

Э.А. ГРАНОВСКИЙ, В.А. ЛЫФАРЬ, А.П. ВОРОНА

ООО «Научный центр изучения рисков «Ризикон», г.Северодонецк.

МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙ И ОЦЕНКИ РИСКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «РизЭкс-2»

Проведен функциональный осмотр разработанного программного комплекса «РизЭкс-2», который является инструментальным средством реализации методологии оценки техногенного риска на основе рассмотрения причинно-последственных связей эксплуатационного риска объектов повышенной опасности, надежности и эффективности средств защиты та прогнозирования последствий возникновения и развития негативных физических процессов аварий на производстве.

Научный центр изучения рисков «Ризикон» разработал и предлагает для применения исследовательский программный комплекс для моделирования промышленных аварий и оценки риска «РизЭкс-2» [1-4], позволяющий выполнять все процедуры анализа опасности и оценки риска, регламентированные действующим международным и национальным законодательством, нормативными документами и национальными стандартами многих стран (рис. 1).

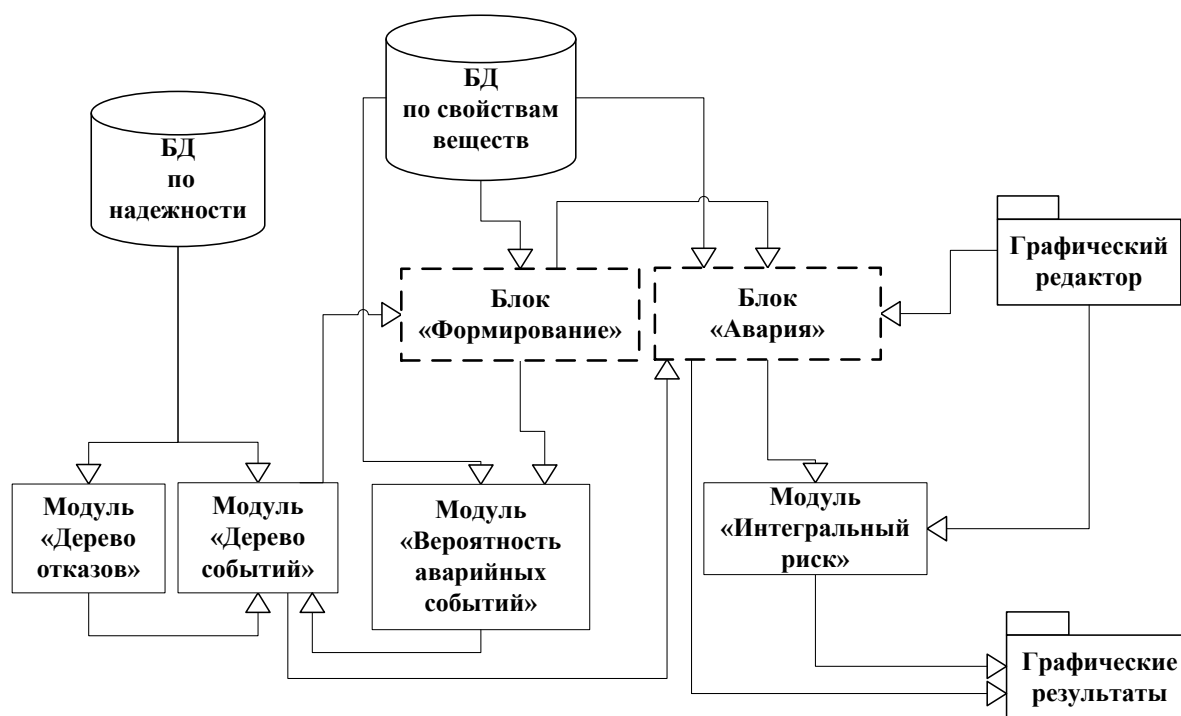


Рис. 1. Структурная схема организации процесса анализа опасности и оценки риска программного комплекса «РизЭкс-2»

Структура программного комплекса «РизЭкс-2» учитывает, что любой аварийный процесс (взрыв, пожар, токсичное облако и др.) происходит в результате случайных процессов возникновения и развития аварии, реализуемых вследствие отказов в системе «Машина – Человек».

