

УДК 621.039.058

А.Л. КЛЕВЦОВ

Государственный НТЦ по ядерной и радиационной безопасности, Украина

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НОВЫХ И МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ АЭС

Статья посвящена обобщению опыта проведения экспертиз ядерной и радиационной безопасности ИУС АЭС в Харьковском филиале ГНТЦ ЯРБ. В статье рассмотрены подходы и принципы сбора и систематизации данных по результатам экспертиз, выполненных в ХФ ГНТЦ ЯРБ, с целью осуществления последующего статистического анализа, что позволит выявить неблагоприятные тенденции и наиболее проблемные аспекты, на которые следует обратить особое внимание при оценке безопасности ИУС АЭС в будущем.

информационные и управляющие системы, атомные электростанции, оценка безопасности, экспертиза ядерной и радиационной безопасности, регулирующие требования, статистическая оценка

Введение

За период с 1995 года по 2007 год Харьковским филиалом (ХФ) ГНТЦ ЯРБ накоплен большой опыт проведения экспертиз по ядерной и радиационной безопасности (ЯРБ) новых и модернизируемых информационных и управляющих систем, важных для безопасности АЭС. В течение этого времени ХФ ГНТЦ ЯРБ было выполнено более 500 экспертиз различных документов, обосновывающих безопасность информационных и управляющих систем (ИУС) АЭС.

Наличие столь значительного объема выполненных экспертиз ЯРБ позволяет провести их систематизацию и последующий статистический анализ. Выполнение такой работы представляется целесообразным по нескольким причинам.

Во-первых, систематизация результатов может стать основой для формализации процесса экспертизы и выработки общего алгоритма оценки безопасности. Это, в свою очередь, будет использовано для создания автоматизированной системы информационной поддержки экспертной деятельности.

Во-вторых, статистический анализ результатов выполнения экспертиз позволит выявить различные неблагоприятные тенденции, на которые экспертам следует обращать особое внимание при оценке безопасности ИУС АЭС.

К настоящему моменту в ХФ ГНТЦ ЯРБ реализован первый этап работы, во время которого обобщены и систематизированы имеющиеся результаты выполнения экспертиз.

Оценка безопасности информационных и управляющих систем АЭС

Стремительное развитие, которое в последние годы происходит в сфере создания микропроцессорной и компьютерной техники и разработки программного обеспечения, приводит к существенному расширению возможностей информационных и управляющих систем, применяемых в отраслях промышленности, критических с точки зрения безопасности (в том числе, в ядерной энергетике). Как результат, в Украине, как и во многих других странах, уже более 10 лет происходит широкомасштабная модернизация существующих и внедрение новых ИУС и их компонентов на АЭС с целью повышения уровня их безопасной эксплуатации. В том числе, значительное число новых (модернизированных) ИУС АЭС проходили процедуру оценки безопасности в ХФ ГНТЦ ЯРБ.

В табл. 1 приведен перечень основных ИУС АЭС, которые были внедрены или модернизированы на энергоблоках АЭС Украины и проходили экспертизу в ХФ ГНТЦ ЯРБ.

