

Д. И. Рыжов, Ал-й П. Шугайло,
Ал-р П. Шугайло, В. В. Инюшев,
Р. Я. Буряк, Л. В. Хамровская

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

Результаты выполнения технической оценки материалов эксплуатирующей организации по квалификации оборудования энергоблоков №№ 1, 2 Ровенской АЭС

Согласно требованиям действующих в Украине норм и правил по ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ), оборудование АЭС, важное для безопасности, подлежит квалификации на «жесткие» условия окружающей среды, возникающие вследствие проектных аварий, и сейсмические воздействия. Комплекс работ по квалификации оборудования энергоблоков №№ 1, 2 РАЭС является первым самостоятельным опытом Украины по выполнению такого сложного и трудоемкого объема работ. В статье рассмотрены основные этапы и результаты квалификации оборудования РАЭС по состоянию на середину 2011 г., отмечены проблемы, выявленные при выполнении государственных экспертиз ЯРБ отчетных материалов ОП РАЭС.

Ключевые слова: квалификация оборудования, «жесткие» условия окружающей среды, проектные аварии, сейсмические воздействия, испытания, анализ, опыт эксплуатации, государственная экспертиза.

**Д. І. Рижов, Ол-й П. Шугайло, Ал-р П. Шугайло,
В. В. Інюшев, Р. Я. Буряк, Л. В. Хамровська**

Результати виконання технічної оцінки матеріалів експлуатуючої організації з кваліфікації обладнання енергоблоків №№ 1, 2 Рівненської АЕС

За вимогами чинних в Україні норм та правил з ядерної та радіаційної безпеки, обладнання АЕС, важливе для безпеки, підлягає кваліфікації на «жорсткі» умови довкілля та сейсмічні впливи. Комплекс робіт з кваліфікації обладнання енергоблоків №№ 1, 2 РАЕС є першим самостійним досвідом України щодо виконання такого складного і трудомісткого обсягу робіт. У статті наведено основні етапи та результати кваліфікації обладнання РАЕС станом на середину 2011 р., відмічено проблеми, виявлені під час виконання державних експертиз ЯРБ звітних матеріалів ОП РАЕС.

Ключові слова: кваліфікація обладнання, «жорсткі» умови оточуючого середовища, проектні аварії, сейсмічні впливи, випробування, аналіз, досвід експлуатації, державна експертиза.

© Д. И. Рыжов, Ал-й П. Шугайло, Ал-р П. Шугайло, В. В. Инюшев,
Р. Я. Буряк, Л. В. Хамровская, 2011

Для обеспечения уверенности в том, что элементы энергоблоков АЭС, важные для безопасности, на протяжении своего срока эксплуатации выполнят возложенные на них функции, должен осуществляться процесс подтверждения функционирования элементов энергоблоков АЭС в окружающих условиях, которые могут сформироваться при различных внешних и внутренних воздействиях на АЭС. Необходимость проведения квалификации элементов энергоблоков АЭС с реакторными установками ВВЭР отмечена в отчетах МАГАТЭ по проблемам безопасности АЭС с реакторами типа ВВЭР-440/213 (IAEA-EBP-WWER-03), ВВЭР-1000/320 (IAEA-EBP-WWER-05), ВВЭР-1000 (малая серия) (IAEA-EBP-WWER-14). Согласно рекомендациям МАГАТЭ, изложенным в отмеченных документах, квалификация оборудования (КО) является одним из проблемных вопросов, который необходимо решить для приведения состояния безопасности энергоблоков украинских АЭС к международно-признанному уровню.

КО — неотъемлемая часть деятельности по переоценке безопасности [1]. В соответствии с НП 306.2.099—2004 [2], КО является одним из 14 факторов безопасности и входит в группу факторов безопасности «Техническое состояние систем и элементов». Рассмотрение вопросов данной группы имеет первостепенное значение и при принятии решения о возможности продления срока эксплуатации энергоблока.

Квалификации подлежат оборудование АЭС, важное для безопасности, выполняющее следующие функции безопасности:

безопасный останов реактора и удержание его в таком состоянии требуемое время;

отвод из активной зоны остаточного тепла в течение требуемого времени;

ограничение последствий аварий удержанием выделяющихся радиоактивных веществ в установленных границах (для элементов ЛСБ).

