

УДК 69.035.4:577.4е

Е.Ю. Куликова

**ОБОСНОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ И ДОПУСТИМЫХ РИСКОВ**

В настоящее время в мировой и отечественной практике освоения подземного пространства значительно активизируется городское подземное строительство.

Городские подземные сооружения являются единственным реальным средством, позволяющим радикально решить градостроительные, транспортные и коммунальные проблемы урбанизированных территорий. Однако масштабное освоение подземного пространства мегаполисов требует значительных финансовых средств, существенная доля которых расходуется на борьбу с инфильтрацией грунтовых вод в подземные сооружения и водоотведение. Борьба с водопритоками в строящиеся и эксплуатируемые подземные сооружения в условиях плотной городской застройки сопряжена со значительными трудностями и требует применения специальных мероприятий.

Материалы и конструкции обделок не всегда обеспечивают необходимую надежность подземных сооружений, а, следовательно, их нормальное функционирование в течение заданного срока службы. Так, до 5% эксплуатируемых канализационных тоннелей в Москве требуют ежегодного капитального ремонта из-за отказов обделок, вызванных агрессивным воздействием внешней и внутритоннель-

ной среды и других условий эксплуатации [1].

На капитальный ремонт таких сооружений тратится порядка 40-45 тыс. руб. на 1 метр тоннеля. До 30 % от первоначальной стоимости строительства при эксплуатации коммуникационных тоннелей расходуется на ликвидацию отказов, возникающих значительно раньше расчетного срока. Последствиями возникающих отказов являются провалы земной поверхности, загрязнение грунтовых вод промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками, просадки зданий и самих подземных сооружений [2].

Следует принять во внимание, что за последние 5 лет значительно увеличилось количество сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых вод (в Москве в день сбрасывается в канализационные тоннели до 9 млн.м³ сточных вод). Кроме количественного изменения сточных вод произошло и качественное их изменение (наличие большого процента содержания агрессивных примесей). Последнее чаще всего проявляется в усилении агрессивных свойств среды [2].

В результате развития высотного строительства в больших городах, неизбежно возникают значительные нагрузки на обделки эксплуатируемых подземных сооружений, находящихся в зоне строительства.

По данным научно-исследовательского института Генерального плана Москвы в столице ниже уровня земной поверхности может быть размещено до 70% гаражей, 60% складов, до 50% архивов и разного рода хранилищ, до 30% учреждений культурно-бытового назначения, до 3% зданий научно-исследовательских институтов и вузов [1], [2]. Город располагает более чем 200 построенными подземными переходами и транспортными тоннелями, среди которых эксплуатируемая часть коммунальных тоннелей превышает 160 км, а ежегодный ввод организациями ОАО «Мосинжстрой» таких тоннелей превышает 15 км. Функционируют или строятся расположенные под землей крупные объекты: торговый комплекс «Охотный Ряд» на Манежной площади, торговый комплекс в районе Курского вокзала, Пушкинской площади и др.[3].

Очевидно, что сохранение высокой эксплуатационной надежности всех этих объектов в течение всего установленного срока их службы – весьма актуальная задача

Поэтому необходима разработка геоэкологической модели объектов подземного строительства на основе критериев технологической надежности и допустимого риска.

К показателям надежности относят количественные характеристики надежности, которые вводят согласно правилам статистической теории надежности.

Методы статистической теории надежности при подземном строительстве позволяют установить требования к надежности компонентов и элементов подземного сооружения на основании требований к надежности природно-технической геосистемы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда» в целом.

Статистическая теория надежности является составной частью более общего подхода к расчетной оценке надежности технических объектов, при котором отказы рассматриваются как результат взаимодействия объекта как физической системы с другими объектами и окружающей средой. Так, при проектировании подземных сооружений и их конструкций, учитывают в явной или неявной форме статистический разброс механических свойств материалов, элементов, а также изменчивость во времени и в пространстве параметров, характеризующих внешние нагрузки и воздействия на систему «породный массив – технология – конструкции подземного сооружения – окружающая среда» [4].

