

УРБАНИСТИЧЕСКИЕ РИСКИ: ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА

© 2014 Е.В. Муравьёва, В.Л. Романовский

Казанский национальный исследовательский технический университет – КАИ

Поступила в редакцию 13.01.2014

В статье рассматривается необходимость полного анализа источников опасностей и учёта факторов, формирующих ситуационные опасности. Приводится пример построения «Древовидной структуры», с целью организации управления урбанистическими рисками.

Ключевые слова: анализ риска; оценка риска; ситуационная опасность; анализ источников опасности.

Во многих городах опасные объекты вплотную граничат с жилым сектором, объектами с массовым пребыванием людей, при этом объективно возрастает величина возможного ущерба в случае чрезвычайных ситуаций на опасных объектах [1 - 5]. Как нет двух абсолютно одинаковых людей на Земле, с набором одних и тех же качеств и одинаковыми характерами, нет и одинаковых объектов в силу специфики их места расположения, работающего на объекте персонала, действия различных внешних или внутренних факторов. Определяющую роль должен играть комплексный подход к рассмотрению всех возможных рисков на опасных объектах, прилегающей территории и во внешней среде, которую мы не можем исключить или попросту отбросить. Следует сказать о том, что внешняя среда агрессивна по отношению к самому объекту, она постоянно его «испытывает на прочность».

Территория города – это не только место функционирования потенциально опасных объектов и маршрутов перевозок опасных грузов, а пространство, где сплетены воедино объекты промышленности, объекты жилищного хозяйства, гостиничное и банно-прачечное хозяйство, сети и объекты теплоснабжения, сети и объекты водоснабжения и канализации; сети и объекты электроснабжения; сети и объекты газоснабжения, дорожная сеть, транспорт, мосты, путепроводы, эстакады, набережные, ливневая канализация, берегоукрепительные сооружения, уличное освещение, сооружения и средства по очистке городских улиц и дворов от мусора и снега, население, растительный и животный мир, почва, вода, воздух, и многое другое.

Территория города – это частичка биосферы, куда «вклинилась» техносфера с её специфически-

ми опасностями и угрозами. Системообразующие компоненты городской территории находятся между собой в сложных, постоянно меняющихся и, порою, неопределённых отношениях. Опасности могут провоцироваться всеми компонентами сложной системы под названием «территория», могут образовываться сложные взаимодействия причин и последствий возможных чрезвычайных ситуаций с различными конечными итогами, зависящими, к тому же, и от сопутствующих обстоятельств.

Точно так же, как и провоцирующим фактором, внешняя среда является ещё и своеобразным ретранслятором риска, накладывает свои ограничения на близлежащие территории. Мы должны учитывать и проецировать риски аварии на объекте, как на внешнюю среду, так и из внешней среды на сам объект.

В силу высокой урбанизации, те предприятия и опасные производственные объекты, которые раньше располагались на окраинах городов, сейчас непосредственно граничат с жилым сектором, многократно увеличивая вероятность гибели населения, проживающего на близлежащей территории. Внешняя среда постоянно изменяется, поэтому и система, которая отслеживает опасности и реализует комплекс мероприятий по минимизации рисков возникновения угроз того или иного характера, должна наиболее быстро и качественно адаптироваться к изменяющимся условиям действительности. В данном случае речь идёт о гибкости системы принятия того или иного управленческого решения в области безопасности с неременным акцентом на внешнюю среду, как источник передачи энергии согласно основным канонам физики и химии, как основополагающих наук при изучении всех явлений в природе и технике.

Крайне важно изучать ситуационные риски, т.е. возможные проявления опасностей в тех или иных условиях. Речь по существу идёт о необходимости изучения появления и проявления рисков во времени в той или иной среде их «обитания». Наличие ситуационной составляющей яв-

Муравьёва Елена Викторовна, доктор педагогических наук, заведующая кафедрой Промышленной и экологической безопасности. E-mail elena-kzn@mail.ru
Романовский Владимир Леонидович, кандидат технических наук, профессор кафедры Промышленной и экологической безопасности. E-mail elena-kzn@mail.ru

ляется дестабилизирующим фактором, влияющим на безопасность людей, среду обитания и экономику.

«Город» является сложной, динамической, нелинейной системой, «напичканной» всевозможными опасностями. Опасности воздействуют на все элементы этой системы и необходимо выявлять и отслеживать процессы, способствующие перерастанию опасностей в угрозы, т.е. проводить исследования, в данном случае, «урбанистических рисков» и учиться управлять ими.

Человек привык всё измерять и просчитывать. Не обошло это и риск. За меру риска изначально принималось количество свершившихся неблагоприятных исходов в каком-то виде человеческой деятельности за определённый период (чаще всего год), затем - отношение свершившихся исходов к их максимально возможному числу.

Риск превратился в число. Число дало возможность сравнивать опасность различных видов деятельности. Но беда в том, что конкретные величины рисков стали в дальнейшем ассоциировать с вероятностями возможных проявлений опасностей. Но вероятность – «штука» коварная, ибо какое-то событие может произойти при практически нулевой вероятности и не произойти – при близкой к единице. Парадокс, вероятности неприятностей лежат в однопроцентной области около нуля от всего возможного диапазона, а нежелательных событий хоть отбавляй.

При разработке паспорта безопасности и декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта пользуются соответствующей нормативно-технической документацией, которая предписывает определённые процедуры составления указанных документов и расчётно-пояснительных записок к ним. Содержание раздела «Анализ риска» в расчётно-пояснительных записках примерно одинаковое.

Для прогноза возможного развития тех или иных ситуаций строят деревья событий, определяют сценарии развития возможных нежелательных последствий и просчитывают вероятности реализации этих сценариев.

В основе анализа используется как информация об известных авариях и неполадках на подобных установках, так и статистические данные по отказам отдельных видов оборудования и их элементов в промышленности.

Пользуемся статистикой чаще всего по типичным объектам, на которых уже произошли какие-то конкретные инциденты. А при анализе риска рассматриваем иницирующее событие и далее фантазируем, что может произойти. Строим дерево событий для определения возможных сценариев развития последствий. Один фантазирует меньше, другой - больше. И чем богаче фанта-

зия, тем более «ветвистым» будет дерево. Как следствие – меньшие значения вероятностей реализации этих последствий. При использовании устоявшихся подходов к проведению анализа риска можем попасть в парадоксальную ситуацию: чем подробнее анализ, тем меньшие значения вероятностей конечных исходов мы получим. Любую ситуацию виртуально можем довести до приемлемо безопасной.