Процедура выполнения работ по квалификации оборудования энергоблоков №№ 1, 2 РАЭС. В соответствии с общепринятой международной практикой, для выполнения работ по КО энергоблоков АЭС Украины ГП НАЭК «Энергоатом» была разработана и согласована с Госатомрегулирования отраслевая Программа работ по квалификации оборудования АЭС [3]. Данная Программа основана на рекомендациях международных стандартов и руководств по КО, в частности [4]—[8]. Кроме того, ГП НАЭК «Энергоатом» разработан ряд стандартов предприятия, в которых содержатся конкретные требования по КО на «жесткие» условия окружения (ЖУ) и сейсмические воздействия [9]—[12]. На основании отраслевой Программы [3] и СТП [9]—[12] ОП РАЭС составлена Программа работ по квалификации оборудования энергоблоков №№ 1, 2 ОП РАЭС [13], которая также была согласована Госатомрегулирования.

Отмеченные программы квалификации и стандарты служили основными документами для проведения КО энергоблоков №№ 1, 2 РАЭС (далее — РАЭС-1, 2) на ЖУ окружающей среды и сейсмические воздействия, а также основными критериями оценки при выполнении Государственным научно-техническим центром по ядерной и радиационной безопасности (ГНТЦ ЯРБ) государственных экспертиз документов ОП РАЭС по квалификации оборудования РАЭС-1, 2.

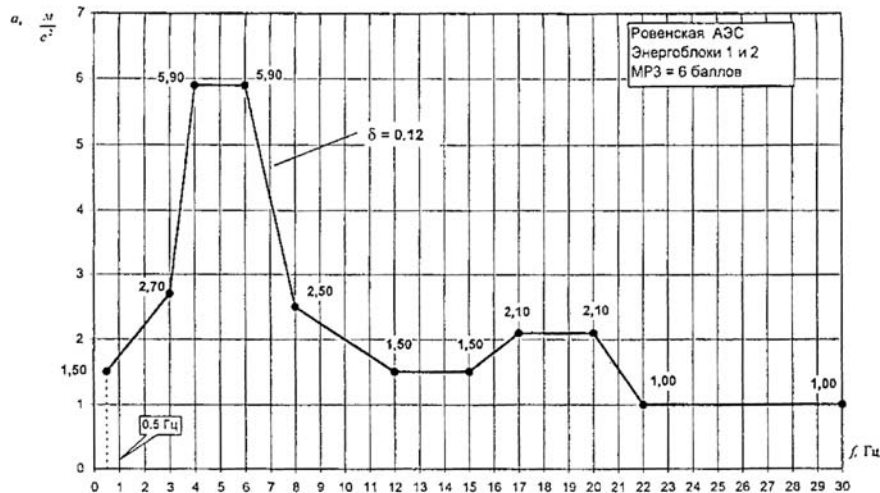


Рис. 1. Обобщенный спектр ответа при горизонтальных колебаниях оборудования реакторного отделения энергоблоков РАЭС-1, 2 на отметке 16,400

Квалификация оборудования РАЭС-1, 2 в соответствии с программными документами [3], [13] проводилась в три этапа:

подготовка проектных исходных данных для проведения КО;

оценка состояния квалификации (установление и повышение квалификации эксплуатируемого оборудования); сохранение КО.

Отчетные документы по каждому из этапов квалификации, а также разрабатываемые ОП РАЭС методики повышения квалификации конкретных типопредставителей оборудования, проходили государственную экспертизу в ГНТЦ ЯРБ и подлежали согласованию Госатомрегулирования. Всего ГНТЦ ЯРБ было выполнено больше 60 экспертиз материалов ОП РАЭС по квалификации оборудования энергоблоков РАЭС-1, 2.

Пилотным для выполнения работ по КО энергоблоков АЭС Украины с реактором ВВЭР-440 был выбран энергоблок № 1 Ровенской АЭС.

