

Регулирование безопасности применительно к системам аварийного и послеаварийного мониторинга АЭС

Рассматриваются задачи, проблемы создания систем аварийного и послеаварийного мониторинга (ПАМС) атомных электростанций, основные направления работ по регулированию безопасности ПАМС: разработка норм и правил по ядерной и радиационной безопасности, содержащих требования к ПАМС; экспертная оценка технических решений эксплуатирующей организации о внедрении ПАМС для различных типов реакторных установок и документов проектов для различных энергоблоков.

Ключевые слова: система аварийного и послеаварийного мониторинга, реакторная установка, программно-технический комплекс, аварийные контрольно-измерительные приборы, запроектная авария.

В.В. Инюшев, С. О. Трубочанинов, М.О. Ястребенецкий

Регулювання безпеки стосовно систем аварійного та післяаварійного моніторингу АЕС

Розглядаються завдання, проблеми створення систем аварійного та післяаварійного моніторингу (ПАМС), основні напрямки робіт з регулювання безпеки ПАМС: розробка норм і правил з ядерної та радіаційної безпеки (ЯРБ), що містять вимоги до ПАМС; експертна оцінка технічних рішень експлуатуючої організації щодо впровадження ПАМС для різних типів реакторних установок і документів проектів для різних енергоблоків.

Ключові слова: система аварійного та післяаварійного моніторингу, реакторна установка, програмно-технічний комплекс, аварійні контрольно-вимірвальні прилади, запроектна аварія.

© В.В. Инюшев, С.А. Трубочанинов, М. А. Ястребенецкий, 2013

Существующее оборудование энергоблоков АЭС Украины не позволяет обеспечить полный контроль критических параметров при запроектных авариях, в первую очередь при тяжелых авариях, когда превышает максимальный проектный предел повреждения тепловыделяющих элементов. В ходе протекания таких аварий возникают условия, в которых оборудование информационных систем неспособно функционировать, что приводит к потере информационной поддержки и невозможности предпринять действия, направленные на перевод реакторной установки в безопасное (контролируемое) состояние. Следовательно, нужна система, оборудование которой будет в состоянии выдерживать условия любых аварий и обеспечивать персонал достоверной информацией. Эти задачи возлагаются на систему аварийного и послеаварийного мониторинга (ПАМС).

Необходимость ПАМС подтверждается уроками, извлеченными из всех крупнейших аварий на АЭС: «Три Майл Айленд» (США, 1979), Чернобыльской АЭС (Украина, 1986), «Фукусима-1» (Япония, 2011). Уже после аварии на АЭС «Три Майл Айленд», которая показала недостатки проектных решений по системам контроля и управления, обусловившие недостаточный уровень безопасности АЭС в целом, Институт инженеров по электротехнике и электронике США (IEEE) и Комиссия ядерного регулирования США начали работы в направлении выработки требований к ПАМС. В 1981 г. этими организациями были выпущены соответствующим отраслевым стандартом [1] и регулирующий документ [2].

В АЭС нового поколения, которые сооружаются в последние десятилетия (поколение III+), уже изначально предусмотрена спроектированная на условия тяжелых аварий система мониторинга. Для действующих АЭС также осуществлялись отдельные модернизации, направленные на переход к цифровым технологиям и современным программно-техническим комплексам, замену физически и морально устаревающего приборного парка, внедрение дополнительных подсистем предоставления оператору необходимых параметров безопасности. Системным образом такие модернизации на сегодня еще не завершены. Генеральная конференция МАГАТЭ в утвержденном сентябре 2011 г. Плане действий по ядерной безопасности [3] подчеркнула необходимость усиления аварийной готовности на АЭС.