Руководящие документы позволяют использовать «типичные деревья событий». Вероятно, не зря. При анализе риска возможно идти по пути использования типовых сценариев развития аварий хотя бы для того, чтобы показать и рассказать работникам конкретного объекта, что их может ожидать, и это оправдано. Существуют же типовые инструкции по технике безопасности для тех или иных видов работ. Но зачем при этом рассчитывать пресловутые вероятности? Для типовых объектов уже есть статистика по конечным исходам и её можно просто использовать, а не «играть» в проведение расчётов. Использование вероятностей событий на основе статистических данных даже по однотипным объектам не может дать достоверной информации в прогнозе возможного поведения конкретной технической системы. Возможно лишь выявить основные причины зарождения и развития аварии. Не увлекаемся ли мы инструментальной реализацией как панацеей для достижения наименьшего риска.

Представляется, что при проведении анализа риска к получаемым численным значениям вероятностей возможных реализаций тех или иных сценариев, надо подходить с некоторой дозой скепсиса. Правильнее говорить о том, что какой-то сценарий более вероятен, а какой-то менее.

В случае, если объект может быть отнесён к уникальным, то необходим не типовой, а скрупулёзный анализ. По большому счёту, большинство из объектов уникальны, поскольку функционируют они на разных площадках, в разных условиях и на них работают разные люди. Необходим полноценный анализ возможного поведения систем «человек-машина-среда». Кроме того, анализ риска должен проводиться постоянно, а не только при создании паспорта безопасности или иного подобного документа. Управлять тем, что было вчера или несколько лет назад нельзя.

В последнее время риск всё чаще трактуют как произведение вероятности проявления нежелательного события на возможный ущерб от этого события. И если ущерб считать в денежном выражении, то преимущества такого подхода несомненны: можно вполне обоснованно сравнивать риски в различных областях их проявления и наконец-то риски можно складывать. Складывали, прав-

да, и раньше, но с оговоркой или без неё: складываемые риски существенно меньше единицы.

Но указанная трактовка риска содержит в себе и проблемы. Как ни странно, проблемы эти связаны с первым множителем – вероятностью проявления нежелательного события (в прежней трактовке – риск). Аналитики определяли риск в той или иной области человеческой деятельности и по его величине лица, принимающие решение, тем или иным образом реагировали. В новой трактовке риска появился второй множитель – ущерб. Величина ущерба для конкретной техносферной системы может быть рассчитана достаточно точно и даже для огромной его величины, чисто психологически, малая величина вероятности возможного проявления нежелательного события может успокаивать.

К примеру, в случае чрезвычайной ситуации ущерб составит 1 млрд. рублей, но аналитики пришли к выводу, что вероятность этой ситуации равна 10^{-5} . Вероятный ущерб – 10 тыс. рублей. В этом случае сложно надеяться на реализацию каких-то мероприятий, направленных на уменьшение риска.

Для конкретных технических систем можно говорить о возможном несоответствии прогноза реализации конкретных угроз действительности.

Степень несоответствия будет определяться глубиной наших познаний процессов в техносфере и глубиной нашей безалаберности по отношению к опасностям окружающего нас мира. И если первое зависит от аналитиков, то второе от собственников и коллективов опасных объектов. Фактическая величина риска R_{ϕ} во многом определяется этой самой степенью несоответствия – чем она больше, тем более бесполезны просчитанные 10^{-4} и 10^{-6} . Возможный ущерб при этом всё более и более будет приближаться к максимальному.

В реальной жизни вероятность реализации (p) точно подсчитать невозможно, можно лишь оценить её наиболее вероятное значение.

Т.е. речь идёт о таком подходе: «скорее всего

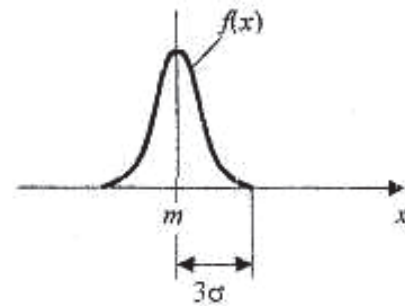


Рис. 1. Характер рассеивания

вероятность реализации будет такой-то», т.е. необходимо подразумевать возможность разброса значений p около наиболее вероятного.

Вероятность реализации конкретного события имеет некоторую область рассеивания случайной величины около её среднего значения.

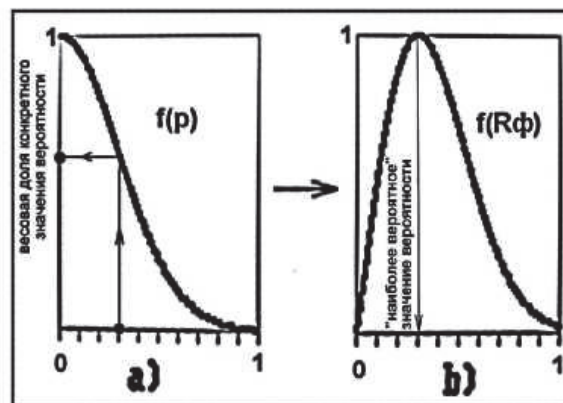
Характер рассеивания определяет плотность распределения случайной величины $f(x)$ (рис. 1).

Для нас интересны величины вероятностей реализации нежелательных событий, близкие к нулю (при иных значениях говорить о безопасности вообще бессмысленно). Будем считать, что $p = m \cdot N^{-1}$.

С помощью функциональной зависимости, изображённой на рисунке 2, определяем безразмерные весовые доли всех значений вероятности в диапазоне от 0 до 1. Определив весовую долю каждого значения вероятности, находим функциональную зависимость, изображённую на рисунке. Эту зависимость можно трактовать как «вероятность распределения вероятностей» или плотность распределения фактического риска $f(R_{\phi})$, полученную для конкретных изначальных величин p и S .

Величину S назовём степенью несоответствия результатов прогноза фактическому состоянию уровня безопасности на конкретном объекте.