Этап подготовки проектных исходных данных. Подготовительный этап сбора проектных исходных данных для проведения КО включал в себя:

формирование перечня исходных событий, которые могут привести к возникновению «жестких» условий окружающей среды;

определение квалификационных требований к оборудованию при ЖУ (давление, температура, влажность, радиационное воздействие, химический состав среды, при которых оборудование должно выполнять требуемые функции) и при сейсмических воздействиях, а также времени, в течение которого необходимо функционирование оборудования при указанных событиях;

составление перечня оборудования энергоблока, подлежащего квалификации, включающего оборудование систем, выполняющих функции безопасности при рассматриваемых исходных событиях;

выполнение категоризации оборудования в зависимости от выполняемых функций безопасности в ЖУ и при сейсмических воздействиях. Категоризация выполняется с целью определения объема требуемой квалификации оборудования и заключается в разделении оборудования на категории в зависимости от исходных событий, требующих функционирования оборудования, характера выполняемых функций и требований к работоспособности

в «жестких» условиях окружения и при сейсмических воздействиях. К разным категориям оборудования предъявляются различные требования по необходимости его функционирования во время и после ЖУ и сейсмических воздействий.

При выполнении экспертизы проектных исходных данных для КО РАЭС-1,2 экспертами обращалось внимание на следующие основные аспекты:

полноту перечня исходных событий аварий;

корректность установления квалификационных требований в части ЖУ и сейсмических воздействий. Распространенной ошибкой при определении сейсмических квалификационных требований для энергоблоков РАЭС-1, 2 была идентификация их только с балльностью землетрясения, в то время как исходя из известной международной практики, а также программ квалификации оборудования энергоблоков АЭС Украины сейсмическими квалификационными требованиями являются поэтажные спектры (рис. 1) или акселерограммы землетрясений. Каждому баллу сейсмического воздействия отвечает диапазон пиковых ускорений грунта, поэтому простое сравнение балльностей квалификационных характеристик оборудования с квалификационными требованиями неадекватно;

полноту перечня оборудования, подлежащего квалификации. В экспертизах было отмечено, что в некоторых случаях необоснованно исключено из дальнейшего рассмотрения (при квалификации на ЖУ) оборудование, отнесенное ко 2-му классу безопасности по НП 306.2.141–2008 [1];

корректность выполненной категоризации оборудования и ее соответствие установленным в программах КО критериям.

ОП РАЭС, с учетом замечаний экспертиз ГНТЦ ЯРБ, были доработаны отчетные документы, содержащие перечни исходных событий аварий, квалификационные требования к оборудованию РАЭС-1, 2, перечни оборудования, подлежащего квалификации, и отчеты по категоризации оборудования. Документы согласованы Госатомрегулирования.

Этап оценки состояния квалификации эксплуатируемого оборудования. Этап оценки состояния квалификации эксплуатируемого оборудования РАЭС-1, 2 начинался с установления начального состояния КО — сопоставления квалификационных характеристик с квалификационными требованиями, предъявляемыми к оборудованию. На этом этапе устанавливалось, в какой степени учтены

квалификационные требования к оборудованию во время его разработки, постановки на производство и изготовления. По результатам выполненного анализа оборудованию присваивался один из статусов: «квалификация установлена», «квалификация установлена частично» (например в случае, если установлена КО только на ЖУ или только на сейсмические воздействия или только на отдельные параметры ЖУ), «квалификация не установлена». Оборудование с частично установленной или не установленной квалификацией в дальнейшем подлежало повышению квалификации выбранными методами, о чем речь пойдет ниже.

Кроме оценки начального состояния, выполнялась также оценка текущего состояния КО — оценка изменения состояния квалификации за срок эксплуатации на момент выполнения мероприятий по квалификации.

При выполнении экспертиз анализировались:

корректность установления квалификационных характеристик в части ЖУ и сейсмических воздействий (на основании их сопоставления с данными технической документации на оборудование — ТУ, ТС, паспорта и пр.);

увеличение сейсмических квалификационных требований для встроенных элементов или оборудования, установленного на промежуточных отметках, что требуется в соответствии с ГОСТ 30546.1–98 [14]. Из опыта выполнения экспертиз отчетов об оценке начального состояния квалификации оборудования энергоблоков РАЭС-1, 2 на сейсмические воздействия можно отметить, что данное требование не всегда учитывалось и предъявляемые к оборудованию сейсмические квалификационные требования для отмеченных элементов оказывались заниженными, на что указывалось в отчетах о выполнении экспертиз;

влияние старения на выполнение оборудованием функций безопасности;

полнота учета результатов эксплуатационного контроля, испытаний, осмотров (технических освидетельствований), обследований, диагностики технического состояния оборудования в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов, замен деталей оборудования, а также результатов визуальных осмотров оборудования в рамках проведения квалификации;

корректность установления состояния КО.