Комплексная (сводная) программа повышения уровня безопасности энергоблоков АЭС, утвержденная Кабинетом Министров Украины в декабре 2001 года, включает мероприятия «Приборное обеспечение во время и после аварии (ПАМС)» отдельно для каждого из трех типов энергоблоков, эксплуатируемых в настоящее время в Украине. В мероприятиях определены основные направления и необходимый объем аварийного мониторинга. Основными недостатками исходных проектов ВВЭР-1000 и ВВЭР-400 являются:

- отсутствие контроля перегрева теплоносителя на выходе из активной зоны, под верхним блоком и в «горячих» нитках главного циркуляционного трубопровода;

- отсутствие контроля уровня в бассейне выдержки;

- отсутствие контроля радиационной обстановки в условиях превышения максимального проектного предела повреждения тепловыделяющих элементов.

ПАМС разрабатывается с целью контроля параметров реакторной установки и параметров внутри гермооболочки для обеспечения оперативного персонала, группы инженерно-технической поддержки, штаба руководителя аварийных работ информацией, необходимой для:

- оценки состояния активной зоны;

- оценки выполнения системами АЭС критических функций безопасности;

оценки состояния и эффективности защитных барьеров;

перевода реакторной установки в стабильное состояние; реализации мер, предусмотренных для смягчения последствий аварии;

определения мероприятий по защите персонала АЭС, населения и окружающей среды.

Функции ПАМС должны выполняться при любых учитываемых проектом исходных событиях, при нарушениях пределов и условий нормальной и безопасной эксплуатации, в аварийных ситуациях, во время развития аварий и в послеаварийных режимах, в том числе в условиях за- проектных (включая тяжелые) аварий.

Структурно ПАМС представляет собой двухуровневую систему:

нижний уровень ПАМС составляют аварийные контрольно-измерительные приборы (АКИП) с расширенными диапазонами измерения, которые квалифицированы на жесткие условия внешнего окружения, возникающие в результате аварии, в том числе тяжелой;

верхний уровень состоит из программно-технического комплекса (ПТК), выполняющего функции сбора, обработки и предоставления параметров персоналу блочных щитов управления (БЩУ), резервных щитов управления (РЩУ), кризисных центров НАЭК «Энергоатом» и Госатомрегулирования Украины.

Сбор данных в ПТК ПАМС реализуется:

от измерительных каналов АКИП (в виде унифицированных аналоговых и/или дискретных сигналов);

по цифровым каналам связи от смежных систем: управляющей системы безопасности, системы внутриреакторного контроля, аварийной и предупредительной защиты, системы группового и индивидуального управления, аппаратуры контроля нейтронного потока и др.

Кроме того, в ПТК ПАМС выполняется хранение значений измеряемых параметров.

Долгосрочное архивирование данных ПАМС обеспечивается с помощью системы «черный ящик», являющейся составной частью ПАМС. Система «черный ящик» должна функционировать в реальном времени и предусматривать реализацию основных функций приема и сохранения:

данных от смежных систем энергоблока;

аудиоданных от устройств регистрации переговоров по телефону и по системе оперативной связи;

видеоданных и аудиоданных от устройств видеонаблюдения, расположенных в помещениях БЩУ и РЩУ.

Естественно, ПТК без АКИП представляет лишь некий вариант информационной системы, имеющейся на всех энергоблоках АЭС Украины. *Основная проблема в создании ПАМС заключается в разработке не ПТК, хорошо освоенного предприятиями Украины за последние годы, а АКИП, опыта создания которых в Украине нет.*

Далее рассмотрим следующие вопросы регулирования безопасности применительно к ПАМС:

разработка норм и правил, содержащих требования к ПАМС;

экспертная оценка технических решений эксплуатирующей организации о внедрении ПАМС для различных типов реакторных установок и документов проектов для конкретных энергоблоков¹.

¹ Некоторые предварительные соображения по регулированию безопасности ПАМС опубликованы в [4].

Нормирование безопасности ПАМС

Зарубежные нормативные документы с требованиями к ПАМС. Учитывая новизну и важность требований к ПАМС, IEEE после первой редакции стандарта [1] дважды выпускал новые редакции — в 2002 [5] и 2010 гг. [6]. Последняя редакция содержит функциональные критерии для аварийного мониторинга АЭС и ориентирована как на новые энергоблоки различных типов, так и на проведение модернизации эксплуатирующихся АЭС.

