

Г.В.Лисиченко, д.т.н., чл.-корр. НАН Украины, зам. директора Института геохимии окружающей среды НАН Украины

В.В.Турбаевский, к.т.н., зам. начальника цеха радиационной безопасности ОП «Запорожская АЭС»

## **СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЯХ НА АЭС: СОСТОЯНИЕ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

Рассмотрены преимущества и недостатки СППР, предполагаемых для использования как на ОП АЭС, так и в КЦ и АТЦ НАЭК.

### **Введение**

В ГП НАЭК «Энергоатом» (далее - НАЭК) функционирует система аварийной готовности и реагирования (САР), целью которой является предотвращение и минимизация радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду в случае радиационных аварий на АЭС. САР объединяет силы и ресурсы аварийного реагирования, распределенные среди АЭС и других подразделений Компании, в единую систему.

Для обеспечения возможности информировать местные и центральные органы власти об ожидаемых дозовых нагрузках населения, предоставления прогнозов и рекомендаций по защите персонала и населения ОП АЭС НАЭК используют следующие системы поддержки принятия решений (СППР) в аварийных ситуациях, разработанные для зон наблюдения (ЗН) АЭС:

- СППР «КАДО» применяется на Ровенской АЭС, начиная с 2003 г. Метеорологические данные на РАЭС измеряются с помощью стационарной метеостанции MAWS-301, стационарной системы высотного зондирования атмосферы SODAR PA5+RASS и двух мобильных контрольных постов: мобильной метеостанции MAWS-110 и мобильной станции SODAR PA0. Всего в состав автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) входят 16 постов радиационного контроля на площадке АЭС и 13 постов в ЗН.

- На Хмельницкой АЭС ведутся работы по модернизации существующей АСКРО и внедрению адаптированной для ХАЭС системы «КАДО». Оборудование для метеорологических измерений аналогично применяемому на Ровенской АЭС. В АСКРО входят 4 поста радиационного контроля на площадке АЭС и 11 постов в ЗН.

- На Южно-Украинской АЭС применяется СППР «ВЫБРОС». Эта система является устаревшей не способна предоставлять качественную поддержку при принятии решений во время радиационной аварии. В настоящее время запланирована установка двух метеостанций MAWS-301 и SODAR PA-2. В АСКРО входят 12 постов радиационного контроля на

площадке АЭС, 17 постов в ЗН, а также 2 мобильных поста.

- На Запорожской АЭС используется СППР «InterRAS». Эта система также не способна предоставлять качественную поддержку принятия решений во время развития радиационной аварии из-за наличия необходимости ручного ввода данных как о характеристиках и изотопном составе предполагаемого выброса (здесь и далее под выражением «выброс» подразумевается газо-аэрозольный выброс радиоактивных веществ в атмосферу, а под выражением «сброс» - жидкий сброс радиоактивных веществ на территорию промышленной площадки, включая водоем-охладитель ЗАЭС, или жидкий сброс в прилегающие водоемы), так и о состоянии атмосферы, причем изменение характеристик выброса и погодных данных в процессе прогнозирования не предусмотрено. Для метеорологических измерений используются две устаревшие метеостанции, введенные в эксплуатацию до 1995 г. Оборудование для измерения метеорологических параметров на различных высотах и мобильные установки для определения метеорологических и радиационных параметров в ЗН отсутствует. В АСКРО входят 4 поста радиационного контроля на площадке АЭС и 14 постов в ЗН. Некоторое время назад была начата работа по разработке СППР «ПРОЗА», однако в связи с объективными причинами была завершена разработка только нескольких модулей указанной СППР.

Указанные СППР ЮУАЭС и ЗАЭС используют различные расчетные методики, и не способны обрабатывать метеорологические данные и данные, характеризующие радиационное состояние ядерной энергетической установки (ЯЭУ), помещений, зданий, сооружений и окружающей среды в целом в режиме реального времени, и не в полной мере отвечают требованиям п.6.8.5 [1], п.5.1.4-6, 5.2.4, и, особенно, 5.2.6 [2].

Таким образом, в настоящее время в Украине отсутствует современная СППР для аварийного реагирования при радиационных авариях, предусмотренная требованиями пп.5.21-5.22 [3] и перечисленными выше требованиями [2], основанная на возможности:

- получения исходных данных о характеристиках (включая изотопный состав) выброса и сброса радиоактивных веществ в режиме реального времени, что предусмотрено требованиями п.5.2.6 [2];
- использования численных прогнозов распространения радиоактивных веществ в атмосфере, гидросфере, осадения на поверхность земли и распространение по пищевым цепочкам;
- прогнозирования погоды (для моделирования атмосферного рассеивания радионуклидов) с использованием данных реального времени от метеостанций с высотным зондированием атмосферы совместно с данными Госкомгидромета и программ прогнозирования, таких, как IMWM, WMO или подобных;
- использования данных реального времени, получаемых от систем радиационного и технологического контроля (СППР оператора ЯЭУ, СППР

РБ, АСКРО) на АЭС, для автоматической или интерактивной корректировки прогнозов и предлагаемых мер, направленных на защиту персонала и населения (п.5.2.6, 5.3.8 [2]).