Моделирование случайного процесса возникновения аварии в программе выполняется с использованием модуля **«Дерево отказов»** (исследование эксплуатационного риска).

Построение «дерева отказов» автоматизировано и производится на основе выявления причинно-следственных связей между отказами сверху вниз (от вершины к корням). Для построения используются условные графические обозначения логических символов и событий, предусмотренные действующими стандартами.

Расчет вероятности промежуточных событий и верхнего инициирующего аварии события производится на основе данных о вероятности базовых событий в «дереве отказов», которые представлены в базе в модуле **«БД по надежности»**.

База данных по надежности содержит информацию для более чем 3000 элементов технологических систем (оборудование, арматура и трубопроводы, контрольно-измерительные приборы и автоматика, системы противоаварийной защиты). Кроме того, содержатся данные о вероятности ошибочных действий персонала по выполняемым видам работ, с учетом времени суток, функциональных действий, режима работы в нормальных и стрессовых ситуациях. Это данные получены как из справочной литературы и паспортных данных, так и на основе обработки статистических данных, полученных в процессе эксплуатации промышленных объектов.

Программа в автоматизированном режиме выполняет анализ «дерева отказов» с перебором и поиском имеющих наибольшую вероятность реализации «минимальных аварийных сочетаний» и «проходных сочетаний». Программа с использованием различных методов по заданию пользователя проводит анализ значимости «базовых событий» и их влияния на вероятность инициирующего аварии события.

Автоматизированный анализ «дерева отказов» позволяет провести поиск решений для снижения вероятности возникновения аварии с минимальными затратами для каждого элемента технологической системы.

В результате определяется вероятность инициирующего аварии события для рассматриваемого аппарата или участка технологической системы с заданными параметрами и условиями выхода опасного вещества в окружающее пространство:

- полное разрушение или образование аварийных отверстий и их размер в аппарате или технологическом участке;
- объем и геометрические характеристики аварийного аппарата или участка;
- уровень, температура, давление и другие параметры технологической среды в аварийном аппарате;
- состав технологической среды и агрегатное состояние ее компонентов и т.п.

Эти данные используются как исходные при анализе случайных процессов развития аварии в модуле **«Дерево событий»** (эффективность и надежность средств защиты) и модулей блока **«Формирование»**.

Развитие аварии, завершающееся аварийным процессом, имеет множество направлений, каждое из которых определяется набором отказов и срабатываний систем сдерживания, включая действия человека. Моделирование случайного процесса развития аварии выполняется в автоматизированном режиме модулем **«дерево событий»** с вероятностью начального события, определенного методом «дерево отказов».

Вероятность промежуточных событий, каждое из которых представляет собой срабатывание или отказ системы защиты, предназначенной для сдерживания развития аварии или ликвидации ее на каком-то этапе развития, определяется либо как вероятность элементарного события с использованием базы данных по надежности, либо построением дерева отказов этой системы защиты с использованием модуля **«Дерево отказов»**. При этом для каждого промежуточного события учитывается не только вероятность его наступления, но и эффективность сдерживания аварии и ее ликвидации, определяемое:

- временем срабатывания (быстродействие);
- эффективностью выполнения целевой функции (снижение поверхности испарения, поглощательная способность и т.п.)
- количеством или расходом материалов, реагентов (тушащих веществ, поглотителей, пены, ПАВ и т.п.)
- другими мерами по достижению эффективности и надежности системы защиты.

Программа позволяет установить логическую связь между зависимыми и независимыми промежуточными событиями, что обеспечивает корректное построение «дерева событий» при сложной взаимозависимости промежуточных событий, включая человека, как элемента системы защиты.