Проиллюстрируем рассмотренный подход несколькими оценками. Примем, что величина вероятности (в обычном понимании) $p = 10^{-4}$, а



Графическое представление алгоритма получения зависимости $f(R_{\phi})$

Рис. 2. Функциональная зависимость определения безразмерных весовых долей значений вероятности

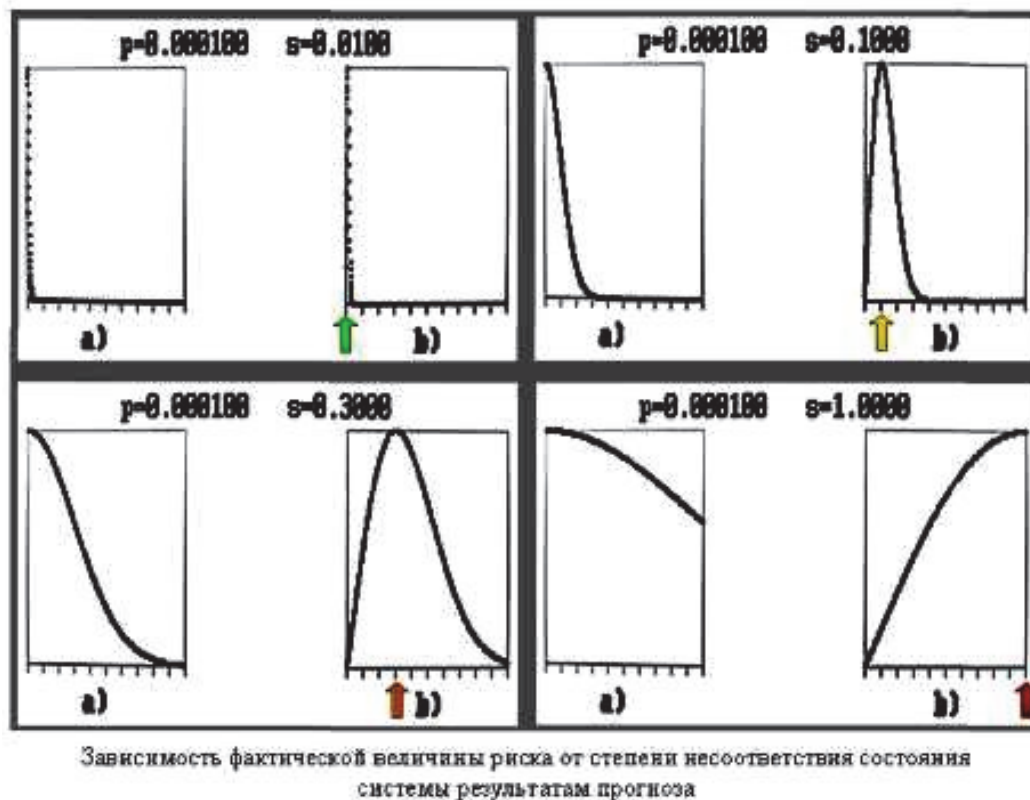


Рис. 3. Зависимость фактической величины риска от степени несоответствия фактического состояния системы результатам прогноза

величину степени несоответствия S изменяем от 0.01 до 1. Малая степень несоответствия ($S = 0.01$) практически не изменяет исходную вероятность ($R_f \approx 10^{-4}$). Степень несоответствия $S = 0$ вообще не изменит исходную вероятность (рис. 3).

Увеличение степени несоответствия приводит к увеличению R_f (фактической вероятности или риска в прежней трактовке). Степень несоответствия и есть постоянно меняющаяся ситуационная составляющая опасностей (антропогенного, природного или комбинированного характера).

Для достижения действительного эффекта в области управления техносферными рисками необходимо анализировать и отслеживать процессы, происходящие на конкретных территориях с конкретными объектами при конкретном стечении обстоятельств [5].

Несмотря на обилие выполненных исследований в области обеспечения безопасности техносферных систем, проблема выбора методов исследования этого обеспечения остаётся актуальной. В частности, при построении деревьев событий как-то не принято включать в цепочки развития возможных сценариев влияние персонала или объектовых формирований гражданской обороны на возможное развитие событий. В большинстве аварий повинен человеческий фактор, а при анализе риска влияние этого фактора в лучшем случае завуалировано в статистической информации по свершившимся инцидентам.

Дерево событий, в общем случае, тем и отличается от дерева решений, что не приспособлено к анализу действий человека в тех или иных условиях, как и дерево решений – к развитию событий в техносферной системе. Надеемся, что помочь соединить «несоединимое» позволит графоаналитический метод анализа риска «древовидные структуры» (метод проф. Романовского) [3].

Метод «Древовидные структуры» позволяет:

- четко формализовать рассматриваемый материал;
- проводить анализ различных ситуаций;
- анализировать различные, но взаимосвязанные ситуации и события в рамках одного «дерева»;
- проводить эффективную количественную оценку условий недопущения негативных событий или условий достижения цели;
- равноправно, в рамках одного «дерева», учитывать все элементы системы «человек-техника-среда».

Древовидная структура – это графическое представление взаимосвязи различных событий конкретной системы «человек-техника-среда» [6]. Построение древовидной структуры – этап качественного анализа.

Событие - состояние, происшествие, явление, действие, которое могло произойти, произошло или может произойти в системе или элементе.

Событие, являющееся целью анализа, называется головным или результирующим. Головное событие наступает в результате комбинации различных событий. В древовидной структуре может быть несколько головных событий. Кроме жестко детерминированных причинно-следственных связей, в древовидной структуре возможны и обратные связи, когда головное событие (или промежуточное) влияет на предыдущее.

События, являющиеся первопричинами процессов в системе и в конечном итоге, приводящие к возникновению головного события, называются первичными или исходными.

События, расположенные на древовидной структуре между головными и первичными событиями называются промежуточными.

