

УДК 621.039.5:614.8

## ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА АВАРИЙ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

© 2012 К.И. Ильин, Е.С. Пчелинцева

Научно-исследовательский технологический институт  
Ульяновского государственного университета

Поступила в редакцию 20.11.2012

В статье описан экспертно-аналитический инструмент анализа радиационных аварий на радиационно опасных объектах и участках, основанный на построении математической модели безопасности исследуемого объекта и дальнейшем автоматическом построении его графической модели. Указанный способ позволяет получить достоверную информацию о достаточности реализованной на радиационно опасном объекте многоэшелонированной системы безопасности, и провести ранжирование необходимых корректирующих мероприятий от первоочередных до долгосрочных.

Ключевые слова: анализ риска, радиационная безопасность, радиационно опасные объекты, опасные события.

### ВВЕДЕНИЕ

Трагедии последних лет, такие как утечка нефти в Мексиканском заливе и ядовитого шлама в Венгрии, беда Фукусимы, катастрофа Саяно-Шушенской ГЭС и это далеко не полный перечень, заставляют нас более пристальное внимание уделять надежности предусмотренных на опасных объектах мер безопасности. С каждым годом Земля становится всё более опасным местом жительства для всего живого.

Весной 2012 года в России утверждён документ «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года». Одним из пунктов которого предусмотрено внедрение в систему управления качеством окружающей среды методологии определения и оценки экологического риска с целью повышения обоснованности принятия управленческих решений [1].

Разработанный авторским коллективом экспертно-аналитический инструмент в виде программы для ЭВМ APESONFC (Analysis and prevention of emergency situations on the objects of the nuclear fuel cycle) [2], позволяет автоматизировать процедуры, выполняемые специалистами при анализе риска аварий на радиационно опасных объектах, на основе использования новых информационных технологий.

Созданное программное средство основано на реализации алгоритма формирования перечня ядерно- и радиационно опасных аварийных си-

туаций при анализе риска на радиационно опасных объектах [3].

### ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

В алгоритмах, реализованных в программе APESONFC, используются принципиально новые схемы проведения процедур оценки риска опасных производственных объектов. До сих пор в российской и международной печати были опубликованы работы [4-5], которые создавали математическую модель безопасности (ММБ) объекта, на основе ранее созданной графической модели безопасности (ГМБ), что затрудняет определение полноты анализа составных элементов сложно-технических систем и увеличивает возможность их пропуска. Анализ риска с использованием предложенного метода первоначального построения ММБ объекта исключает данный недостаток. На основе ММБ в работе происходит автоматическое построение ГМБ.

В предлагаемой системе анализа риска аварий также решён и другой основной вопрос, связанный с классификацией аварий на опасных производственных объектах. Разработанный вариант классификации ядерных и радиационных аварий [6] основан на критериях определенных в международном и российском законодательстве в области использования атомной энергии, что позволяет получить обоснованный с точки зрения действующего законодательства итоговый уровень безопасности объекта и провести ранжирование необходимых корректирующих мероприятий от первоочередных до долгосрочных.

*Ильин Кирилл Игоревич, аспирант кафедры «Физическое материаловедение», младший научный сотрудник.*

*E-mail: kirill40184@list.ru*

*Пчелинцева Екатерина Сергеевна, кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории зондовой и электронной микроскопии. E-mail: nanoplabniti@gmail.ru*

## ИНТЕРФЕЙСНЫЕ РЕШЕНИЯ И РАБОЧИЕ БЛОКИ ПРОГРАММЫ

Специализированное программное обеспечение представляет собой совокупность реляционной базы данных Access и программы на языке Delphi, реализованных в программном пакете Code Gear RAD Studio 2009. Программа обладает интуитивно-понятным интерактивным интерфейсом для взаимодействия с базой данных.

Слева на главной форме расположен навигатор для более удобного перемещения по модулям программы. Остальная часть формы занята схемой работы программы (см. рис. 1), при нажатии на соответствующие блоки на рисунке также осуществляется переход в конкретный модуль программы.

Программа имеет модульную структуру, при которой, каждая отдельная подзадача (в соответствии с концептуальной схемой, см. [6]) реализуется отдельным модулем. Это не только повышает гибкость, но и позволит со временем нарастить возможности всей системы.

Назначение блоков следующее:

Блок входных параметров – задаётся название работы, год выполнения, наименование объекта исследования, эксплуатирующая организация, тип объекта выбранного для анализа, цель

анализа, определяются критерии безопасности (а именно границы приемлемого и недопустимого риска, которые устанавливают допустимые (приемлемые) уровни воздействий опасных факторов на персонал, население, окружающую среду и уровни вмешательства при авариях различного рода). Форма блока входных параметров программы APESONFC представлена на рис. 2.

