х. Гашев², В. С. Бойчук²

¹Государственный научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности

²Государственный комитет ядерного регулирования Украины

Применение риск-информированных подходов в инспекционной деятельности

Применение риск-информированных подходов в инспекционной деятельности позволяет сфокусировать инспекции на проектных и эксплуатационных аспектах, имеющих доминирующее влияние на безопасность АЭС, усовершенствовать и обосновать планирование инспекций, количественно проанализировать важность идентифицированных инспектором недостатков. В статье предложена методология применения риск-информированных подходов при планировании, проведении и оценке результатов инспекций, представлена информация о разработанных методических и технических документах, сформулированы предложения по дальнейшему продолжению работ в данном направлении.

Ключевые слова: риск-информированные подходы, надзорная деятельность, инспекция, вероятностный анализ безопасности.

Г. В. Громов, О. М. Дибач, О. Е. Севбо, М. Х. Гашев, В. С. Бойчук

Використання ризик-інформованих підходів в інспекційній діяльності

Використання ризик-інформованих підходів в інспекційній діяльності дає змогу сфокусувати інспекції на проектних та експлуатаційних аспектах, які мають домінуючий вплив на безпеку АЕС, вдосконалити та обґрунтувати планування інспекцій, кількісно проаналізувати важливість ідентифікованих інспектором недоліків. У статті запропоновано методологію використання ризик-інформованих підходів у процесі планування, проведення та оцінки результатів інспекцій, наведено інформацію про розроблені методичні та технічні документи, сформульовано пропозиції щодо подальшого продовження робіт в даному напрямі.

Ключові слова: ризик-інформовані підходи, наглядова діяльність, інспекція, імовірнісний аналіз безпеки.

© Г. В. Громов, А. М. Дыбач, А. Е. Севбо, М. Х. Гашев, В. С. Бойчук,
2010

В соответствии с Законом Украины «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [1] неотъемлемой частью государственного регулирования безопасности использования ядерной энергии является осуществление надзора за соблюдением нормативных требований и условий выданных разрешений организациями, предприятиями и отдельными лицами, которые используют ядерные установки и источники ионизирующего излучения (надзорная деятельность). Порядок надзорной деятельности установлен НП 306.2.01./1.081–2003 [2]. Согласно [2], одной из наиболее эффективных составляющих надзорной деятельности является инспекционная деятельность — комплекс действий и мероприятий по организации и проведению инспекций, а также контроля выполнения выданных предписаний. В свою очередь, инспекция включает проверку деятельности лицензиата, состояния систем (элементов), важных для безопасности, наблюдение, измерения, беседы с персоналом, которые проводятся уполномоченными представителями Госатомрегулирующей Украины для оценки и определения соответствия установок, объектов, систем (элементов), важных для безопасности, работ, документации и квалификации персонала установленным требованиям [2]. Инспекции классифицируются на плановые (комплексные, целевые и оперативные), неплановые (инспекции реагирования, специальные инспекции) и инспекционные обследования.

В статье рассмотрена возможность применения риск-информированных подходов при планировании, проведении и оценке результатов плановых инспекций на АЭС. Выбор плановых инспекций для изучения применения риск-информированных подходов обусловлен наличием у инспектора времени для ознакомления с результатами проведенных ранее оценок безопасности, проработки аналитических и других документов для подготовки к проведению инспекции.

Цель статьи — дать общее представление о методологии, перспективах и преимуществах применения риск-информированных подходов в инспекционной деятельности. Статья является продолжением серии публикаций специалистов ГНТЦ ЯРБ в части практического применения риск-информированных подходов в регулирующей деятельности и эксплуатации АЭС [3], [4], [5].

