

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЗАПРОЕКТНЫМИ АВАРИЯМИ НА АЭС С ВВЭР (ОБЗОР)

А. А. Ключников, Ю. Л. Коврижкин, В. И. Скалозубов, А. В. Шавлаков¹

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Киев

¹ *НАЭК «Энергоатом», Киев*

Проведен анализ известных подходов по разработке инструкций/руководств по управлению запроектными авариями. Показано, что наиболее перспективный подход по управлению запроектными авариями должен быть основан на контроле, восстановлении и дублировании критических конфигураций систем, обеспечивающих выполнение необходимых функций безопасности.

Ключевые слова: алгоритмы управления запроектными авариями (АУЗА), водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР), управление запроектными авариями (УЗА), событийно-ориентированный подход, симптомно-ориентированный подход, критические конфигурации систем (ККС), критические функции безопасности (КФБ), руководства по управлению запроектными авариями (РУЗА).

Современные нормативные документы определяют два основных подхода при разработке эксплуатационной документации по управлению запроектными авариями (УЗА):

1. Событийно-ориентированный подход, в основе которого положены разработки алгоритмов действий персонала и организационно-технических мероприятий по управлению запроектными авариями под конкретные исходные события и/или объединенные группы исходных событий.

2. Симптомно-ориентированный подход, в основе которого положены разработки алгоритмов действий персонала по управлению запроектными авариями под отклонения контролируемых технологических параметров и/или срабатывания технологических систем, отражающих возникновение исходных аварийных событий (признаки/симптомы аварий).

Более перспективным для управления запроектными авариями является симптомно-ориентированный подход. Особенно для условий, в которых затруднительно однозначная идентификация исходных событий аварий. К таким запроектным авариям можно отнести наиболее доминантную для безопасности АЭС с ВВЭР группу исходных событий, связанных с потерей теплоносителя реакторного контура (в т.ч. и течи из 1-го контура во 2-й). Существующие на настоящий момент (очевидно, и в ближайшей перспективе) системы контроля течей реакторного контура ВВЭР в целом не позволяют в процессе эксплуатации реактора однозначно идентифицировать такие исходные события с необходимой точностью и информативностью (например, течи теплообменной поверхности парогенераторов при работе реактора на мощности). Кроме того, в некоторых случаях оператору необходимо дополнительно по результатам контроля течей 1-го контура классифицировать группу исходных событий для выбора соответствующего алгоритма управления запроектной аварией, что в конечном итоге может привести к снижению надежности и эффективности противоаварийных процедур.

В разработанных до настоящего момента руководствах по управлению запроектными авариями на АЭС Украины с ВВЭР (например, [1 - 4]) неэффективно используют преимущества симптомно-ориентированных подходов. Так, приведенные в этих руководствах признаки важнейшей группы запроектных аварий с потерей теплоносителя не отвечают необходимым принципам минимальной достаточности и адекватности исходному событию, что в конечном итоге исключает возможность эффективного применения симптомно-ориентированного подхода по управлению запроектными авариями в этих руководствах.

В России эксплуатирующие организации осуществляют отдельные разработки так называемых симптомно-ориентированных аварийных инструкций (СОАИ). Однако эти разработки СОАИ пока также недостаточно методически обоснованы [5 - 7].

Анализ действующего нормативного регулирования УЗА показывает, что:

1. Сформулированы понятие и общая концепция, согласно которой УЗА представляет один из уровней глубокоэшелонированной защиты.

2. Определено общее направление технических мероприятий и действий на предотвращение развитий и ослабление последствий запроектных аварий, на сохранение физических барьеров безопасности и перевод реакторной установки в стабильное контролируемое и безопасное состояние.

3. Определены основные вероятностные и детерминистские критерии безопасности.

4. Сформулированы общие положения методической базы УЗА, которые основаны на применении: вероятностных и детерминистских методов углубленного анализа безопасности энергоблоков (в рамках ОАБ) для определения окончательных перечней запроектных аварий и моделирования реалистических сценариев и алгоритмов УЗА; симптомно-ориентированных подходов для разработки и внедрения эксплуатационных инструкций руководств УЗА, формулирующие алгоритмы действий и технических мероприятий на основе контролируемых признаков (симптомов) нарушения нормальной и безопасной эксплуатации. При этом, нормативные положения не исключают возможность применения и событийно-ориентированных подходов УЗА.