В соответствии с [3], [9], [13] повышение состояния квалификации эксплуатируемого оборудования включает:

группирование оборудования из перечня оборудования с неподтвержденными квалификационными характеристиками на основе однозначно определенных критериев подобия (одинаковые типы, конструкция, рабочие параметры, функциональные требования, производитель и пр.);

выбор метода квалификации и выполнение квалификации с использованием выбранного метода (или их комбинаций) для определенного типопредставителя из групп оборудования;

компенсирующие мероприятия;

модификацию (замену отдельных узлов, деталей);

замену оборудования на новое, квалифицированное.

Метод квалификации оборудования РАЭС-1,2 на ЖУ выбирался и обосновывался в соответствующих методиках квалификации отдельных типопредставителей оборудования (арматуры, приводов, насосов, электродвигателей, кабелей, электрических шкафов, преобразователей давления, дозиметрических преобразователей).

Наиболее предпочтительным, достоверным, но и наиболее дорогостоящим методом квалификации являются испытания.

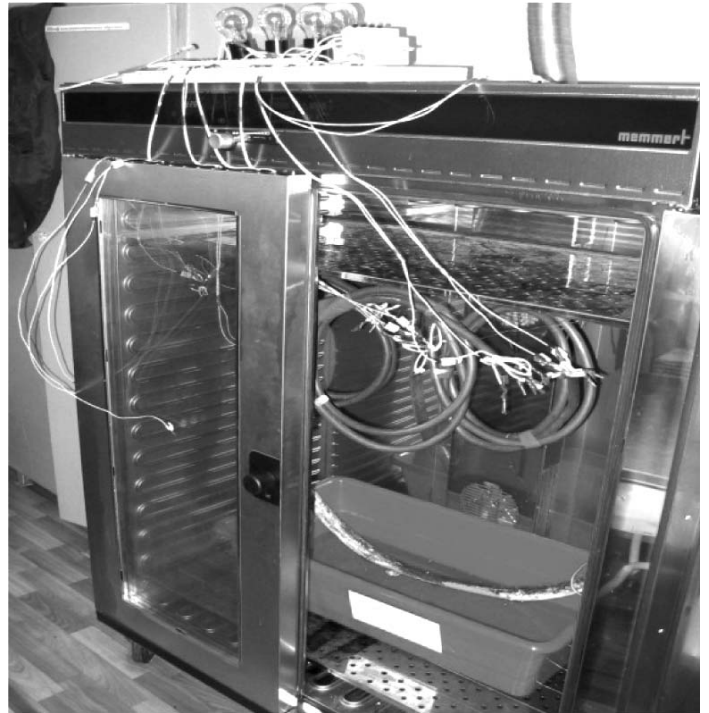


Рис. 2. Камера для моделирования аварийных и поставарийных условий с установленными образцами кабелей



Рис. 3. Общий вид размещения генератора виброколебаний и сейсмодатчиков на пневмоприводе для выполнения динамических испытаний оборудования по месту эксплуатации



Рис. 4 Вибростенд с закрепленным на нем электроприводом для выполнения испытаний оборудования в лабораторных условиях

Метод испытаний (или комбинация методов испытаний и анализа) является основным для квалификации электрического оборудования и оборудования информационно-управляющих систем (ИУС) на «жесткие» условия. Использование методов анализа и опыта эксплуатации без наличия результатов испытаний образцов оборудования (узлов, деталей, материалов и т. д.) для квалификации указанного оборудования на ЖУ неприемлемо. Испытания оборудования на сейсмостойкость — предпочтительный метод квалификации активного тепломеханического, электрического оборудования, оборудования ИУС и, в первую очередь, чувствительных элементов оборудования, таких как реле, контакторы, выключатели, преобразователи, датчики и т.п., сейсмостойкость которых невозможно, трудно или ненадежно оценивать посредством других методов (посредством расчетов или на основе опыта).

