

# УРОКИ АВАРИИ НА АЭС «ФУКУСИМА-ДАЙИЧИ» И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



ЗАМЕСТИТЕЛЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

Валерий Сергеевич Безубцев

Тяжелая авария на атомной электростанции «Фукусима-Дайичи», спровоцированная землетрясением и последовавшим за ним мощным цунами в марте 2011 года, пристально изучалась специалистами атомной отрасли: выполнялся оперативный анализ протекания аварии и складывающейся обстановки вокруг станции. Затем, по мере поступления информации, началась работа по анализу аварийного сценария, по определению непосредственных и коренных причин аварии, извлечению уроков и выработке рекомендаций по направлениям дополнительного анализа безопасности для находящихся в эксплуатации атомных станций. Вплотную занимался такой деятельностью и Ростехнадзор – российский орган государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии. В процессе выяснения причин аварии с отечественными и зарубежными специалистами были сделаны выводы по обеспечению безопасных условий эксплуатации АЭС. Вследствие этого Ростехнадзор признал необходимым выполнение дополнительной проверки безопасности действующих российских атомных станций по следующим направлениям:

- защищенность от внешних экстремальных воздействий природного и техногенного происхождения, в том числе от воздействий с интенсивностью, превышающей воздействия, учитываемые в проектных основах АЭС, а также защищенность от сочетаний внешних воздействий (как зависящих друг от друга, так и независимых);
- готовность к управлению запроектными авариями с полным обесточиванием собственных нужд АЭС;
- готовность к управлению авариями с потерей систем отвода тепла от ядерного топлива, находящегося в реакторах, а также в хранилищах отработавшего топлива, к конечному поглотителю;

– готовность к управлению тяжелыми авариями (то есть в тех случаях, когда произошло значительное повреждение ядерного топлива с превышением проектных пределов, сопровождающееся значительным выходом радиоактивных веществ из-под оболочек тепловыделяющих элементов).

В марте – апреле 2011 года Ростехнадзор проводил внеплановые инспекции действующих российских АЭС по указанным выше направлениям, а в июне 2011 года он потребовал от ОАО «Концерн Росэнергоатом» – эксплуатирующей организации российских АЭС – выполнить дополнительный анализ защищенности АЭС от внешних природных и техногенных экстремальных воздействий, а также готовности к управлению запроектными авариями, в том числе тяжелыми. Требования Ростехнадзора к объему и содержанию дополнительного анализа были установлены с учетом формата «стресс-тестов», разработанного Ассоциацией западноевропейских ядерных регуляторов (WENRA) и предложенного к применению Европейской группой организаций, регулирующих ядерную безопасность (ENSREG) для операторов атомных станций, расположенных на территории стран Европейского союза.

В августе 2011 года ОАО «Концерн Росэнергоатом» представило в Ростехнадзор отчеты с результатами дополнительных анализов защищенности от внешних экстремальных воздействий действующих российских АЭС, которые также содержали планы мероприятий по повышению безопасности эксплуатируемых объектов.

В сентябре – октябре 2011 года Ростехнадзором с привлечением организации технической поддержки – ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» – организовано рассмотрение представленных отчетов о выполненных дополнительных анализах, включая содержащиеся в них планы мероприятий по повышению безопасности АЭС, а результаты рассмотрения были обсуждены с эксплуатирующей организацией и представлены на расширенном совещании в Ростехнадзоре в декабре 2011 года.

## Сейсмостойкость АЭС

Для каждой из 10 площадок действующих российских АЭС установлены, в соответствии с требованиями действующих в России норм и правил в области использования атомной энергии, величины проектного (ПЗ) и максимального расчетного землетрясений (МРЗ), которые, как подтвердил выполненный анализ, атомные станции преодолевают без ущерба для безопасности. Для элементов АЭС (оборудования, трубопроводов, строительных конструкций, зданий и сооружений), важных для безопасности, назначены, в соответствии с требованиями правил, категории сейсмостойкости. В настоящее время реализуются дополнительные проектные решения по обеспечению сейсмостойкости определенного оборудования, необходимого для безопасности объектов.

