

И.В. Черных, С.Р. Хисматулин

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К РАНЖИРОВАНИЮ РИСКОВ

Обеспечение безопасности людей и сохранение материальных ценностей, снижение последствий рисков в различных аварийных ситуациях как техногенного, так и природного характера связано с двумя направлениями: предотвращением инициирующих опасности событий; снижением последствий уже произошедших негативных угроз. Первое направление связано со снижением неотвратимых рисков гибели. Второе может обеспечить снижение рисков проявления опасных факторов длительного влияния. Часто негативные последствия аварий, пожаров (взрывов) усугубляются по причине необеспеченности или опоздания со спасательно-восстановительными работами. Системы разных типов охранной защиты должны стратегически дополняться своевременным и эффективным введением сил и средств подразделений спасателей и противопожарных служб.

Второе направление пока не находит должного научно-практического внимания, в частности, в разработках ученых и специалистов. В данной статье впервые предпринимается попытка трактовать риски возможных угроз в случаях, когда вероятность появления неблагоприятного события совмещается с вероятностью успешности (или не успешности) реализации потенциала сил и средств соответствующих подразделений быстрого реагирования.

Опасные последствия достаточно часто являются результатом проявления так называемого человеческого фактора, который влияет и на возникновение аварий и на результаты снижения их последствий. Роль человеческого фактора относительно обеспечения безопасности обусловлена также лицами, принимающими управленческие решения стратегического уровня¹.

Авторы обращают внимание, что принятый сегодня подход к оценкам рисков имеет вид в форме максимального функционала²:

$$R(\tau) = \sum [Q_i(\tau) \cdot Y_i(\tau)], \quad (1)$$

где $Q_i(\tau)$ – вероятность возникновения i -й аварийной ситуации; $Y_i(\tau)$ – ожидание возможного i -го ущерба. Реальные события показывают, что риски связаны также с деятельностью спасателей. Например, случаи длительного свободного развития некоторых пожаров в 2006-2007 гг. привели к значительному числу жертв в школах-интернатах, домах инвалидов и престарелых, общежитиях. Функционал оценки риска должен иметь более сложный вид и учитывать, в частности, вероятность успешной работы спасателей $P_i(\tau)$ и средств автоматической защиты $P_j(\tau)$:

$$R(\tau) = \sum [Q_i(\tau) \cdot \{1 - P_i(\tau)\} \cdot \{1 - P_j(\tau)\} \cdot Y_i(\tau)]. \quad (2)$$

Есть все основания считать, что при рассмотрении проблем безопасности не выполняется системный анализ надежности и готовности средств технического вооружения и действий боевых расчетов при ликвидации аварийных ситуаций. Фактически нет данных о том, насколько число жертв могло бы быть снижено при более успешной работе подразделений спасателей и противопожарных служб. Надежность техники и профессиональная надежность спасателей становятся еще более актуальными в связи с укрупнением производств, строительством зданий повышенной этажности, ростом числа мощного оборудования, летательных аппаратов, рассчитанных на большое число пассажиров и т.д. Отказы техники, несвоевременная и неэффективная работа спасателей создают повышенную опасность, в том числе и для работы боевых расчетов. Поэтому настала необходимость проводить более объективный комплексный подход к аудиту безопасности жизнедеятельности во всех сферах жизни. Постановка такой задачи согласуется с задачами МЧС РФ и политикой Российской Федерации в области развития науки и технологий в области безопасности³.

Техногенный риск – негативное вероятностное событие в объектной среде с множественными функциональными связями. Это обстоятельство требует рассматривать риск с информационных позиций как некоторую частность (элемент) и структуру элементов вероятности взаимодействующих по логическим схемам «И» и «ИЛИ». Информационная модель выступает здесь как способ описания полиативности рисков в неоднородной объектной среде. Риск как система должен учитывать направленность и очередность проявления элементов риска, их синергетизм, который, как правило, приводит к нарастанию значений риска. Дело в том, что фактически любое негативное событие может характеризоваться целым рядом опасных факторов, одновременно воздействующих на объекты поражения. При этом одни факторы возникают и воздействуют раньше, чем другие. Кроме того, эти воздействия избирательны. Риск как элемент системы зависит от продолжительности опасного воздействия. Все это определяет существенную информационную неопределенность моделирования рисков. Безусловно, что ранжирование рисков позволяет принимать объяснительные и предсказательные решения.