Метод анализа — наименее достоверный, но наиболее консервативный, недорогой метод квалификации. Он выполняется, когда испытания экономически не оправданы, невозможны, а также при адаптации имеющихся результатов квалификации аналогичного оборудования, выполненной на других энергоблоках. Сейсмический анализ применяется, в основном, для тепломеханического оборудования (компоненты 1-го контура, сосуды высокого давления, резервуары, теплообменники, насосы и пр.).

Метод опыта эксплуатации применяется, главным образом, для оценки сейсмической квалификации исходя из опыта работы аналогичного оборудования во время сейс-



Рис. 5. Модель для расчета на сейсмостойкость задвижки с электроприводом

мических событий (реальных или воспроизводимых на вибростендах).

Большинству оборудования РАЭС-1 для квалификации на ЖУ был назначен метод испытаний (72 %). Метод анализа применен для 26 % типопредставителей (в том числе адаптация результатов квалификации — для 8 %); комбинация методов анализа и испытаний — для 2 %. Для квалификации большинства оборудования РАЭС-2 на ЖУ использовался метод анализа — около 92 % (в том числе адаптация результатов квалификации — для 63 %). Такой подход логичен и оправдан с учетом однотипности оборудования энергоблоков №№ 1 и 2 РАЭС, а также п. 3.3.1 Программы квалификации [3], в соответствии с которой для сокращения затрат значительная часть работ по КО проводится для пилотных энергоблоков с последующей адаптацией и/или использованием полученных результатов для оборудования остальных энергоблоков.

ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков) для выполнения сейсмической квалификации оборудования РАЭС-1, 2 была разработана методика [15], которая в целом учитывает требования программных документов и СТП по выполнению квалификации оборудования, а также специальных стандартов, содержащих методы испытаний на стойкость оборудования к сейсмическим воздействиям, в частности [14], [16], [17]. К дискуссионным вопросам данной методологии относилось использование метода динамических испытаний оборудования по месту его эксплуатации, т. е. без его демонтажа и испытаний в специализированных лабораториях (один из задекларированных в [15] методов помимо «традиционных» испытаний в лабораторных условиях и анализа/адаптации). В частности, у экспертов возникли сомнения в возможности с помощью указанного метода подтвердить функциональность оборудования во время и после землетрясения, так как прикладываемые к оборудованию сейсмические ускорения будут меньше квалификационных требований. А функциональность электрического оборудования, оборудования ИУС с помощью расчетов подтвердить практически невозможно. Также отметим, что согласно методике [15] метод динамических испытаний по месту эксплуатации оборудования должен применяться только в случае невозможности демонтажа оборудования для проведения испытаний в лабораторных условиях.

В результате предложенный метод выполнения динамических испытаний оборудования по месту эксплуатации в связи с особенностями применяемого испытательного оборудования оказался малоэффективен для квалификации части электротехнического оборудования и оборудования ИУС категории А на сейсмические воздействия (оборудования, требующего подтверждения функциональности во время и после землетрясения), а также крупногабаритного оборудования. Методика ННЦ «Институт метрологии» должна быть доработана учетом реального опыта ее применения. Для части оборудования категории А РАЭС-1, 2 метод динамических испытаний по месту эксплуатации был заменен испытаниями на специальных вибростендах в лабораторных условиях согласно решениям Протокола рабочего совещания с участием представителей ГНТЦ ЯРБ, ОП РАЭС и ННЦ «Институт метрологии» [18].