Большинство показателей надежности полностью сохраняют смысл и при более общем подходе к расчетной оценке надежности. В простейшей модели расчета конструкции подземного сооружения на прочность по схеме «параметр нагрузки – параметр прочности» вероятность безотказной работы совпадает с вероятностью того, что в пределах заданного отрезка времени значение параметра нагрузки ни разу не превысит значения, которое принимает параметр прочности. При этом оба параметра могут быть случайными функциями времени.

Освоение подземного пространства городов сопряжено со сложными физико-химическими и физико-механическими превращениями, основанными на недетерминированных величинах и явлениях, поэтому технологию строительства подземного сооружения можно представить в виде стохастической системы, что подтверждается следующими положениями [5]:

- подземное строительство сопряжено с множеством случайных переменных факторов рецептурного,

технологического, эксплуатационного характера, факторов взаимовоздействия породного массива и окружающей среды и внешних нагрузок;

- подобные случайные факторы в их взаимосвязи влияют на надежность конструкций подземного объекта;

- породный массив вокруг подземного сооружения является анизотропной дискретной средой, с компонентами, представляющими собой случайные величины. Изменчивость горно- и гидрогеологических условий, свойств грунтов, воздействия на конструкции подземного сооружения со стороны окружающей среды носят случайный характер;

- разупрочнение грунтов во времени – результат взаимодействия с внешней средой. Возникающие в процессе эксплуатации конструкций подземных объектов отказы являются случайными событиями.

Таким образом, для определения надежности подземных объектов недостаточно знать происходящие при этом физико-химические процессы и опираться на данные практики. Необходимо исходить из общей теории надежности, применяя ее законы для вычисления степени надежности и аналитического прогнозирования изменения надежности конструкций.

Для подземных объектов города, которые могут считаться потенциальным источником опасности, важным понятием является *безопасность*. Хотя безопасность не входит в общее понятие надежности, однако при определенных условиях тесно связана с этим понятием (например, когда нарушение работоспособного состояния конструкций подземного сооружения может привести к условиям, вредным для людей и окружающей среды).

Понятие «риск» напрямую связано с понятием безопасности, являясь как бы оборотной стороной последней.

Существующие методики обоснования технологических параметров конструкций подземных сооружений, базирующиеся на детерминированных моделях, не учитывают случайный характер фильтрующих грунтовых массивов и применяемых составов. Подобный детерминированный подход не позволяет оценить надежность расчетов остаточных притоков воды и риски, сопровождающие создание системы «породный массив – технология – подземное сооружение – окружающая среда». Следовательно, отсутствует возможность грамотно оптимизировать технологические параметры подземного строительства. Однако учет рисков и их факторов является весьма актуальной задачей, особенно в разрезе оптимизации технологических параметров конструкций подземного сооружения.

Опасность в подземном строительстве рассматривается как состояние, внутренне присущее природно-технической геосистеме «породный массив – технология – ограждающие конструкции подземного сооружения – окружающая среда», реализуемое в виде поражающих воздействий источника техногенной чрезвычайной ситуации на человека и окружающую среду при его возникновении либо в виде прямого либо косвенного ущерба в процессе нормальной эксплуатации подземных объектов.

Простейшая оптимизационная постановка задачи в теории безопасности и риска может рассматриваться как вероятностная модификация обычного критерия наименьшей стоимости. Такая модель допускает обобщения, учитывающие расходы, связанные с диагностикой, профилактикой отказов конструкций подземных сооружений, вторичными отказами, ремонтом и восстановлением, учетом плановых капитальных затрат и т.п.

Недостатком оптимизационных подходов к задачам безопасности и риска служат следующие факторы:

- недостаточная разработанность экономических моделей,
- условный характер численных значений стоимостных показателей,
- принципиальные трудности оценки аварий при подземном строительстве, связанных с экологическим и социальным ущербом.