Очевидно, что сигнатуре информационно-стохастической модели риска того или иного негативного события (авария, пожар и т. д.) должны быть присущи геометрические, физико-химические, динамические и функциональные характеристики взаимодействия объектов в аварийной ситуации. В качестве четырех основных свойств модели следует принимать:

- адекватность;
- достаточную степень детализирования;
- полноту развития событий;
- установление рычагов управления результатом.

Рисковая ситуация может стать результатом или системной или локальной аварии. Как правило, системные аварии характеризуются небольшой вероятностью события, но ущерб от них весьма велик. Локальные аварии более вероятны, но не сопровождаются существенными потерями. Однако риски тех и других аварий на определенных отрезках времени могут быть сопоставимы.

Существенной задачей анализа рисков является их ранжирование по сферам риска, их природе и масштабам. Во всех случаях возникновение и развитие рисков ситуаций вне зависимости от их масштабов обусловлено одними и теми же причинами:

- недостатками проектирования;
- недостатками управления;
- недостатками эксплуатации;
- ошибками обслуживающего и оперативного персонала;
- стихийными воздействиями;
- уровнем износа оборудования;
- несоответствием существующих и требуемых средств диагностики;
- несоответствием количества нормируемого и фактически работающего персонала;
- отсутствием стабильности энергетического и материально-технического обеспечения;
- достоверностью и своевременностью обнаружения аварийной ситуации по сигналам средств автоматики и т.д.⁴

Объектами рисков проявлений при техногенных авариях (пожарах, взрывах) могут быть:

- каждый отдельно взятый человек. При оценках риска следует учитывать индивидуальную чувствительность к фактору поражения и его дозе. Риск последствий негативного события существенно зависит от нахождения человека в замкнутом или открытом пространстве;

– совокупность людей в зоне поражения. Социальный риск существенно зависит от групп мобильности и усталости эвакуируемых людей, своевременности и беспрепятственности эвакуации людей из зон поражения⁵. Своевременность эвакуации для маломобильных групп людей часто обеспечивается силами и средствами прибывших спасателей. Кроме того, социальный риск зависит от наличия планировочных и индивидуальных барьеров защиты людей от тех или иных опасных факторов;

– объекты социально-бытового и производственного назначения, объекты энергетики и хранения материальных ценностей, объекты жизнеобеспечения, транспортных коммуникаций и здравоохранения, образования и культуры и т.д.;

– среда обитания с ее экосистемой. Поражения в экосистеме могут иметь длительные последствия, затрагивающие необратимые процессы.

Таким образом, моделирование рисков аварийных событий в реальных средах представляется весьма сложным и нуждается в развернутом информационном обеспечении. Информационные модели теории рисков должны базироваться на исчерпывающей интерпретации аварийных событий и механизмов их воздействия на окружающую среду. Алгоритм информационного анализа техногенных рисков требует учета вероятности возникновения аварий и детерминированных оценок опасных доз возможных опасных факторов. При этом опасные дозы являются функциями расстояний и времени. У каждой аварии своя совокупность опасных факторов, ранжирование которых представляется самостоятельной задачей. С информационной точки зрения каждой аварии соответствует некоторый комплекс рисков. Обеспечение приемлемой безопасности эксплуатации реальных технико-технологических объектов во внешней среде объективного мира возможно при выяснении всего комплекса рисков с учетом их многогранной природы. Одни технико-технологические объекты воздействуют на другие и внешнюю среду. При определенных условиях необходимо рассматривать возможность проявления сопутствующих наведенных рисков. Риски одной природы при распространении аварии от одного объекта на другой, безусловно, складываются. В ряде случаев необходимо применять теорему сложения вероятностей событий, ведущих к одной цели, и исключать возможность завышения рисков поражения одного объекта разными опасными факторами аварии.

Представляется, что в наиболее общем виде в основу информационного моделирования рисков событий может быть положена некоторая структура относительно исследуемого объекта аварии (см. рис. 1). Чтобы создать модель, необходимо исследовать доступное информационное пространство относительно внешней среды и рассматриваемого объекта аварии (пожара, взрыва)⁵. Найденные отражения взаимосвязей позволят извлечь знание о возможных рисках в совокупности.