Стандартами МАГАТЭ [6], [7] рекомендовано при осуществлении инспекционной деятельности учитывать результаты анализа безопасности и потенциальное влияние инспектируемых объектов на безопасность. В проекте руководства МАГАТЭ по безопасности [8] в разделе «Риск-информированное регулирование» указывается на необходимость «убедиться, что проводимые инспекции фокусируются на проектных и эксплуатационных аспектах с высоким значением риска и уменьшены/не выполняются для аспектов с низким значениям риска».

Требования относительно необходимости учета результатов анализа безопасности при определении объема, периодичности, выборе приоритетных направлений инспекции установлены и в национальных нормативных документах по ядерной и радиационной безопасности. Согласно [2, пп. 4.4.3.1, 4.4.3.4] при планировании инспекций следует принимать во внимание факторы, связанные с оценкой безопасности энергоблока АЭС.

Важно отметить, что в настоящее время инспекционная деятельность базируется на детерминистических консервативных принципах, опыте эксплуатации

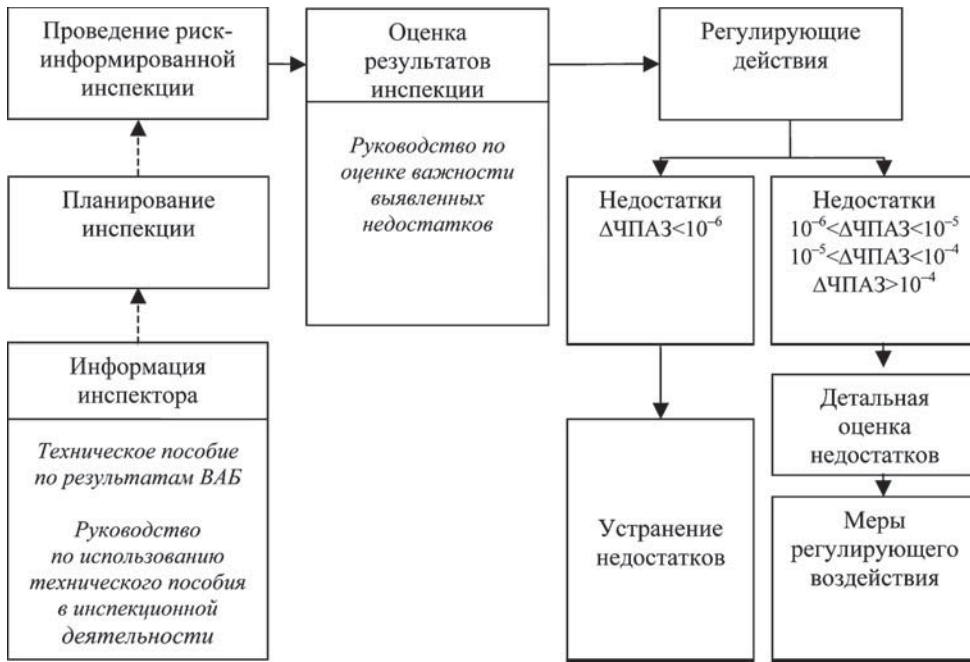


Рис. 1. Схема проведения риск-информированной инспекции

и экспертных оценках инспектора. Возможности и преимущества вероятностного анализа безопасности используются недостаточно.

Основные преимущества использования риск-информированных подходов в инспекционной деятельности можно сформулировать следующим образом:

фокусирование инспекций на наиболее значимых с точки зрения влияния на безопасность АЭС проектных и эксплуатационных аспектах;

возможность количественной оценки влияния на безопасность АЭС выявленных инспектором недостатков (несоответствия, отступления от установленных требований);

усовершенствование планирования инспекций (учет оценок риска при определении объема, периодичности, вида, темы инспекции);

использование дополнительного источника информации по системам энергоблока, включая межсистемные связи, критерии успеха систем и др.;

использование дополнительного источника информации по элементам систем энергоблока: данные по надежности, возможные отказы, последствия отказов и др.;

использование дополнительного источника информации по надежности персонала.

