

УДК 69.035.4

*Е.Ю. Куликова*

## **МЕТОДЫ АНАЛИЗА РИСКА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Управление рисками при строительстве городских подземных сооружений включает три этапа: анализ риска, защита от риска и обеспечение компенсации ущерба. Важнейшим этапом в процессе управления рисками при строительстве городских подземных сооружений является детальный анализ рисков.

Анализ риска содержит информацию, требуемую для количественного определения риска, которая позволяет оценивать безопасность природно-технической геосистемы (ПТГС) «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда» и предназначен для выявления источников опасностей и оценки последствий их воздействия на другие элементы этой системы и на систему в целом. Выявление источников опасностей является ключевым моментом и заключается в определении рискованных случаев, свойственных данному подземному сооружению, и их возможных причин. Оценка последствий воздействия опасностей предусматривает определение величины возможного ущерба для каждой категории рискованных случаев. Поэтому особое внимание при анализе риска должно быть направлено на выбор метода анализа риска.

Метод анализа риска в городском подземном строительстве должен удовлетворять следующим требованиям:

- быть научно обоснованным и соответствовать сложности и природе исследуемой природно-технической геосистемы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда»;

- давать результаты в форме, обеспечивающей понимание природы риска при подземном строительстве и способов его контроля;

- быть типовым и обладать свойствами, обеспечивающими возможность прослеживаемости, повторяемости и контролируемости.

Выбору метода анализа риска при строительстве городских подземных сооружений предшествует его обоснование с точки зрения пригодности в конкретной ситуации. В случае сомнений в пригодности метода проводится сравнение результатов этого метода с результатами альтернативных методов. При этом результаты вычислений должны быть сопоставимыми. Как только принято решение о проведении анализа риска, определены цели и область применения, выбирается метод или методы анализа, исходя из приемлемости таких факторов, как (рис. 1):

- стадия начала функционирования системы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда» (проектирование). На ранней стадии жизненного цикла системы могут применяться менее детализированные методы. По мере увеличения объема информации эти методы совершенствуются;

- задачи анализа. Цели и задачи анализа должны иметь прямое отношение к используемым методам. Например, в том случае, если предпринимается сопоставительное исследование различных вариантов технологии строительства конкретного подземного сооружения,

