

М. Х. Гашев¹, Г. В. Громов²,
А. М. Дыбач², В. В. Инюшев²,
А. В. Носовский², С. Э. Шоломицкий²

¹Государственная инспекция
ядерного регулирования Украины, г. Киев, Украина

²Государственный научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности, г. Киев, Украина

Вопросы целевой переоценки безопасности действующих энергоблоков АЭС Украины в свете событий на АЭС Фукусима-1 в Японии

Авария на АЭС Фукусима-1 стала третьей тяжелой аварией в истории промышленной ядерной энергетики. Анализ причин происшедшего, извлечение уроков аварии, разработка и реализация дополнительных мер сведут к минимуму возможность повторения подобных аварийных событий на АЭС Украины, а если они и произойдут, то исключат негативное влияние на здоровье человека и окружающую природную среду. В статье представлен предварительный анализ аварии на АЭС Фукусима-1 и рассмотрены вопросы целевой переоценки безопасности действующих энергоблоков АЭС Украины.

Ключевые слова: авария, целевая переоценка безопасности, АЭС Фукусима-1, уязвимость АЭС.

**М. Х. Гашев, Г. В. Громов, О. М. Дибач, В. В. Инюшев,
А. В. Носовский, С. Э. Шоломицкий**

Питання цільової переоцінки безпеки діючих енергоблоків АЕС України в світлі подій на АЕС Фукусима-1 в Японії

Аварія на АЕС Фукусима-1 стала третьою важкою аварією в історії промислової ядерної енергетики. Аналіз причин того, що сталося, діставання уроків аварії, розробка та реалізація додаткових заходів зведуть до мінімуму можливість повторення подібних аварійних подій на АЕС України, а якщо вони і відбудуться, то виключать їх негативний вплив на здоров'я людини і довкілля. У статті представлено попередній аналіз аварії на АЕС Фукусима-1 та розглянуто питання цільової переоцінки безпеки діючих енергоблоків АЕС України.

Ключові слова: аварія, цільова переоцінка безпеки, АЕС Фукусима-1, вразливість АЕС.

© М. Х. Гашев, Г. В. Громов, О. М. Дибач, В. В. Инюшев,
А. В. Носовский, С. Э. Шоломицкий, 2011

Проблемы безопасности ядерной энергетики приобрели особую актуальность в общественном сознании после аварий на АЭС Три-Майл Айленд (США, 1979 г.) и на Чернобыльской АЭС (СССР, 1986 г.).

Авария на АЭС «Три-Майл Айленд» не привела к человеческим жертвам и радиоактивному загрязнению территории. В целом, авария подтвердила правильность основных принципов безопасности, которые используются при проектировании реакторов с водой под давлением. Для предупреждения повторения тяжелых аварий были разработаны и реализованы мероприятия, направленные на углубленный учет человеческого фактора, совершенствование аварийного планирования, использование вероятностных оценок безопасности, внедрение пассивных систем безопасности и проектирование новых АЭС с максимальным использованием свойств внутренней самозащищенности реакторной установки.

Авария на Чернобыльской АЭС стала крупнейшей в истории ядерной энергетики. В результате аварии обширные территории были загрязнены радиоактивными веществами, последствия аварии оказали значительное влияние на здоровье людей и окружающую природную среду. Чернобыльская авария позволила извлечь многочисленные уроки по разным аспектам, привела к инициализации национальных и международных программ, направленных на расширение и усиление сотрудничества в сфере ядерной безопасности. После аварии на Чернобыльской АЭС был разработан целый ряд документов по вопросам международного сотрудничества и обмена информацией, таких как международные соглашения по раннему оповещению и оказанию помощи в случае радиационной аварии, международная программа аварийных учений, международная шкала событий на АЭС и т. п.