Подчеркнем, что риск-информированные инспекции ни в коем случае не подменяют собой традиционные инспекции, показавшие свою эффективность в течение нескольких десятков лет. Оценки риска используются в качестве дополнительной информации к детерминистическим подходам, эксплуатационному опыту и экспертным оценкам.

Принимая во внимание завершение работ эксплуатирующей организацией по разработке вероятностного анализа безопасности для «пилотных» энергоблоков АЭС (№ 1 Ровенской АЭС, № 5 Запорожской АЭС, № 1 Южно-Украинской АЭС) и энергоблоков № 2 Хмельницкой АЭС, № 4 Ровенской АЭС, а также наличие в Госатомрегулировании и ГНТЦ ЯРБ квалифицированного персонала в области анализа безопасности, на текущий момент созданы необходимые предпосылки для начала работ по внедрению риск-информированных подходов в инспекционную деятельность.

Авторами статьи выполнен анализ накопленного международного опыта по применению риск-информированных подходов в инспекционной деятельности, а также наработаны методические и технические документы, которые могут быть использованы для начала практических работ в этом направлении.

Под употребляемым в статье термином *риск-информированная инспекция* понимается инспекция, при планировании, подготовке, проведении и оценке результатов которой в дополнение к детерминистическим оценкам, опыту эксплуатации и экспертным оценкам используются значения риска.

Обобщенная схема проведения риск-информированной инспекции (на основании опыта Комиссии ядерного регулирования США [9]) представлена на рис. 1.

На схеме курсивом выделены технические документы, которые являются основой для применения риск-информированных подходов в инспекционной деятельности:

техническое пособие по результатам ВАБ;

руководство по использованию технического пособия в инспекционной деятельности;

руководство по оценке важности выявленных недостатков.

Разработаны структура и общие положения указанных технических документов. Для апробирования методологии проведения риск-информированных инспекций подготовлено техническое пособие для энергоблока № 2 Хмельницкой АЭС, которое базируется на результатах и модели вероятностного анализа безопасности (ВАБ) 1-го уровня от внутренних инициаторов на номинальном уровне мощности, согласованного с Госатомрегулированием. Выполнены дополнительные расчеты с применением кода SAPHIRE (ver. 6).

Техническое пособие по результатам ВАБ

Техническое пособие — документ, в котором на основании ВАБ представляется обобщающая информация по исходным событиям, аварийным последовательностям,

системам, оборудованию, действиям персонала и другим проектным и эксплуатационным аспектам, имеющим доминантное влияние на безопасность энергоблока. Информация излагается техническими категориями, по возможности без использования специфической для ВАБ терминологии. Для учета специфики энергоблоков техническое пособие разрабатывается по каждому энергоблоку отдельно (возможна разработка технического пособия для группы энергоблоков, если ВАБ этих энергоблоков разрабатывался путем адаптации методом А). Следует отметить, что при разработке технического пособия необходимо выполнение дополнительных расчетов по сравнению с ВАБ, например ранжирование систем по значимости, что требует изменений в расчетной модели, так как в SARHIRE не предусмотрена оценка значимости системы в целом.

Предполагается следующая структура технического пособия:

Введение. Приводятся цели и структура технического пособия, дата актуальности данных, общие характеристики энергоблока.

Раздел 1. Общие результаты ВАБ. Представляется следующая информация:

значение частоты повреждения активной зоны (ЧПАЗ);

перечень исходных событий аварий (ИСА) и их вклад; описание доминантных групп ИСА и отдельных ИСА; описание доминантных аварийных последовательностей.

Раздел 2. Ранжирование систем. Дается ранжирование систем в порядке их влияния на безопасность (от наиболее к наименее значимым). Используются два показателя значимости [10]:

1. Показатель значимости по Фуссель-Весель (*Fussell-Vesely*):

$$FV(X) = CDF(X)/CDF = \{CDF - CDF(X = 0)\}/CDF,$$

где $CDF(X)$ — сумма всех вкладчиков в ЧПАЗ, содержащих событие X ; CDF — суммарная ЧПАЗ; $CDF(X = 0)$ — ЧПАЗ при абсолютной надежности системы (т. е. при нулевой вероятности отказа).