В [6] приведены пять групп для классификации каналов ПАМС:

А — ручное управление действиями при выполнении функций безопасности, для которых нет автоматического управления;

В — оценка процесса выполнения или поддержание функций безопасности;

С — индикация о возможном или фактическом повреждении барьеров безопасности;

Д — индикация состояния и выполнения функций безопасности и необходимых обеспечивающих функций; указание состояния систем безопасности, необходимых для остановки и удержания реактора в безопасном состоянии;

Е — мониторинг величины выбросов радиоактивных веществ; мониторинг окружающей среды для определения воздействия выбросов радиоактивных веществ; мониторинг уровня радиации на территории станции, в помещениях щитов управления, определение мест возможного доступа для восстановления блока.

Выбор группы параметров определяет требования к каналам. Например, для группы А требования являются наиболее жесткими и включают в себя требования к точности, быстродействию, продолжительности работы канала, надежности, необходимости соответствия принципу единичного отказа, независимости, мероприятиям по предупреждению отказов по общей причине, изоляции, электропитанию, контролепригодности, защите от несанкционированного доступа, квалификации.

Документ [6] наиболее апробирован из всех национальных документов, касающихся ПАМС. Международная электротехническая комиссия (МЭК) предполагает использовать его как основу при разработке общего стандарта МЭК/IEEE.

Требования Комиссии ядерного регулирования США к ПАМС установлены в [2]. В этом документе даются конкретные технические рекомендации, в частности:

по применению приборов с расширенными диапазонами измерений;

обеспечению возможности контроля динамики деградации оборудования и систем реактора, находящихся в зоне аварии;

выдерживанию экстремальных условий эксплуатации всего оборудования, которое используется в ПАМС, на протяжении требуемого времени его функционирования;

проектированию элементов ПАМС и их креплений с учетом возможных сейсмических воздействий;

перекрытию выбранными диапазонами измерений предельных значений контролируемых параметров, при которых конструкционные элементы реактора сохраняют свою работоспособность.

В новых документах МАГАТЭ содержатся требования к ПАМС, существенно развивающие имевшиеся ранее требования.

В стандарте безопасности МАГАТЭ [7], содержащем проектные требования к обеспечению безопасности АЭС, кратко приведены требования к ПАМС. Эти требования расширены в проекте документа [8] — базовом документе МАГАТЭ по информационным и управляющим системам АЭС. Согласно [8], который должен быть опубликован в конце 2014 г., ПАМС может осуществлять прием информации как от других систем АЭС, так и по собственным каналам. ПАМС должна обеспечивать:

- предоставление значений основных показателей для управления АЭС при возникновении аварийных условий, необходимых для получения спланированных заранее действий по переводу АЭС в безопасное состояние;
- определение выполнения основных функций безопасности;

- определение состояний и функционирования вспомогательных систем АЭС, необходимых для смягчения аварий и перевода АЭС в безопасное состояние;

- определение необходимости принятия действий для защиты населения от радиационных выбросов.

Проекты нормативных документов Украины с требованиями к ПАМС. Требование о необходимости ПАМС содержится и в действующей редакции, но еще более конкретизировано в проекте «Основных требований безопасности атомных станций» [9]. Устанавливается, что «должны быть предусмотрены организационные и дополнительные технические средства по управлению авариями с множественными отказами и тяжелыми авариями с целью снижения радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду».

