

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Можаев Александр Сергеевич
Санкт-Петербург, ОАО "СПИК СЗМА"

В ОАО "СПИК СЗМА" разработаны программные комплексы (ПК), предназначенные для *автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности, безопасности и риска* (НБР) функционирования структурно-сложных системных объектов [1-3]. На основе накопленного опыта практического применения указанных ПК, подготовлены Методические рекомендации (МР) по их использованию в процессе моделирования и расчета показателей надежности и безопасности АСУ технологическими процессами и оборудованием на стадии проектирования [4]. Методические рекомендации утверждены Ассоциацией "Монтажавтоматика" и разрешены Госгортехнадзором России для опытного использования при проектировании АСУТП химически опасных и взрывоопасных производственных объектов.

В ПК реализована новая информационная технология автоматизированного структурно-логического моделирования (АСМ), которая предусматривает следующую последовательность действий пользователя при анализе НБР исследуемых систем:

1. Подготавливаются и вводятся в программный комплекс структурная модель исследуемого свойства надежности, безопасности или риска объекта в форме специальной схемы функциональной целостности (СФЦ), вероятностные и другие параметры элементов, критерии исследуемых режимов функционирования системы;
2. С помощью программного комплекса осуществляется автоматическое построение логических и расчетных вероятностных математических моделей, и вычисляются соответствующие показатели НБР исследуемого системного объекта;
3. Полученные результаты моделирования и расчетов используются для анализа свойств НБР исследуемой системы, выработки и обоснования управленческих решений.

Проиллюстрируем данную технологию двумя примерами, взятыми из "Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов" Госгортехнадзора России (РД 03-418-01) [5].

Пример 1. Расчет безопасности автоматизированной заправочной станции

Выполняется вероятностный анализ безопасности объекта автоматизированной заправки емкости нефтепродуктами. Исходная схема объекта изображена на рис.1.

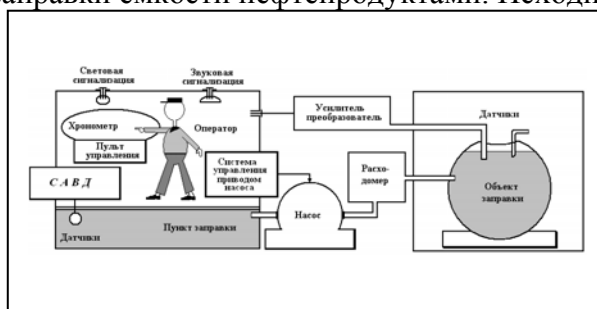


Рис.1. Исходная схема объекта

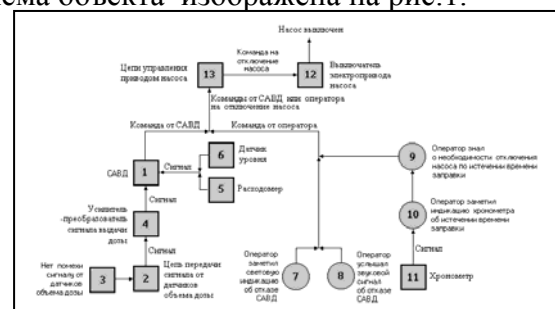


Рис.2. Функциональная схема безопасности объекта

На основе анализа объекта пользователь, как правило, разрабатывает соответствующую функциональную схему его штатной, безаварийной работы. Такая функциональная схема безопасности для Примера 1 приведена на рис.2. Здесь прямоугольниками 1, 2, 4-6, 11-13 обозначены события безотказной работы технических средств подсистем противоаварийной защиты и управления насосом. Кружками 7-10 обозначены события, характеризующие штатные (безошибочные) действия оператора.

Технология АСМ дает возможность применить два различных подхода к разработке СФЦ исследуемого системного объекта. Первый подход основывается на прямой логике рассуждений, в результате которой разрабатывается СФЦ безопасности (безотказности, готовности и т.п.) объекта. Такая СФЦ для Примера 1 изображена на рис.3.

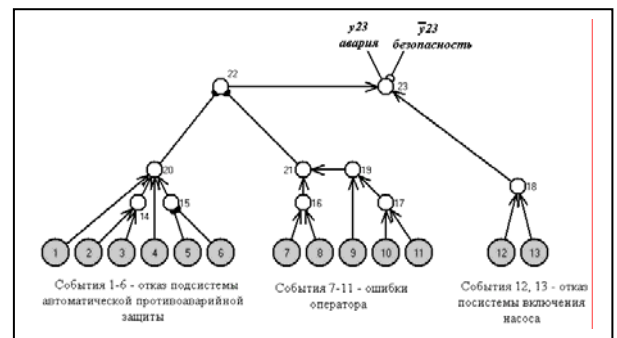
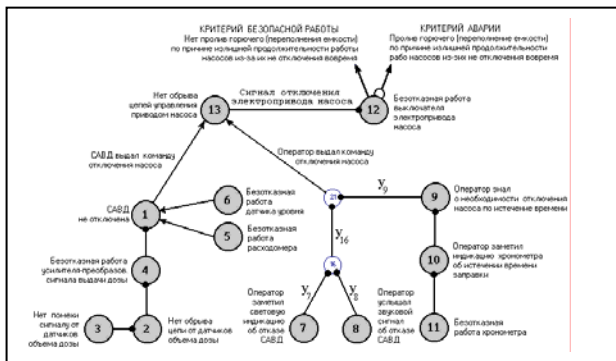