После аварии на Чернобыльской АЭС специалисты, помимо многочисленных нарушений регламентных требований, выявили ряд проектных и конструктивных недостатков, отсутствие технических средств, способных обеспечить безопасность или серьезно повлиять на масштаб развития аварии в ситуации, аналогичной Чернобыльской. После анализа причин возникновения аварии определены основные технические мероприятия по повышению безопасности АЭС с РБМК, которые оформлены в виде межотраслевого документа, выпущенного в 1986 г. и откорректированного в 1988 и 1990 гг. [1]. В первую очередь, на всех энергоблоках с РБМК внедрены организационные и технические мероприятия, которые не требовали значительных затрат времени. Долгосрочные мероприятия, направленные на снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций, предусматривали разработку проектов реконструкции систем безопасности, разработку и реализацию автоматических защит реактора, исследования по оценке ресурса металла трубопроводов и оборудования, разработку усовершенствованных систем контроля за состоянием трубопроводов и оборудования, пересмотр нормативно-технической документации и многое другое [2]. Проводилась значительная корректировка и переработка проектно-эксплуатационной документации. При выполнении этой работы были учтены и отражены все технические и организационные мероприятия по повышению безопасности АЭС с РБМК, принятые по результатам анализа причин и последствий аварии на энергоблоке № 4 Чернобыльской АЭС. Основные намеченные к реализации технические мероприятия, повышающие надежность

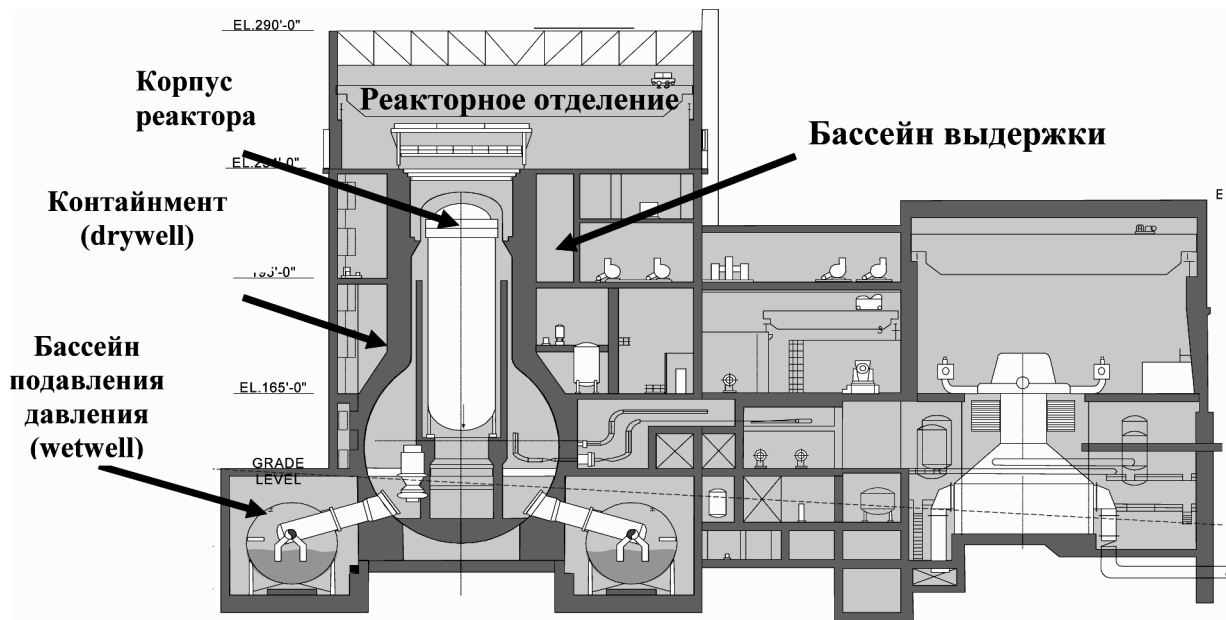


Рис. 1 Компоновка ВВЭР

и безопасность АЭС с РБМК, внедрены на всех энергоблоках с реакторами данного типа. Это позволило уже в 1991 г. после тщательного анализа безопасности сделать вывод о том, что после внедрения данных технических мероприятий подобная авария на энергоблоках с РБМК стала невозможной [1].

После аварии на Чернобыльской АЭС во всех странах мира, владеющих ядерными установками, была проведена работа по переоценке уровня безопасности энергоблоков АЭС — как находящихся в эксплуатации, так и строящихся.