При пересмотре ГНТЦ ЯРБ действующих норм и правил [10], содержащих требования к информационным и управляющим системам и их компонентам, важным для безопасности АЭС, в проект норм и правил [11] включены следующие требования к ПАМС:

- ПАМС осуществляет информационную поддержку персонала и экспертов по безопасности во время управления авариями, ликвидации их последствий и возвращения реакторной установки в контролируемое состояние, а также в процессе последующего анализа причин возникновения и путей протекания проектных и запроектных аварий;

- ПАМС должна выполнять функции архивирования, отображения и регистрации данных о возникновении исходных событий, аварийных ситуаций и аварий, о действиях систем безопасности и персонала, направленных на обеспечение безопасности, а также данных о контролируемых параметрах, характеризующих состояние реактора, технологического оборудования, физических барьеров и других конструкций, систем и элементов, важных для безопасности;

- диапазоны измерений параметров, контролируемых ПАМС, должны охватывать и те значения, при которых могут быть нарушены целостность тепловыделяющих элементов, а также границы теплоносителя первого контура и герметичного ограждения;

- средства отображения и регистрации данных, входящие в состав ПАМС, должны быть расположены в помещении БЩУ и, в обоснованных случаях, РЩУ, а также в помещениях внутреннего и внешнего кризисных центров;

- ПАМС должна выполнять основные функции при любых учитываемых проектом исходных событиях, нарушениях пределов и условий нормальной и безопасной эксплуатации, в аварийных ситуациях, во время развития аварий и в послеварийных режимах;

данные должны сохраняться в архиве и оставаться неповрежденными в условиях запроектных аварий. Следует обеспечить защиту архивных данных от непреднамеренного или преднамеренного изменения в течение установленного срока.

Требования к ПАМС расширены в разработанном ГНТЦ ЯРБ проекте отраслевого стандарта Министерства энергетики и угольной промышленности Украины [12]. В частности [12] уточняет, что данные ПАМС должны быть достаточны, чтобы:

- идентифицировать нарушения эксплуатационных пределов и/или условий безопасной эксплуатации и вызвавшую их причину;

- воссоздать последовательность событий, включая действия управляющих систем безопасности и оперативного персонала, убедиться в том, что управляющие системы своевременно инициировали, а технологические — выполнили все предусмотренные защитные действия;

- убедиться в том, что в процессе выполнения защитных действий не были превышены пределы безопасной эксплуатации и что физические барьеры, которые предотвращают выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду, остались неповрежденными;

- в случае возникновения аварийной ситуации — воссоздать последовательность событий, вызвавших эту ситуацию, оценить степень превышения пределов безопасной эксплуатации и убедиться, что физические барьеры остались неповрежденными;

- при перерастании аварийной ситуации в аварию — контролировать выход радиоактивных веществ и/или ионизирующих излучений за предусмотренные проектом границы, осуществлять необходимые действия по управлению аварией, определять необходимость принятия аварийных мер за пределами АЭС;

- оценивать повреждения конструкций, систем и элементов, включая физические барьеры, вызванные проектной или запроектной аварией, и использовать эти данные в процессе ликвидации её последствий.

Отметим, что в проектах [11] и [12] ПАМС выделена в отдельную группу наряду с управляющими системами безопасности, системами нормальной эксплуатации, системами передачи данных и щитами управления.

Экспертные оценки документов, обосновывающих безопасность ПАМС

В настоящее время практически на всех атомных станциях Украины проводятся работы по внедрению систем аварийного и послеварийного мониторинга. Порядок разработки и выполнения экспертизы документов по ПАМС схематично представлен на рис. 1.

Экспертиза концептуальных технических решений ПАМС. В соответствии с требованиями [13], НАЭК «Энергоатом» разработано Концептуальное техническое решение [14] на внедрение ПАМС для энергоблоков с ВВЭР-1000. Это решение содержит обоснование необходимости и цель создания ПАМС, предполагаемый объем и сроки выполнения работ, сведения о значении ПАМС, описание взаимодействия с другими системами АЭС, принцип структурной организации, укрупненный перечень новых компонентов, требования к электропитанию, стойкости к параметрам окружающей среды, входным сигналам, техническому диагностированию и др.