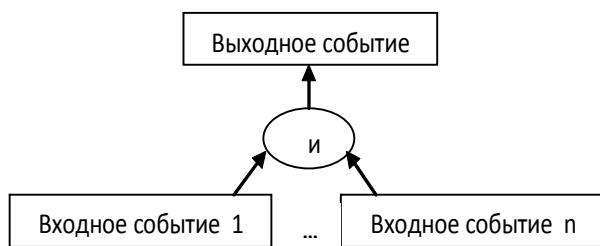
Количественный анализ состоит в определении величин риска наступления нежелательных событий, оценке эффективности различных мероприятий, направленных на уменьшение риска, и выбора приемлемых решений.

Количественный анализ заключается в определении вероятностей наступления завершающих головных событий после построения древовидной структуры, отвечающей цели анализа, с учётом вероятностей начальных (исходных) событий.

Количественную меру исходных событий выбирают на основе имеющейся статистики, проведения экспертных оценок или иным способом. Вычисления проводят по всем ветвям древовидной структуры.

Отношения между событиями структуры обозначаются логическими связями или операциями:

1) Операция «И»:



Выходное событие в данном случае происходит только при реализации всех входных событий. Количество входных событий – более одного.

Понятия «входное событие», «выходное событие» здесь и далее служат лишь для объяснения качества связи между ними с помощью той или иной операции и не являются понятиями самой древовидной структуры.

В случае операции «И» для n статистически независимых входных событий вероятность появления выходного события определяется по правилу умножения вероятностей:

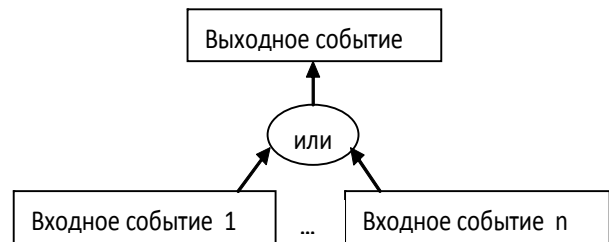
$$P_{\text{вых}} = \prod_{i=1}^n P_{\text{вх}i},$$

где $P_{\text{вых}}$ – вероятность реализации выходного события,

$P_{\text{вх}i}$ – вероятность реализации i -го входного события,

n – число входных событий.

2) Операция «ИЛИ»:

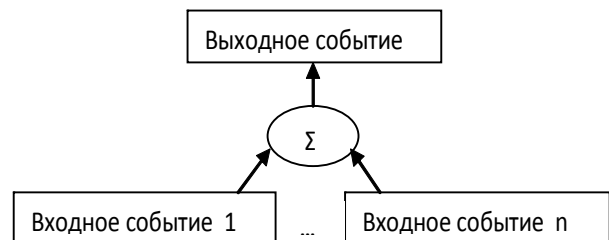


Выходное событие происходит при реализации хотя бы одного из входных событий. Количество входных событий более одного.

Для статистически независимых событий, объединённых операцией «ИЛИ», вероятность появления выходного события в общем случае имеет вид:

$$P_{\text{вых}} = 1 - (1 - P_{\text{вх}i}).$$

3) Операция «У» (совокупность событий):



Операция «У» применяется тогда, когда влияние входных событий на выходное не удастся чётко отнести к одной из двух предыдущих («И» или «ИЛИ»). Выходное событие происходит тогда, когда совокупное влияние входных событий на выходное превышает определённый порог. Количество входных событий более одного.

В случае операции «У» вероятность реализации выходного события определяется следующим образом:

$$P_{\text{вых}} = W_i P_{\text{вх}i},$$

где W_i – значимость (степень влияния входного события на выходное) i -го входного события.

При этом для операции «У» должно выполняться условие нормировки:

$$W_i = 1.$$

По сути своей, оператор «совокупность событий» является формальным нейроном.

В последнее время бурно развивается новая

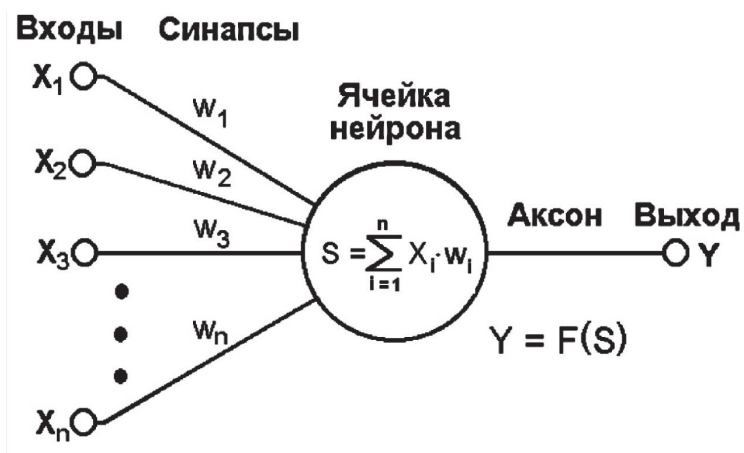


Рис. 4. Общий вид формального нейрона

прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях.

Основу каждой нейронной сети составляют относительно простые элементы, имитирующие работу нейронов мозга. Под нейроном подразумевается искусственный (формальный) нейрон. Нейрон обладает группой синапсов – односторонних входных связей и аксоном – выходной связью.

Общий вид формального нейрона приведён на рис. 4.

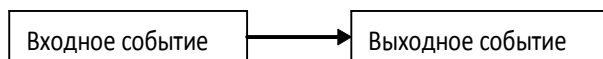
Каждый синапс характеризуется величиной синаптической связи или её весом w_i , характеризующим пропускную способность канала и оценивающим степень влияния сигнала с этого входа на сигнал на выходе. Текущее состояние нейрона определяется, как взвешенная сумма его входов.

Выходной сигнал нейрона есть функция его состояния $Y = F(S)$. Функция F называется активационной и может иметь различное предназначение в зависимости от условий использования конкретного нейрона в сети.

В зависимости от предназначения конкретного нейрона его выходной сигнал может быть аналоговым или цифровым (да/нет).

В графоаналитическом методе анализа техноферного риска появился нейрон.

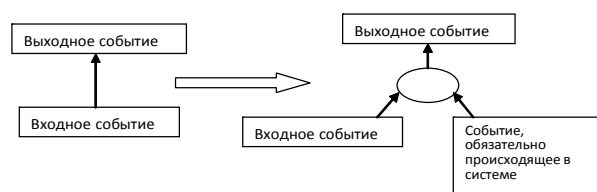
4) Операция « \rightarrow » (причина - следствие):



Операция « \rightarrow » применяется для упрощения взаимосвязи событий в конкретной системе «человек-техника-среда» в случае, когда наблюдается чёткая взаимосвязь между входными и выходными событиями.