5. Необходимо приведение в соответствие нормативной, проектной и эксплуатационной документации (уточнения и дополнения) терминов «авария», «проектная и запроектная аварийная ситуация», «управление запроектными авариями и аварийными ситуациями» и др.

6. Целесообразно регламентирование дополнительного уровня глубокоэшелонированной защиты – «управление тяжелыми авариями», связанными с повреждением топлива в результате развития запроектных аварий и направленное на предотвращение или ослабление последствий разрушения других физических барьеров безопасности, а также приведение в стабильное контролируемое состояние реакторной установки.

Целесообразно также рассмотреть вопрос о включении в перечень физических барьеров безопасности корпусных реакторов оборудования и трубопроводов 2-го контура. Необходимость такого включения определяется результатами ОАБ энергоблоков АЭС с ВВЭР, в которых установлены возможности запроектных аварий с течами из 1-го контура во 2-й при отказах на закрытие паросбросных устройств 2-го контура.

7. Необходима конкретизация требований к УЗА в части методического обеспечения обобщающих симптомов (признаков) и/или перечней ЗА, формированию и валидации алгоритмов УЗА, организации внедрения действий и технических мероприятий по УЗА и т.п. Конкретизация этих требований и методического обеспечения возможна в рамках типовых руководств по управлению запроектными авариями (РУЗА).

Необходимость разработки и внедрения достаточно обоснованной и адекватной реальным условиям эксплуатационной документации по управлению запроектными авариями на АЭС определяется многолетним опытом эксплуатации ядерных реакторов. Большинство имевших место запроектных аварий в той или иной мере связаны с ошибочными действиями персонала, вызванными, в том числе, недостаточным качеством, методическим обеспечением, представительностью и реалистичностью алгоритмов действий персонала при различных авариях/аварийных ситуациях (Чернобыльская авария, с разрушением реактора и контаймента, 1986 г.; авария на АЭС ТМІ-2 (США) с повреждением активной зоны, 1979 г.; авария на АЭС Hunterstone, 1977 г.; взрыв реактора SL-1 (Айдахо, США), 1961 г.; расплавление активной зоны реактора Stlaurent (Франция), 1960 г.; горение реактора в Виндскейле (Англия), 1957 г.; аварии с повреждением топлива на быстром реакторе EBR-I (1955 г.) и тяжеловодном реакторе NRX (Канада), 1952 г. и др.).

Первая редакция действующего РУЗА АЭС с ВВЭР была разработана еще в Советском Союзе в 80-е годы. С тех пор эта редакция претерпела незначительные изменения и морально устарела. Анализ действующих в настоящее время РУЗА энергоблоков АЭС Украины с ВВЭР-1000 [2 - 4, 11] позволяет отметить следующее:

1. Все РУЗА используют в основном событийно-ориентированный подход управления авариями, при котором действия операторов (алгоритмы управления запроектными авариями - АУЗА) определены для конкретного исходного события (ИС)/группы событий. Применение такого подхода целесообразно только при условии достаточных для идентификации всего спектра исходных аварийных событий систем контроля/диагностики и/или универсальных для ИС/группы ИС признаков (симптомов) возникновения запроектной аварии по отклонениям технологических параметров и срабатываниям уставок защит. Существующие РУЗА не определяют в полной мере эти условия для идентификации исходных аварийных событий и выбора соответствующего алгоритма УЗА. Так, для примера, в РУЗА [2] запроектные аварии с малой и средней течью 1-го контура имеют одинаковые признаки возникновения исходного события.

2. РУЗА отличаются полнотой перечня ИС запроектных аварий. Однако во всех РУЗА этот перечень не является исчерпывающим, в т.ч. и в отношении доминантных для безопасности аварийных последовательностей. Используемый подход исключения из рассмотрения ИС запроектных аварий и аварийных последовательностей по вкладу в показатели безопасности является не вполне обоснованным и корректным. Необходимо существенное уточнение перечня запроектных аварий, а соответственно действий и организационно-технических мероприятий по их управлению, которое возможно на основе полученных в последнее время результатов углубленного анализа безопасности.

3. В большинстве случаев представленные в РУЗА алгоритмы действий по управлению авариями не являются обобщенными (единиными) для конкретных ИС/групп ИС, так как не учитываются все возможные отказы в процессе развития исходного аварийного развития, не определены в полной мере способы и методы контроля этих отказов, а также алгоритмы управления аварийными последовательностями. Так, например, возможный для большинства ИС отказ на срабатывание аварийной защиты (АЗ) для аварийного останова реактора представлен в РУЗА отдельным алгоритмом, который не является в общем случае универсальным для других ИС/групп ИС.