Международная консультативная группа по ядерной безопасности при МАГАТЭ (INSAG) подготовила итоговые доклады по аварии INSAG-1 [3] и INSAG-7 [4], доклады по общим принципам безопасности INSAG-3 [5] (позже INSAG-12 [6]), а также по культуре безопасности INSAG-4 [7]. Был создан режим международной ядерной безопасности, основывающийся на Конвенции по ядерной безопасности [8] и других международных соглашениях, усовершенствованы подходы к регулированию ядерной и радиационной безопасности.

В 1990 г. МАГАТЭ инициирована программа по оценке безопасности энергоблоков АЭС с ВВЭР с целью определения основных проблем безопасности проектов ВВЭР (В-230, В-213, В-320, В-302 (338) — малая серия) и установления единого международного подхода к приоритетам мероприятий по повышению безопасности. По результатам реализации указанной программы разработаны книги МАГАТЭ по безопасности ВВЭР [9—11] («зеленые книги»), в которых установлены и ранжированы проектные и эксплуатационные проблемы безопасности энергоблоков АЭС с ВВЭР. «Зеленые книги» положены в основу для разработки программ повышения безопасности энергоблоков АЭС Украины. В настоящее время основные мероприятия, отмеченные МАГАТЭ в «зеленых книгах», выполнены на всех энергоблоках АЭС Украины.

Учитывая принятые меры, в ядерном сообществе сформировалась уверенность в отсутствии предпосылок для повторения тяжелых аварий на АЭС со значительным воздействием на персонал, население и окружающую природную среду. Однако ожидания не оправдались.

11 марта 2011 г. на АЭС Фукусима-1 в Японии произошла тяжелая авария с повреждением ядерного топлива в активной зоне реакторных установок энергоблоков №№ 1—3 и в приреакторном бассейне выдержки отработавшего ядерного топлива энергоблока № 4. Авария на АЭС Фукусима-1 стала третьей тяжелой аварией за более чем 14 000 реакторо-лет суммарной эксплуатации АЭС в 32 странах мира.

В статье представлен предварительный анализ аварии на АЭС Фукусима-1 и рассмотрены вопросы целевой переоценки безопасности действующих энергоблоков АЭС Украины. Анализ событий на АЭС Фукусима-1 основывается на сообщениях МАГАТЭ, информации Агентства по ядерной и промышленной безопасности Японии, компании ТЕРСО и других общедоступных интернет-ресурсах, освещающих аварию на АЭС Фукусима-1, по состоянию на середину мая 2011 г. [12—14]. Подходы к целевой переоценке безопасности энергоблоков АЭС Украины выработаны Государственной инспекцией по ядерному регулированию (ГИЯРУ) и Государственным научно-техническим центром по ядерной и радиационной безопасности (ГНТЦ ЯРБ) при участии ведущих специалистов Украины в области ядерной энергетики (Н. Штейнберг, Г. Копчинский и др.), а также специалистов Киевского института «Энергопроект».

Приведенный анализ аварии и рассмотренные в статье дальнейшие действия могут корректироваться после получения более детальной и достоверной информации об инциденте, а также выполнения расчетных анализов аварийного процесса.

Краткие сведения о проекте реактора АЭС Фукусима-1. Проект ВВЭР — кипящий одноконтурный корпусный реактор с водой под давлением с контайнментом типа Mark (рис. 1). При нормальной эксплуатации температура на выходе из активной зоны 286 °С, давление 6,9 МПа, давление в контайнменте 0,115–0,130 кПа. В аварийных режимах максимальное проектное давление в корпусе реактора 8,24 МПа, в контайнменте — 0,5 МПа. При нормальной эксплуатации контайнмент (drywell) и верхняя часть бассейна подавления давления (wetwell) заполнены азотом.

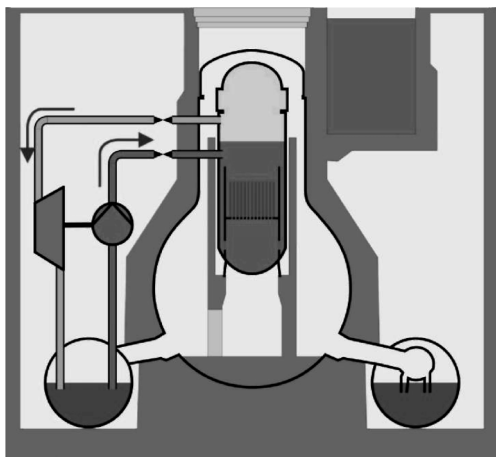


Рис. 2. Начальная фаза аварии (подача воды в реактор системой охлаждения изолированного реактора RCIC)