Системой, которая в наиболее полном объеме готова выполнять указанные выше функции, может быть СППР “RODOS”.

### ***Развитие СППР в НАЭК***

В настоящий момент НАЭК реализует программу совершенствования СППР на всех ОП АЭС, суть которой заключается в разработке и адаптации для всех площадок ОП АЭС программного расчетного комплекса «КАДО», разработчиком которого является НИИ радиационной защиты АТН Украины. Как было указано выше, программный комплекс находится в опытной эксплуатации на РАЭС, и до 2013 года запланирована установка и адаптация указанного комплекса на все ОП АЭС Украины.

Кроме того, на завершающей стадии согласования с Европейской Комиссией в рамках программы «мягкой» помощи находится техническое задание на совершенствование системы централизованного аварийного реагирования, базирующееся на европейской СППР «RODOS» [4] (модификации JRODOS). Сервер такой системы предполагается установить в кризисном центре (КЦ) НАЭК с рабочими местами пользователей на ОП АЭС и в аварийно-техническом центре (АТЦ). Проект должен обеспечить полную адаптацию системы RODOS ко всей территории Украины и к особенностям площадок всех украинских АЭС.

Проект создания центрального сервера «RODOS» в НАЭК находится в тесной взаимосвязи с проектом «мягкой» помощи Европейской Комиссией для Государственной инспекции ядерного регулирования (ГИЯР) U3.01/08 «Помощь Госатомрегулирующему во внедрении RODOS в Информационно-аварийном центре», при реализации которой указанная СППР будет адаптирована для всей территории Украины и для специфических условий Ровенской и Запорожской АЭС.

Следует отметить, что перечисленные выше программные комплексы, в соответствии с (предварительными для «RODOS») техническими заданиями на их разработку, не классифицируются по [1], несмотря на то, что непосредственно выполняют функцию радиационной защиты персонала и населения, и, вероятно, должны относиться к 3 классу безопасности в соответствии с п.1.5 Приложения [1].

### **Цель работы**

Целью настоящей работы является рассмотрение преимуществ и недостатков СППР, предполагаемых для использования как на ОП АЭС, так и в КЦ и АТЦ НАЭК. Кроме того, выполнен анализ соответствия предлагаемых для установки на объектах НАЭК СППР требованиям как национальной, так и международной нормативной документации в области аварийного реагирования. Рассмотрена применимость и быстрдействие предлагаемых СППР, и возможность их качественного использования при вероятных радиационных авариях на АЭС. Предложен вариант направления

совершенствования системы аварийного реагирования как на ОП АЭС, так и в НАЭК, с учетом разрабатываемых и существующих систем.

### **Основные требования к СППР и возможности их реализации**

Основной сложностью при использовании аварийных СППР на АЭС при радиационных авариях является необходимость ручного ввода данных о характеристиках выброса, в частности об изотопном составе такового.

Большинство используемых систем предполагают применение некоторого «стандартного» выброса для известных и прогнозируемых аварийных ситуаций, без учета реального состояния активной зоны и основного оборудования первого контура. Очевидно, что реальный, неконтролируемый штатными средствами радиационного контроля (РК), выброс или сброс радиоактивных веществ может значительно отличаться от «стандартного» как по мощности, так и по составу.

Штатный радиационный контроль предполагает непрерывное измерение инертных радиоактивных газов (ИРГ), долгоживущих нуклидов (ДЖН) и йодной составляющей газо-аэрозольного выброса только через вентиляционную трубу энергоблока [5]. С другой стороны, возможно использование системы контроля содержания радионуклидов в воздухе герметичного ограждения ЯЭУ. Однако, в соответствии с действующими алгоритмами, такой контроль автоматически отключается при авариях на ЯЭУ, связанных с повреждением контура основного теплоносителя реактора или теплоносителя второго контура, что приводит к повышению давления в герметичном ограждении выше 1.003 абс. атм.

Таким образом, для определения вероятного состава выброса и сброса целесообразно использовать как данные непрерывного химического контроля качества теплоносителя первого контура, так и данные периодического лабораторного контроля изотопного состава теплоносителя и, возможно, отложений на основном оборудовании первого контура. Анализ указанных показателей выполняется лабораторией радиационной безопасности (ЛРБ) ЦРБ и водной радио-химической лабораторией (ВРХЛ) в случае ЗАЭС. Данные об используемом топливе и режимах его эксплуатации контролируются отделом ядерной безопасности (ОЯБ) ОП ЗАЭС.