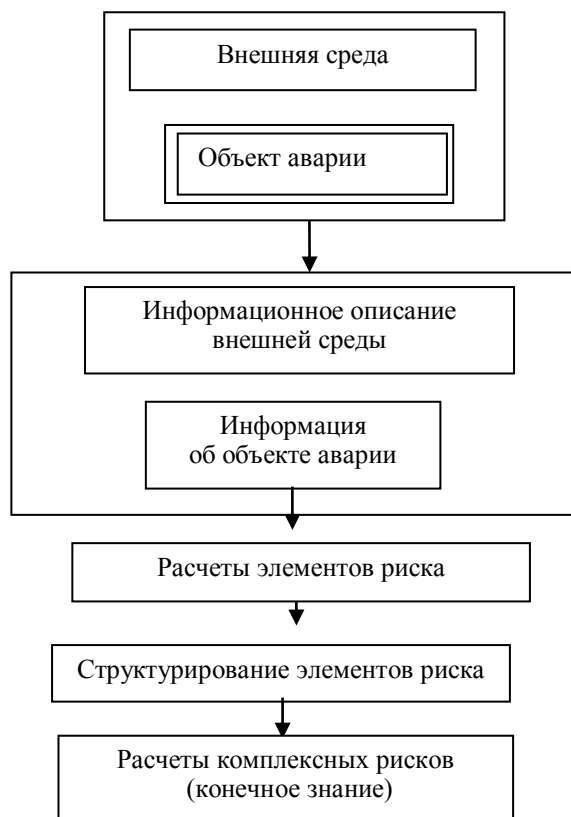


Рис. 1. Описательная информационная модель анализа рисков

В ряду значимых факторов по снижению рисков аварийных ситуаций следует, в частности, рассматривать своевременность прибытия спасательной техники, так как не всегда априори, что:

$$P(\tau_{р.пр} < \tau_{кр}) = 1, \quad (3)$$

где $P(\tau_{р.пр} < \tau_{кр})$ – вероятность того, что подразделения спасателей оказываются на месте той или иной чрезвычайной ситуации до наступления критического времени $\tau_{кр}$ ее свободного развития; $\tau_{р.пр}$ – расчетное время прибытия к месту происшествия.

В наиболее общем виде:

$$P(\tau_{р.пр} < \tau_{кр}) = P_{св. выз} \cdot P_{св. выезд} \cdot P_{р. \tau след} \leq 1, \quad (4)$$

где $P_{св. выз}$ – вероятность своевременного вызова; $P_{св. выезд}$ – вероятность своевременного выезда; $P_{р. \tau след}$ – вероятность того, что время следования будет соответствовать расчетному значению. Уравнение 4 показывает, что вероятность своевременного прибытия должна рассматриваться как произведение трех вероятностей, поэтому условие 3 следует рассматривать как трудно осуществимое. Кроме того, необходимо учитывать, что вероятность своевременного выезда $P_{св. выезд}$ непосредственно связана с вероятностью занятости $Q_{зан}$ боеспособных сил и средств спасателей на момент поступления вызова. Тогда:

$$P_{св. выезд} = 1 - Q_{зан} = 1 - Q_{отк},$$

где $Q_{отк}$ – вероятность отказа обслуживания вызова. $Q_{отк} = Q_{зан}$, которая в свою очередь зависит от укомплектованности сил и средств подразделений спасательной службы на момент аварии или пожара и от интенсивности потока вызовов. То, что $Q_{зан} = 0$ достаточно гипотетично. Вероятность того, что в подразделении заняты все единицы реагирования (случай, когда $n = k$), может быть установлена при помощи распределения Эрланта:

$$Q_{зан} = \frac{\alpha^n}{n!} \left[\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \right]^{-1},$$

где n – число единиц техники определенного назначения и укомплектованных боевыми расчетами; k – число занятых боевых расчетов из их общего числа n ($0 \leq k \leq n$); $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$ – приведенная плотность потока сигналов на аварийные выезды; λ – интенсивность потока заявок по фактам аварий (пожаров), час⁻¹; μ – интенсивность потока ликвидированных аварийных событий до состояния готовности боевого расчета на следующие вызова, час⁻¹.
 $\alpha = \frac{\lambda}{n\nu}$ – стационарная занятость на одну единицу техники с боевым расчетом; ν – интенсивность выполнения каждой заявки, час⁻¹.

При анализе рисков, кроме оценивания вероятности занятости, следует оценивать такую важную эксплуатационную характеристику автомобиля, как коэффициент готовности $K_{Г}$, который также является вероятностной характеристикой:

$$K_{Г} = \frac{\tau_{cp}}{\tau_{cp} + \tau_{об} + \tau_{в} + \tau^{*} + \tau^{**}} \leq 1, \quad (5)$$

где τ_{cp} – средняя наработка на отказ ремонтируемого технического объекта; $\tau_{об}$ – среднее время оперативного обслуживания специального автомобиля после его применения по назначению; $\tau_{в}$ – среднее статистическое время восстановления (ремонта) после отказа, не предусматривающее вывод из эксплуатации; τ^{*} – время, связанное с латентной неисправностью; τ^{**} – время, в течение которого автомобиль может быть не укомплектован личным составом, требуемым боевым снаряжением и (или) горюче-смазочными материалами. Снижение коэффициентов готовности спасательных сил и средств становится причиной нарастания рисков.