Данный показатель определяет относительный вклад события X в суммарную ЧПАЗ и широко используется при выполнении анализа значимости в ВАБ.

2. Показатель значимости по Бирнбауму (*Birnbaum*):

$$B(X) = d(CDF)/dX \rightarrow B(X) = CDF(X = 1) - CDF(X = 0),$$

где $CDF(X)$ — сумма всех вкладчиков в ЧПАЗ, содержащих событие X ; $CDF(X = 1)$ — ЧПАЗ при отказавшей системе (т. е. при вероятности отказа, равной 1); $CDF(X = 0)$ — ЧПАЗ при абсолютной надежности системы (т. е. при вероятности отказа, равной 0).

Данный показатель определяет увеличение ЧПАЗ в случае неготовности системы. Он не учитывает реального значения вероятности события, однако показывает чувствительность к изменению этой вероятности от 0 до 1. Например, низкий показатель значимости системы по Бирнбауму свидетельствует о высоком уровне функционального резервирования этой системы. Показатель значимости по Бирнбауму является производной от других показателей значимости и не используется при выполнении анализа значимости в ВАБ. Вместе с тем, зарубежный опыт свидетельствует об оправданности и применимости показателя значимости по

Бирнбауму для риск-информированных инспекций в качестве дополняющего другие показатели.

Раздел 3. Значимое оборудование. Представляется перечень наиболее значимого основного оборудования, смоделированного в ВАБ и ранжированного по влиянию отказов оборудования на безопасность. Указываются доминантные отказы оборудования, приводится информация по отказам по общей причине.

Раздел 4. Значимые действия персонала. Представляется перечень и описание наиболее значимых до- и послеаварийных действий персонала.

Приложения. Представляется описание доминантных систем:

- назначение системы;
- принципиальная схема;
- характеристики основного оборудования систем;
- режимы работы;
- информация по ремонтам, техобслуживанию, опробованию;
- критерии успеха;
- межсистемные связи;
- отказы системы.

*Пример результатов расчетов для энергоблока № 2 Хмельницкой АЭС**. Объем представленных в статье результатов расчетов ограничен ранжированием систем (табл. 1) и оборудования по влиянию на безопасность. Следует обратить внимание, что результаты вероятностных оценок в определенной мере расходятся с общепринятыми детерминистическими оценками: например, система САОЗ не является доминантной, а доминирующее влияние на безопасность по результатам ВАБ имеют система паросборных устройств, система электроснабжения собственных нужд и др.

Руководство по использованию технического пособия в инспекционной деятельности

В настоящее время разработана концепция указанного руководства. Предполагается, что в нем будут представлены детальные и пошаговые рекомендации инспектору по возможности и принципам использования технического пособия при планировании, проведении и оценке результатов инспекции.

В табл. 2 дана вспомогательная информация для определения вида и тематики плановой инспекции с учетом оценок риска, представленных в техническом пособии.

Для оценки выбора объекта инспекции используется следующая категоризация по мерам значимости [11].

Высокая значимость для безопасности — оборудование имеет следующие показатели значимости (квадранты А на рис. 2):

- RAW > 2 и $FV(X) > 0,005$; или
- RAW > 100; или
- $FV(X) > 0,1$.

Средняя значимость для безопасности (квадранты В на рис. 2):

- $2 < RAW < 100$ и $FV(X) < 0,005$ или
- RAW < 2, $FV(X) > 0,005$.

* При рассмотрении результатов расчетов необходимо учитывать, что использованная вероятностная модель не учитывает модернизации, реализованные на энергоблоке в течение последних лет.