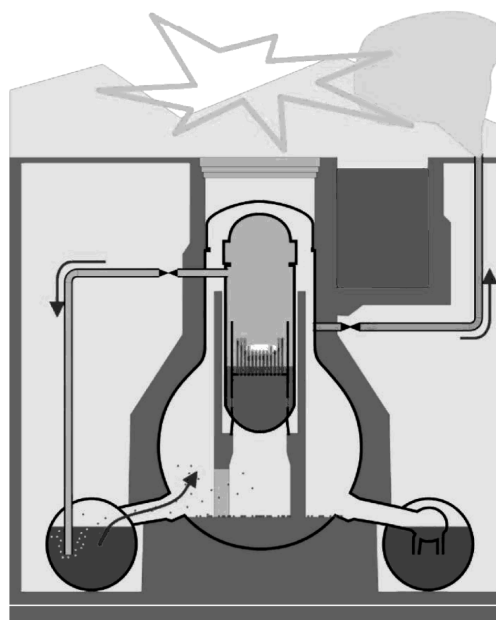


Рис. 3. Конечная фаза аварии (повреждение ядерного топлива в корпусе реактора и детонация водорода)

Контейнмент соединен с бассейном системой перепускных клапанов и трубопроводов с подачей среды под уровень воды в бассейне. При повышении давления в реакторе предусмотрен сброс давления через предохранительные клапаны непосредственно под уровень воды в бассейне подавления давления.

В проекте предусмотрены следующие системы охлаждения активной зоны:

система отвода остаточных тепловыделений (RHR): активная система (электроприводные насосы);

система охлаждения изолированного реактора (RCIC): комбинация пассивных (турбоприводные насосы от пара, генерируемого при остаточных тепловыделениях) и активных (управление и контроль системы) элементов; система выполняет функцию подпитки реактора из бассейна подавления давления, отвод тепла не предусмотрен;

система аварийного отвода тепла высокого давления (HPIS): комбинация пассивных (турбоприводные насосы) и активных (арматура, управление и контроль системы) элементов;

система аварийного отвода тепла низкого давления (LPIS) (при давлении ниже 0,7 МПа): активная система (электроприводные насосы).

Анализ протекания аварии. 11 марта в 14:46 на северо-восточном побережье Японии произошло сильнейшее землетрясение за всю историю сейсмических наблюдений в Японии (магнитуда 9). В результате землетрясения было потеряно электроснабжение в северной части Японии, включая внешнее электроснабжение энергоблоков на АЭС Фукусима-1. В проектом режиме по значению пикового ускорения на уровне грунта сработала аварийная защита. Произошла локализация контейнмента и запуск дизель-генераторов. Отвод остаточных тепловыделений* в штатном режиме обеспечивался системой RHR, запитанной от дизель-генераторов.

* Согласно формуле Взя — Вигнера, остаточные тепловыделения оценочно составляют после АЗ 6 %, через 1 сут — 1 %, через 5 сут — 0,5 %.

Спустя 56 мин площадку АЭС настигло цунами высотой 14 м (проектное значение — 5,7 м), что привело к затоплению дизель-генераторов (полное обесточивание) и зданий, в которых расположено оборудование подачи технической воды на теплообменники систем аварийного отвода тепла (потеря конечного поглотителя).

После цунами осталась в работе только система охлаждения изолированного реактора (RCIC) (рис. 2). Для работы системы необходимо наличие электроснабжения от аккумуляторных батарей (контроль и управление) и не превышение температуры в бассейне подавления давления 100°C (конденсация пара после турбопривода).

В результате разряда аккумуляторных батарей на энергоблоках №№ 1, 3 и отказа насоса на энергоблоке № 2 прекратилась подача воды в корпус реактора системой RCIC, что привело к дальнейшему вскипанию воды, повышению давления в корпусе реактора, открытию предохранительных клапанов и сбросу пара в бассейн подавления давления. Последующее выкипание теплоносителя и разогрев твэлов привели к возникновению парциальной реакции, выделению водорода (оценочно 300–600 кг) и дополнительному разогреву твэлов за счет экзотермической реакции и, как следствие, к плавлению оболочек твэлов стальных конструкций и ядерного топлива.

