

УДК 621.039.5:614.8

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ, СОДЕРЖАЩИХ ОПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА

© 2013 К.И. Ильин, В.В. Светухин, О.А. Завальцева, Е.С. Пчелинцева, М.Е. Ильина

Научно-исследовательский технологический институт  
Ульяновского государственного университета

Поступила в редакцию 26.11.2013

В статье описана общая схема экспертной системы анализа и предупреждения возможных аварий на объектах содержащих опасные вещества, основанная на формировании перечней ЭТСС, ЭТСИ и ОС и дальнейшем автоматическом построении графической модели безопасности объектов. Указанный способ позволяет получить достоверную информацию о достаточности реализованной на опасном производственном объекте многоэшелонированной системы безопасности, и провести ранжирование необходимых корректирующих мероприятий от первоочередных до долгосрочных.

Ключевые слова: анализ риска, безопасность, опасные производственные объекты, опасные события.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие во всем мире наблюдается тенденция к росту количества чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Увеличивается число крупных промышленных аварий и катастроф, наносящих значительный ущерб здоровью населения, объектам народного хозяйства и окружающей среде. Крупнейшие техногенные аварии и катастрофы, имевшие место в последнее десятилетие унесли тысячи человеческих жизней, а также нанесли невосполнимый урон окружающей среде.

В России насчитывается более 300 тысяч различных производственных объектов, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья людей – от радиационно и химически опасных производств до гидротехнических сооружений. Поэтому вопросы обеспечения безопасности ОПО (опасных производственных объектов) постоянно находятся в сфере внимания государства. Так весной 2013 года был подписан Федеральный закон от 04.03.2013 № 22-ФЗ, который внес массу существенных изменений в принятый ранее федеральный закон № 116-ФЗ от

21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Одним из важных изменений является введение нового понятия «Обоснование безопасности ОПО – это документ, содержащий сведения о результатах оценки риска аварии на опасном производственном объекте и связанной с ней угрозы...» [1].

Разработанная авторским коллективом экспертная система анализа и предупреждения возможных аварий на объектах содержащих опасные вещества (далее – Экспертная система), позволяет автоматизировать процедуры, выполняемые специалистами при оценке риска аварий на ОПО, содержащих опасные вещества, на основе использования новых информационных технологий.

Созданное программное средство основано на реализации алгоритма формирования перечня опасных событий при анализе риска на ОПО [2].

### ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

В алгоритмах, реализованных в Экспертной системе, используются принципиально новые схемы проведения процедур оценки риска опасных производственных объектов. До сих пор в российской и международной печати были опубликованы работы [3-4], которые создавали графическую модель безопасности (ГМБ) (т.е. формализованное наглядное описание системы в виде какого-либо вида графа) объекта, на основе словесного описания условий безопасного функционирования системы, что затрудняет определение полноты анализа составных элементов сложно-технических систем и увеличивает возможность их пропуска. Анализ риска с использованием предложенного метода первоначального форми-

---

*Ильин Кирилл Игоревич, аспирант кафедры физического материаловедения, младший научный сотрудник.*

*E-mail: mr.ilyinki@mail.ru*

*Светухин Вячеслав Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, директор.*

*E-mail: slava@sv.uven.ru*

*Завальцева Ольга Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник химико-аналитической лаборатории. E-mail: z.olga1979@mail.ru*

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

*Ильина Мария Евгеньевна, ведущий специалист.*

*E-mail: ilyiname@mail.ru*

рования перечня элементов сложно-технических систем, содержащих (при нормальной эксплуатации) опасные вещества (ОВ), хранящиеся или используемые на рассматриваемом объекте (далее ЭТСС), перечня элементов сложно-технических систем (единиц оборудования), изменение состояния которых способно привести к изменению объекта размещения ОВ (далее ЭТСИ), а также перечень событий приводящих к выходу ОВ за пределы ЭТСС исключает данный недостаток. На основе сформированных специалистами перечней в Экспертной системе происходит автоматическое построение ГМБ объекта.

В предлагаемой системе анализа риска аварий также решён и другой основной вопрос, связанный с классификацией аварий на опасных производственных объектах. В настоящий момент для одного из видов ОПО, а именно радиационно опасных объектов, разработан вариант классификации ядерных и радиационных аварий [5] основанный 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.