Таблица 1. Ранжирование систем по влиянию на безопасность

Группа	Ранжирование по Фуссель-Весель	Ранжирование по Бирнбауму
1	Система паросбросных устройств II к. (ПК ПГ, БРУ-А, БЗОК) Система надежного электроснабжения	Система надежного электроснабжения Системы вентиляции и кондиционирования воздуха Система электроснабжения собственных нужд
2	Система паросбросных устройств II к. (БРУ-К)	Общешлюпочная система надежного электроснабжения
3	Системы вентиляции и кондиционирования воздуха Система аварийного газоудаления Система основной питательной воды	Система технологических защит 2-го контура Система аварийной питательной воды Система регуляторов 2-го контура Система основной питательной воды Система паросбросных устройств II к. (ПК ПГ, БРУ-А, БЗОК) Система аварийной защиты Система управления и электропитания СУЗ
4	Система электроснабжения собственных нужд Система автоматического управления и защиты турбины Система аварийной защиты Система управления и электропитания СУЗ Система аварийной питательной воды Система аварийного охлаждения зоны высокого давления Система продувки-подпитки первого контура Система аварийного охлаждения зоны низкого давления Система борного концентрата Общешлюпочная система надежного электроснабжения Система продувки парогенераторов	Система технологических защит 1-го контура Система технической воды ответственных потребителей Система регуляторов 1-го контура Система компенсации давления Система аварийного охлаждения зоны низкого давления Автоматика ступенчатого пуска РДЭС
5	Система вспомогательной питательной воды Система технической воды ответственных потребителей Система технологических защит 1-го контура Система аварийного ввода бора высокого давления Система компенсации давления Система гидроемкостей Система технической воды неответственных потребителей Система основного конденсата	Система аварийного газоудаления Система вспомогательной питательной воды Система основного конденсата Система продувки-подпитки 1-го контура АКНП Система гидроемкостей
6	Технического водоснабжения общестанционной РДЭС АКНП	Система паросбросных устройств II к. (БРУ-К) Система борного концентрата Система продувки парогенераторов Система аварийного охлаждения зоны высокого давления
7	Система циркуляционной воды Система регуляторов 1-го контура Автоматика ступенчатого пуска РДЭС	Система технической воды неответственных потребителей Система циркуляционной воды Система автоматического управления и защиты турбины Система химически обессоленной воды и аварийной подпитки деаэраторов
8	Система химически обессоленной воды и аварийной подпитки деаэраторов Система технологических защит 1-го контура Система регуляторов 2-го контура Автоматика ступенчатого пуска общестанционной РДЭС ГЦН	Система аварийного ввода бора высокого давления Система технического водоснабжения общестанционной РДЭС Автоматика ступенчатого пуска общестанционной РДЭС ГЦН

Низкая значимость для безопасности (квадранты С на рис. 2):

$$RAW < 2 \text{ и } FV(X) < 0,005.$$

Все оборудование энергоблока можно категоризировать, используя диаграмму $FV(X)$ — RAW . Отметим, что увеличение надежности оборудования со значимостью $FV(X) > 0,005$ будет существенно снижать ЧПАЗ; соответ-

ственно, снижение надежности оборудования будет снижать текущий уровень безопасности энергоблока.

Горизонтальная линия по $RAW = 2$ разделяет совокупность элементов на основании существующей глубоководной защиты анализируемого энергоблока и, следовательно, показывает значимость их вывода из эксплуатации. Вывод из эксплуатации (в том числе и ремонт)