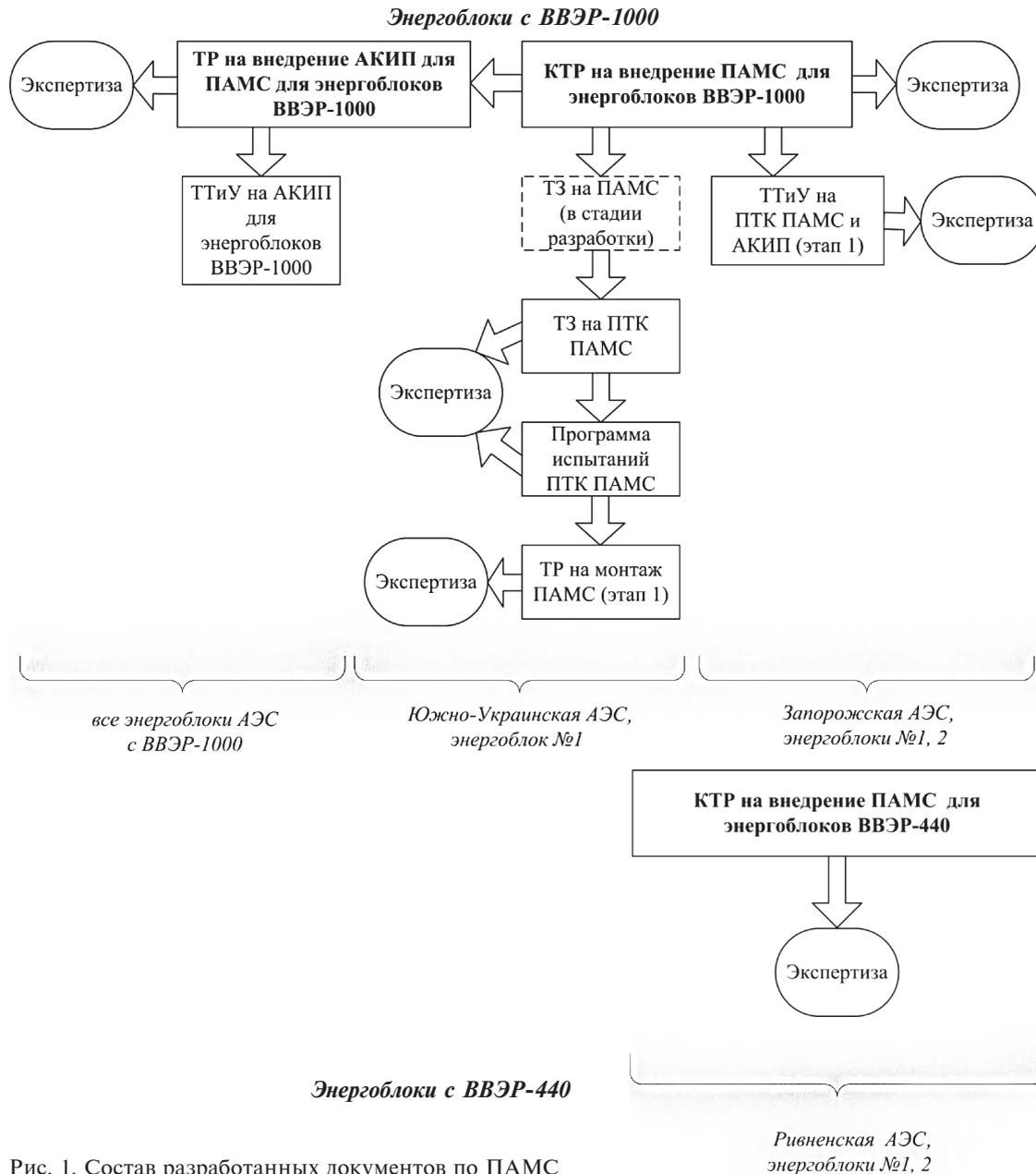


Рис. 1. Состав разработанных документов по ПАМС

В [14] содержится минимально необходимый перечень контролируемых параметров ПАМС:

- температура теплоносителя на выходе из тепловыделяющих сборок, под крышкой реактора и в петлях главного циркуляционного контура;
- давление над активной зоной;
- уровень теплоносителя в реакторе;
- уровень котловой воды и давление в парогенераторах;
- уровень и температура в БВ;
- уровень в прямках системы аварийного охлаждения зоны;
- температура, давление и концентрация водорода в гермооболочке;
- радиационная обстановка в центральном зале (над реактором);
- температура у поверхности днища корпуса реактора;
- температура нижней части строительной шахты реактора;

активность пара в паровом коллекторе парогенераторов. Основные положения [14] основываются на опыте разработки и внедрения ПАМС за рубежом.