Рис.3. СФЦ безопасности заправочной операции

Рис.4. СФЦ дерева отказа заправочной операции

Обычно, построение СФЦ безопасности не вызывает затруднений, так как она подобна функциональной схеме (см. рис.2).

Второй подход основывается на обратной логике рассуждений, в результате которого на основе функциональной схемы исследуемой системы разрабатывается дерево отказа (аварии) объекта. СФЦ дерева отказа для рассматриваемого примера приведена на рис.4. Она совпадает с деревом отказа заправочной операции, приведенным в РД 03-418-01 [5]. Выбор подхода предоставляется пользователю.

На следующем этапе технологии АСМ, с помощью программного комплекса выполняется построение моделей и расчет показателей безопасности системы. На рис.5 и рис 6. приведены результаты моделирования и ВАБ заправочной операции с помощью программного комплекса ПК АСМ СЗМА [1, 2].

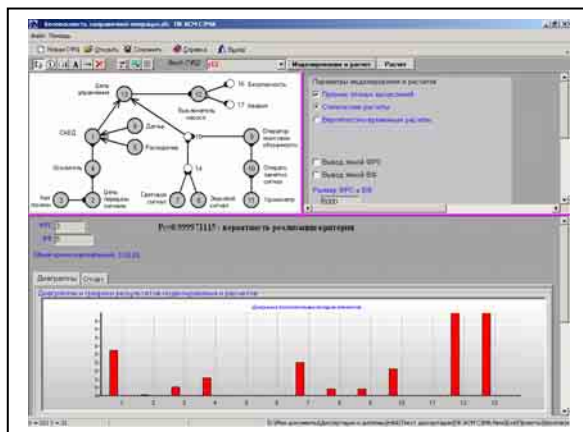


Рис.5. ВАБ на основе блок-схемы безопасности
 $P_{\text{безопасности}} = 0.999971$

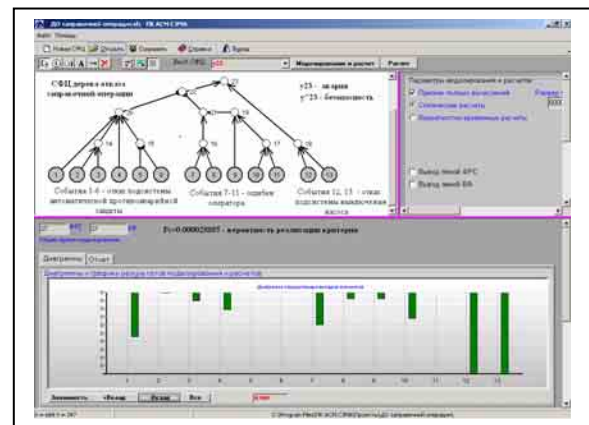


Рис.6. ВАБ на основе дерева отказа
 $P_{\text{аварии}} = 0.000029$

В результате автоматизированного моделирования на основе любой из указанных СФЦ получены все минимальные пропускные и отсечные сочетания событий, которые совпадают с данными, приведенными в РД 03-418-01. Вычислены вероятности аварии и безаварийного функционирования системы, определены значимости и вклады каждого элемента в безопасность заправочной операции.

Пример 2. Расчет риска функционирования установки первичной переработки нефти

Общая постановка задачи этого класса выполнена в Методических указаниях РД 03-418-01 в форме дерева событий развития аварии на установке первичной переработки нефти, изображенного на рис.7.