При выполнении «стресс-тестов» для отдельных блоков АЭС (в частности, для блоков АС с реакторами ВВЭР-1000) были выполнены расчетные оценки, показавшие наличие запасов прочности при сейсмических воздействиях, превышающих воздействия, подлежащие учету в проектных основах станции. Для защитных оболочек АЭС с реактором ВВЭР-1000 такой запас составляет около одного балла сверх максимального расчетного землетрясения по шкале MSK-64. Выполнение анализов влияния сейсмических воздействий большей интенсивности включено эксплуатирующей организацией в план мероприятий по дальнейшему повышению безопасности и для других блоков АЭС.

По результатам выполненного анализа для площадок размещения российских АЭС запланирована актуализация данных по сейсмическому микрорайонированию, которая должна подтвердить принятые уровни ПЗ и МРЗ. Для ряда оборудования, важного для безопасности российских АЭС, по результатам анализа запланирована также актуализация обоснований его сейсмостойкости.



## Защита АЭС от затоплений

Анализ показал, что площадки российских АЭС не подвержены воздействию цунами. В ходе исследований была проанализирована возможность возникновения затоплений, вызванных другими, нежели цунами, причинами (нештатными ситуациями на гидротехнических сооружениях, такими как прорыв плотин, размыв дамб, экстремальные осадки и др.). В итоге для большинства АЭС подтвердилось отсутствие возможности затопления.

Для АЭС, у которых потенциально возможно затопление площадок, негативное влияние этого фактора скомпенсировано мероприятиями по оснащению таких станций мобильными системами организации отвода тепла к конечному поглотителю (дизель-насосами, мотопомпами, быстросборными трубами).

## Воздействия природного и техногенного характера и их сочетания на АЭС

В соответствии с требованиями российских норм и правил в области использования атомной энергии учету в проектных основах АЭС подлежат внешние факторы природного и техногенного происхождения, имеющие оцененное значение вероятности реализации выше значения ( $10^{-4} \div 10^{-6}$ ) 1/год, установленного в нормативах. Выполненные «стресс-тесты» подтвердили защищенность российских АЭС от внешних воздействий, подлежащих учету в проектных основах станций. Вместе с тем для отдельных АЭС был сделан вывод о необходимости выполнения дополнительных уточняющих расчетов в отношении стойкости строительных конструкций к ураганам, смерчам, а также к экстремальным снеговым нагрузкам. Такие расчеты всегда выполняются эксплуатирующей организацией.

В настоящее время в российских нормативных документах отсутствует прямое требование учета в проекте АЭС сочетаний внешних воздействий. Однако при проведении «стресс-тестов» по требованию Ростехнадзора было изучено влияние сочетаний внешних воздействий, которые экспертно признаны имеющими вероятность возникновения. Системный же анализ сочетаний внешних воздействий предусмотрен в плане мероприятий, разработанном эксплуатирующей организацией, и будет выполнен в ближайшие годы.

Для анализа влияния на безопасность атомных станций внешних воздействий, интенсивность которых превышает учитываемые в проектных основах значения, эксплуатирующей организацией запланировано выполнение вероятностных анализов безопасности первого уровня, учитывающих в том числе внешние исходные события. Также запланирована актуализация данных по характеристикам внешних воздействий для отдельных площадок.

## Готовность к управлению авариями

На российских АЭС, находящихся в эксплуатации, теплоотвод от активных зон реакторов (а также бассейнов выдержки отработавшего ядерного топлива), как и практически на всех других атомных станциях мира, не может неограниченно долго осуществляться в условиях полного обеспечения собственных нужд атомной станции.

Исключение составляют блоки Билибинской АЭС (обладающие низконапряженными активными зонами малой мощности), а также третий блок Белоярской АЭС с охлаждаемым натрием реактором на быстрых нейтронах (большое количество натрия в контуре охлаждения обуславливает его значительную тепловую инерционность).