Очевидно, что при возникновении и развитии потенциальной радиационной аварии на АЭС, связанной с повреждением ядерного топлива, одних данных о составе теплоносителя и характеристиках топлива и оборудования будет недостаточно. Необходима разработка или адаптация существующих расчетных кодов (таких, как «СЕЗАМ») для определения вероятных характеристик выброса или сброса (5.2.6 [2], п.4.66 [3]).

Следующим этапом работы СППР может стать корреляция и адаптация прогнозируемых данных выброса и (или) сброса к данным, полученным от систем непрерывного и периодического радиационного контроля как оборудования, помещений и промышленной площадки АЭС, так и окружающей среды (в том числе с данными, полученными в результате радиационной разведки территории зоны наблюдения АЭС), с

корректировкой первых при вводе в систему прогнозирования распространения радиоактивных веществ в окружающей среде. На данном этапе целесообразно использование совместно с АСКРО мобильных систем РК (5.3.7 [2], п.4.67 [3]).

Следующим этапом может стать расчет доз радиоактивного облучения персонала и населения, с выработкой рекомендаций по защите людей. При этом необходимо использовать как постоянно корректируемые данные о радиационной обстановке и прогнозе ее развития, так и данные о демографическом состоянии региона, подвергающегося воздействию потенциальной аварии.

Оптимальным может быть выполнение текущего индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) некоторой критической группы населения (включая ИДК внутреннего и внешнего облучения) для последующей аппроксимации данных для остальных групп (пп.4.73, 4.77, 4.93 [3]).

В соответствии с рекомендациями МАГАТЭ и национальных регулирующих органов, система аварийного реагирования должна быть децентрализована для исключения возможности выхода из строя по причине единичного отказа (п.6.1.1 [2], пп.5.4, 5.5, 5.8-5.10 и, особенно, 5.11 [3]) .

Ниже приведена сравнительная таблица характеристик действующих и предлагаемых к использованию в НАЭК СППР.

Таблица 1

Сравнительные характеристики СППР при радиационных авариях

	<b>RODOS (план)</b>	<b>КАДО</b>	<b>ВЫБРОС</b>	<b>InterRAS</b>	<b>ПРОЗА</b>
Область применения	КЦ и АТЦ НАЭК, РМ на ОП АЭС	ОП АЭС (в наст. момент РАЭС и ХАЭС (частично))	ЮУАЭС	ЗАЭС	ЗАЭС (частично)
Автоматический расчет вероятных характеристик выброса или сброса	+ (?) (PV.2.0 RODOS/RESY) [4]	-	-	-	-
Сценарии для наиболее вероятных аварий	?	?	?	+	-
Возможность адаптации данных о выбросе к результатам измерений в процессе развития аварии: - в автоматическом режиме	?	-	-	-	3

	<b>RODOS (план)</b>	<b>КАДО</b>	<b>ВЫБРОС</b>	<b>InterRAS</b>	<b>ПРОЗА</b>
- в интерактивном режиме	?	?	?	-	3
Возможность адаптации данных о распространении РВ к результатам измерений в процессе развития аварии: - в автоматическом режиме	+	?	-	-	3
- в интерактивном режиме	+	+?	?	+	3
Расчет распространения РВ в атмосфере	+	+	+	+	+
Автоматический ввод данных о погоде (с высотным зондированием атмосферы)	+	+	-	-	3
Расчет распространения РВ в гидросфере	+	Для РАЭС и ХАЭС	-	-	+
Расчет предполагаемых доз облучения населения	+	+	+	+	3
Ввод результатов ИДК населения	-	-	-	-	-
Выработка рекомендаций по защите персонала и населения от выброса	+	+	+	+	3
- с использованием демографических данных	+	?	?	?	3
- с использованием критериев экономической эффективности	+	?	?	?	?

Примечание: «+» - поддерживается, «-» - не поддерживается, «?» - информация отсутствует, «з» - запланировано

Предполагаемый план реализации СППР на ОП АЭС и НАЭК

Предполагаемый план построения современной СППР на ОП АЭС может включать следующие основные этапы:

1. Анализ мировой практики в области аварийного реагирования. Определение наиболее приемлемых систем (или требований к системам) поддержки принятия решения как с точки зрения достаточности и возможности ввода исходных данных, так и с точки зрения передачи данных в национальную и европейскую систему аварийного реагирования.

2. Определение основных характеристик выброса и сброса, на основании которых возможно определение вероятного распространения радиоактивного загрязнения и дозовых нагрузок персонала и населения.

3. Анализ возможности определения вышеуказанных характеристик автоматически или интерактивно (при использовании лабораторных измерений).