В результате построения «дерева событий» определяется набор конечных состояний с заданными начальными условиями в «дереве отказов», временем формирования аварийной ситуации и параметрами, определяющими возможный масштаб аварии.

Оптимизация «дерева событий» по условию и минимизация по уровню вероятности позволяет найти минимально необходимый набор конечных состояний в «дереве событий», позволяющий с необходимой точностью определить суммарные риски возможных аварийных процессов.

Данные о начальных условиях в «дереве отказов» и информации каждого конечного состояния в «дереве событий» о времени формирования аварийной ситуации, об эффективности сработавших средств защиты и т.п. используются в расчетных модулях блока **«Формирование»**.

Если в аппарате или аварийном участке находятся сжатые газы, то в случае образовании аварийных отверстий рассчитывается интенсивность (массовый расход) истечения опасного вещества в окружающее пространство с использованием модуля **«Истечение газа»**. Расчет проводится как при образовании аварийного отверстия на теле аппарата, так и через систему трубопроводов при их прорыве. Учитывается поступление в аварийный аппарат или участок опасных веществ от смежных аппаратов или участков за время перекрытия потоков. Кроме интенсивности истечения рассчитывается изменение во времени массы выброшенного опасного вещества и давления в аппарате.

Если в аппарате или аварийном участке находятся сжиженные газы или жидкости, то в случае образовании аварийных отверстий рассчитывается интенсивность (массовый расход) поступления опасного вещества в окружающее пространство с использованием модуля **«Истечение жидкости»**. Расчет проводится как при образовании аварийного отверстия на теле аппарата, так и через систему трубопроводов при их порыве. Учитывается форма аппарата, высота уровня жидкости в аппарате, поступление в аварийный аппарат или участок опасных веществ от смежных аппаратов или участков за время перекрытия потоков. Программа позволяет получить графики изменения во времени интенсивности истечения (расхода) жидкости из аварийного отверстия и массы пролитой жидкости. Полученные данные используются как исходные для моделирования испарения жидкости при ее проливе.

Рассматривается мгновенный переход в паровую фазу при выбросе сжиженных газов и перегретых жидкостей и испарение жидкости из пролива. При выбросе многокомпонентных смесей определяется состав газовой фазы при заданном соотношении компонентов в жидкости. Для пролива с температурой жидкости ниже температуры кипения при атмосферном давлении рассчитывается изменение во времени интенсивности испарения и массы поступивших паров в атмосферу с учетом теплообмена с подстилающей поверхностью и атмосферой, радиационного потока и прогрева пролива внешним тепловым источником (например, пожаром). Кроме того, рассчитывается изменение во времени температуры и массы жидкости в проливе, его толщины и других характеристик.

Для рассматриваемого аппарата или участка технологической системы с использованием модуля **«Суммарный расход»** для поступающих в окружающее пространство газов и паров опасных веществ по всем потокам определяется суммарное изменение интенсивности и средняя интенсивность поступления опасных веществ в окружающее пространство.

По массе мгновенного выброса и интенсивности поступления газов и паров в окружающее пространство определяется изменение во времени массы между нижним и верхним пределами распространения пламени. Расчет выполняется с использованием модуля **«Формирование взрывоопасного облака»** по гауссовой модели рассеяния. На плане или карте местности отображается граница распространения взрывоопасного облака и определяется возможная взрывоопасная зона.

Модуль **«Вероятность аварийных событий»** с использованием модуля **«Формирование взрывоопасного облака»** рассматривает миграцию облака по территории опасного объекта с учетом вероятности направления и скорости ветра в возможном диапазоне их изменения и вероятность встречи со случайными источниками зажигания взрывоопасной смеси. По изменению во времени концентрации топлива во взрывоопасной смеси определяется вероятность реализации различных режимов сгорания: «огненный шар», взрыв, вспышка (хлопок). С учетом наличия или отсутствия пролива горючей жидкости и токсичных свойств выброшенных веществ и продуктов сгорания определяется вероятность пожара пролива при условии реализации одного из режимов сгорания и вероятность токсичной волны продуктов выброса и продуктов сгорания.