К особенностям выбранного ННЦ «Институт метрологии» «прямого» метода выполнения квалификации без использования опыта квалификации оборудования энергоблоков других АЭС (на чем основан «непрямой» метод сейсмической квалификации оборудования — GIP (Generic Implemetation Procedure) [19], [20], широко использующийся в международной практике, а также для сейсмической квалификации оборудования некоторых энергоблоков АЭС Украины (ЮУАЭС-1, ХАЭС-2, РАЭС-4) относятся большие трудозатраты. Фактически каждая единица оборудования, подлежащего квалификации, подвергалась расчету или испытаниям. При повышении квалификационных требований к оборудованию (с учетом требований МАГАТЭ по использованию минимального значения пикового ускорения грунта не ниже 0,1g, уточнения акселерограмм землетрясений по результатам сейсмических исследований площадки, с учетом уроков аварии на АЭС «Фукусима-1») каждая единица оборудования должна будет подвергнуться новому трудоемкому анализу (в случае повторного выбора «прямого» метода сейсмической квалификации). В то же время, надлежащее использование «прямого» метода дает реальную картину сейсмостойкости конкретного оборудования конкретного энергоблока, но обычно он применяется на этапе проектирования энергоблока, а не на этапе его сейсмической переоценки.

При выполнении экспертиз материалов ОП РАЭС по повышению КО основное внимание также обращалось на: корректность выбора метода квалификации оборудования и возможность достижения при выборе этого метода оптимальных результатов. К примеру, если от оборудования требуется сохранение его работоспособности во время аварии или землетрясения, то выбранный метод должен четко подтверждать данное требование;

корректность группирования оборудования и выбора типопредставителей групп оборудования для проведения испытаний с целью дальнейшего распространения результатов квалификации выбранного типопредставителя на всю группу;

корректность, полноту и достаточность методик квалификации конкретных типов оборудования на ЖУ и сейсмические воздействия;

последовательность проведения квалификационных испытаний (выполнено ли ускоренное термическое, радиационное, эксплуатационное старение);

корректность построения моделей оборудования, приложенных нагрузок, результатов расчетов в случае, если для квалификации выбран метод анализа;

возможность применения для конкретного оборудования адаптации результатов квалификации однотипного оборудования других энергоблоков АЭС и применения опыта эксплуатации;

соответствие отчетов об испытаниях или выполненных анализах с приложениями (акты, протоколы испытаний, расчеты и пр.) согласованным ранее методикам квалификации;

достаточность выбранных компенсирующих мероприятий.

Результаты квалификации оборудования энергоблоков №№ 1, 2 РАЭС. Результаты оценки начального состояния КО РАЭС-1, 2 на «жесткие» условия окружения (сравнения квалификационных требований, предъявляемых к оборудованию, с его квалификационными характеристиками согласно технической документации на оборудование) приведены в табл. 1, на сейсмические воздействия — в табл. 2.

Таблица 1. Результаты оценки начального состояния квалификации на ЖУ тепломеханического (ТМО), электротехнического (ЭТО) и оборудования ИУС РАЭС-1,2

Количество единиц оборудования, шт./%	Статус начального состояния КО на ЖУ		
	КУ ¹ , шт./%	КУЧ ² , шт./%	КНУ ³ , шт./%
РАЭС-1: 644/57 (ТМО)	173/15	174/15	297/27
480/43 (ЭТО и ИУС)	109/10	336/30	35/3
1124/100 (итого)	282/25	510/45	332/30
РАЭС-2: 1107/100 (итого)	345/31	507/46	255/23

¹ КУ — квалификация установлена

² КУЧ — квалификация установлена частично

³ КНУ — квалификация не установлена

Таблица 2. Результаты оценки начального состояния квалификации на сейсмические воздействия оборудования РАЭС-1, 2

Количество единиц оборудования, подлежащего квалификации на СВ, шт./%	Статус начального состояния КО на сейсмические воздействия	
	КУ, шт./%	КНУ, шт./%
РАЭС-1: 3421/100	1129/33	2292/67
РАЭС-2: 3347/100	1108/33	2239/67

По результатам работ по повышению квалификации оборудования РАЭС-1, 2 на «жесткие» условия окружения ОП РАЭС выпускались отчеты о выполнении квалификации выбранных ранее типопредставителей, результаты которых распространялись на все оборудование, входящее в соответствующие группы. В итоге не подтвердившим квалификацию на ЖУ было признано следующее оборудование энергоблока № 1 РАЭС:

электропривод типа Мо 125/160–72, поскольку образцы критических элементов электропривода не смогли быть представлены для проведения лабораторных испытаний (количество единиц оборудования — 12 шт.);