Давление в контейнменте повысилось до 0,8 МПа (азот, водород, пар) с последующим сбросом водородсодержащей среды персоналом в помещения реакторного отделения и детонацией водорода (рис. 3).

Отдельного рассмотрения и анализа требует ситуация с бассейном выдержки ядерного топлива энергоблока № 4 Фукусима-1. Подтверждено обезвоживание бассейна и повреждение ТВС, продолжают работы по оценке целостности бассейна выдержки после землетрясения.

Согласно предварительным оценкам Агентства по ядерной и промышленной безопасности Японии повреждение ядерного топлива в активной зоне энергоблока № 1 составляет 55 %, энергоблока № 2 — 35 %, энергоблока № 3 — 30 %. Выброс радиоактивных веществ в атмосферу

оценивается на уровне 10 % выброса в результате аварии на Чернобыльской АЭС: в эквиваленте по ^{131}I — $6,3 \cdot 10^{17}$ Бк.

Авария на АЭС Фукусима-1 продемонстрировала следующие недостатки проекта BWR:

- малый запас теплоносителя по сравнению с двухконтурными АЭС;

- отсутствие естественной циркуляции теплоносителя;

- отсутствие пассивных систем безопасности;

- недостатки систем снижения давления в контайнменте и управления концентрацией водорода, что привело к взрывам водорода в помещениях реакторного отделения энергоблоков №№ 1 и 3;

- размещение бассейна выдержки за пределами контайнмента.

Отмечено значительное время на восстановление электроснабжения: напряжение на трансформаторы энергоблоков №№ 1–4 было подано только 23 марта (спустя 11 дней после аварии).

Можно сформулировать основные предварительные выводы по анализу аварии на АЭС Фукусима-1:

- авария произошла вследствие комбинации внешних экстремальных природных воздействий — землетрясения и цунами; характеристики воздействий превышают проектные основы энергоблоков;

- авария сопровождалась зависимой потерей функций безопасности, таких как отвод остаточных тепловыделений, обеспечение запаса теплоносителя в реакторе, отвод тепла конечному поглотителю;

- авария сопровождалась множественными отказами систем и элементов одновременно нескольких энергоблоков;

- отмечены неэффективные стратегии по управлению тяжелыми авариями, в частности при управлении концентрацией водорода;

- отмечена недостаточность проработки вопросов безопасности выдержки отработавшего топлива в приреакторных бассейнах;

- высокий уровень радиации и значительные разрушения на площадке АЭС затруднили реализацию противораийных мероприятий.

Проведение целевой переоценки безопасности энергоблоков АЭС с учетом уроков аварии на АЭС Фукусима-1. Так же, как аварии в США и Чернобыле, события на японских АЭС негативно повлияют на развитие ядерной энергетики и вызовут осложнения при принятии решений о строительстве новых АЭС. Так, в Германии принято решение о полном выводе из эксплуатации объектов атомной энергетики. Но в целом от ядерной энергетики отказываться не будут. Чтобы сделать атомную энергетику более надежной и безопасной, необходимо извлекать уроки из каждого инцидента и аварии и, совершенствуя соответствующим образом оборудование, технологии, правила и нормы по безопасности, инструкции по эксплуатации, повышая квалификацию персонала, снижать риск появления аварии до пренебрежимо малого значения.

В международном ядерном сообществе сформировалось единое мнение о необходимости неотложного выполнения переоценки безопасности энергоблоков АЭС с учетом уроков аварии на АЭС Фукусима-1. Европейскими странами принята предложенная WENRA [15] концепция проведения так называемых стресс-тестов — целевой переоценки запасов безопасности в свете событий на АЭС Фукусима-1: внешние экстремальные природные воздействия, приводящие к отказу основных функций безопасности и, как следствие, к тяжелой аварии.