Чтобы избежать подобных трудностей, можно воспользоваться оптимизационными подходами, не используя категорию экономического характера. Например, если безопасность подземного объекта может быть обеспечена чисто техническими мероприятиями, не приводящими к высоким затратам, то критерий оптимальной безопасности освобождается от ограничений на стоимость. В результате приходим к принципу минимальной вероятности аварии при подземном строительстве.

Во многих случаях при подземном строительстве в городах дешевому решению соответствует наибольший риск и наоборот, решение с ограниченным риском требует больших затрат. Такая обратная взаимосвязь риска и стоимости может определять порядок принятия технического решения при обосновании способа укрепления породного массива вокруг подземного объекта.

Применение теории надежности и риска в области подземного строительства позволяет на основании статистической обработки результатов лабораторных и производственных исследований устанавливать законы вероятностного распределения изучаемых показателей породного массива вокруг подземного объекта. Получаемые закономерности, в свою очередь, дают возможность прогнозирования долговечности конструк-

ций подземных сооружений, осуществлять более рациональные подходы к их проектированию.

В этой связи возникают следующие задачи:

- выявление путей обеспечения эколого-технологической надежности подземных объектов в зависимости от применяемых технологий их строительства и возможных рисков;
- моделирование объектов строительной геотехнологии для оценки безопасности и риска освоения подземного пространства;
- развитие представлений о механизме обеспечения и критериях эколого-технологической надежности городских подземных сооружений;
- оптимизация конструктивных параметров подземных сооружений на основе концепции допустимых рисков и технолого-экологической безопасности;
- комплексная оценка уровня надежности подземных сооружений при применении различных технологий и способов их строительства.

Формирование геоэкологической модели объектов подземного строительства на основе критериев технологической надежности и допустимых рисков позволит получить следующие результаты:

1. Создание теоретических наработок для обоснования механизма обеспечения эколого-технологической надежности городских подземных сооружений.

2. Геоэкологическое и геотехнологическое обоснование и выбор стратегических направления освоения подземного пространства мегаполисов при современном и перспективном уровне развития науки, техники и технологий подземного строительства.

3. Моделирование параметров геоэкологической и геотехнологической надежности на основе критери-

ев допустимых рисков и безопасности природно-технической геосистемы.

Полученные результаты позволят по-новому освещать современные подходы к проектированию подзем-

ных сооружений крупных городов, изыскивать инновационный потенциал экологически безопасных технологий строительства городских подземных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликова Е.Ю. Элементы риска при строительстве городских подземных сооружений и его оценка. – Горный информац.-аналит. бюллетень №9, М., МГТУ, 2005, с. 5-7;

2. Куликова Е.Ю. Принятие решения о минимизации риска при строительстве городских подземных сооружений. – Известия вузов. Горный журнал № 4, Уральский гос. Горный университет, 2006, с.69-72;

3. Куликова Е.Ю. Методология выбора экологически безопасных технологий подземного строительства. – М.: Издательство МГТУ, 2005. – 342 с.

4. Куликова Е.Ю. Разработка модели управления рисками при городском подземном строительстве. – В межвуз. сб. научн. тр. «Измерения, автоматизация и моделир. в пром-ти и научн. исслед.». – Алтайский гос. тех. универ., Бийский технол. институт – Бийск, 2004, с. 88-91 (Материалы V Всероссийской конф. ИАМП-2004);

5. Куликова Е.Ю., Корчак А.В., Левченко А.Н. Стратегия управления рисками при строительстве городских подземных сооружений. – М.: Издательство МГТУ, 2005. – 207 с. **ГИАБ**

Коротко об авторе

Куликова Е.Ю. – профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет.



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
СТАДНИК Денис Анатольевич	Разработка методики технологического картографирования высокопроизводительной отработки запасов выемочного участка угольной шахты	25.00.21	к.т.н.