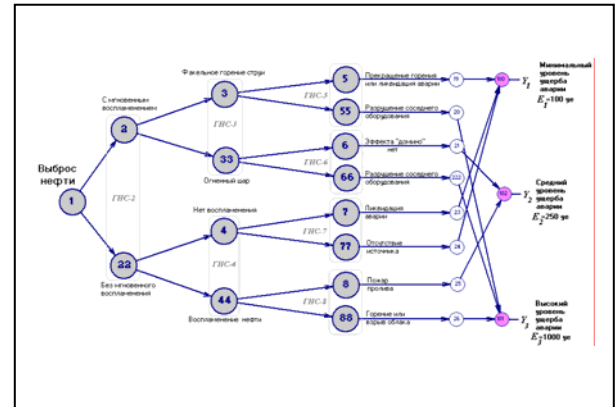
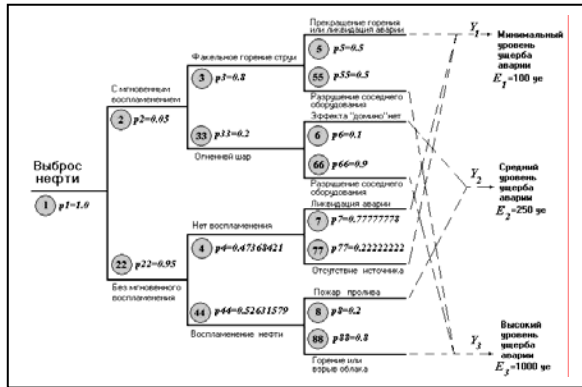


Рис.7. Дерево событий развития аварии

Рис.8. СФЦ дерева событий развития аварии

Для автоматизированного моделирования и расчета ожидаемого ущерба от аварии, исходное дерево событий представляется соответствующей СФЦ. Для рассматриваемого примера СФЦ дерева событий развития аварии приведена на рис.8. На основе анализа и расчета величин различных уровней последствий аварии, они объединены в однородные группы (на рис.7 и 8 их три: Y_1, Y_2, Y_3). Каждый выделенный уровень характеризуется соответствующим значением величины возможного ущерба, выраженным в условных единицах $E_{1=} = 100, E_2 = 250, E_3 = 1000$. Затем СФЦ и остальные исходные данные вводятся в программный комплекс. На основе критерия

$$WR_{SIS} = E1 * p\{y100\} + E2 * p\{y102\} + E3 * p\{y101\}$$

средствами ПК АСМ строятся математические модели риска и выполняются расчеты ожидаемого ущерба от возможной аварии (пролива нефти), значимостей и вкладов элементов в показатель риска. Результаты анализа риска приведены на рис.9.

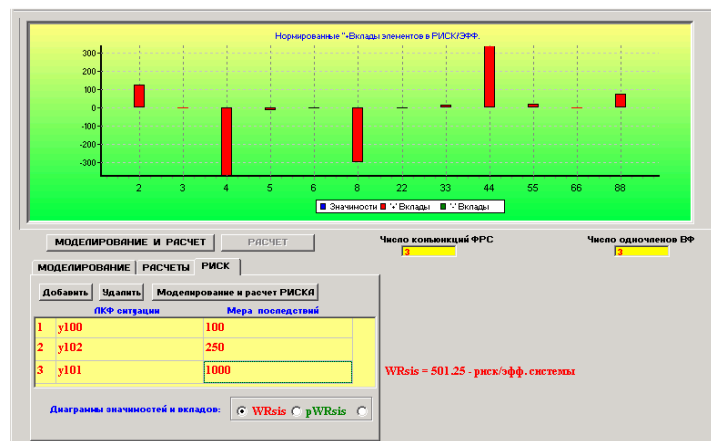


Рис.9. Автоматизированное моделирование и оценка риска

Применимость разработанной технологии и ПК АСМ СЗМА для анализа НБР систем подтверждены решением практических задач и сравнением с зарубежными образцами ПК "Risk Spectrum" (Швеция) и "Relax Software" (США). ОАО "СПИК СЗМА" продолжает работы по совершенствованию технологии и ПК АСМ и их адаптации к новым предметным областям анализа НБР сложных системных объектов и процессов.

Литература

1. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности АСУТП на стадии проектирования (ПК АСМ СЗМА). Техническая документация. СПб.: ОАО "СПИК СЗМА", 2003. Свидетельство об официальной регистрации № 2003611101. М.: РОСПАТЕНТ РФ, 2003. Internet, сайт: <http://www.szma.com/>.
2. Нозик А.А., Можаяев А.С., Потапычев С.Н., Скворцов М.С. Программный комплекс автоматизированного моделирования и расчета надежности и безопасности АСУТП на стадии проектирования. // Моделирование. Теория, методы и средства. Материалы III Международной научно-практической конференции. Часть I. Новочеркасск: НИИ, 2003, - с. 28-35.
3. 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.: Издательство ООО 'НПО 'Омега', 2001, с.56-61. Свидетельство об официальной регистрации № 2003611099. М.: РОСПАТЕНТ РФ, 2003.
4. Нозик А.А., Можаяев А.С. Автоматизированные системы управления. Надежность и безопасность. Расчет надежности и безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами и инженерным оборудованием. Методические рекомендации. (Проект МР Госгортехнадзора РФ). СПб.: СПИК СЗМА, 2002. – 34 с.
5. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. // Серия 03. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Выпуск 10. М.: ГУП "НТЦ ПБ" Госгортехнадзора России, 2001. – 60 с.