

УДК 69.035.4:577.4

Е.Ю. Куликова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК ПРИ ХИМУКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ ВОКРУГ ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ

Статья посвящена оценке технологического риска применительно химическому укреплению грунтов в городском подземном строительстве с учетом геологических, технологических и конструктивных факторов.

Ключевые слова: технологический риск, метод Монте-Карло, защитная грунтовая конструкция, уровень риска, подземное сооружение.

Dr. Sc., Prof. E.Yu. Kulikova (Moscow State Mining University, Russia)

TECHNOLOGICAL RISK WHILE ROCKMASS CHEMICAL STRENGTHENING AROUND UNDERGROUND STRUCTURE

The issue is devoted to technological risk estimate as applied to rockmass chemical strengthening during underground construction with due regard for geological, technological and constructive factors.

Key-words: technological risk, Monte Carlo method, defense ground construction, risk level, underground structure.

При устройстве ограждающей (защитной) конструкции подземного сооружения важной характеристикой является эффективность принимаемых технических и технологических решений, мерой которой является уровень технологического риска.

Под технологическим риском в данном случае понимается использование технологий с повышенным уровнем риска без достаточной подготовки средств обеспечения безопасности и ликвидации возможных последствий [1].

При оценке технологического риска в подземном строительстве необходимо учитывать следующие факторы [2]:

- **геологический** – состояние геологической среды, т.е. толщи грунтов, используемой для подземного строительства (состав и свойства грунтов, подземные воды и их режим, опасные геологические процессы и др.);

- **технологический** – состав работ, осуществляемых при химическом укреплении грунтов подземном строительстве, их влияние на окружающую среду;

- **конструктивный** – физико-механические и иные свойства строительных материалов и конструкций (прочность, деформативность, коррозионная стойкость и др.).

Оценка уровней технологического риска при химическом укреплении грунтов, как правило, осуществляется по методу Монте-Карло (рис. 1). При этом обязательному учету подлежат следующие параметры:

- мощность и глубина ограждающей (защитной грунтовой) конструкции;

- радиусы инъекции;

- продолжительность инъецирования;

- величины рабочих давлений и дебитов нагнетания;

- схемы расположения инъекционных скважин и расстояния между ними;

- очередность нагнетания.

В рассматриваемом методе влияние мощности и глубины защитной грунтовой конструкции определяется величиной остаточного притока в подземное сооружение.

Подобные расчеты применительно к тампонажным завесам подробно рассмотрены в работе В.А. Борисова [5], поэтому в данной работе рассматриваться не будут. Сформулируем лишь основные выводы, полученные на основании исследований мощности и глубины ограждающей (защитной грунтовой) конструкции с позиций технологического риска [4]:

- водоприток через защитную грунтовую конструкцию подземного сооружения уменьшается с возрастанием мощности грунтовой защитной конструкции по гиперболической зависимости. Вследствие этого увеличение мощности ограждающей (защитной грунтовой) конструкции подземного сооружения не всегда может быть технически оправдано как средство борьбы с водопритоками в городское подземное сооружение;
- существенное влияние на надежность ограждающей (защитной грунтовой) конструкции оказывает качество химукрепления, выражающееся коэффициентом фильтрации укрепленной породной зоны [3];
- устройство несовершенной защитной грунтовой конструкции с глубиной, составляющей 2/3 от мощности водоносного пласта, не обеспечивает приемлемого снижения водопритоков;
- эффективной мерой является повышение водонепроницаемости обделки подземного сооружения.

Эффективность химукрепления грунтов вокруг подземного сооружения, а также в зонах расположения инженерных конструкций, здания и сооружений определяется важнейшим

технологическим параметром – *предельным давлением нагнетания*. Риск-анализ предельного давления нагнетания, выполняемый методом Монте-Карло, устраняет субъективность и неопределенность при принятии решения, создает предпосылки реализации принципа оптимальной экономической безопасности.

В вероятностной постановке условие вычисления риска превышения предельного давления выражается следующим неравенством [5]:

$$\frac{P_{mp}}{P_0} < 1, \quad (1)$$

где P_0 – рабочее давление нагнетания; P_{mp} – предельное давление нагнетания.



Рис. 1. Блок-схема оценки уровней риска

Учет схем размещения инъекционных скважин при создании ограждающей конструкции подземного сооружения осуществляется на основе вероятностного анализа – универсального средства поиска рационального расположения скважин, позволяющего обеспечить плотность ограждающей (защитной грунтовой) конструкции в результате смыкания полей инъекции с одной стороны, и исключить попадания пробуриваемых скважин в ранее заинъектированную область.

Таким образом, уточняются факторы технологического риска, возникающего при строительстве подземного сооружения с применением химического укрепления грунтов. Их можно сформулировать следующим образом:

- превышение нормируемого остаточного водопритока;
- подтопление и затопление строящегося или эксплуатируемого подземного сооружения;
- перерасход материалов химукрепления;
- завышенный объем буровых работ;
- разрушение или повреждение несущих конструкций подземного сооружения или их элементов;
- деформации вмещающего породного массива зданий и сооружений в зоне влияния работ по химукреплению;
- увеличение сроков выполнения работ по созданию ограждающей (защитной грунтовой) конструкции подземного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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).

2. Куликова Е.Ю. Принципы оценки рисков при строительстве городских подземных сооружений. – Горный информац.-аналит. бюллетень №10, М., МГГУ, 2005, с.11-14.

3. Куликова Е.Ю. Обоснование критериев экологической оптимизации техноло-

гий подземного строительства. – Обозр. прикл. и пром. математики, М.: ОпиПМ, 2005, т.12, в. 4, с. 1006-1007.

4. Куликова Е.Ю., Корчак А.В., Левченко А.Н. Стратегия управления рисками при строительстве городских подземных сооружений. – М.: Изд-во МГГУ, 2005. – 207 с.

5. Борисов В.А. Оптимизация технологических параметров тампонажных завес городских подземных сооружений на основе теории риска. – Автореферат дис. на соиск. уч. ст. к.т.н. – Уральский гос. горный университет, 2007. – 20 с. **ИИАС**

Коротко об авторе

Куликова Е.Ю. – профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет, ud@msmu.ru