Таблицы нормативных документов – определяются распространяющиеся на анализируемый объект требования нормативных документов, которые рекомендуют для рассмотрения с одной стороны общий перечень аварийных ситуаций, а с другой выделяют для определения вероятности отказа элементы сложно-технической системы.

Блок формирования математической модели безопасности – формируется полный перечень элементов сложно-технических систем, содержащих (при нормальной эксплуатации) радиоактивные вещества (РВ) или ядерные материалы (ЯМ), хранящиеся или используемые на рассматриваемом объекте (далее ЭТСС), характеризующий реализованный на рассматриваемом объекте принцип глубокоэшелонированной защиты, перечень элементов сложно-технических систем (единиц оборудования), изменение состояния которых способно привести к изменению объекта размещения РВ или ЯМ (далее ЭТСИ),

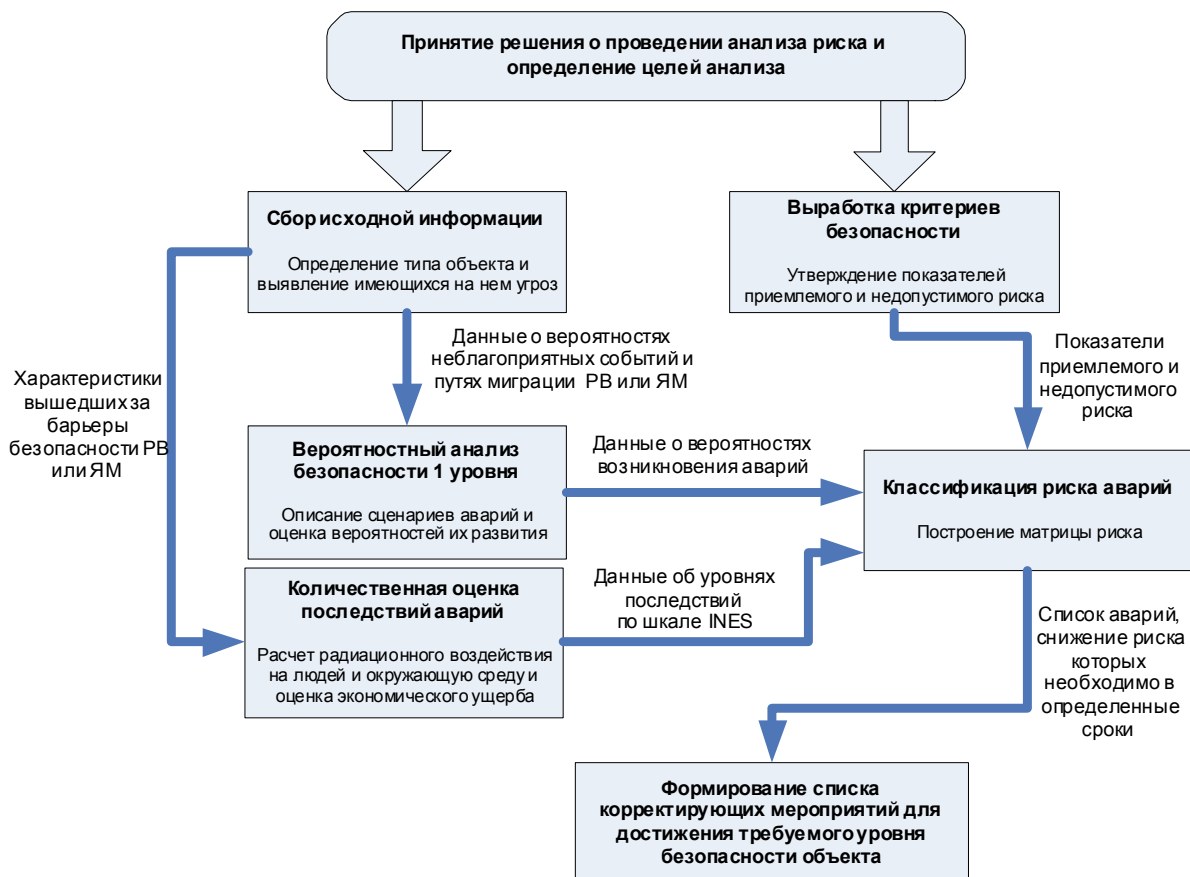


Рис. 1. Схема работы программы APESONFC.

Рис. 2. Форма блока входных параметров программы APESONFC

а также перечень событий приводящих к выходу РВ или ЯМ за пределы ЭТСС с указанием следующих характеристик: вероятность возникновения, масса, активность, агрегатное состояние и радионуклидный состав вышедших РВ или ЯМ. Форма расчета последствий опасных событий программы APESONFC представлена на рис. 3.