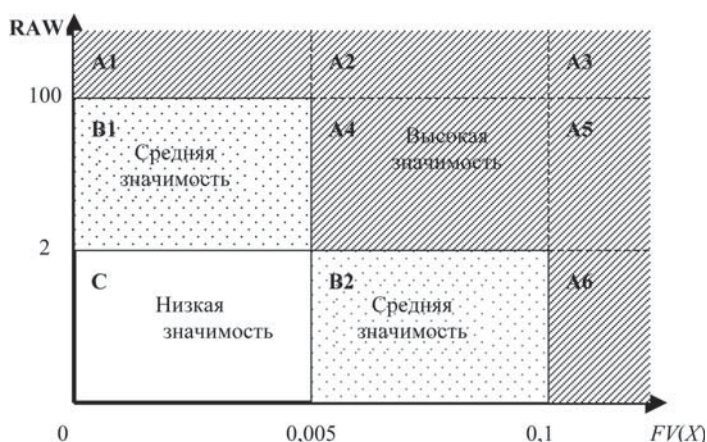


Рис. 2. Категоризация оборудования энергоблока по значимости

элементов с такой значимостью снижает показатели безопасности энергоблока.

С помощью расчетного кода SAPHIRE были оценены меры значимости $FV(X)$ и RAW для всех базовых событий, включенных в вероятностную модель. Все базовые события, представляющие системы и оборудование энергоблока (включая укрупненные суперкомпоненты и базовые события, моделирующие отказы по общей причине), были распределены по категориям по их вкладу в текущий уровень безопасности в соответствии с критериями из рис. 2; результаты категоризации представлены на рис. 3.

По результатам категоризации можно сделать вывод, что оборудование со средней и высокой значимостью составляет менее 30 % общего количества оборудования энергоблока. Соответственно, инспекционная деятельность может фокусироваться (ограничиваться) в первую очередь на таком оборудовании.

Таблица 2. Пример учета оценок риска при определении вида и тематики плановых инспекций

Параметр	Возможные виды и тематики плановой инспекции
I. Значения ЧПАЗ и ЧПАВ	
ЧПАЗ > $1 \cdot 10^{-4}$ 1/год и/или ЧПАВ > $1 \cdot 10^{-5}$ 1/год	Комплексная инспекция Инспекция оценивает безопасность энергоблока в целом с учетом обобщенных результатов и выводов ВАБ, мероприятия по повышению безопасности
$1 \cdot 10^{-5} < \text{ЧПАЗ} < 1 \cdot 10^{-4}$ 1/год и/или $1 \cdot 10^{-6} < \text{ЧПАВ} < 1 \cdot 10^{-5}$ 1/год	Целевая инспекция Инспекция фокусируется на системах, элементах, действиях персонала, которые составляют доминантные аварийные последовательности и минимальные сечения
ЧПАЗ < $1 \cdot 10^{-5}$ 1/год и/или ЧПАВ < $1 \cdot 10^{-6}$ 1/год	Оперативная инспекция Оценки риска используются в качестве дополнительной информации при проведении инспекций инспекторами на площадке АЭС
II. Ранжирование систем	
$FV(X) > 0,1$ и/или $B(X) > 1$	Целевая инспекция Инспекция фокусируется на наиболее значимых системах
Значимость меньше указанных в предыдущем пункте значений	Оперативная инспекция Оценки риска используются в качестве дополнительной информации при проведении инспекций инспекторами на площадке АЭС. Приоритет предоставляется системам с большей значимостью
III. Значимость оборудования	
Значимость повышения риска (RAW) более 2 и $FV(X) > 0,005$ или RAW > 100 или $FV(X) > 0,1$	Целевая инспекция Инспекция фокусируется на наиболее значимом оборудовании
Значимость меньше указанных в предыдущем пункте значений	Оперативная инспекция Оценки риска используются в качестве дополнительной информации при проведении инспекций инспекторами на площадке АЭС. Приоритет предоставляется оборудованию с большей значимостью
IV. Значимость действий персонала	
$FV(X) > 0,01$	Целевая инспекция Инспекция фокусируется на наиболее значимых действиях персонала
Значимость меньше указанных в предыдущем пункте значений	Оперативная инспекция Оценки риска используются в качестве дополнительной информации при проведении инспекций инспекторами на площадке АЭС. Приоритет предоставляется действиям персонала с большей значимостью