Государственная инспекция ядерного регулирования Украины (ГИЯРУ) совместно с Государственным научно-техническим центром по ядерной и радиационной безопасности (ГНТЦ ЯРБ) с первых дней аварии принимают активное участие в выработке международных подходов к реагированию на события на АЭС Фукусима-1. На основании предложений WENRA о проведении стресс-тестов, практики регулирования ядерной и радиационной безопасности, а также опыта эксплуатации украинских АЭС, ГИЯРУ и ГНТЦ ЯРБ при участии ведущих специалистов и проектных организаций Украины в области ядерной энергетики разработаны национальные подходы к выполнению целевой переоценки безопасности.

Целевая переоценка безопасности АЭС Украины рассматривается как первая краткосрочная фаза реагирования на события на АЭС Фукусима-1 с целью определения и реализации наиболее приоритетных превентивных и компенсирующих мероприятий.

Целевая переоценка безопасности энергоблоков АЭС должна быть выполнена по отношению к внешним экстремальным природным воздействиям, приводящим к отказу основных функций безопасности и, как следствие, к тяжелым авариям, с целью:

- оценки уязвимости АЭС к внешним природным воздействиям;

- определения компенсирующих мероприятий для обеспечения устойчивости АЭС в условиях многочисленных отказов оборудования.

Переоценку следует выполнять отдельно для каждой площадки с учетом различий площадок и специфики различных типов энергоблоков.

При оценке уязвимости АЭС к внешним экстремальным природным воздействиям должны быть рассмотрены:

- землетрясения;

- смерчи;

- внешние затопления (в результате паводков и осадков для всех АЭС и в результате аварий на гидротехнических сооружениях для Запорожской АЭС);

- внешние пожары (для Ровенской и Хмельницкой АЭС);

- экстремально высокие/низкие температуры;

- комбинация воздействий.

При оценке возможных потерь функций безопасности должны быть рассмотрены:

- полное обесточивание площадки АЭС;

- потеря теплоотвода к конечному поглотителю тепла;

- сочетание двух событий.

Отдельно следует выполнить оценку факторов, которые сопровождают развитие тяжелых аварий (например, водородная опасность, повышение давления внутри герметичного объема).

Ядерное топливо должно быть рассмотрено в активной зоне (АЗ) реакторной установки (РУ), приреакторном бассейне выдержки и перегрузке топлива (БВ), узле свежего топлива (УСТ).

При выполнении целевой переоценки безопасности исходное состояние площадки и энергоблоков АЭС следует принять на 30.06.2011 и учитывать отличия между энергоблоками, которые могут повлиять на их уязвимость к внешним экстремальным природным воздействиям и на управление тяжелыми авариями (например, отличия в аварийном электроснабжении).

Выполнение целевой переоценки безопасности главным образом должно основываться на материалах проекта АЭС и РУ, отчетов по анализу безопасности энергоблоков,

выполненных ранее научно-исследовательских работах и исследованиях. В случае отсутствия необходимых расчетных анализов могут быть проведены дополнительные экспертные оценки, использованы инженерные допущения и/или данные и результаты анализа для однотипных энергоблоков.

Факторы, которые следует учесть при целевой переоценке безопасности:

взаимное влияние энергоблоков на площадке, в том числе при возникновении аварий на соседних энергоблоках;

возможность возникновения множественных отказов по общей причине, вызванных внешними экстремальными природными воздействиями и так называемыми вторичными эффектами (разрушениями конструкций, пожарами и т. п.);

«обитаемость» помещений и площадки АЭС с учетом всех возможных воздействий.

Основные допущения при целевой оценке безопасности: применяется детерминистический подход, при котором постулируются последовательные отказы уровней глубоководной защиты (соответствующего оборудования и систем), независимо от вероятности;

рассматриваются наиболее неблагоприятные эксплуатационные состояния энергоблока по отношению к возможным последствиям от воздействия или события;

также в рамках анализа рассматривается вариант, при котором все энергоблоки, находящиеся на одной площадке АЭС, подвергаются воздействию одновременно.

В составе оценки уязвимости к внешним экстремальным природным воздействиям для всех рассмотренных воздействий должны быть представлены:

подтверждение проектных характеристик (значений) воздействий (на основании имеющихся данных по исследованию площадок АЭС);

подтверждение запасов безопасности при проектных воздействиях (на основании имеющихся проектных данных и материалов отчета по анализу безопасности);

пороговые значения, при которых происходит деградация основных функций безопасности и проектных пределов (на основании экспертной оценки проектных данных и материалов отчета по анализу безопасности).