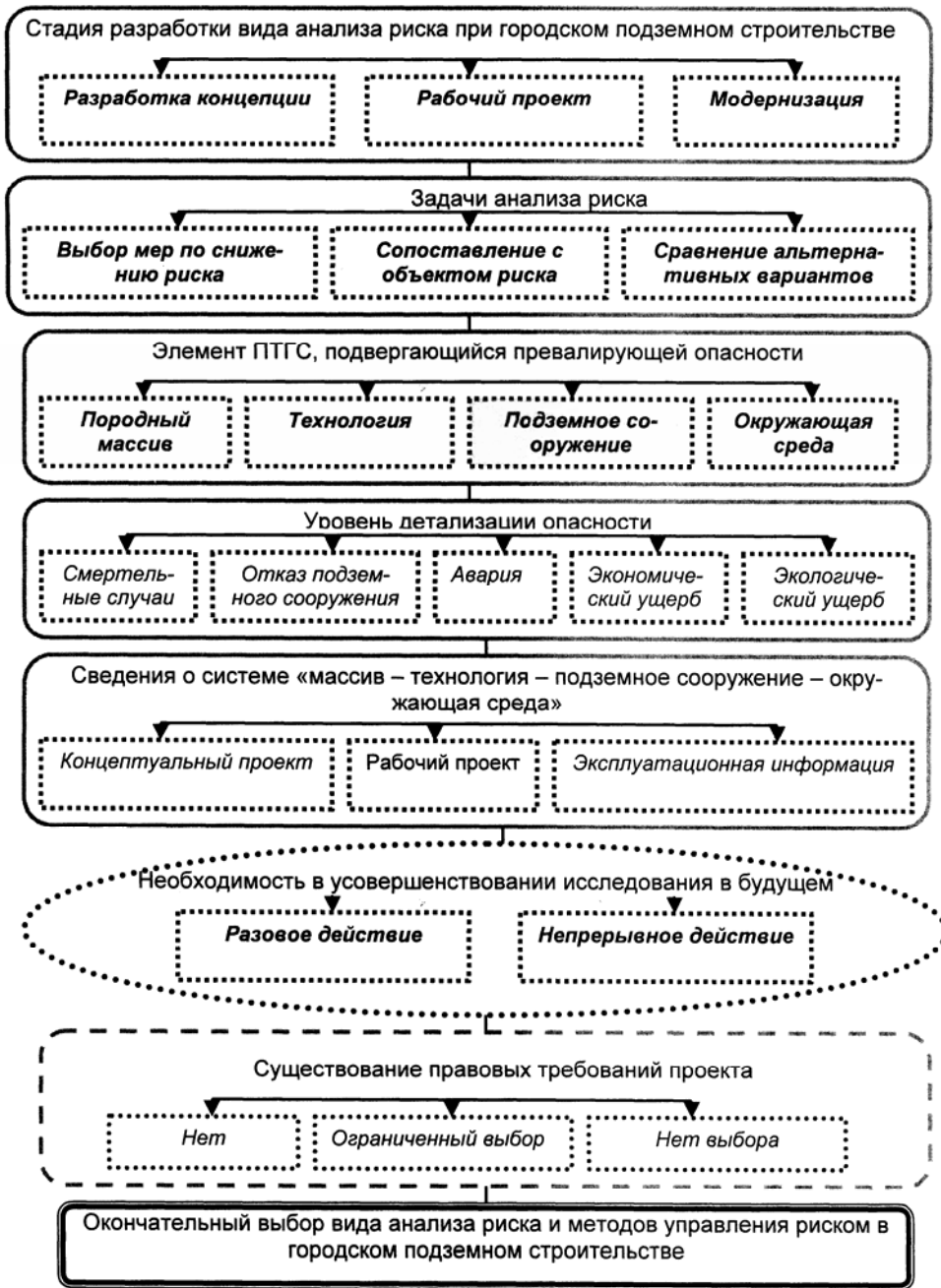


Схема для выбора вида анализа риска и характера исследований в городском подземном строительстве

Таблица 1  
**Перечень наиболее распространенных методов,  
используемых при анализе риска**

Метод	Описание и применение
Анализ «дерева событий»	Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот, в которых используется индуктивный подход с целью перевода различных инициирующих событий в возможные исходы
Анализ видов и последствий отказов, а также Анализ видов, последствий и критичности отказов	Совокупность приемов идентификации главных источников опасности и анализа частот, с помощью которых анализируются все аварийные состояния данного элемента ПТГС на предмет его влияния как на другие элементы, так и на систему в целом
Анализ «дерева неисправностей»	Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот нежелательного события, с помощью которых определяются все пути его реализации. Используется графическое изображение
Исследование опасности и связанных с ней проблем	Совокупность приемов идентификации фундаментальной опасности, при помощи которых оценивается каждый элемент ПТГС с целью обнаружения, могут ли происходить отклонения от параметров несущих (или ограждающих) конструкций подземного объекта и последствия этого
Анализ влияния человеческого фактора	Совокупность приемов анализа частот в области воздействия людей на показатели функционирования ПТГС, при помощи которых определяется влияние ошибок проектировщиков на ее надежность
Предварительный анализ опасности	Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот, используемых на ранней стадии проектирования с целью идентификации опасностей и оценки их критичности
Структурная схема надежности	Совокупность приемов анализа частот, на основе которых создается модель ПТГС и ее резервов для оценки надежности системы

может оказаться приемлемым использование моделей последствий для частей системы, не подверженных изменениям в первом приближении;

- возможные опасности в исследуемой ПТГС;
- уровень детализации потенциальной опасности. Решение относительно глубины проведения анализа должно отражать первоначальное восприятие последствий (несмотря на то, что оно может измениться после получения предварительной оценки состояния элементов ПТГС);

- требования к людским ресурсам, степени компетентности персонала и другим необходимым ресурсам;
- наличие и доступность информации и данных о природно-технической геосистеме «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда»;
- потребность в актуализации результатов анализа. По отношению к анализу в будущем может потребоваться его актуализация;
- любые правовые требования и требования контракта.

Таблица 2  
**Перечень дополнительных методов,  
используемых при анализе риска**

Метод	Описание и применение
Классификация групп риска по категориям	Классификация видов риска по категориям в порядке приоритетности групп риска
Ведомости проверок	Составление перечней типовых опасных веществ и/или источников потенциальных аварий, которые нуждаются в рассмотрении. С их помощью можно оценивать соответствие законам и стандартам
Общий анализ отказов	Метод, предназначенный для определения того, возможен ли случайный отказ (авария) в рамках природно-технической геосистемы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда», и оценки его вероятного суммарного эффекта
Модели описания последствий	Оценка воздействия события на персонал подземного объекта, имущество или окружающую среду. Используются как упрощенные аналитические подходы, так и сложные компьютерные модели
Метод Делфи	Способ комбинирования экспертных оценок, которые могут обеспечить проведение анализа частоты, моделирования последствий и/или оценивания риска
Индексы опасности	Совокупность приемов по идентификации/оценке опасности, которые могут быть использованы для ранжирования различных вариантов принимаемой технологии и определения менее опасных вариантов
Метод Монте-Карло и другие методы моделирования	Совокупность приемов анализа частоты, в которых используется модель ПТГС для оценки вариаций в исходных условиях и допущениях
Парные сопоставления	Способ оценки и ранжирования совокупности рисков путем попарного сравнения
Обзор данных по эксплуатации	Совокупность приемов, которые могут быть использованы для выявления потенциально проблемных областей, а также для анализа частоты, основанного на данных об авариях на подземных сооружениях, данных о надежности подземного сооружений и пр.
Анализ скрытых процессов	Метод выявления скрытых процессов и путей, которые могли бы привести к наступлению непредвиденных событий при строительстве (эксплуатации, ремонте, реконструкции) подземного сооружения

Перечень наиболее распространенных методов представлен в табл. 1, составленной на основании соответствующих ГОСТов.