электропривод типа А 1-й категории, поскольку представленный ОП РАЭС образец не выдержал квалификационных испытаний (количество единиц оборудования — 13 шт.);

сборки РТЗО-69, которым присвоен текущий статус «квалификация не установлена» по оценке начального состояния, поскольку предназначенный для данного оборудования метод испытаний не был реализован по причине больших габаритных размеров и невозможности представления образца для проведения испытаний (количество единиц оборудования — 2 шт.);

преобразователи давления типов «Сапфир-22» ДИ-2160 (11 шт.), ДМЭР-МИ (1 шт.), МПЭ-МИ (1 шт.), ЭКМ-1У (5 шт.). Им присвоен квалификационный статус «квалификация установлена частично», поскольку указанное оборудование в связи с запланированной заменой не прошло испытания.

Из перечня квалификации оборудования энергоблока № 2 РАЭС не прошедшими квалификацию на ЖУ были признаны электроприводы типа А 1-й категории (количество единиц оборудования — 17 шт.), две сборки РТЗО и 10 преобразователей давления (ЭКМ-1У и МПЭ-МИ).

Согласно разработанным ОП РАЭС и согласованным Госатомрегулирования техническим решениям, все не квалифицированное на ЖУ оборудование энергоблоков №№ 1, 2 РАЭС подлежит замене в 2011–2012 гг.

В настоящее время ГНТЦ ЯРБ выполняет экспертизу заключительного отчета о квалификации оборудования энергоблока № 1 РАЭС, содержащего результаты выполнения работ по повышению квалификации оборудования с неустановленным начальным статусом сейсмической квалификации, а также результаты оценки текущего состояния сейсмической квалификации оборудования РАЭС-1.

Этап сохранения квалификации. По завершению этапа оценки состояния квалификации оборудования необходимо выполнение определенных мероприятий для обеспечения соответствия оборудования условиям и ограничениям квалификации на протяжении всего срока эксплуатации (сохранение квалификации). Такие мероприятия включают:

контроль установки и технического обслуживания оборудования и его составляющих;

контроль использования заменяемых и запасных частей (должны быть квалифицированы);

контроль модификаций АЭС, включая верификацию перечня оборудования, подлежащего квалификации, квалификационных требований и условий эксплуатации;

мониторинг состояния оборудования.

Запланированные ОП РАЭС мероприятия по сохранению квалификации оборудования РАЭС-1, 2 на ЖУ описаны в отчетах по итогам квалификации отдельных типопредставителей оборудования, которые проходили экспертизу в ГНТЦ ЯРБ и после устранения замечаний были согласованы Госатомрегулирования. Соответствующие мероприятия должны быть предусмотрены и для оборудования, подлежащего сейсмической квалификации.

Выводы

По результатам выполненных на данный момент работ по квалификации оборудования энергоблоков №№ 1, 2 РАЭС на «жесткие» условия окружающей среды и сейсмические воздействия можно отметить:

работы по КО РАЭС-1,2 выполнялись в соответствии с требованиями действующих в Украине норм, правил и стандартов по ЯРБ, в частности [1], [2], детализирован-

ных эксплуатирующей организацией технических требований к выполнению квалификации, изложенных в Программах квалификации [3], [13], СТП НАЭК «Энергоатом» [9]–[12], а также в разработанных ОП РАЭС методиках квалификации отдельных типопредставителей оборудования;

по итогам выполнения работ по квалификации оборудования РАЭС-1, 2 на «жесткие» условия окружающей среды, которые могут возникнуть в помещениях в результате проектных аварий, выявлено оборудование, не прошедшее квалификацию. Согласно разработанным ОП РАЭС и согласованным Госатомрегулирования техническим решениям, все не квалифицированное на ЖУ оборудование РАЭС-1, 2 подлежит замене в 2011–2012 гг.;