«Пилотными» энергоблоками по внедрению ПАМС приняты для энергоблоков с реакторной установкой В-302, 338 энергоблок № 1 Южно-Украинской АЭС, для энергоблоков с реакторной установкой В-320 — энергоблоки №№ 1, 2 Запорожской АЭС.

При выполнении экспертизы документа специалисты ГНТЦ ЯРБ сделали ряд замечаний, которые касались необходимости представления подробного перечня контролируемых параметров, уточнения характеристик ПАМС, необходимости рассмотрения НАЭК «Энергоатом» и Госатомрегулирования Украины как получателей информации.

Для энергоблоков с ВВЭР-440 разработано отдельное концептуальное техническое решение [15], состав

которого аналогичен [14]. При экспертизе [15] был сделан ряд замечаний, касающихся параметров, которые должны контролироваться ПАМС, электропитания ПАМС в условиях обесточивания и др.

Первым документом НАЭК «Энергоатом», посвященным АКИП, является техническое решение о внедрении АКИП для ПАМС [16], которое распространяется на энергоблоки с ВВЭР-1000.

В [16] в зависимости от условий, которые имеют место при развитии аварий, выделены виды АКИП: для проектных аварий; запроектных аварий без превышения максимальной границы повреждения тепловыделяющих элементов; тяжелых аварий внутрикорпусной фазы; тяжелых аварий внекорпусной фазы. Кроме того, рассмотрен АКИП для бассейна выдержки.

Для каждого вида АКИП установлены: перечень измеряемых параметров; параметры окружающей среды, при которых должны функционировать АКИП при соответствующей аварии (требования по квалификации); количество точек замера. В [16] приведена также классификация по безопасности. АКИП отнесены к элементам систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности класса 3. Параметры и требования к АКИП, изложенные в [16], обосновываются детальным анализом, выполненным для Южно-Украинской АЭС и представленным в отчете [17].

К настоящему времени проведена экспертиза и сформулированы замечания, которые в основном касаются перечня контролируемых параметров, энергообеспечения и стойкости АКИП к внешним воздействующим факторам.

Экспертиза проектов ПАМС для конкретных энергоблоков. Для энергоблока № 1 Южно-Украинской АЭС разработчиком ПТК ПАМС является ООО «Вестрон». Описание ПТК ПАМС для первого этапа внедрения ПАМС приведено в [18].

ПТК ПАМС компонуется на базе аппаратуры «Вулкан» и «Вулкан-М», которая апробирована как на энергоблоках АЭС Украины, так и на зарубежных АЭС. Структурно ПТК ПАМС реализован в виде двухуровневой системы:

нижний уровень — оборудование, осуществляющее прием и обработку сигналов от АКИП (первичные преобразователи технологических параметров, нормирующие преобразователи и другие устройства первичной обработки) и от аппаратуры контроля нейтронного потока;

верхний уровень — аппаратура, осуществляющая сбор и обработку принятых сигналов, включая сигналы от смежных систем, принимаемые по цифровым каналам связи, для формирования информационных потоков, а также средства представления и архивирования информации. К верхнему уровню относится также аппаратура, размещаемая в помещениях БЩУ и РЩУ, которая выполняет функции долгосрочного архивирования, отображения архивной информации и диагностических параметров. Кроме того, аппаратура верхнего уровня обеспечивает возможность передачи информации в систему «черный ящик» и в кризисные центры.