### 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 реализуется отдельным модулем (см. рис. 2). 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

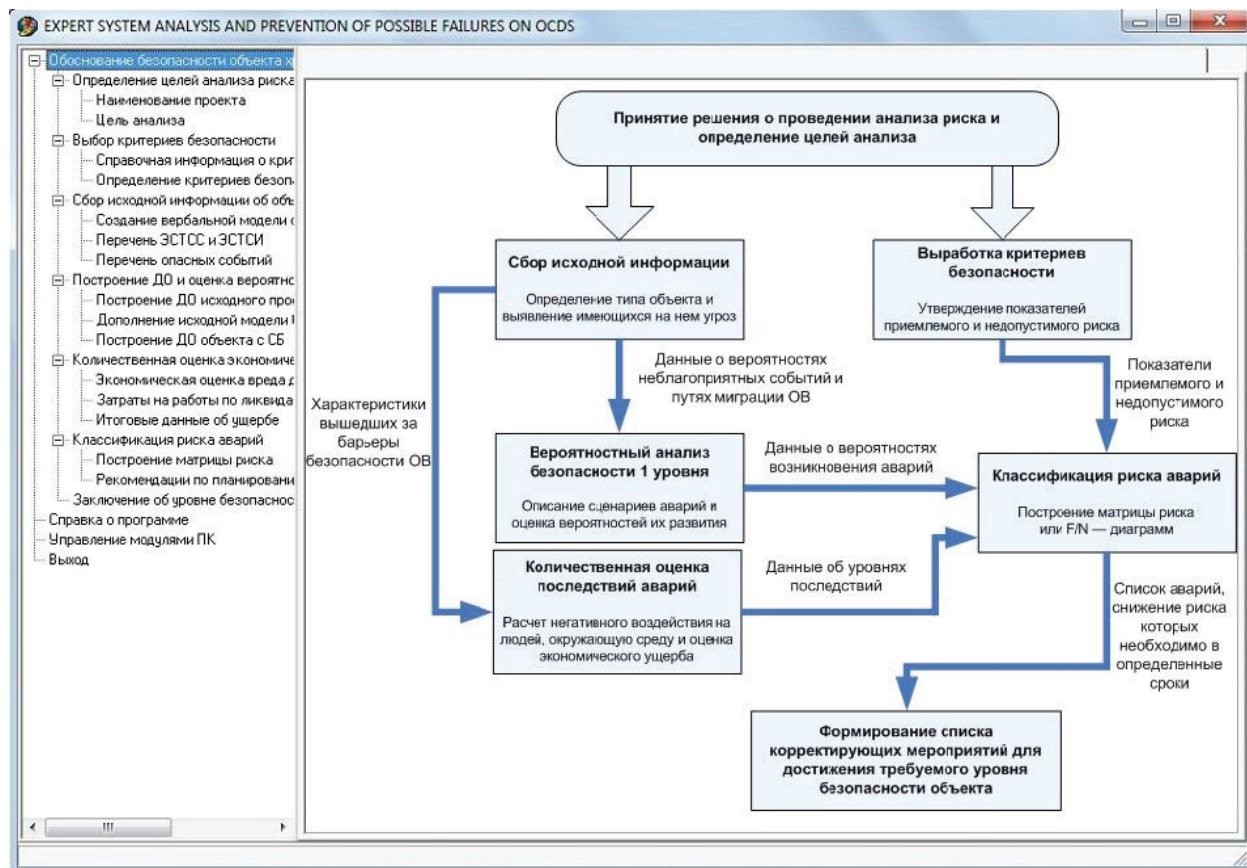


Рис. 1. Главная форма Экспертной системы

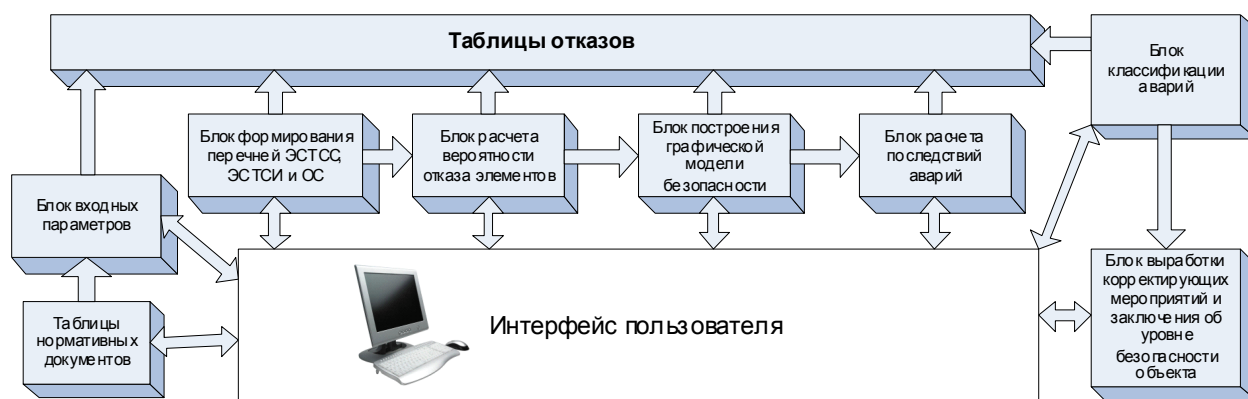


Рис. 2. Структурная схема Экспертной системы

(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).

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

Блок формирования перечней ЭТСС, ЭТСИ и ОС – формируется полный перечень элементов сложно-технических систем, содержащих (при нормальной эксплуатации) опасные вещества (ОВ), 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 ОВ (далее ЭТСИ), а также перечень событий приводящих к выходу ОВ за пределы ЭТСС с указанием следующих характеристик: вероятность возникновения, масса, агрегатное состояние, вышедших ОВ и др.

Блок расчета вероятности отказа элементов – определяются связи событий отказов ЭТСС и ЭТСИ между собой с помощью логических операций, 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-

лища основных результатов исследования уровня безопасности рассматриваемого объекта.

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

Блок классификации аварий – производится определение уровня тяжести последствий аварий в соответствии с требованиями международных и национальных документов (в качестве примера способа классификации аварий на объектах использования атомной энергии см. [5]), выполняется построение матрицы риска аварий или F/N – диаграмм.

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

В заключение следует отметить, что при использовании Экспертной системы могут быть получены концептуальные решения построения и структуры проектных решений для различных типов опасных производственных объектов, содержащих опасные вещества.

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 государственного задания Минобрнауки России.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 20 июня 1997 г.: по состоянию на 1 ноября 2013 г.].