Перечень дополнительных методов представлен в табл. 2.

Выбору метода анализа риска при городском подземном строительстве предшествует идентификация опасности, что предполагает систематическую

проверку исследуемой ПТГС с целью идентификации типа присутствующих неустраняемых опасностей и способов их проявления.

Выбору метода анализа риска при городском подземном строительстве предшествует идентификация опасности, что предполагает систематическую проверку исследуемой ПТГС с целью идентификации типа присутствующих не-

устранимых опасностей и способов их проявления. Статистические записи аварий и опыт предшествующих анализов риска для аналогичных подземных объектов могут обеспечить полезный вклад в процесс идентификации опасности.

Однако во мнениях об опасностях существует элемент субъективизма, кроме того, идентифицированные опасности не всегда могут быть в исчерпывающей мере теми опасностями, которые могли бы представлять угрозу для природно-технической геосистемы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда». Поэтому идентифицированные опасности подвергаются пересмотру при поступлении новых данных.

Методы идентификации опасности в городском подземном строительстве в широком смысле делятся на три категории:

- *сопоставительные методы*, примерами которых являются ведомости проверок, индексы опасностей при строительстве или эксплуатации подземного сооружения и обзор данных эксплуатации;

- *фундаментальные методы*, которые построены таким образом, чтобы стимулировать группу исследователей и проектировщиков к использованию прогноза в сочетании с их знаниями по отношению к задаче идентификации опасностей на всех жизненных циклах исследуемой природно-технической геосистемы. Примерами данного типа методологии являются исследования опасности и связанных с ней проблем (HAZOP), а также анализ видов и последствий отказов (FMEA) [3];

- *способы индуктивного подхода*, такие как логические диаграммы возможных последствий данного события (логические диаграммы «дерева событий»).

С целью усовершенствования идентификации опасности (и возможностей оценки риска в городском подземном

строительстве) применительно к определенным проблемам могут использоваться другие приемы. Например: анализ скрытых отказов подземного сооружения, метод Делфи и анализ влияния человеческого фактора.

Независимо от применяемых приемов важно, чтобы в общем процессе идентификации опасности должное внимание было уделено человеческим и организационным ошибкам, которые являются существенными факторами во многих авариях при строительстве подземных сооружений города. Следовательно, сценарии аварий, не должен быть направлен исключительно на технические аспекты строительства или эксплуатации подземного сооружения, но должен предусматривать человеческую и организационную ошибку, что должно быть учтено в процесс идентификации опасности.

Следующим этапом выбора метода анализа рисков при городском подземном строительстве является *анализ частот*. При этом используются три основных подхода:

- использование соответствующих данных эксплуатации подземного сооружения с целью определения частоты, с которой данные события происходили при строительстве подобных подземных объектов, и, исходя из этого, определение оценок частоты, с которой они произойдут в будущем;

- прогнозирование частот событий с использованием таких технических приемов, как анализ диаграммы всех возможных последствий несрабатывания или аварии на подземном сооружении («дерева неисправностей») и анализ диаграммы возможных последствий данного события («дерева событий»). В том случае, когда статистические данные недоступны или не соответствуют требованиям, необходимо получить частоты событий посредством анализа функционирования элементов ПТГС и ее аварийных состояний. Числовые данные для соответст-

вующих событий, в том числе данные о неисправности оборудования, применяемых конструкций и ошибках проектировщиков, строителей и эксплуатационников, взятые из опыта эксплуатации или опубликованных данных, используются для определения оценки частоты нежелательных событий. При использовании методов прогнозирования важно обеспечить уверенность в том, что при анализе была учтена возможность нарушений режима функционирования системы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда», а также ее элементов, которые должны функционировать в случае возникновения отказов подземного сооружения. При проведении анализа частот могут использоваться методы имитационного моделирования отказов оборудования и разрушений конструкций подземного сооружения вследствие старения и также других деграционных процессов;

- использование мнения экспертов. Существует ряд методов для составления экспертного мнения, которые исключают двусмысленность оценок, помогают в постановке соответствующих вопросов. Экспертные оценки должны учитывать всю имеющуюся информацию, в том числе статистическую, экспериментальную, конструктивную и т. д. Имеющиеся в наличии методы предусматривают метод Делфи, парных сопоставлений, классификации групп риска и др.

Вышеперечисленное позволяет сделать вывод, что для эффективного анализа всего многообразия рисков в деятельности строительной организации необходимо применять целый комплекс методов, обеспечивающий разработку комплексного механизма управления рисками.

---

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 51344-99. Принципы оценки и определения риска. – М.: Издательство стандартов, 2001, 15 с.
2. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 2002, 7 с.
3. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. – М.: Издательство стандартов, 2002, 22 с.

---

#### **Коротко об авторах**

*Куликова Е.Ю.* – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство подземных сооружений и шахт», Московский государственный горный университет.

---

#### **ДИССЕРТАЦИИ**

#### **ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
<b>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			

БУЙ ЧЬЮНГ ШОН	Длительная устойчивость водонасыщенных оснований насыпей	25.00.20	к.т.н.
---------------------	--	----------	--------