Таблица 1

Основные ИУС и ПТК, экспертиза которых была проведена ХФ ГНТЦ ЯРБ

Наименование системы или ее компонента	Класс безопасности	Разработчик	АЭС, блок
ПТК системы аварийной и предупредительной защиты	2	ЗАО «Радий» (Украина)	ХАЭС 1, 2; РАЭС 3, 4; ЗАЭС 1-3, ЮУ АЭС 1
		НПП «Хартрон» (Украина)	Головной образец
Автоматический регулятор мощности, регулятор ограничения мощности	3	СНИИП (Россия)	ЮУ АЭС 1
Автоматический регулятор мощности, регулятор ограничения мощности, система промышленной антисейсмической защиты	2	НПП «Хартрон» (Украина)	РАЭС 1, 2
ПТК автоматического регулятора мощности, регулятора ограничения мощности, ускоренной предупредительной защиты	2	ЗАО «Радий» (Украина)	ХАЭС 1; РАЭС 3, 4; ЮУ АЭС 1; ЗАЭС 1
Система управления уровнем воды в парогенераторе	3	ООО «Вестрон» (Украина)	ЮУ АЭС 1, 2, 3
Автоматизированная система управления турбиной	3	ДП ХПЗ им. Шевченко (Украина)	ЗАЭС 1, 2
Система автоматического регулирования системы нормальной эксплуатации реакторного отделения	3	ДП ХПЗ им. Шевченко (Украина)	ХАЭС 1, 2; РАЭС 4
Система автоматического регулирования турбинного отделения	3	ДП ХПЗ им. Шевченко (Украина)	РАЭС 4; ЗАЭС 3-6; ХАЭС 1, 2
Система автоматического регулирования управляющей системы безопасности	2	ДП ХПЗ им. Шевченко (Украина)	РАЭС 4
ПТК управляющей системы безопасности	2	ЗАО «Радий» (Украина)	ЮУ АЭС 1
Система управления машиной перегрузочной	2	Evig, Ganz (Венгрия)	ЮУ АЭС 1, 2; РАЭС 1, 2, 4
		ЗАО «Диаконт» (Россия) ЗАО «Радий» (Украина)	РАЭС 1, 2
		ОГПУ (Украина)	ЗАЭС-1; РАЭС 4
		ИПАС (Украина)	РАЭС 3
Система группового и индивидуального управления	2	Шкода (Чехия)	ХАЭС 1; РАЭС 4
		ЗАО «СНПО «Импульс» (Украина)	РАЭС 1, 2
		ЗАО «Радий» (Украина)	Головной образец
Информационно-вычислительная система	3	ООО «Вестрон» (Украина)	ЮУ АЭС 1, 2, 3
		SYSECA (Франция)	РАЭС 1, 2
		ХИКА (Украина), ЗАО «СНПО «Импульс» (Украина)	ХАЭС 1, 2; РАЭС 3, 4; ЗАЭС 3
Система представления параметров безопасности	3	«Вестингауз» (США) ООО «Вестрон» (Украина)	ЗАЭС 5; ХАЭС 1; ЮУ АЭС 1
Аппаратура контроля нейтронного потока	2	ЗАО «СНПО «Импульс» (Украина)	ЗАЭС 1-4; ХАЭС 2; РАЭС 4; ЮУ АЭС 3
Система внутриреакторного контроля	3	ЗАО «СНПО «Импульс» (Украина)	ЗАЭС 3; ХАЭС 1, 2; РАЭС 3, 4; ЮУ АЭС 2
		РНЦ КИ, Тензор (Россия)	РАЭС 1, 2
		«Вестингауз» (США) ООО «Вестрон» (Украина)	ЮУ АЭС 3

Оценка безопасности проводится на разных этапах жизненного цикла (ЖЦ) создания и внедрения ИУС [1]. На каждом этапе ЖЦ ИУС, соответствующем определенному виду деятельности, разрабатывается документ, в котором описывается работа по созданию системы, выполненная на данном этапе. Результат выполнения этой работы может служить основанием для генерации следующего этапа создания ИУС. В каждом их документов приводится описание и обоснование мер, принятых при создании ИУС с точки зрения обеспечения безопасности.

В соответствии с принятым порядком, который описан в нормативных документах Украины по каждой из указанных систем должны быть представлены на экспертизу ЯРБ и согласованы органом регулирования ядерной и радиационной безопасности следующие основные типы документов, обосновывающие безопасность ИУС АЭС:

- Техническое решение (ТР) о реконструкции;
- Техническое задание/технические условия (ТЗ/ТУ);
- Изменения (дополнения) к ТЗ/ТУ;
- План верификации;
- Отчет по верификации;
- План валидации;
- Отчет по валидации;
- Программа обеспечения качества;
- ТР о монтаже ИУС на АЭС;
- Программа и методика испытаний на АЭС;
- Отчет по результатам испытаний на АЭС;
- Отчет по анализу надежности;
- Предварительный отчет по анализу безопасности (ОАБ);
- Программа опытной эксплуатации;
- Отчет об опытной эксплуатации;
- Изменения в техническом обосновании безопасности;
- Изменения в технологическом регламенте безопасной эксплуатации;
- Окончательный ОАБ.

Следует отметить, что приведенный перечень не является жестко регламентированным и в ряде случаев может изменяться. Кроме того, некоторые документы из этого перечня могут быть согласованы Регулирующим органом без проведения экспертизы ЯРБ. Однако, как правило, большинство указанных документов проходят экспертизу в ГНТЦ ЯРБ по каждой из внедряемых ИУС АЭС. Поэтому представляется вполне возможным и целесообразным обобщение результатов проведения экспертиз ЯРБ и выполнения их статистической оценки.