4. Составление входного перечня параметров для передачи в систему. При наличии параметров, требующих интерактивного ввода, создание баз данных для таких параметров с возможностью автоматической передачи данных в систему. При использовании автоматической передачи данных из СППР оператора или СППР РБ предусмотреть ведение архива данных и возможности его использования при потере связи.

5. Составление перечня параметров для передачи в национальную и европейскую систему аварийного реагирования. Предусмотреть ведение архива данных и возможности его использования при потере связи.

6. Разработка технических требований к программному комплексу, способному принимать, анализировать (с учетом выполнения требований таблицы 1) и передавать данные как в процессе нормальной эксплуатации, так и при отклонениях от таковой. Предусмотреть резервирование данных и системы анализа, возможность восстановления после сбоя, проверку (корреляцию) результатов анализа обстановки с национальной и европейской системой. Предусмотреть соответствие системы требованиям нормативной документации МАГАТЭ (GS-R-2, GS-G-2.1 и др.). Предусмотреть модульную систему построения комплекса с возможностью свободного конфигурирования и расширения (пп.6.6, 6.7, 7 [2]).

7. Разработка и ввод в эксплуатацию программного комплекса для решения изложенных выше задач, в том числе с учетом требований пп.6.6-6.7 [2].

8. Обучение персонала.

По окончании разработки принципиальная схема комплекса может иметь вид, представленный на рисунке 1.

Использование в процессе построения комплекса уже разработанных (и внедренных в НАЭК), запланированных к внедрению или существующих у сторонних производителей программно-технических средств (таких, как

программный комплекс (ПК) «Сезам» для получения основных характеристик выброса; ПК «КАДО» - для определения дозовых нагрузок и выработки контрмер; ПК «RODOS» - для решения вопросов аварийного реагирования при радиационной аварии в национальном масштабе) позволит получить значительную экономию финансовых средств как за счет отсутствия необходимости разработки новых систем, так и за счет минимального объема необходимой дополнительной подготовки персонала.



Рис. 1. Общий вид комплекса средств поддержки оператора при радиационных авариях: СВРК — система внутриреакторного контроля; РК — радиационный контроль; АХК — автоматический химический контроль; БД — база данных.

## Выводы

Очевидно, в настоящий момент на ОП АЭС НАЭК отсутствует используемая или предполагаемая к использованию СППР, способная выполнять функцию поддержки оператора (принятия решения комиссией по аварийному реагированию) при вероятной радиационной аварии в полном объеме в автоматическом или полуавтоматическом режиме, как это предусмотрено требованиями [1-3].

В связи с изложенным, автором, при поддержке руководства ЗАЭС, был предложен проект темы для работы в рамках программы сотрудничества с Европейской Комиссией (ЕК), направленный на устранение дефицита безопасности в области аварийного реагирования ОП АЭС НАЭК. Предварительные слушания в дирекции НАЭК в январе 2011, совместно с

представителями ЕК, подтвердили возможность включения проекта в программу сотрудничества с ЕК в 2011 году.

Независимо от окончательного решения о включении проекта в программу сотрудничества, автор намерен продолжать работу в области совершенствования аварийной готовности и радиационной защиты АЭС, о результатах которой можно будет узнать на страницах данного и иных периодических специализированных изданий.

9. НП 306.2.141-2008. Общие положения безопасности атомных станций – ГКЯРУ. 2008. – 36 с.

10. ГСТУ 95.1.01.03.024-97. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки для атомных станций. Основные положения. – ГНИЦСКАР. 1997. – 21 с.

11. GS-R-2. Готовность и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации – МАГАТЭ. 2004. – 104 с.

12. J. Ehrhardt. The RODOS system: decision support for off-site emergency management in Europe / Nuclear Technology Publishing – 1997. - №1-4. P. 35-40.

13. 00.РБ.ХQ.Pr.01.А. Регламент радиационного контроля при эксплуатации объектов ОП ЗАЭС – ОП ЗАЭС. 2010. – 267 с.

*Поступила 3.02.2011г.*

УДК 004.274:004.056

С.Я. Гильгурт, к.т.н., ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАНУ, г. Киев

Б.В.Дурняк, д.т.н., УАД, г. Львов

Ю.М. Коростиль, д.т.н., ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАНУ, г. Киев

## **ПРИМЕНЕНИЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

*Аннотация.* В статье исследованы возможности применения реконфигурируемых устройств на базе ПЛИС для решения задач контроля целостности файлов данных и программ пользователей в распределенных компьютерных сетях.

*Библиогр.:* 12 наим.

*Ключевые слова:* реконфигурируемый вычислитель, распределенные вычисления, грид, контроль целостности информации.

Необходимость дополнительной защиты собственных данных и программ пользователей в распределенных компьютерных сетях является известной проблемой [1]. Актуальными являются также некоторые смежные вопросы защиты информации, возникающие при запуске заданий на удаленных вычислительных ресурсах. Одним из них является контроль