в ходе выполнения работ по сейсмической квалификации оборудования выяснилось, что метод ННЦ «Институт метрологии» динамических испытаний оборудования по месту эксплуатации (с помощью которого планировалось квалифицировать большую часть оборудования РАЭС-1, 2 на сейсмические воздействия) оказался малоэффективен для квалификации электротехнического оборудования и оборудования ИУС категории А (требующего подтверждения функциональности оборудования во время и после землетрясения), а также крупногабаритного оборудования. Оборудование категории А РАЭС-1, 2 подлежит сейсмическим испытаниям в лабораторных условиях. В настоящее время работы по повышению квалификации оборудования РАЭС-1, 2 продолжаются;

эксплуатирующей организации надлежит выполнить комплекс работ по подтверждению сейсмостойкости трубопроводов, а также строительных конструкций зданий и сооружений энергоблоков АЭС Украины, в которых расположено оборудование, важное для безопасности, с учетом предъявляемых сейсмических квалификационных требований;

комплекс работ по квалификации оборудования энергоблоков РАЭС-1, 2 на ЖУ и сейсмические воздействия являлся первым самостоятельным опытом Украины в части выполнения такого сложного и трудоемкого объема работ (это касается как ГП НАЭК «Энергоатом» и ОП РАЭС, непосредственно выполняющих эти работы, так и Госатомрегулирования и ГНТЦ ЯРБ со стороны регулирования данного процесса и технической оценки документации по КО);

полученный опыт будет использован при выполнении работ по квалификации оборудования других энергоблоков АЭС Украины и, в первую очередь, оборудования энергоблоков № 1 Южно-Украинской АЭС и № 1 Запорожской АЭС, проектные сроки эксплуатации которых истекают в 2012 и 2014 гг., соответственно. В настоящее время ГНТЦ ЯРБ выполняет экспертизы материалов эксплуатирующей организации по квалификации оборудования этих и других энергоблоков АЭС Украины, находящихся в эксплуатации.

Список литературы

1. *НП 306.2.141–2008*. Загальні положення безпеки атомних станцій.
2. *НП 306.2.099–2004*. Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки.
3. Программа работ по квалификации оборудования АЭС ГП НАЭК «Энергоатом». ПМ-Д.0.03.476–09.

4. IAEA Equipment qualification in operational nuclear power plants: upgrading, preserving and reviewing. Safety Reports Series No 3, 1998.

5. IAEA Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.6, 2003.

6. IAEA Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No, NS-G-2.10, 2003.

7. IEC 60780: Nuclear Power Plants — Electrical equipment of the Safety System — Qualification, 1998.

8. IEC 60980: Recommended Practices for Seismic Qualification of Electrical Equipment of the Safety System for Nuclear Generating Stations, 1989.

9. *СТП 0.03.050–2009*. Квалификация оборудования и технических устройств АЭС. Общие требования.

10. *СТП 0.03.082–2009*. Квалификация оборудования, важного для безопасности, на сейсмические воздействия. Общие требования.

11. *СТП 0.03.083–2009*. Квалификация оборудования на условия окружающей среды. Общие требования.

12. *СТП 0.03.078–2009*. Система управления качеством при квалификации оборудования. Общие требования.

13. Программа работ по квалификации оборудования энергоблоков № 1, 2 ОП РАЭС. 191–123-ПР-КО-07.

14. *ГОСТ 30546.1–98*. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости.

15. Методика оценки сейсмостойкости оборудования, установленного на месте эксплуатации в реальных условиях АЭС для энергоблоков № 1, 2 ОП РАЭС. 191–16-М-10.

16. *ГОСТ 30546.3–98*. Методы определения сейсмостойкости машин, приборов и других технических изделий, установленных на месте эксплуатации, при их аттестации или сертификации на сейсмическую безопасность.

17. *ГОСТ 30630.1.1–99*. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Определение динамических характеристик конструкций.

18. Протокол рабочего совещания по вопросам выполнения сейсмической квалификации оборудования энергоблоков 1, 2 ОП РАЭС и согласования объемов отчетных материалов от 13.10.10 / ГНТЦ ЯРБ.

19. Generic Implementation Procedure [GIP] for Seismic Verification of Nuclear Power Plant Equipment. Rev. 2. SQUG [Seismic Qualification Utility Group]. 1992.

20. Earthquake Experience and Seismic Qualification by Indirect Methods in Nuclear Installations, IAEA TECDOC Series No. 1333, 2003.

Надійшла до редакції 17.06.2011.