При оценке полного обесточивания площадки АЭС должны быть представлены:

определение критического времени восстановления аварийного электроснабжения до тяжелого повреждения ядерного топлива в активной зоне и бассейне выдержки;

определение минимально необходимой мощности, которая должна быть обеспечена от источника;

предложения по превентивным и компенсирующим мероприятиям, которые необходимо обеспечить, включая:

превентивные мероприятия, обеспечивающие критическое время восстановления электроснабжения;

мобильные источники электроснабжения, включая условия их размещения;

принципиальные решения по условиям их подключения к существующей системе электроснабжения.

Для варианта отказа аварийного электроснабжения на одном из энергоблоков должны быть проанализированы с точки зрения обеспечения функций безопасности технические возможности:

обеспечения аварийного электроснабжения от общеплощадной резервной дизель-электростанции (ОРДЭС);

обеспечения аварийного электроснабжения от РДЭС других энергоблоков.

При оценке потери теплоотвода к конечному поглотителю тепла необходимо представить:

определение критического времени подачи среды для отвода тепла до тяжелого повреждения ядерного топлива в АЗ и БВ;

определение минимально необходимых параметров среды: расхода, давления и др.;

предложения по превентивным и компенсирующим мероприятиям, которые необходимо обеспечить, включая мобильные источники подачи воды и их характеристики для:

подпитки парогенераторов;

подачи воды в систему САОЗ;

принципиальные решения по условиям их подключения к существующим системам.

Исходя из этих условий следует рассматривать возможные варианты создания запаса воды и пополнения этого запаса:

использование существующих на АЭС запасов воды (баки и ёмкости различного назначения) с анализом возможностей и условий;

использование возможностей существующей системы технического водоснабжения.

В качестве критерия для оценки потерь функций безопасности рекомендуется принять обеспечение отвода остаточных тепловыделений в течение 72 ч. Предполагается, что за это время можно восстановить электроснабжение и теплоотвод, например доставить на территорию площадки мобильные электрогенерирующие установки, пополнить запас воды.

При оценке потерь функций безопасности должны быть определены факторы, при достижении которых происходит значительное изменение развития аварии, так называемый «cliff edge» эффект (например, исчерпание заряда аккумуляторных батарей).

Особое внимание должно быть уделено факторам, которые могут повлиять на целостность гермообъема (ГО), например детонация водорода и повышение давления в ГО. Следует рассмотреть возможность реализации мероприятий по повышению безопасности:

управление концентрацией водорода;

управляемый сброс давления из ГО.

В качестве критериев приемлемости для рассмотрения воздействий и постулируемых событий, а также разработки соответствующих компенсирующих мероприятий могут быть приняты:

поддержание в подкритическом состоянии топлива в АЗ, БВ и УСТ;

незначительное повреждение топлива в АЗ без нарушения геометрии кассет (с возможностью выгрузки АЗ);

отсутствие повреждения топлива в БВ свыше максимального проектного предела;

ГО плотный, выбросы ниже предельного аварийного.

По результатам выполненной целевой переоценки безопасности по каждому из рассмотренных воздействий и аварийных событий должны быть разработаны предложения по соответствующим превентивным и компенсирующим мероприятиям. При разработке мероприятий на экспертном уровне следует учитывать:

возможное значительное разрушение инфраструктуры вокруг АЭС, включая средства связи (что усложняет внешнюю техническую поддержку и направление на АЭС дополнительного персонала);

затруднение выполнения работ (включая затруднение доступа к БЩУ и РЩУ) вследствие высокой мощности дозы облучения, радиоактивного загрязнения и разрушения;

выполнимость и эффективность мероприятий по управлению авариями в условиях внешних воздействий (землетрясений, затоплений);

отсутствие электроснабжения;
возможный отказ контрольно-измерительных приборов.

Основные положения изложенных выше подходов к выполнению целевой переоценки безопасности были рассмотрены на заседании коллегии Госатомрегулирования от 19.05.11 [16]. По результатам обсуждения коллегия в целом одобрила предложенные подходы и обязала эксплуатирующую организацию ГП НАЭК «Энергоатом» в срок до 15 октября 2011 г. выполнить целевую переоценку безопасности для всех действующих энергоблоков АЭС.