Коэффициент готовности есть средняя доля времени, в течение которого машина находится в работоспособном состоянии от общего времени ее эксплуатации. При наличии данных коэффициент готовности приближенно можно выразить в виде:

$$K_{Г} = T_{Г}/T,$$

где $T_{Г}$ – время нахождения технического объекта в состоянии готовности, час; T – расчетный период, равный одному году, $T = 8760$ час.

Коэффициент готовности чувствителен к изношенности технического объекта. По мере износа уменьшаются интервалы времени между отказами, а следовательно и τ_{cp} . По мере старения, очевидно, возрастают $\tau_{об}$ и $\tau_{в}$. Следует признать, что $K_{Г}$ связан с человеческим фактором: квалификацией и дисциплинированностью обслуживающих технику специалистов. Очевидно, что при оценках коэффициента готовности специальных машин важным фактором выступает обеспечение топливом и средствами боевого вооружения.

Коэффициент готовности связан с коэффициентом неготовности $K_{неГ}$:

$$K_{неГ} = 1 - K_{Г}.$$

Обычно применение мобильной техники службами спасателей относительно $K_{Г}$ может быть достаточно сложно структурировано. В качестве базовых структур могут быть случаи нерезервированных схем из элементов готовности (см. рис. 2) и резервированных (см. рис. 3).

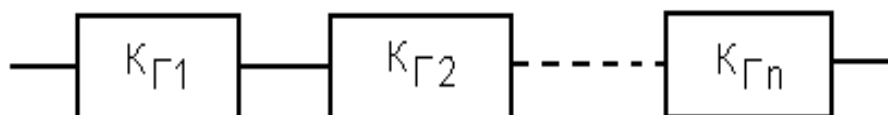


Рис. 2. Последовательная (нерезервированная) структура элементов готовности

В соответствии с рис. 2 при требовании одновременного привлечения объектов с коэффициентами готовности $K_{Г1}, K_{Г2}, \dots, K_{Гn}$ к выполнению задачи коэффициент готовности

всей структуры, исходя из логики «И» первый, «И» второй и т.д. элементы готовы, будет равен:

$$K_{\Gamma} = K_{\Gamma_1} \cdot K_{\Gamma_2} \cdot \dots \cdot K_{\Gamma_n} = \prod_{i=1}^n K_{\Gamma_i} . \quad (6)$$

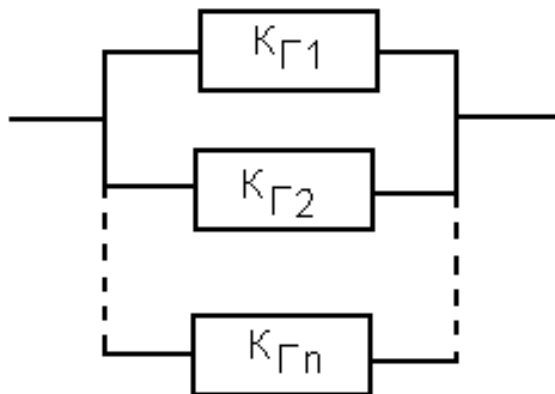


Рис. 3. Схема параллельного (резервированного) структурирования коэффициентов готовности

В случае если из n однотипных машин к выполнению задачи привлекается одна, то структура элементов готовности соответствует рис. 3. В этом случае коэффициент готовности системы будет равен:

$$K_{\Gamma} = 1 - (1 - K_{\Gamma_1}) \cdot (1 - K_{\Gamma_2}) \cdot \dots \cdot (1 - K_{\Gamma_n}) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - K_{\Gamma_i}) . \quad (7)$$

В формуле 7 сделан переход к коэффициенту неготовности единицы техники. Очевидно, что коэффициент готовности по схеме применения машин, показанной на рис. 3, при прочих равных условиях превышает его значение, найденное по формуле 6, когда все штатные машины подразделения для выполнения оперативной задачи должны использоваться одновременно. Данное обстоятельство является существенным критерием, в частности, при тех или иных оценках последствий чрезвычайных ситуаций.

Возможность дублирования выезда одной единицы техники другой аналогичной или однофункциональной существенно повышает готовность подразделения к ликвидации аварии (пожара) одним боевым расчетом, позволяет снижать риски.