4. В рамках используемого в РУЗА событийно-ориентированного подхода необходима дальнейшая разработка обобщенных для ИС алгоритмов управления с учетом: всех возможных аварийных последовательностей, связанных с отказами критических конфигураций систем, обеспечивающих выполнение необходимых функций безопасности; всех возможностей восстановления и дублирования отказавших критических конфигураций систем, обеспечивающих выполнение необходимых функций безопасности; времени, располагаемым оператором для управления аварийными процессами, в том числе и по восстановлению/дублированию отказавших систем.

5. Управление авариями предполагает не только регламентирование действий оператора, но и принятие дополнительных технических мероприятий по контролю, восстановлению/дублированию систем, обеспечивающих выполнение необходимых функций безопасности. Во всех РУЗА такие мероприятия рассмотрены крайне недостаточно.

6. Необходимость глубокого пересмотра РУЗА АЭС с ВВЭР определяется также тем, что за последнее время было принято ряд законодательных и нормативных документов, регламентирующих требования безопасности в ядерной энергетике, основными из которых являются Законы Украины «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань», «Концепція державного регулювання безпеки та управління ядерною галуззю в Україні», «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (ОПБУ-2008). С момента разработки действующих редакций РУЗА МАГАТЭ опубликовал целый цикл докладов Международной консультативной группы по ядерной безопасности (INSAG) МАГАТЭ, приняты Методика подготовки к реагированию на ядерные и радиационные аварии (IAEA-TECDOC-953) и Руководство по радиационной защите при авариях ядерных реакторов (IAEA-TECDOC-955). В настоящее время МАГАТЭ вводит новую Серию норм безопасности (взамен Серии норм безопасности № 50),

излагающих как фундаментальные принципы безопасности, так и конкретные рекомендации по действиям при возникновении запроектных аварий, что должно быть учтено при разработке новых РУЗА.

В 1998 г. Украиной была ратифицирована «Конвенция о ядерной безопасности». В связи с подписанием данной конвенции Украина взяла на себя обязательства достичь высокого уровня ядерной безопасности, а в случае возникновения аварии с радиологическими последствиями уменьшить последствия такой аварии. Выполнение этих задач также должно быть учтено при разработке новых РУЗА.

7. В настоящее время в национальную практику происходит внедрение углубленного анализа безопасности и риск-ориентированных подходов, использование которых совместно с детерминистскими методами позволяет обеспечить принятие более обоснованных/сбалансированных решений по вопросам безопасности АЭС, сфокусировать внимание на тех проблемах, которые связаны с наибольшим риском для безопасности. Эти подходы определены новыми нормативными требованиями [8] для формирования окончательных перечней и реалистических сценариев развития запроектных аварий и поэтому должны быть учтены при разработке новой редакции РУЗА. Методы углубленного анализа безопасности и риск-ориентированных подходов могут служить основой для развития методического обеспечения по совершенствованию РУЗА.

Кроме того, в новых РУЗА необходимо учесть требования современных ОПБ [1] в отношении верификации и валидации эксплуатационной документации по управлению запроектными авариями.

8. Необходимо внедрение в РУЗА более перспективных симптомно-ориентированных подходов по управлению запроектными авариями - УЗА, основанных на разработке универсальных признаков (симптомов) возникновения аварий и переход на СОАИ, а также приведение в соответствие РУЗА с разработанными в последнее время на основе результатов углубленного анализа безопасности инструкций по ликвидации аварий и аварийных ситуаций (ИЛА) новых энергоблоков АЭС Украины с ВВЭР-1000, которые в том числе регламентируют управление проектными авариями для предотвращения их перехода в запроектные.

Учитывая достаточную общность и отсутствие конкретизаций требований нормативных документов по отношению к УЗА, в НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России в 1991 - 1996 гг. была выполнена разработка проекта соответствующего руководства по безопасности, который на уровне рекомендаций конкретизировал бы общие нормативные требования, содержащиеся в документах более высоких уровней и определил бы недостающие требования в отношении методики разработки технических и организационных мер по УЗА. Разработанный проект содержит рекомендации по выполнению всех этапов деятельности эксплуатирующих организаций по обеспечению готовности на случай запроектной аварии [7]: разработка мер по УЗА; разработка организационной структуры для УЗА; разработка РУЗА; организация обучения персонала АЭС и привлеченных лиц; корректировка РУЗА.