По результатам «стресс-тестов» эксплуатирующей организацией запланировано и практически уже полностью реализовано оснащение всех блоков атомных станций дополнительными



техническими средствами, в том числе передвижными дизель-генераторами 0,4 кВ и 6 кВ, использование которых обеспечит длительное поддержание блоков АЭС в безопасном состоянии в условиях полного обесточивания, что позволит исключить переход событий с потерей внешнего электроснабжения, сопровождающихся наложением отказов оборудования проектных систем аварийного электроснабжения, в тяжелую аварию. Также Ростехнадзор потребовал от эксплуатирующей организации применения дополнительных технических средств безопасности для обеспечения должной защиты от экстремальных воздействий.

Для блоков с реакторами типа РБМК дополнительно запланировано выполнение расчетно-экспериментального обоснования возможности пассивного (воздушного) охлаждения активной зоны. На отдельных АЭС запланированы дополнительные меры по повышению надежности электроснабжения нормальной эксплуатации (от энергосистемы), а также мероприятия по организации резервных (дополнительных) систем охлаждения штатных аварийных дизель-генераторов, которые могут быть задействованы при потере основных систем охлаждения данных генераторов (эти меры снижают вероятность возникновения аварии с полным обесточиванием АС).

### Потеря конечного поглотителя тепла

На российских АЭС отвод тепла от активных зон реакторов, бассейнов выдержки, хранилищ с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) к конечному поглотителю – атмосфере или водоему (море, озеру, пруду-охладителю, реке) организован при помощи специальных систем технического и циркуляционного водоснабжения, систем теплоотвода через второй контур и др.

При запроектных авариях с потерей функции теплоотвода от ядерного топлива к конечному поглотителю при непринятии специальных мер происходит перегрев тепловыделяющих топливных элементов и переход аварии в тяжелую стадию.

По результатам «стресс-тестов» эксплуатирующей организацией запланировано (и также уже в значительной мере реализовано) оснащение всех блоков атомных станций специальными техническими средствами по управлению запроектными авариями такого вида – это упоминавшиеся выше передвижные источники электроснабжения, а также передвижные мотопомпы, сухотрубы, автомобили-цистерны, дополнительно оборудованные пункты забора охлаждающей воды из водоемов и бакового хозяйства, позволяющие организовать при необходимости нештатную схему подачи воды на охлаждение активных зон, бассейнов выдержки, хранилищ ОЯТ и исключить переход аварии с потерей систем отвода тепла к конечному поглотителю в тяжелую стадию.

### Подходы к управлению тяжелыми авариями

Общепризнанный подход к обеспечению безопасности АЭС состоит в необходимости организации технических мероприятий для управления тяжелыми авариями (способность к управлению тяжелыми авариями является последним уровнем глубокоэшелонированной защиты атомной станции, который задействуется в случае отказа по тем или иным причинам предыдущих уровней защиты).

В настоящее время на ряде блоков российских атомных станций имеются отдельные технические управления тяжелыми авариями, такие как системы контроля концентрации и удаления (дожигания) горючих газов внутри защитной оболочки (герметичного ограждения) реакторной установки.

По результатам «стресс-тестов» была выявлена необходимость реализации дополнительного комплекса мер, таких как:

- дооснащение всех блоков АЭС системами водородной взрывозащиты и контроля концентрации газов, образующих горючую смесь;
- обустройство герметичного ограждения блоков водо-водяных энергетических реакторов системами сброса давления;



- модернизация блоков АЭС комплектом контрольно-измерительных приборов, сохраняющих работоспособность в условиях тяжелой аварии.

Эксплуатирующей организацией запланировано выполнение вероятностных анализов безопасности второго уровня, в рамках которых предполагается выработать стратегии по управлению такими авариями и обосновать достаточность имеющихся и планируемых к внедрению технических средств, используемых при управлении тяжелыми авариями. По результатам анализа предполагается разработка руководств по управлению тяжелыми авариями на тех блоках АЭС, для которых указанные руководства еще не разработаны.