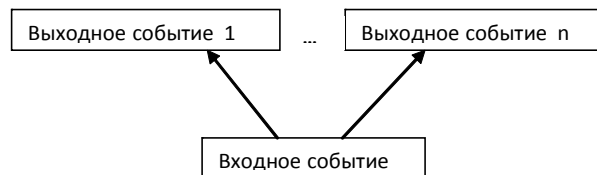
Операция « \rightarrow » в ряде случаев может быть заменена одной из операций

«И - причина», «ИЛИ - причина», «У - причина» в зависимости от конкретной ситуации:



Такая замена может быть полезна для анализа причин появления «обязательного» события в конкретной системе.

В случае, когда входное событие инициирует реализацию нескольких выходных событий, графическое представление операции « \rightarrow » выглядит следующим образом:



Для операции « \rightarrow » (причина - следствие) вероятность реализации выходного события имеет вид:

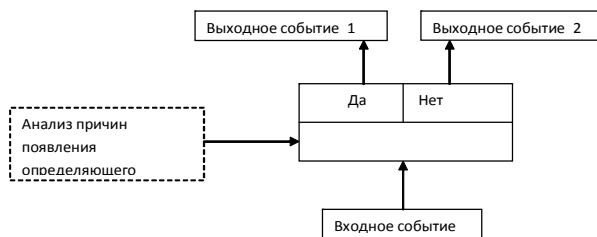
$$P_{\text{вых}} = W P_{\text{вх}}$$

Здесь W имеет смысл степени влияния причины на следствие. При этом:

$$1 \geq W > 0.$$

При нескольких выходных событиях оцениваются степени влияния входного события на каждое из выходных индивидуально.

5) Операция «Определяющее событие»:



В случае реализации входного события дальнейший ход событий будет происходить по ветке

«Да» (реализация «Выходного события 1») или по ветке «Нет» (реализация «Выходного события 2») в зависимости от того, реализуется в конкретном случае определяющее событие или нет. При необходимости проводится анализ причин возможной реализации определяющего события в рамках древовидной структуры.

Операция «определяющее событие» является своего рода условием возможности реализации каждого из двух альтернативных событий.

Поэтому ход рассуждений здесь следующий. Реализуется входное событие с вероятностью $P_{вх}$. Определяющее событие имеет свою вероятность реализации $P_{о.с.}$. Если в древовидной структуре проводится анализ причин появления определяющего события, то вероятность его реализации рассчитывается также, как и для любого промежуточного события. В ином случае, к определяющему событию подходят как к исходному.

Вероятности выходных событий определяются по следующим соотношениям:

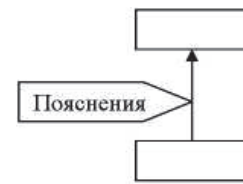
$$P_{вых1} = P_{о.с.} \cdot P_{вх};$$

$$P_{вых2} = (1 - P_{о.с.}) \cdot P_{вх},$$

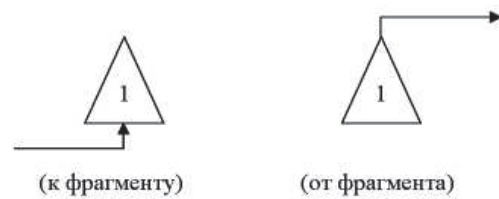
Альтернативные выходные события образуют полную группу событий.

Для введения пояснений о сопутствующих событиях и других событиях, напрямую не влияющих на ход развития событий, можно исполь-

зовать символ:



Древовидную структуру можно делить на отдельные фрагменты. Для соединения фрагментов в единую логическую структуру используется символ перехода с порядковым номером перехода внутри него:



Построение древовидной структуры начинается с процессов синтеза и анализа, включающих несколько процедур.

Процесс синтеза включает в себя определение цели анализа, выбор конкретной системы «человек-техника-среда» для возможности проведения анализа достижения цели. Процесс анализа производится методами индукции и дедукции.

В качестве примера проведём анализ возможных ситуаций при работе абсорбционной установки для очистки газовых потоков от вредных примесей по её принципиальной схеме (рис. 5).