Методика разработки мер по УЗА, представленная в документе, предполагает реализацию симптомно-ориентированного подхода путем перехода от сценариев аварий к «уровням тяжести аварий» и критическим функциям безопасности (КФБ). Основная идея состоит в том, что каким бы обширным и представительным ни был набор сценариев учитываемых запроектных аварий, все равно за рамками рассмотрения и анализа остается подавляющее большинство возможных исходных событий и отказов (ошибок персонала). В то же время все эти последовательности аварийных событий развиваются, проходя через ограниченное количество аварийных состояний энергоблока, характеризуемых уровнями тяжести. При этом, в большинстве случаев совершенно несущественно, какой путь развития событий привел к данному состоянию (уровню тяжести). Достаточно уметь определять уровень тяжести аварии по соответствующим признакам состояния энергоблока и знать, какие функции безопасности в данном случае являются критическими, т.е. какие из них должны быть выполнены на данном уровне тяжести, чтобы прервать неблагоприятное развитие аварийных про-

цессов и привести энергоблок в устойчивое контролируемое состояние (конечная цель УЗА). Далее, разработав варианты соответствующих действий персонала по восстановлению или дублированию потерянных КФБ, можно построить такую стратегию этих действий, которая будет приводить к конечной цели УЗА вне зависимости от конкретного сценария аварии. В качестве начального уровня тяжести аварии определено состояние энергоблока АЭС, требующее выполнения инструкций по ликвидации проектных аварий. При возникновении этого состояния параллельно с выполнением упомянутых инструкций должны начинаться действия по УЗА, суть которых состоит в анализе состояния КФБ, соответствующих этому уровню и в случае отказа одной или нескольких из них в выполнении действий по их восстановлению или дублированию. Каждый последующий уровень тяжести аварии должен иметь отличный от предыдущего набор КФБ, иначе нет смысла рассматривать его как самостоятельный. Действия по восстановлению или дублированию потерянных КФБ должны быть многовариантными на случай отказа или невозможности использования того или иного оборудования. Кроме того, при разработке этих действий должны быть использованы возможности всех систем и элементов АЭС (включая системы и элементы, не относящиеся к обеспечению безопасности), которые могут быть применены, в том числе и не по проектному назначению и не в проектных режимах работы, для полного или частичного выполнения поставленной задачи.

Представленный выше в усеченном виде проект руководства по безопасности НТЦ ЯРБ (Россия) подвергся критике специалистов за чрезмерную общность содержащихся в нем рекомендаций. В частности, эта критика касалась приведенной методики перехода от набора представительных сценариев аварий к уровням их тяжести и обеспечения, тем самым, ориентации разрабатываемых мер по УЗА на признаки состояния аварийного энергоблока АЭС. Недостаток отечественного опыта разработок в данной области не позволил сделать рекомендации, содержащиеся в разработанном проекте документа руководства по безопасности, достаточно конкретными и, прежде всего, в методическом плане. В нем в определенной степени сохранилась обобщенность формулировок, характерная, например, для рекомендаций МАГАТЭ [9].

Попытки усовершенствования методической основы симптомно-ориентированных подходов руководств по безопасности были рассмотрены в работах [5, 6], в которых представлен оригинальный метод постулируемых уровней тяжести аварий. Этот метод позволяет на основе систематического рассмотрения различных реализуемых сочетаний повреждения физических барьеров на пути распространения радиоактивных продуктов в окружающую среду выбрать из практически неограниченного числа вариантов протекания (сценариев) за проектных аварий конечное и обозримое количество сценариев, представительных в смысле полноты охвата возможных аварийных состояний энергоблока АЭС. Тем самым при ограниченном наборе сценариев за проектных аварий в ходе их последующего анализа обеспечивается возможность оценки для каждого характерного аварийного состояния: важных для диагностики параметров энергоблока; времени развития аварии от одного состояния к другому, радиационной обстановки в местах, требующих присутствия персонала во время управления аварией; эффективности предлагаемых мер по управлению авариями. Метод реализован, в частности, применительно к СОАИ энергоблоков Ленинградской АЭС (РБМК-1000) и Балаковской АЭС (ВВЭР-1000).