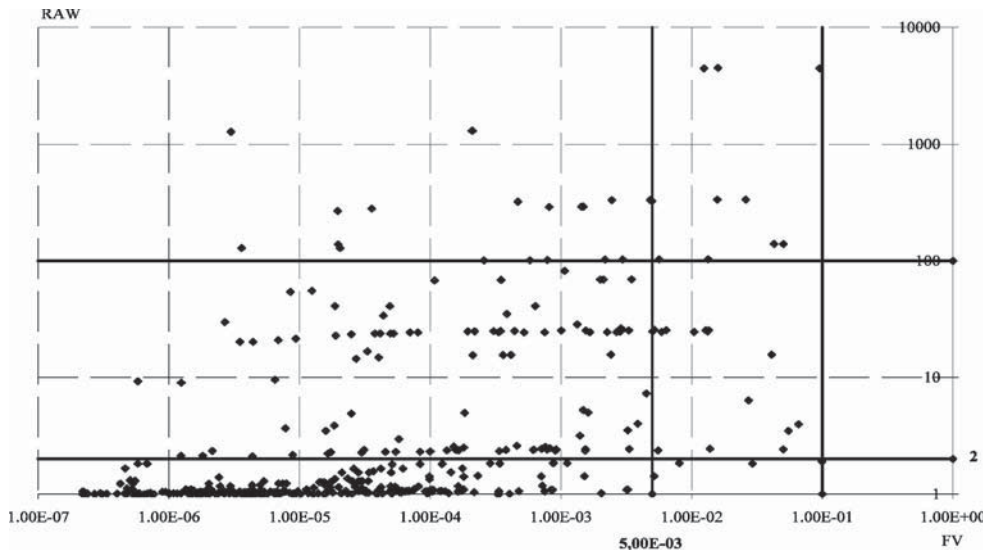


Рис. 3. Распределение по значимости оборудования энергоблока с ВВЭР-1000 с использованием диаграммы $FV(X)$ —RAW

Руководство по оценке важности выявленных недостатков

Вероятностные методы позволяют количественно оценить влияние на безопасность АЭС недостатков (несоответствий, отступлений от установленных требований), выявленных инспектором при проведении инспекции.

Предполагается предусмотреть двухуровневую систему оценки результатов инспекций:

1. *Качественная оценка.* Качественная оценка важности недостатков выполняется непосредственно инспектором, проводившим инспекцию. При этом анализируется влияние выявленных недостатков с точки зрения их возможных последствий, выполнения возложенной функции безопасности и увеличение частоты возникновения ИСА. Проведение качественной оценки не требует знания инспектором методологии ВАБ. Составляющей качественной оценки также является определение возможности оценки недостатка вероятностным методом путем анализа влияния на технические элементы ВАБ.

2. *Количественная оценка.* Количественная оценка выполняется специалистами ВАБ путем внесения изменений в вероятностную модель энергоблока и выполнения перерасчета. Методология количественной оценки важности недостатков базируется на методологии анализа нарушений в работе АЭС в случае неготовности или деградации оборудования, важного для безопасности, что не приводит к инициатору в ВАБ.

Для классификации выявленных недостатков по влиянию на безопасность планируется применение категорий в зависимости от значений ЧПАЗ и ЧПАВ, которые используются Комиссией ядерного регулирования США в рамках процесса интегрального надзора (Reactor oversight process (ROP) [12], [13].

Выводы

Внедрение риск-информированных подходов в инспекционную деятельность возможно только при условии тесного сотрудничества инспекторов Госатомрегулирования и специалистов в области ВАБ ГНТЦ ЯРБ. Разрабатываемые

методические и технические документы в обязательном порядке должны обсуждаться и приниматься коллегиально.