Оборудование верхнего уровня ПТК ПАМС включает в себя:

- сервера сбора и передачи информации;
- сервера архивирования информации;
- оборудование для реализации цифровых каналов связи;
- систему отображения информации специального назначения для представления информации ПАМС;
- сетевое оборудование для обеспечения информационного обмена между узлами системы.

Информационная поддержка операторов осуществляется за счет:

- отображения информации АКИП, управляющей системы безопасности и смежных систем;

- отображения информации на мониторах ПАМС БЩУ/РЩУ при потере электропитания БЩУ/РЩУ (отказ системы надежного электроснабжения);

- отображения данных на мониторах любого из помещений при выходе из строя (отказе, разрушении) БЩУ/РЩУ;
- поддержки руководств по управлению тяжелыми авариями.

Отметим, что системный подход к определению требований к составу и структуре различных подсистем в системах любого назначения заключается в том, что эти требования задаются «сверху вниз» — от систем к подсистемам. Это относится и к ПАМС, в которой ПТК ПАМС является подсистемой ПАМС. Отсюда следует, что *разработку ПАМС целесообразно начинать с создания технического задания на ПАМС в целом, а не с технического задания на ПТК ПАМС* [19]. Отсутствие технического задания на ПАМС в целом и явилось основным замечанием экспертизы. В таком техническом задании должны быть отражены следующие требования:

- к составу и структуре всей системы (включая перечень датчиков);

- стойкости ее составных частей к воздействиям окружающей среды при условиях тяжелых аварий и землетрясений;
- квалификации оборудования системы относительно его работоспособности в этих условиях;

- необходимым границам измерения и метрологическим характеристикам измерительных каналов системы при нормальной эксплуатации и в послеаварийных режимах;
- надежности выполняемых функций.

Кроме того, к техническому решению на монтаж ПАМС первого этапа внедрения [20] со следующими обосновывающими ядерную и радиационную безопасность документами: предварительным отчетом по анализу безопасности; программой и методикой предварительных испытаний; программой обеспечения качества; планом по валидации и верификации; отчетом по верификации программного обеспечения; отчетом по валидации;

- проектной оценкой надежности —
- эксперты ГНТЦ ЯРБ сделали ряд замечаний, которые касались порядка проведения верификации программного обеспечения, полноты предварительного отчета по анализу безопасности, отсутствия в комплекте обосновывающих ЯРБ документов по анализу реакции системы на возможные отказы в ней.

Для энергоблоков №№ 1, 2 Запорожской АЭС с целью определения объема поставок оборудования и установления технических требований к ПТК ПАМС и АКИП (на первом этапе внедрения) были разработаны технические требования и условия поставки [21], согласно которым работы по внедрению ПАМС должны проводиться в два этапа:

этап 1 — установка и подключение ПТК ПАМС, АКИП первого этапа (АКИП контроля уровня теплоносителя в реакторе в аварийных режимах, АКИП контроля уровня и температуры в БВ), включая организацию связи ПТК ПАМС со смежными системами;

этап 2 — внедрение ПАМС в полном объеме.

При проведении экспертизы специалисты ГНТЦ ЯРБ сделали ряд замечаний, которые касались полноты и достаточности отражения технических требований к АКИП.

Выводы

1. ПАМС разрабатывается с целью контроля параметров реакторной установки и параметров внутри гермооболочки для обеспечения оперативного персонала, группы инженерно-технической поддержки, штаба руководителя аварийных работ информацией.

2. Основная проблема создания ПАМС заключается в разработке не программно-технических комплексов, хорошо освоенной предприятиями Украины за последние годы, а аварийных контрольно-измерительных приборов, опыта создания которых в Украине нет.

3. Разработку ПАМС целесообразно начинать с создания технического на ПАМС в целом, а не с технического задания на ПТК или отдельные подсистемы ПАМС.

Список использованной литературы

1. *IEEE Std 497-1981*. IEEE Standard Criteria for Accident Monitoring Instrumentation for Nuclear Power Generating Stations / The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, USA. — 1981.

