© Е.Ю. Куликова, 2005

УДК 69.035.4

Е.Ю. Куликова

ЭЛЕМЕНТЫ РИСКА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЕГО ОЦЕНКА

Риски при строительстве подземного сооружения описываются комбинацией следующих элементов, показанных на рисунке:

1. Характер и последствия ущерба при возможных авариях на подземном объекте;

2. Вероятность нанесения ущерба, которая зависит от:

- частоты и воздействия опаснос-ти на персонал, обслуживающий под-земный объект;
- вероятности возникновения опасной ситуации;
- технических возможностей избежать или минимизировать возможный ущерб.

Последствия возможного ущерба при строительстве городских подзем-ных сооружений могут быть определены в соответствии с видом отказа подземного сооружения. При этом каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности: вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа, что аналогично понятию риска.

В таблице приведены категории отказов или степень риска по вероятности и тяжести последствий отказа.

Категории отказов, указанные в таблице, могут применяться для определения степени риска всей системы «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда». В этом случае категория *A* соответствует наиболее высокой степени риска, требующей незамедлительных мер по обеспечению безопасности, при этом обязателен детальный анализ риска и особые меры безопасности для снижения риска; категории *B*, *C* отвечают промежуточным степеням риска, при этом желателен анализ риска и рекомендуется принятие мер безопасности; категория *D* – наиболее низким степеням риска, при этом анализ и принятие мер не требуется.

Вероятность нанесения ущерба при городском подземном строительстве может быть оценена, если учесть следующие факторы:

1. Частоту и продолжительность воздействия опасности на персонал, обслуживающий подземный объект, которые зависят от:

- необходимости доступа в опасную зону персонала (например, при необходимости ликвидации аварийной ситуации на подземном объекте с);
- времени, проведенном в опасной зоне;
- числа людей, подверженных опасности;
- частоты попадания в опасную зону.

2. Вероятность возникновения опасной ситуации:

- надежность или другие статистические данные;
- история события;
- история нанесения вреда здоровью персонала, обслуживающего под-земное сооружение;
- сравнение рисков.

3. Возможность исключения или минимизации ущерба.

Человеческий фактор может влиять на риск и должен приниматься во внимание

Характеристика критичности **(ГОСТ Р 27.310)**

Ожидаемая частота возникновения отказа (1/год)		**Категория отказов**			
		Катастрофический отказ	**Критический отказ**	**Некритический отказ**	**Отказ с пренебрежимо малыми последствиями**
Частый отказ	>1	A	A	A	C
Вероятный отказ	$1\text{-}10^{-2}$	A	A	B	C
Возможный отказ	$10^{-2}\text{-}10^{-4}$	A	B	B	C
Редкий отказ	$10^{-4}\text{-}10^{-6}$	A	B	C	D
Практически невероятный отказ	$<10^{-6}$	B	C	C	D

при оценке риска. Это включает следующие аспекты:

- взаимодействие человек-оборудование для строительства (эксплуатации) подземного сооружения;
- взаимодействие между людьми;
- психологические аспекты;
- эргономические факторы;
- способность сознавать риск в аварийной ситуации, которая зависит от обучения, опыта или способностей персонала.

При оценке возможности подвергнуть опасности людей при строительстве подземных сооружений следует принимать во внимание следующее:

- применение эргономических принципов при конструировании проходческого оборудования;
- обычные или развивавшиеся способности выполнять требуемое задание;
- осведомленность о риске при строительстве подземного сооружения;
- уровень уверенности при выполнении требуемого задания без намеренного или непреднамеренного отклонения;
- сопротивляемость к побуждению отклониться от предписанной и необходимой практики безопасности при работе.

Навык, опыт и возможности могут повлиять на риск, однако ни один из этих факторов не должен использоваться как средство устранения опасности, уменьшения риска конструктивными мерами или защитными устройствами, если эти меры могут быть приняты.

При оценке риска необходимо учитывать следующее:

- идентифицировать условия, которые могут вызывать поражения (например, разрушение конструктивных элементов подземного сооружения);
- при необходимости дополнительно применять количественные методы для сравнения альтернативных мер безопасности;
- снабжать информацией, позволяющей подбирать подходящие защитные мероприятия элементов подземного сооружения.

После оценки риска осуществляют количественное определение риска для ответа на вопрос: требуется ли минимизация риска или безопасность ПТГС обеспечена? Если по условиям осуществления процесса строительства подземного сооружения минимизация риска необходима, то должны быть выбраны и применены подходящие меры, или названная процедура должна быть продолжена. В этом итеративном процессе важно подтверждение того, что, при примененных мерах защиты сформированной ПТГС «массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда», не возникают дополнительные риски. Если подобные риски все же возникают, то их следует добавить в список выявленных рисков. Если минимизация риска достигнута и получен благоприятный результат сравнения рисков, то можно считать, что ПТГС обладает требуемой безопасностью.

Элементы риска при строительстве городских подземных сооружений

Частью процесса количественного определения риска может являться сравнение риска, связанного с данной технологией строительства данного подземного сооружения, с риском на аналогичном (уже построенном) подземном объекте с применением следующих критериев:

- технологии на обоих объектах сравнимы;
- опасность и элементы риска сравнимы;
- технические условия сравнимы;
- условия функционального использования сравнимы.

Оценка риска при городском подземном строительстве завершается составлением соответствующей документации. Документация включает:

- характеристику принятой технологии и проходческого оборудования (технические условия, области применения, использование по назначению), для которых оценка и определение риска уже были проведены:
- расчет нагрузок и усилий на конструкции подземного сооружения;
- факторы безопасности при строительстве данного подземного сооружения;
- идентифицированные опасности: выявленные опасные ситуации, опасные события, рассмотренные при оценке;
- информацию, на которой основана оценка и определение риска: использованные данные и источники (например, история происшествия, достигнутый опыт минимизации риска для подобных объектов), сомнения, связанные с использованными данными и влиянием на оценку и определение риска;
- цели, которые должны быть достигнуты защитными мерами: любые выполнимые требования (по стандартам, по техническим условиям и другим использованным нормативам);
- меры безопасности, применяемые для устранения выявленных опасностей или уменьшения риска (например, заимствованные из стандартов или других нормативов);
- остаточные риски (риски, остающиеся после обработки риска), связанные с выбранной технологией строи-тельства конкретного объекта;
- результаты окончательного количественного определения риска.

Коротко об авторах

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