Эксплуатирующей организацией запланирована также реализация мероприятий, связанных с управлением авариями, как тяжелыми, так и иными:

- по обеспечению надежной работы средств связи в условиях запроектных аварий (как на площадке АЭС, так и средств связи с кризисными центрами);
- по повышению защищенности мест пребывания персонала (прежде всего пунктов управления блоками АЭС);
- по доработке противоаварийной документации, в том числе для отражения в ней сценариев, в которых нарушение нормальной эксплуатации (авария) затрагивает сразу несколько блоков многоблочной АЭС.

## Нормативная база

Анализируя уроки аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи», Ростехнадзор обратил внимание на полноту действующей в области использования атомной энергии нормативной базы, на эффективность действий регулирующего органа в режиме реагирования на аварию и нашел здесь также направления для совершенствования. Мы признали необходимым выполнить доработку российской нормативной базы в части дополнения требований к противоаварийной документации; требований к учету внешних воздействий природного и техногенного характера в проектах АЭС (в том числе к обеспечению безопасности АЭС при воздействиях, интенсивность которых превышает учитываемую в проектных основах); требований к выбору площадок размещения атомных станций; в части правил проектирования сейсмостойких АЭС; в части требований к объему и содержанию отчетов по обоснованию безопасности атомных станций, а также в части реализации на блоках атомных станций концепции безопасности «Течь перед разрушением». Планируется также улучшить оснащенность информационно-аналитического центра Ростехнадзора, в котором будет прогнозироваться развитие радиационных аварий на поднадзорных объектах использования атомной энергии, а также оцениваться своевременность и полнота осуществляемых мер по управлению аварией и защите персонала, населения и окружающей среды.

## Выводы

По результатам анализа состояния дел с обеспечением безопасности эксплуатирующихся российских АЭС в свете уроков, извлеченных при анализе аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи», можно сформулировать четыре основных вывода:

1. На АЭС, находящихся в эксплуатации в Российской Федерации, соблюдаются действующие российские требования по ядерной и радиационной безопасности.
2. Ростехнадзор считает обоснованными и достаточными разработанные эксплуатирующей организацией (ОАО «Концерн Росэнергоатом») по результатам дополнительных анализов защищенности действующих российских АЭС от экстремальных внешних воздействий краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные мероприятия по повышению безопасности АЭС.



3. Российская нормативная база в области использования атомной энергии в отдельных аспектах нуждается в доработке.
4. По результатам анализа Ростехнадзором признано целесообразным проведение дополнительных оценок защищенности как для сооружаемых АЭС, так и для наиболее значительных исследовательских ядерных установок. В настоящее время эти анализы завершены, их результаты находятся на рассмотрении в Ростехнадзоре.

На состоявшемся 27–31 августа 2012 года в штаб-квартире МАГАТЭ в Вене 2-м внеочередном совещании государств – участников Конвенции о ядерной безопасности были разобраны уроки, извлеченные из аварии на АЭС «Фукусима Дайичи» в Японии, а также был проведен анализ эффективности положений документов о ядерной безопасности, обсуждены вызовы и проблемы, стоящие перед договаривающимися сторонами.

Стороны договорились, что реализация мер по наиболее важным аспектам, связанным с учетом аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи», будет отражена в национальных докладах договаривающихся сторон, которые будут представлены в 2014 году на шестом очередном совещании МАГАТЭ.

Следует отметить, что российское понимание уроков и вызовов, стоящих перед атомной энергетикой в связи с упомянутой аварией, сходно с позициями, высказывавшимися на внеочередном совещании специалистами других стран, развивающих ядерные программы. Россия, как и другие договаривающиеся стороны Конвенции о ядерной безопасности, подтвердила свою готовность приложить максимум усилий для поддержания на высоком уровне безопасности атомных станций, что является неременным условием обеспечения международного режима ядерной безопасности.