Основной рациональности и перспективности метода разработки РУЗА [5 - 7] является, по нашему мнению, переход от многообразия сценариев развития за проектных аварий к условиям реализации критических функций безопасности, что фактически позволяет отказаться от традиционного, но недостаточно обоснованного, подхода исключения из рассмотрения исходных событий и их последствий по вкладу в показатели безопасности. Действительно, в процессе развития за проектной аварии для безопасности имеют значения только аварийные последовательности, связанные с отказами систем, обеспечивающих выполнение критических функций. Другие аварийные последовательности априори не приводят к тяже-

лым последствиям, связанными с повреждением топлива и/или сверхнормативными радиационными выбросами. Поэтому противоаварийные процедуры при запроектных авариях должны быть направлены в основном на управление аварийными последовательностями, связанными с отказами систем, обеспечивающих выполнение КФБ. Фактически, набор и последовательность реализации КФБ можно рассматривать как достаточно универсальный критерий для группирования исходных событий и алгоритмов управления запроектных аварий.

Однако в методическом обеспечении СОАИ [5 - 7] недостаточно раскрыты ключевые вопросы, связанные с формированием обобщающих (огибающих) симптомов, по которым формируются конкретные обобщающие алгоритмы восстановления или дублирования «потерянных» КФБ. Вопрос заключается в том, что обобщающие симптомы и АУЗА в основном отражают группы исходных событий и их последствий (например: малые, средние, большие течи реакторного контура и др.). Все ИС, входящие в идентифицированную группу событий, должны иметь одинаковый набор и последовательность КФБ, но при этом могут иметь, в общем случае, различные симптомы и аварийные последовательности *по времени их реализации* в процессе развития аварии. Кроме того, симптомы должны соответствовать принципам адекватности запроектной аварии и минимальной достаточности для «распознавания» аварии и своевременности действий по УЗА. Именно в этих положениях в основном и заключается, по нашему мнению, дальнейшее развитие и усовершенствование методического обеспечения РУЗА.

СБОАИ	Критические функции безопасности			
	КФБ1	КФБ2	КФБ3	и т. п.
АУЗА1	S1		S1	...
АУЗА2		S2		...
АУЗА3	S3		S3	...
и т. п.	...	...	...	и т.п.
Классы ИС	Симптомы			
	S1	S2	S3	и т. п.
ИС1	X		X	...
ИС2		X		...
ИС3	X		X	...
и т. п.	...	...	...	и т.п.
СОАИ	Критические функции безопасности			
	КФБ1	КФБ2	КФБ3	и т. п.
	S1, S3 и т. п.	S2 и т. п.	S1, S3 и т. п.	...
АУЗА1	ИС 1,3		ИС 1,3	...
АУЗА2		ИС 2		...
АУЗА3	ИС 1,3		ИС 1,3	...
и т. п.	...	...	...	и т.п.

Примеры сопоставления симптомов, критических функций безопасности и инструкций по восстановлению с исходными аварийными событиями [10].

Согласно разработанному в рамках Международной программы ядерной безопасности подходу построения СОАИ для АЭС с реакторами типа ВВЭР [10] при определении огибающих (обобщающих) сценариев внимание нужно обратить на два момента: определение конкретных ИС и исходных условий работы энергоблока, из-за которых возникают ситуации, в большей степени нарушающие техпроцессы; определение наиболее ограничивающих (с точки зрения возможности устранения угрозы) сочетаний работоспособного оборудования и устройств энергоблока. Любая приемлемая методика должна учесть оба этих требования. Разработка методики, определяющей огибающие сценарии, начинается с определения симптомов, по которым нужно установить существующие инструкции по восстановлению КФБ. Примеры сопоставления симптомов S₁, S₂, и т. п. с соответствующими им КФБ и инструкциями по восстановлению КФБ (АУЗА), а также с классами постулируемых ИС (ИС1, ИС2 и т.

п.) представлены на рисунке. Приведенные в [10] примеры и обоснования указывают на взаимозависимость классов (групп) ИС, критических функций безопасности и симптомов возникновения для этих классов (групп) ИС. Это определяет принципиальную возможность и перспективность разработки обобщающих универсальных алгоритмов УЗА как для отдельных групп ИС (событийно-ориентированные подходы - СБОУИ), так и для обобщающих симптомов (СОАИ) по набору и последовательности реализации критических функций безопасности.

Метод обобщающих алгоритмов УЗА может быть основан на следующих положениях:

1. Обобщенные ИС и/или симптомы по критерию общих конфигураций КФБ и конфигураций систем, обеспечивающих их выполнение, определяют общий (универсальный) набор аварийных последовательностей (АП), которые могут привести запроектные аварии к тяжелым последствиям.