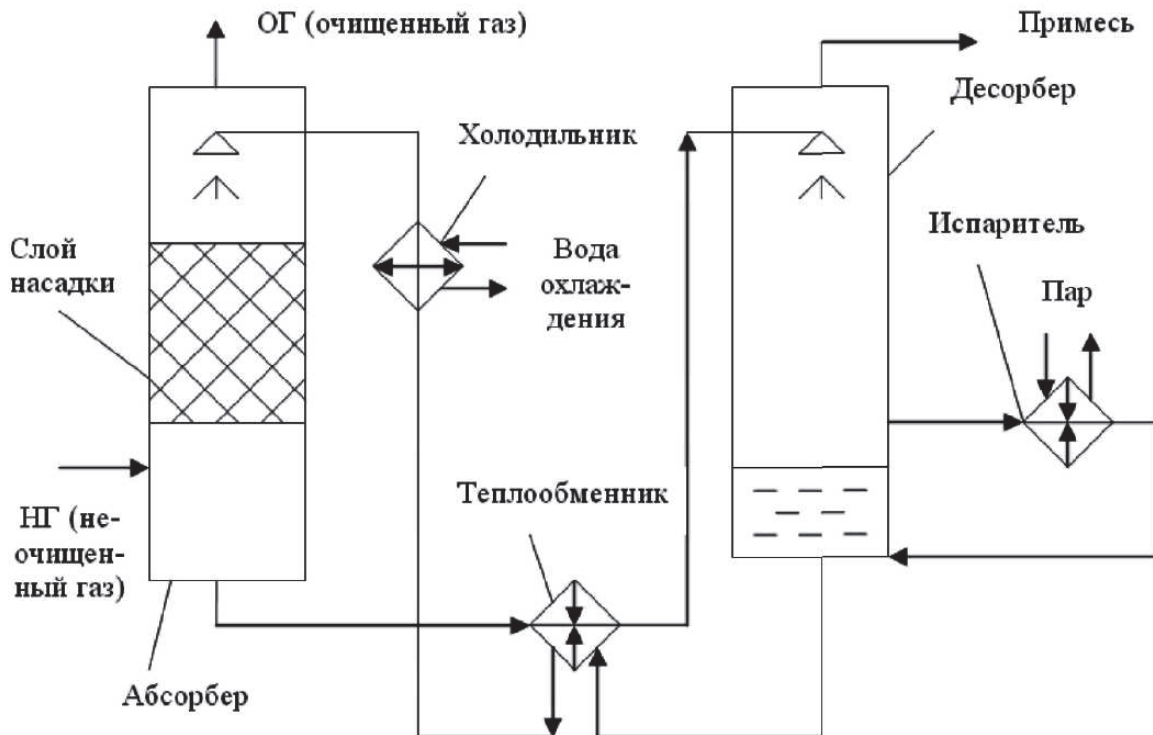


Рис. 5. Принципиальная схема работы абсорбционной установки для очистки газовых потоков от вредных примесей

Суть работы установки в следующем: НГ поступает в абсорбер, проходит через слой насадки, где примеси поглощаются движущимся навстречу абсорбентом, а ОГ выводится из абсорбера; восстановление абсорбента (выделение из него примесей) происходит в десорбере; остальные тракты служат для постоянной циркуляции абсорбента в установке.

Рассмотрим следующую ситуацию: предположим, по какой-то причине в абсорбер для очистки стал поступать запыленный газовый поток. Ситуация вполне возможная, поскольку в реальности взвешенные вещества той или иной дисперсности и количества всегда присутствуют в газовом потоке. Разница лишь в том, что неприятности по этой причине могут произойти раньше или позже.

События могут развиваться следующим образом. Газовый поток проходит через слой насадки, смоченной абсорбентом. При этом газовый поток будет очищаться от пыли, часть которой будет вымываться абсорбентом, а часть – оставаться в слое насадки, что приведет к дополнительному загрязнению абсорбента и увеличению гидравлического сопротивления слоя насадки.

Загрязненный пылью абсорбент далее поступает в теплообменник, где часть пыли будет оседать в его каналах, что приведет к росту гидравлического сопротивления теплообменника. Остающаяся в абсорбенте пыль может нарушить распыл абсорбента в десорбере по причине нарушения работы распыливающих форсунок или полного их отказа. Часть пыли, остающаяся в абсорбенте может нарушить работу испарителя и осесть в тракте возврата абсорбента в теплообменнике. Аналогичные последствия возможны в тракте холодильника и при распыле абсорбента в абсорбере.

Отсутствие или неполадки измерительной аппаратуры, контролирующей ход процесса, или невнимательность обслуживающего персонала могут привести при этом к печальным последствиям.

Закупорка слоя насадки пылью может привести к тому, что газовый поток, поступающий в абсорбер, не сможет проходить через слой насадки, а пойдет по тракту абсорбента к теплообменнику. В случае, если тракт теплообменника способен пропустить газожидкостную смесь (газовый поток + абсорбент) и форсунки десорбера ещё полностью не забились пылью, недоочищенный газовый поток будет поступать в десорбер, а оттуда газ попадет в тракт отвода примеси. В случае закупорки прямого тракта теплообменника в нижней части абсорбера, трубопроводе «абсорбер-теплообменник» и в самом теплообменнике возможен рост давления, что может привести к разрыву тракта, т.е. аварии. При этом могут

пострадать люди, а в случае опасного загрязнителя газового потока, произойдет загрязнение окружающей среды. Рост давления возможен и в других частях установки по причинам нарушения работы форсунок в десорбере, трактов испарителя и холодильника, обратного тракта теплообменника. Возможные разрушения в них приведут к следующим последствиям:

- неочищенный газовый поток через тракт холодильника сможет поступать в тракт очищенного газа, а через него, минуя слой насадки – в атмосферу или дальнейшую технологическую цепочку;
- неочищенный газ может привести к загрязнению воды охлаждения в холодильнике и пара в испарителе;
- травмирование и отравление людей.

Рассмотренные рассуждения представлены в виде древовидной структуры. Что она иллюстрирует?

Во-первых, (рис. 6) видно, что метод «Древовидные структуры» вообрал в себя графоаналитические методы-предшественники и является дальнейшим их развитием. В частности, возможны несколько головных событий (в нашем примере они обведены двойной рамкой); допускается влияние последующих событий на предшествующие.

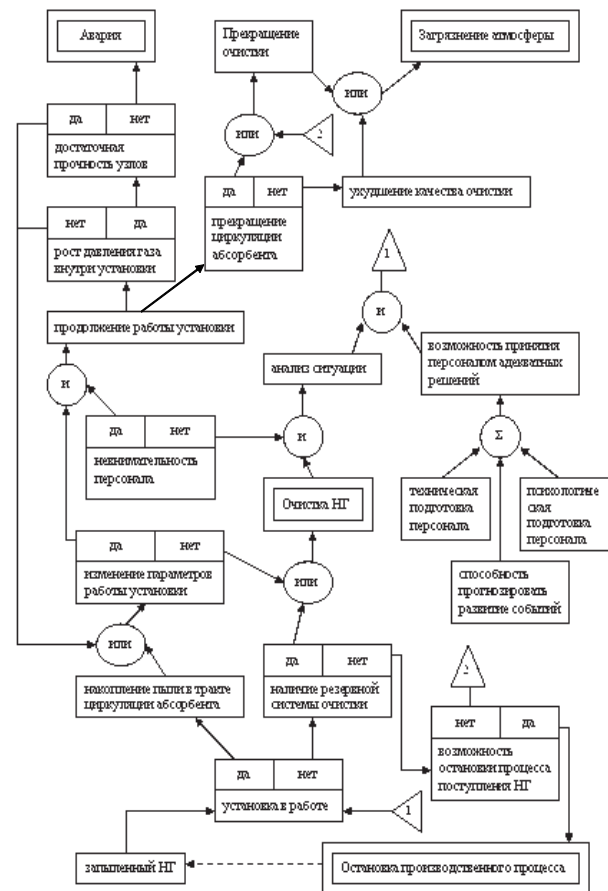


Рис. 6. Пример представления древовидной структуры

ющие (т.е. «прокрутка» части событий во времени); развитие событий по разным «ветвям» структуры в зависимости от изменения текущей ситуации.