Выполнение работ на всех этапах ЖЦ ИУС базируется на основе обязательного соблюдения требований нормативных документов по ядерной и радиационной безопасности, действующих в Украине. Экспертная организация проводит оценку документов, обосновывающих безопасность ИУС АЭС, на предмет их соответствия требованиям ЯРБ и выпускает экспертные заключения с результатами оценки этих документов. Оценка осуществляется по методике описанной в [2]. Согласно [3] оценка безопасности проводится для выявления слабых мест в процессе создания новых или модернизированных ИУС и включает систематическое критическое рассмотрение путей возможных отклонений от требований норм и правил по безопасности.

Регулирующий орган на основании оценок и рекомендаций экспертов определяет возможность и условия согласования представленного документа и/или технического решения эксплуатирующей организации.

В общем случае таким условием является соответствие ИУС и всех ее компонентов предъявляемым к ним регулирующим требованиям, подтверждение экспертизой документов, обосновывающих безопасность. При наличии несоответствий, обнаруженных при экспертизе, условия согласования предусматривают их устранение до начала очередного этапа разработки.

Конкретный набор требований, предъявляемых к

ИУС АЭС, зависит от типа документа обосновывающего безопасность (и тем самым, также зависит от этапа жизненного цикла ИУС, на котором производится оценка безопасности). Таким образом, при экспертизе для каждого конкретного документа, обосновывающего безопасность, формируется соответствующее множество требований, выполнение которых должно быть отражено в данном документе. В результате проведенной систематизации была составлена специальная таблица, в которой установлена взаимосвязь между рассматриваемыми требованиями и типами документов, обосновывающих безопасность.

С учетом указанной взаимосвязи к настоящему моменту проведен сбор данных по результатам отражения выполнения требований норм, правил и стандартов по ЯРБ в различных документах, обосновывающих безопасность ИУС АЭС, которые проходили экспертизу в ХФ ГНТЦ ЯРБ.

Эти сведения помещены в базу данных, структура которой выглядит следующим образом:

- наименование АЭС;
- номер энергоблока;
- наименование ИУС;
- класс безопасности ИУС;
- предприятие-разработчик ИУС;
- номер экспертного заключения;
- тип экспертируемого документа;
- название регулирующего требования;
- категория замечания (см. ниже).

В БД включено более 7500 записей, отражающих выполнение регулирующих требований в более чем 500 отчетах о проведении экспертиз ЯРБ.

На основе этих данных будет выполняться статистический анализ [4], который даст возможность выявить различные неблагоприятные тенденции, на которые экспертам следует обращать особое внимание, при проведении оценки безопасности в будущем. К возможным целям такого анализа относятся:

1. Выявление наиболее проблемных требований,

выполнений которых хуже всего отражается в документах, обосновывающих безопасность.

2. Выявление систем, которые являются наиболее проблемными с точки зрения выполнения требований норм, правил и стандартов по ЯРБ.

3. Выявление разработчиков, которые выпускают документы, обосновывающие безопасность, наиболее низкого качества (т.е. с наибольшим количеством замечаний к ним со стороны экспертов).

4. Выявление систем и предъявляемых к ним требований, по которым были сделаны наиболее жесткие и принципиальные замечания экспертизом, ввиду выявления несоответствий, оказывающих существенное влияние на безопасность.

5. Возможное обнаружение других особенностей и тенденций, которые следует учитывать в процессе выполнения экспертиз ЯРБ.

Классификация замечаний экспертизы

Если при экспертизе выявлены требования, выполнение которых недостаточно отражено в документе, обосновывающем безопасность, то эксперты формулируют свои замечания к обнаруженным несоответствиям. Опыт оценки безопасности ИУС АЭС в ХФ ГНТЦ ЯРБ позволяет систематизировать и ввести определенную классификацию замечаний экспертизы.

Предлагается классифицировать замечания экспертизы по следующим классификационным признакам (см. табл. 2):

- влияние на безопасность АЭС;
- своевременность (по отношению ко времени поступления документа на экспертизу);
- способ устранения замечания;
- необходимость учета замечаний.

Предложенная классификация замечаний полезна не только ретроспективно, с целью анализа уже проведенных экспертиз, но и перспективно, для упорядочивания и структурирования замечаний при оформлении отчетов о проведении экспертиз.