Применение риск-информированных подходов в инспекционной деятельности не противоречит действующему нормативно-правовому акту НП 306.2.01/1.081–2003 «Порядок здійснення державного нагляду за додержанням вимог ядерної та радіаційної безпеки при використанні ядерної енергії».

К первоочередным задачам по применению риск-информированных подходов в инспекционной деятельности необходимо отнести:

обсуждение методологии и наработанных технических документов с инспекторами Госатомрегулирования, в особенности с инспекторами на площадках атомных электростанций;

проведение пробной инспекции на одной из площадок АЭС (предположительно Хмельницкой АЭС), ознакомление инспекторов с методологией разработки ВАБ и результатами ВАБ;

доработку технического пособия и разработку руководства для инспекторов по его применению;

разработку руководства по оценке важности выявленных недостатков.

Не менее важным вопросом является наличие инструмента надлежащего качества для выполнения работ по оценке риска в поддержку инспекционной деятельности. В этом направлении необходимо:

на отраслевом уровне выполнить работу по гармонизации вероятностных анализов безопасности;

разработать ВАБ с учетом реализованных мероприятий по повышению безопасности и обновления на систематической основе (оперативный ВАБ);

дополнить ВАБ полным перечнем всех возможных исходных событий на разных уровнях мощности РУ;

разработать интегральные вероятностные модели.

В завершение отметим, что риск-информированные инспекции являются составляющей частью общей интегральной системы надзора за безопасностью АЭС, разработкой которой выполняется в соответствии с решением коллегии Госатомрегулирования от 28.05.2009 № 12 «Щодо впровадження показників безпеки в регулюючу діяльність» [14].

Список литературы

1. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку».
2. Порядок здійснення державного нагляду за додержанням вимог ядерної та радіаційної безпеки при використанні ядерної енергії: НП 306.2.01/1.081–2003.
3. Васильченко В. Н. Использование риск-ориентированных подходов в регулирующей деятельности и эксплуатации АЭС Украины / В. Н. Васильченко, Г. В. Громов, А. Е. Севбо, С. Э. Шоломицкий // Ядерна та радіаційна безпека. — 2008. — № 3. — С. 7–11.
4. Gromov G., Sevbo O., Sholomitsky S. Practical application of risk informed approaches in Ukraine // Proceedings of IAEA Topical Meeting on Advanced Safety Assessment Methods For Nuclear Reactors: Daejeon, Republic of Korea, 30 October — 2 November 2007.
5. Громов Г. В. Использование вероятностных методов в деятельности по идентификации дефицитов безопасности и оценке влияния на риск при эксплуатации АЭС / Г. В. Громов, Н. Ф. Глущенко, А. Е. Севбо, С. Э. Шоломицкий, А. Н. Шумаев // Шестая междунар. науч.-практ. конф. по проблемам атомной энергетики. Безопасность, эффективность, ресурс ЯЭУ. — Севастополь: 21 — 26 сентября 2007.
6. Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety // IAEA, GS-R-1. — Vienna, 2000.
7. Regulatory Inspection of Nuclear Facilities and Enforcement by the Regulatory Body // IAEA, GS-G-1.3. — Vienna, 2002.
8. Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants // IAEA, DS394. — Vienna, 2008.
9. NRC Inspection Manual. Inspection Procedure 71111. — Washington.
10. Procedure for Conducting Probabilistic Safety Assessments of Nuclear Power Plants (Level 1) // IAEA, No 50-P-4. — Vienna, 1992.
11. Reliability assurance programme guidebook for advanced light water reactors // IAEA, IAEA-TECDOC-1264. — Vienna, 2001.
12. NRC Reactor Oversight Process (NUREG-1649, Rev. 3). — 2000.
13. NRC Inspection Manual. Manual Chapter 0609. Significance Determination Process. — 2008.
14. Постанова засідання Колегії Держатомрегулювання від 28.05.2009 № 12 «Щодо впровадження показників безпеки в регулюючу діяльність».

Надійшла до редакції 07.04.2010.