Блок расчета вероятности отказа элементов – определяются связи событий отказов ЭТСС и ЭТССИ между собой с помощью логических опе-

раций, и выполняется расчёт вероятности отказа систем безопасности вследствие внутренних причин.

Блок построения графической модели безопасности - производится построение «деревьев отказов».

Таблицы отказов – представляют собой 10 связанных между собой таблиц. Данные таблицы заполняются в процессе проведения анализа риска аварий и используются в качестве храни-

Рис. 3. Форма расчета последствий опасных событий программы APESONFC

лица основных результатов исследования уровня безопасности рассматриваемого объекта.

Блок расчета последствий аварий “проводится оценка общего ущерба от реализации аварий, который определяется через обобщенный функционал ущербов, наносимых населению, объектам техносферы (предприятиям, фирмам и т.п.) и окружающей среде.

Блок классификации ядерного и радиационного риска аварий – производится определение уровня тяжести последствий аварий в соответствии с Международной шкалой ядерных событий [5], выполняется построение матрицы риска аварий.

Блок выработки корректирующих мероприятий и заключения об уровне безопасности объекта - проводится сопоставление степени риска указанных аварий с выработанными критериями безопасности, определяемыми допустимым для эксплуатации объекта уровнем опасности, и формируется множество корректирующих мероприятий, осуществление которых позволит достичь требуемого уровня безопасности объекта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что в настоящий момент разработан для включения в образовательную программу студентов технических специальностей и специалистов опасных производственных объектов научно-образовательный курс «Надежность технических систем и анализ риска возможных аварий на ядерно- и радиационно опасных объектах», который состоит из курса лекций и лабораторного практикума.

Следует отметить, что разработанный программный продукт будет использован в качестве экспертно-аналитического инструмента при выполнении работ по анализу риска возможных аварий на эксплуатируемых и проектируемых объектах использования атомной энергии, что позволит повысить качество проводимых исследований безопасности и достоверность полученных результатов.

*Данная работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. 2012. URL: <http://www.kremlin.ru/news/15177> (дата обращения 24.06.2012).
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618644 от 21.09.2012.
3. *Ильин К.И., Светухин В.В., Кизин В.Д.* Алгоритм формирования перечня ядерно- и радиационно опасных аварийных ситуаций при анализе риска на объектах ядерного топливного цикла // Автоматизация процессов управления. 2010. №4 (22). С. 31-34.
4. *Ершов Г.А., Козлов Ю.И., Татусьян А.О.* Сравнительный анализ способов моделирования безопасности АЭС с помощью метода ДС-ДО, GO-метода и общего логико-вероятностного метода // Сб. материалов конференции «Практика разработки ВАБ и использования их результатов на действующих и вновь проектируемых АЭС», Москва, 18–21 ноября 2002 г. – М.: Атомэнергoproject, 2002.
5. *Можаяев А.С.* Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования сложных систем (ПК АСМ, 2001). – Труды Международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах (МА БРК, 2001)». СПб.: Изд-во ООО «НПО «Омега», 2001. С. 56–61.
6. *Ильин К.И., Рисованный В.Д., Светухин В.В.* Построение матрицы ядерного и радиационного риска для оценки значимости возможных опасных событий на объектах использования атомной энергии // Математическое и физическое моделирование опасных природных явлений и техногенных катастроф: Материалы Всероссийской конференции с участием зарубежных ученых. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. С. 61-62.
6. *Ильин К.И., Рисованный В.Д., Светухин В.В.* Структурная (концептуальная) схема общей стратегии безопасности объектов ядерного топливного цикла // Автоматизация процессов управления. 2011. №2 (24). С. 12-15.

## THE EXPERT-ANALYTICAL TOOL OF THE ANALYSIS OF ACCIDENTS ON RADIATION-DANGEROUS FACILITIES

© 2012 K.I Ilyin, E.S. Pchelintseva

Technological Research Institute of Ulyanovsk State University

The article describes the expert-analytical tool of the analysis of radiation accidents in the radiation-dangerous facilities and areas, based on the construction of mathematical model of security of the studied object and following automatic constructing his graphic model. The method allows to obtain reliable information about the adequacy of the sales on the radiation hazardous facility multiple-echelon security system, and to the ranking of the necessary corrective measures of priority to long-term.

Key words: risk assessment, nuclear and radiation safety, radiation-dangerous objects, radiation accidents.

*Ilyin Kirill, Post-Graduate Student at the Physical Material Science Department, Associate Research Fellow. E-mail: kirill40184@list.ru  
Ekaterina Pchelintseva, Candidate of Physics and Mathematics, Head of the Laboratory of the Probe and Electron Microscopy. E-mail: nanolabniti@gmail.ru*