Таблица 2

Классификация замечаний экспертизы

Классификационный признак	Классификационная группировка		Правило деления внутри классификационной группировки
	Наименование	Обозначение	
Влияние на безопасность	Категория	I	Замечание экспертизы направлено на устранение возможной опасности
		II	Замечание экспертизы направлено на получение необходимой уверенности в безопасности
		III	Замечание экспертизы направлено на улучшение качества документа, представленного на экспертизу
Своевременность	Группа	1	Замечание экспертизы не требует корректировки выпущенных документов (должно быть учтено на последующих стадиях создания или модернизации ИУС)
		2	Замечание экспертизы требует корректировки экспертируемого документа
		3	Устранение несоответствия, указанного в замечании экспертизы, требует корректировки ранее выпущенных документов
Способ устранения	Класс	A	Для устранения несоответствия достаточно представления дополнительных документов, обосновывающих безопасность (расчетов, справок и т.п.)
		B	Для устранения несоответствия требуется корректировка документации без изменения принципиальных решений
		B	Для устранения несоответствия необходимо проведение дополнительных испытаний (проверок): - системы в целом (1); - программно-технического комплекса (2); - отдельных технических средств (3); - программного обеспечения (4)
		Г	Для устранения несоответствия требуется изменение принципиальных решений: - системотехнических (1); - схемных (2); - конструктивных (3); - программных (4)
Необходимость учета замечаний	Вид	N	В результате последующего обсуждения согласована возможность не учитывать замечание экспертизы
		Y	Замечание экспертизы должно быть учтено

Основываясь на приведенной классификации, для всех замечаний экспертизы можно установить их категорию и проанализировать полученные результаты и учитывать их в будущем при проведении экспертиз. Наибольшее значение имеет классификация замечаний по влиянию на безопасность. Именно поэтому категория замечания учитывается при создании БД со статистическими данными по результатам выполненных экспертиз, а остальные классифи-

кационные признаки игнорируются. Это также объясняется тем, что из всех указанных классификационных признаков, только категория может быть оценена ретроспективно. В дальнейшем заполнение рассмотренной БД будет осуществляться параллельно с выполнением экспертизы, поэтому появится возможность включения в БД сведений о классе, группе и виде замечания, что повысит полноту статистического анализа.

Выводы

В настоящей статье представлены обобщенные результаты выполнения оценки безопасности ИУС АЭС в ХФ ГНТЦ ЯРБ. На основе этой информации проведен сбор данных и будет выполнен их статистический анализ, с целью повышения эффективности и качества выполняемых экспертиз.

На этом этапе исследования проведена работа по сбору и систематизации данных, показывающих степень выполнения требований норм, правил и стандартов по ЯРБ в документах, обосновывающих безопасность ИУС АЭС. Эти данные извлечены из отчетов о проведении экспертиз ЯРБ, выпущенных ХФ ГНТЦ ЯРБ за период с 1995 по 2007 годы.

На следующих этапах работы будет выполнен статистический анализ результатов экспертиз ЯРБ по различным направлениям.

Результаты проведенного статистического анализа по итогам оценки безопасности ИУС АЭС в ХФ ГНТЦ ЯРБ будут подробно освещены в последующих публикациях.

Выполнение статистического анализа результатов оценки безопасности ИУС АЭС при выполнении экспертиз ЯРБ является актуальной задачей для ХФ ГНТЦ ЯРБ.

Литература

1. Ястребенецкий М.А., Васильченко В.Н., Виноградская С.В., Гольдрин В.М., Розен Ю.В., Спектор Л.И., Харченко В.С. Безопасность атомных станций: информационные и управляющие системы (под ред. М.А.Ястребенецкого). – К.: Техника, 2004. – 471 с.
2. ГНД 306.7.02/2.041-2000. “Методика оценки соответствия информационных и управляющих систем, важных для безопасности атомных станций, требованиям по ядерной и радиационной безопасности”.
3. INSAG-12. Basic safety principles for nuclear power plants // 75-INSAG-3 Rev.1. IAEA. – Vienna, 1999.
4. Горяинов В.Б., Павлов И.В., Цветкова Г.М. и др. Математическая статистика (под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко). – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 424 с.

Поступила в редакцию 12.02.2008

Рецензент: заслуженный деятель науки и техники Украины, д-р техн. наук, проф. М.А. Ястребенецкий, Государственный научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, Харьков.