Во-вторых, возможен равноправный учёт всех компонентов системы «человек-техника-среда» в рамках одной структуры.

В-третьих, появился оператор «совокупность событий», о котором ранее даже намёка не было. Это позволяет более свободно включать в анализ аспекты психологии, экономики и других дисциплин.

В-четвёртых, отнюдь не полная, а лишь иллюстративная древовидная структура более объёмна (если так можно сказать) принципиальной схемы установки по которой она создана. Причина в том, что «структура» требует четкой формализации рассматриваемой проблемы.

В этом и трудность и преимущество метода. Трудность в том, что надо чётко представлять все тонкости проблемы, уметь отделять главное, суметь объединить все события в единую структуру. Преимущество – логично построенная структура «не позволяет» упустить из рассмотрения какие-то важные моменты; наглядно демонстрирует важные взаимосвязи событий.

В частности, приведённая структура чётко демонстрирует (часто и так вроде бы понятные вещи):

- рано или поздно установка по отмеченным причинам может выйти из строя;
- подготовленный и внимательный обслуживающий персонал способен предотвратить неже-

лательные последствия или уменьшить их тяжесть;

- возможность принятия персоналом адекватных обстановке решений определяется совокупностью условий в тех или иных обстоятельствах;

- человеческий фактор в работе систем играет весьма важную роль на всех этапах их жизненного цикла;

- всегда полезно иметь «путь к отступлению» (в нашем примере: наличие резервной системы очистки или возможность остановки технологического процесса).

В качестве другого примера приведена подобная «структура» для случая разгерметизации технологического оборудования с ЛВЖ (рис. 7).

Для проведения качественной и количественной оценки урбанистических рисков возможна реализация следующей методологии:

- исследуемая территория «разбивается» на территориальные кластеры, для каждого из которых разрабатывается своя древовидная структура с учётом специфики кластера;

- древовидные структуры кластеров умозрительно или фактически объединяются в мегаструктуру исследуемой территории;

- поскольку древовидная структура будет содержать в числе прочего множество операторов «совокупность событий» (формальных нейронов) необходимо разработать и использовать процедуру «обучения» древовидной структуры;

- древовидная структура в результате проделанных операций будет представлять собой адап-

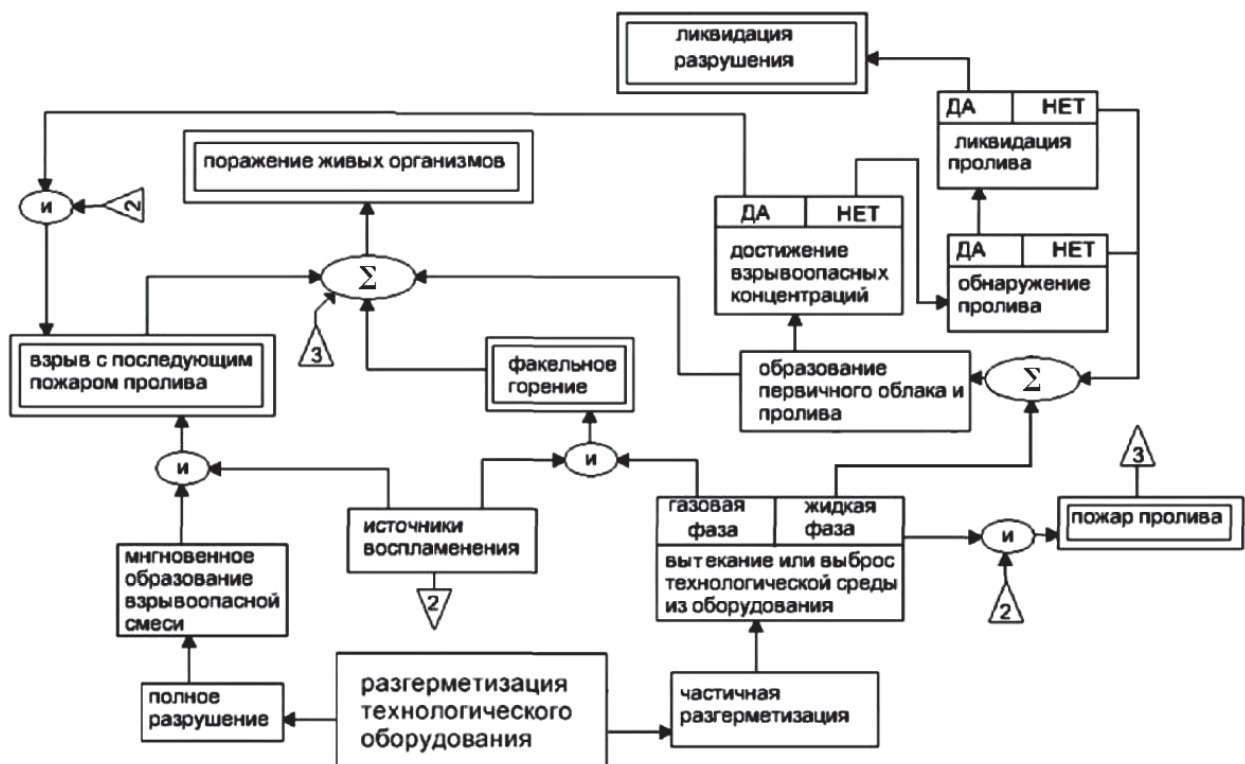


Рис. 7. Древовидная структура для случая разгерметизации технологического оборудования с ЛВЖ

тированную модель взаимосвязи элементов инфраструктуры;

- по правилам ведения математических экспериментов оцениваются урбанистические риски.

Что касается количественного анализа риска, то к получаемым численным значениям вероятностей возможных реализаций тех или иных сценариев надо подходить с некоторой дозой скепсиса. Правильнее говорить о том, что какой-то сценарий более вероятен, а какой-то менее. И к сравнению мероприятий по улучшению безопасности – такой-то вариант более предпочтителен по вразумительным причинам, а не потому, что он «обеспечивает приемлемый уровень риска». Уверенно может «говорить» только честная статистика, но она может говорить так только о свершившихся событиях.