Государственному агентству Украины по управлению зоной отчуждения и Государственному специализированному предприятию «Чернобыльская АЭС» предложено определить направления, объемы и сроки выполнения целевой переоценки состояния безопасности объектов Чернобыльской АЭС: энергоблоков №№ 1–3 (в части обособления безопасности при обращении с отработавшим ядерным топливом) и хранилища отработавшего ядерного топлива ХОЯТ-1.

Выводы

События на АЭС Фукусима-1 стали новым вызовом ядерному сообществу, поставив задачу по переоценке и обеспечению безопасности АЭС при внешних экстремальных природных воздействиях (в том числе при воздействиях, характеристики которых превышают проектные значения). Вне зависимости от исходного воздействия, должно быть обеспечено длительное выполнение основных функций безопасности.

На основании предложений WENRA о проведении стресс-тестов, национальной практики регулирования ядерной и радиационной безопасности, а также опыта эксплуатации украинских АЭС в Украине разработаны и одобрены подходы к целевой переоценке безопасности.

Целевая переоценка безопасности украинских АЭС рассматривается как первая краткосрочная фаза реагирования на события на АЭС Фукусима-1 с целью определения и реализации наиболее приоритетных превентивных и компенсирующих мероприятий.

По мере появления дополнительной информации об аварии на АЭС Фукусима-1, изучения аварийных процессов и извлечения уроков мировым ядерным сообществом, а также с учетом реализации ранее запланированных и дополнительных мероприятий по повышению безопасности украинских АЭС будут разрабатываться и реализовываться необходимые мероприятия долговременного характера, которые должны исключить возможность повторения аварийных событий, подобных японским, на украинских АЭС.

Список литературы

1. Василевский, В. П. Разработка и внедрение мероприятий по повышению безопасности энергоблоков АЭС с РБМК в 1986–2005 гг. / В. П. Василевский, М. Н. Михайлов, А. А. Петров и др. // Атомная энергия. — 2006. — Т. 100, вып. 4. — С. 312–317.
2. Носовский, А. В. Эксплуатация Чернобыльской АЭС в послеварийный период // Атомная энергия. — 1996. — Т. 81, вып. 5. — С. 329–333.
3. INSAG-1. Summary Report on the Post-accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. A report by the International Nuclear Safety Advisory group IAEA.—Vienna (N75-IAEA-1), 1986.
4. INSAG-7. The Chernobyl Accident: Uptaking of INSAG-1. A report by the International Nuclear Safety Advisory group IAEA. — Vienna (N75-IAEA-7), 1992.
5. INSAG-3. Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants. A report by the International Nuclear Safety Advisory group IAEA.—Vienna (N75-IAEA-3), 1988.
6. INSAG-12. Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants. A report by the International Nuclear Safety Advisory group IAEA. — Vienna (75-INSAG-3 Rev.1), 1999.
7. INSAG-4. Safety Culture. A report by the International Nuclear Safety Advisory group IAEA. —Vienna (75-INSAG-4), — 1991.
8. INFCIRC/449. Convention on Nuclear Safety. — Vienna, 1994.
9. IAEA-EBP-WWER-03. Safety issues and their ranking for WWER-440 Model 213 NPPs. — Vienna, 1996.
10. IAEA-EBP-WWER-05. Safety issues and their ranking for WWER 1000 model 320 NPPs. — Vienna, 1996.
11. IAEA-EBP-WWER-14. Safety issues and their ranking for WWER-1000 (small series). — Vienna, 2001.
12. World Nuclear Association. Fukushima Accident 2011 (updated on 29 April) (http://www.world-nuclear.org/info/fukushima_accident_inf129.html).
13. Nuclear and Industrial Safety Agency (<http://www.nisa.meti.go.jp>).
14. Nuclear Safety Commission of Japan (<http://www.nsc.go.jp>).
15. WENRA “Stress tests” specification. Proposal by the WENRA Task Force. 12 April 2011.
16. Постанова Колегії Держатомрегулювання № 2 від 19.05.2011 «Щодо Плану дій з виконання цільової позачергової перевірки та подальшого підвищення безпеки АЕС України з урахуванням подій на Фукусима-1 («stress-test»)».

Надійшла до редакції 15.06.2011.