При решении комплексных задач по оперативной ликвидации чрезвычайных ситуаций подразделения служб спасателей (пожарных) привлекают группы различных единиц техники. При этом в каждой j -й группе может находиться n i -х единиц однофункциональных объектов техники. Такое подразделение может выполнять задачи разной сложности. Это задачи, при решении которых возникает резервирование элементов техники как в группах, так и между группами. В случаях, когда вся привлеченная техника задействована, возможности резервирования готовности нет. Вариант возможной структуры из элементов готовности, например, для крупного подразделения службы спасения показан на рис. 4.

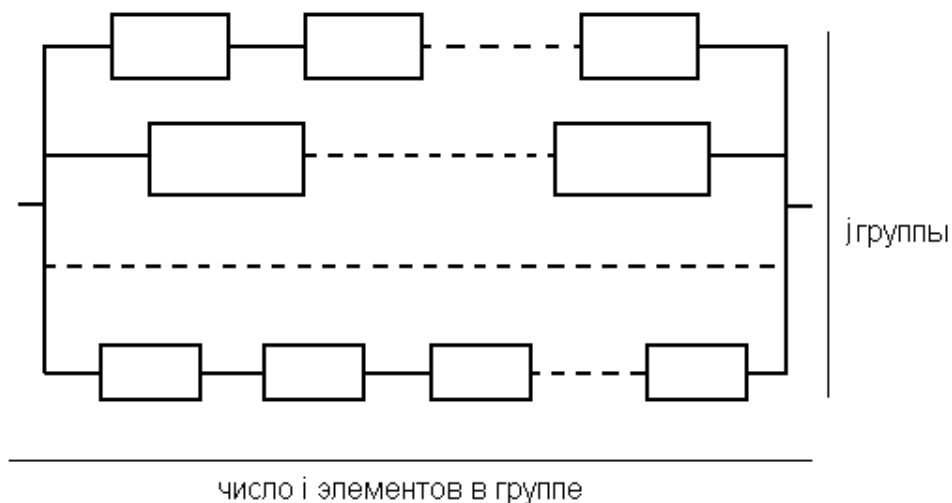


Рис. 4. Сложная структура элементов готовности и их групп

В этом случае готовность в целом зависит от готовности каждого элемента структуры. Коэффициент готовности в группе нерезервированных элементов, скажем, разной производительности, на основании формул 6 и 7 будет равен:

$$K_{Гj} = \prod_{i=1}^n K_{Гi} \cdot a_i = \prod_{i=1}^n (1 - K_{неГi} \cdot a_i),$$

где $a_i = \frac{n_i}{n}$ – тактико-технический вес i -й единицы техники в готовности группы из n элементов. Следовательно, обеспечение высоких значений готовности уникальной высокопроизводительной мощной техники является наиболее актуальным.

Коэффициент готовности всей совокупности автомобилей спасения $K_{ГC}$ составит:

$$K_{ГC} = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - K_{Гj}),$$

где m – число групп в структуре коэффициентов готовности единиц техники.

Риски аварий, пожаров, взрывов предлагается рассматривать в контексте следующей их суммы: риск непосредственно при возникновении аварийной ситуации + риск, связанный с отсутствием или неудовлетворительным состоянием систем оповещения и управления эвакуацией + риск, обусловленный работой сил и средств мобильной защиты. Такая полная совокупность составляющих риска рассматривается впервые.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ См.: Матюшин А.В. и др. Информационно-аналитическое обеспечение деятельности оперативных подразделений пожарной охраны // Пожарная безопасность. 2007. № 2. С. 34 – 41.

² См.: Махутов Н.А. Научно-методические подходы и разработка мер по обеспечению защищенности критически важных объектов для национальной безопасности объектов инфраструктуры от угроз техногенного и природного характера // Проблемы анализа риска. Т. 1. 2004. № 2. С. 37 – 48; Приказ № 576 от 30 марта 2002 г. Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу; Временное положение о системе независимой оценки рисков в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации от 16 августа 2007 г.; Федеральный закон № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

³ См.: Демехин Ф.В., Куватов Е.В. Алгоритм оценки достоверности обнаружения пожара по сигналам пожарных извещателей // Пожаровзрывобезопасность. 2006. № 3. С. 70-73.

⁴ См.: Родичев А.Ю., Таранцев А.А. Об учете усталостных явлений при движении людского потока // Пожаровзрывобезопасность. 2007. № 1. С. 50-52.

⁵ См.: Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. М.: Макс-пресс, 2006. 104 с.