2. Для возможных последовательностей запроектных аварий, в которых не нарушается выполнение КФБ и соответственно не входящих в этот общий набор АП, применим алгоритм управления проектными авариями.

3. Идентификация универсального для обобщенных ИС или симптомов набора АП запроектных аварий определяет соответствующие обобщенные алгоритмы УЗА, в которых действия и технические мероприятия должны быть направлены на контроль выполнения, восстановления или дублирования ККС, обеспечивающих выполнение КФБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Инструкция* по ликвидации аварий и аварийных ситуаций на РУ энергоблока № 4 Ровенской АЭС с реактором ВВЭР – 1000 // 5-Э-УНИК-ГП НАЭК «Энергоатом». - 2003.
2. *Руководства* по управлению запроектными авариями энергоблоков ЗАЭС // 00.ГТ.Рг.04 А. – 1998.
3. *Руководство* по управлению запроектными авариями на энергоблоках № 1 и 2 Южно-Украинской АЭС. 1.1-209В27. - Южно-Украинск, 1994.
4. *Министерство* энергетики Украины. НАЭК "Энергоатом". Ровенская АЭС. № 3-Э-УНИК. Руководство по управлению запроектными авариями на энергоблоке № 3 Ровенской АЭС. - Кузнецовск, 1995/1998.
5. *Bukrinsky A.*, Development of Deterministic Approach to the Beyond Design Basis Accident Management in Application to NPP units with WWER-1000. SAM-99 Information Exchange Forum on "Severe Accident Management", 18 - 22 Oct. 1999, Obninsk, Russia.
6. *Antropov V., Bukrinsky A., Shvyryaev Yu.* Development of Methodology and List of BDBA for WWER-1000 for Quantitative Analysis. SAM-99 Information Exchange Forum on "Severe Accident Management", 18 - 22 Oct. 1999, Obninsk, Russia.
7. *Антропов В.Н., Букринский А.М., Кузнецов М.В.* О необходимости разработки рекомендаций к составлению руководства по управлению запроектными авариями на АС / НТЦ ЯРБ Госатомнадзора РФ. – М., 2000.
8. *НП 306.2.141-2008.* Загальні положення безпеки АС (ОПБУ-2008).
9. *International Atomic Energy Agency*, Accident Management Programs in Nuclear Power Plants. A Guidebook. Technical Report Series № 368. - Vienna, 1994.
10. *International Nuclear Safety Program.* Soviet – Designed Pressurized Water Reactor Symptomatic Emergency Operating Instruction Analytical Validation Procedure // Ronald J. Beclman – Idaho 83401 – USA – 2000.
11. *Руководства* по управлению запроектными авариями на энергоблоке № 1 Хмельницкой АЭС / Госкоматом Украины – 1.ЯБ 1273.ИЭ-97.

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ПО УПРАВЛІННЮ ПОЗАПРОЕКТНИМИ АВАРІЯМИ НА АЕС З ВВЕР (ОГЛЯД)

О. О. Ключников, Ю. Л. Коврижкін, В. І. Скалозубов, О. В. Шавлаков

Проведено аналіз відомих підходів по розробці інструкцій/керівництв по управлінню позапроектними аваріями. Показано, що найбільш перспективний підхід по управлінню позапроектними аваріями повинен бути оснований на контролі, відновленні та дублюванні критичних конфігурацій систем, що забезпечують виконання необхідних функцій безпеки.

Ключові слова: алгоритми управління позапроектними аваріями (АУПА), водо-водяний енергетичний реактор (ВВЕР), управління позапроектними аваріями (УПА), подієво-орієнтований підхід, симптомно-орієнтований підхід, критичні конфігурації систем (ККС), критичні функції безпеки (КФБ), керівництво з управління позапроектними аваріями (КУПА)

MAIN APPROACHES TO MANAGEMENT-STANDARD ACCIDENTS AT NPP WITH VVER (REVIEW)

O. O. Klyuchnykov, J. L. Kovrizhkin, V. I. Skalozubov, O. V. Shavlakov

In this paper we analyzed the known approaches to the development of instructions / guidelines for management of severe accident. It is shown that the most promising approach for the management of severe accident should be in control, restoration and duplication of critical system configurations, providing the performance necessary security features.

Keywords: algorithms of management of beyond design accidents, water-moderated reactor(VVER), management of beyond design accidents, event-directed approach, symptom-directed approach, critical configurations of systems, critical safety functions, guidance on management of beyond design accidents.

Поступила в редакцію 09.11.09