Для проведения оценки урбанистических рисков возможно, в частности, подключить методологию нормативно-технического регулирования [2]. Естественно, при сложности эколого-техносферных систем, коими городские территории и являются, ожидать лёгкого решения и в этом случае не приходится.

Используя идентификацию угроз жизнедеятельности из работы [2] и оператор «совокуп-

ность событий» (т.е.формальный нейрон) из работы [3], можно получить подход к оценке комплексного показателя устойчивости территории:

Каждое из входных событий приведённой конструкции требует своих исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романовский В.Л., Семенов В.Ю. Принципы и подходы к наполнению понятия «урбанистические риски» // Вестник НЦ БЖД. 2012. № 2 (12). С. 16-18.
2. Ялалов И.И., Магадеев М.Ш., Наумов В.Э. Обеспечение безопасности жизнедеятельности современного города на основе анализа рисков техногенного характера: состояние вопроса, текущие задачи и пути решения // Проблемы анализа риска. 2010. Т. 7. № 4. С. 12-24.
3. Романовский В.Л. Графоаналитический метод анализа риска «древовидные структуры» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «ELPIT-2007». Том 2. Серии «Машиностроение» и «Экология», 2007.
4. Романовский В.Л., Муравьёва Е.В. Прикладная техносферная рискология. Экологические аспекты: монография. Казань: РИЦ «Школа», 2007. 342 с.
5. Васильев А.В., Аношкин Д.В. Человеческий фактор как причина аварийности и травматизма на производстве и его анализ на основе принципов системного подхода к обеспечению безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 11. С. 22-25.

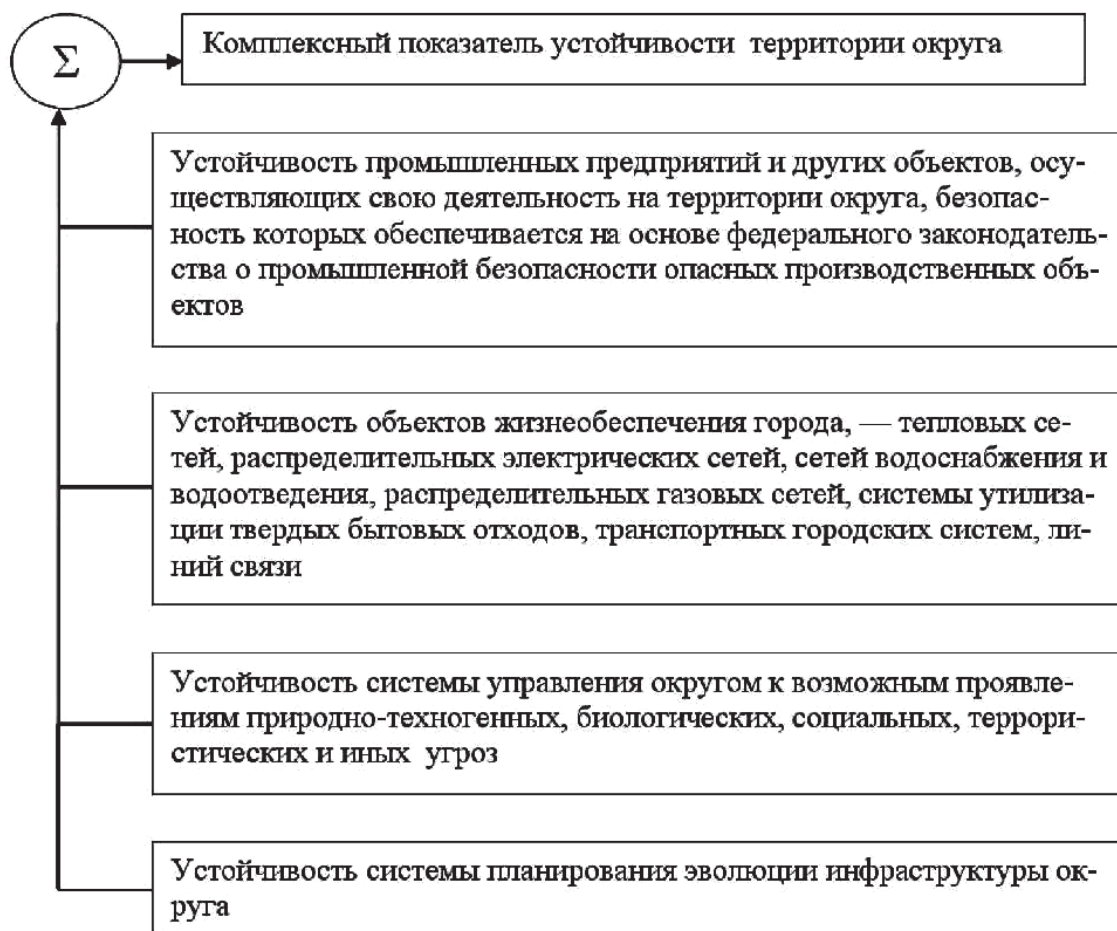


Рис. 8. Оценка комплексного показателя устойчивости территории

6. *Васильев А.В., Вильч Н.В.* Разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на человека смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием метода “Дерево событий” // В сборнике: ЕЛРПТ 2013 Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов. Сборник трудов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции), научный редактор А.В. Васильев. 2013. С. 91-94.
7. *Мухутдинов А.А. и др.* Основы и менеджмент промышленной экологии: Учебное пособие. Казань: Магариф, 1998.

URBAN RISKS: ABILITY TO ANALYZE AND FORECAST

© 2014 E.V. Muravyeva, V.L. Romanovsky

Kazan National Research Technical University – KAI

The article considers the necessity of a complete analysis of the sources of danger and accounting factors shaping the situation of danger. An example of a «Tree structure» for organization of the management of urban risk have been described.

Keywords: risk analysis, risk assessment, situational risk, analysis of hazards.

Elena Muravyeva, Doctor of Education, Head at the Industrial and Ecological Safety Department. E-mail elena-kzn@mail.ru
Vladimir Romanovsky, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Industrial and Ecological Safety Department. E-mail elena-kzn@mail.ru