Блок **«Авария»** содержит набор модулей, позволяющих моделировать такие опасные физические процессы как:

- взрывы конденсированных ВВ, парогазовых облаков, сосудов высокого давления, BLEVE и другие;
- горение «огненного шара», пожара пролива, факелов, пожаров пролива произвольного контура;
- распространение парогазовых облаков опасных химических веществ;
- осколочное воздействие.

Расчет параметров опасных физических процессов позволяет получить данные о разрушениях, поражениях людей различной степени тяжести, возможности пробития оборудования осколками, возгорания материалов в результате воздействия теплового излучения, условный риск поражения людей различными факторами. На основании этих данных проводится анализ последствий аварий, расчет материальных потерь, возможное число пораженных, зоны поражений. Рассчитываются поля условного территориального риска.

Применение модуля **«Интегральный риск»** позволяет получить результирующие данные объединенного риска (поля территориального риска, индивидуальный риск для выделенных регионов, ожидаемое число пораженных, социальный риск на основе P-N диаграмм) для множественных источников опасности исследуемого объекта.

Программный пакет разработан таким образом, что отдельные модули могут использоваться как самостоятельные программы для решения частных задач промышленной безопасности, проведения экспертиз и других исследований. Использование информационной технологии оценки риска позволяет последовательно в интерактивном режиме провести полное исследование и, анализируя полученные результаты, выработать и оптимизировать набор мер, позволяющий эксплуатировать объект повышенной опасности с минимальными затратами и приемлемым уровнем безопасности.

1. Грановский Э.А., Лыфарь В.А. Моделирование промышленных аварий. Последствия и риск // Пожежна безпека. – 2001. – № 1(28) – С. 14–16.
2. Грановский Э.А., Лыфарь В.А. Анализ риска аварий сложных технологических систем // Международная научно-практическая конференция «Экологическая и техногенная безопасность». – Харьков: ХИСП, 2000. – С. 40–46.
3. Грановский Э.А., Лыфарь В.А. Программный комплекс для моделирования аварий и оценки риска «РизЭкс-2» // Тематический семинар «Оценка риска аварий на опасных производственных объектах». – М.: ФГУП «НТЦ по безопасности в промышленности», 2005. – С. 45–47.
4. Грановский Э.А., Лыфарь В.А., Ворона А.П. Моделирование случайных и детерминированных процессов возникновения и развития техногенных аварий с использованием программного комплекса "ризэкс-2". // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: Труды Международной Научной Школы МА БР - 2007 (Россия, Санкт-Петербург, 4 - 8 сентября, 2007 г.) – СПб: ГУАП, 2007. – 540 с.

Э.А. Грановський, В.А. Лифарь, А.П. Ворона

МЕТОДИ І ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙ І ОЦІНКИ РИЗИКУ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «РизЕкс-2»

Проведено функціональний огляд розробленого програмного комплексу «РизЕкс-2», що є інструментальним засобом реалізації методології оцінки техногенного ризику на основі розгляду причинно-наслідкових зв'язків експлуатаційного ризику об'єктів підвищеної небезпеки, надійності та ефективності засобів захисту та прогнозування наслідків виникнення та розвитку негативних фізичних процесів аварій на виробництві.

E.A. Granovskyi, V.A. Lyfar', A.P. Vorona

METHODS AND INFORMATIONAL TECHNOLOGY OF ACCIDENTS' MODELING AND RISK ASSESSMENT OF SOFTWARE COMPLEX «RizEks-2»

A functional examination of developed software system "RizEks-2" is done. «RizEks-2» is a tool that implements a methodology for assessing technological risk by considering the cause and consequential relationships of high-danger objects' operational risk, reliability and effectiveness of the protective measures and prognosis of the negative physical processes' consequences (accidents on production facilities) occurrence and development.