2. *Regulatory Guide 1.97*. Criteria for Accident Monitoring Instrumentation for Nuclear Power Plants / U.S. Nuclear Regulatory Commission. — Revision 4. — 2006.

3. IAEA Action Plan on Nuclear Safety, GOV/2011/59-GC(55)/14. — September 2011.

4. *Трубчанинов С. А.* Сопоставление требований к системам послеаварийного мониторинга атомных электростанций // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. — Харків: ХАІ, 2013. — № 5 (64). — С. 100–105.

5. *IEEE Std 497-2002*. IEEE Standard Criteria for Accident Monitoring Instrumentation for Nuclear Power Generating Stations / The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, USA. — 2002.

6. *IEEE Std 497-2010*. IEEE Standard Criteria for Accident Monitoring Instrumentation for Nuclear Power Generating Stations / The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, USA. — 2010.

7. *IAEA SSR-2/1*. Safety of Nuclear Power Plants: Design: Specific Safety Requirements. — Vienna, 2012.

8. *IAEA DS-431*. Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants: Draft.

9. *Нормы и правила по ядерной и радиационной безопасности*. Общие требования безопасности атомных станций: проект / Госатомрегулирования Украины.

10. *НП 306.5.02.3.035-2000*. Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций. — Утвержд. приказом Госатомрегулирования Украины от 28.03.2000 № 19.

11. *Нормы и правила по ядерной и радиационной безопасности*. Требования по ядерной и радиационной безопасности к информационным и управляющим системам, важным для безопасности атомных станций: проект / Госатомрегулирования Украины.

12. Информационные и управляющие системы, важные для безопасности атомных станций. Общие технические требования: проект / Минэнергоугля Украины.

13. *НП 306.2.106-2005*. Требования к проведению модификаций ядерных установок и порядка оценки их безопасности. — Утвержден приказом Госатомрегулирования Украины от 10.01.2005 № 4.

14. Концептуальное техническое решение ОТРМ.1234.03 «Внедрение систем аварийного и послеаварийного мониторинга для РУ ВВЭР-1000» / НАЭК «Энергоатом».

15. Концептуальное техническое решение (152-33/12 ТРoКР-ЦТАИ) «Внедрение систем аварийного и послеаварийного мониторинга для РУ ВВЭР-440» / НАЭК «Энергоатом».

16. Техническое решение ОТР-М.1234.03. Внедрение аварийного КИП для системы аварийного и послеаварийного мониторинга для РУ ВВЭР-1000 / НАЭК «Энергоатом».

17. Южно-Украинская АЭС. Энергоблок № 1. Итоговый отчет. Разработка и обоснование общих требований к объему контролируемых параметров ПАМС и техническим средствам ИК АК ИП.

18. *Тилинский В. Р.* Проблема послеаварийного мониторинга АЭС: решение на примере системы ПАМС энергоблока № 1 Южноукраинской АЭС»: Семинар «Критические компьютерные технологии и системы», ХАИ, 03.04.2013. — http://cricTECS.csn.khai.edu/documents/17721/96159/CriCTeCS_2013.04.03_Presentation_%E2%84%961.pdf <http://cricTECS.csn.khai.edu/documents/17721/96159/CriCTeCS_2013.04.03_Presentation_%E2%84%961.pdf>

19. Программно-технический комплекс системы послеаварийного мониторинга реакторной установки энергоблоков № 1, 2 ЮУ АЭС: Техническое задание. ТЗВН.652.71.004 / ООО «Вестрон».

20. Техническое решение «О монтаже ПАМС энергоблока № 1 «Южно-Украинской АЭС» / Южно-Украинская АЭС.

21. Запорожская АЭС. Технические требования и условия поставки программно-технического комплекса послеаварийного мониторинга реакторной установки (ПТК ПАМС) и аварийного КИП в объеме первого этапа внедрения. Энергоблоки № 1, 2.

Получено 30.07.2013.