2. *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.
3. *Ершов Г.А., Козлов Ю.И., Татусьян А.О.* Сравнительный анализ способов моделирования безопасности АЭС с помощью метода ДС-ДО, ГО-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.: Атомэнергопроект, 2002.
4. *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.
5. *Ильин К.И.* Матрица радиационного риска как инструмент ранжирования аварий на радиационно опасных объектах // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. №4(4). С. 957-961.

### EXPERT SYSTEM ANALYSIS AND PREVENTION OF POSSIBLE ACCIDENTS AT THE OBJECTS CONTAINING DANGEROUS SUBSTANCES

© 2013 K.I. Ilyin, V.V. Svetukhin, O.A. Zavaltseva, E.S. Pchelintseva, M.E. Ilyina

Technological Research Institute of Ulyanovsk State University

The article describes the General scheme of the expert system for analysis and prevention of possible accidents at the objects containing dangerous substances. The scheme is based on the formation of lists of ETCS<sub>c</sub>, ETCS<sub>r</sub> and DE and further automatic building a graphical object security model. This method allows to obtain reliable information about the existing multilevel security system adequacy at a dangerous industrial objects, and to range the required corrective measures from priority to long-term.

Key words: risk analysis, safety, dangerous industrial objects, dangerous events.

*Ilyin Kirill, Graduate Student at the Physical Material Science Department, Associate Research Fellow.*

*E-mail: kirill40184@list.ru*

*Vyacheslav Svetukhin, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director. E-mail: slava@sv.uven.ru*

*Olga Zavaltseva, Candidate of Biology Sciences, Senior Research Fellow at the Chemical Analytical Laboratory.*

*E-mail: z.olga1979@mail.ru*

*Ekaterina Pchelintseva, Candidate of Physics and Mathematics, Head at the Laboratory of the Probe and Electron Microscopy.*

*E-mail: nanolabniti@gmail.ru*

*Maria Ilyina, Leading Specialist. E-mail: ilyiname@mail.ru*