

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Майоров Е.С.

Научный руководитель – профессор, канд.техн.наук Вохмин С.А.

Сибирский федеральный университет

Практика эксплуатации действующих железнодорожных тоннелей по трассе Абакан – Тайшет, находящихся в сложных климатических и геологических условиях, свидетельствует, что обделка большинства тоннелей подвержена воздействию природных факторов (вода и мороз). Это привело к частичному разрушению обделки в виде трещин, каверн, вывалов.

Таким образом, возникла проблема обеспечения прочности обделки, обеспечивающей надежную эксплуатацию транспортной выработки, в течение всего срока эксплуатации подземного сооружения, что и предопределило проведение работ по оценке надежности строительства тоннелей.

В этой связи необходимо количественно оценить степень влияния отдельных факторов на уровень готовности и эффективность эксплуатации тоннелей.

В дальнейшем под прочностью подземного сооружения (ПС) мы полагаем его устойчивое состояние, обеспечивающее надежное выполнение заданных функций, с учетом горно-геологических условий и характеристик материала обделки.

Увеличение глубины ведения горных работ, усложнение горнотехнической обстановки и рост объемов подземных сооружений предъявляют повышенные требования к надежности строительства и эксплуатации выработок. Основное требование к ПС – надежность подземной выработки в период строительства и эксплуатации. Последнее определяется надежностью крепи и незакрепленной части выработки. Безотказность крепи устанавливается при проектировании, исходя из действия технологических факторов, условий эксплуатации, свойств пород и величины горного давления. Структурная схема оценки надежности подземных сооружений представлена на рисунке.

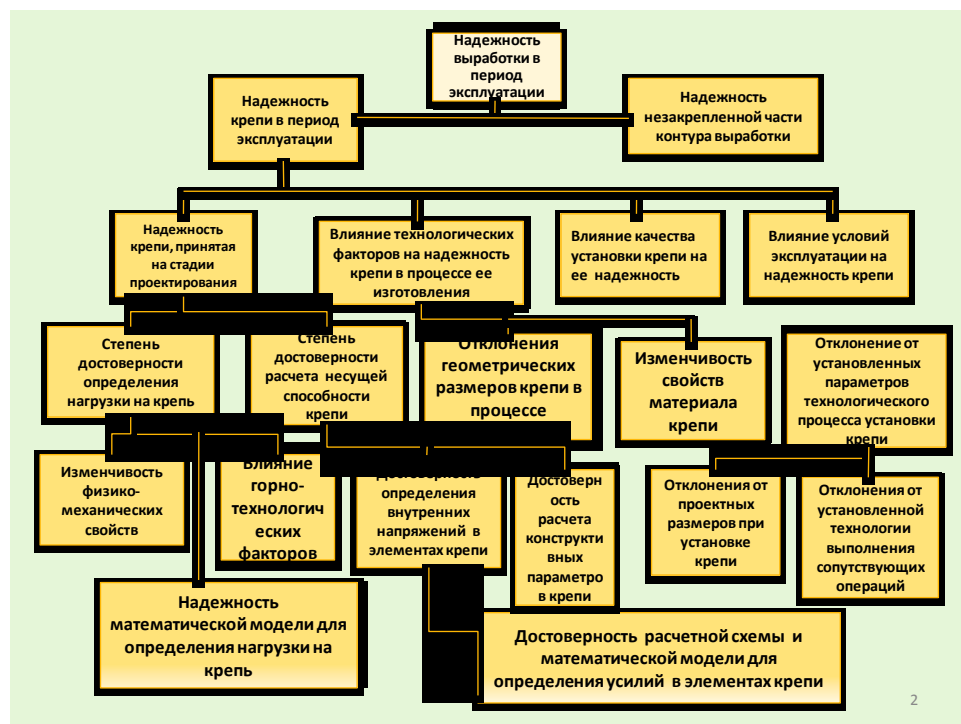


Рис. 1. Структурная схема оценки надежности подземных сооружений

Исследования по надежности крепей носят прикладной характер и базируются на фундаментальных исследованиях применения методов теории вероятности и теории надежности в расчетах строительных конструкций и сооружений.

Надежность крепи рассматривается в форме статистических зависимостей от числа отказов и относится к формальной математической теории надежности, не учитывающей факторы, влияющих на тот или иной вид отказов, или требуется построение математической модели надежности горной выработки, которая бы позволяла определить состояние исследуемого объекта на основе особенностей его функционирования и способна замещать его при исследовании состояния выработки и ее надежности.

Эта модель должна учитывать следующие факторы:

- характер объекта;
- вопросы организации поддержания выработки;
- структуру системы и элементов;
- характеристику отказов;
- причины отказов обделки при эксплуатации.

Исследование вопроса надежности в зависимости от вероятностных значений прочности крепи и внешними нагрузками относится к математической теории надежности. Основным результатом исследования надежности крепи и выработок является разработка методики обеспечения нормальной эксплуатации ПС при наименьших затратах.

Указанные выше факторы по своей природе являются случайными величинами и могут быть определены только с некоторой степенью достоверности. В этом случае для оценки надежности возведения и эксплуатации крепи применяется вероятностная модель работы обделки, состоящую из дифференциальных уравнений надежности.

Уравнение надежности:

$$P(t) = \lambda \cdot \exp(-\lambda t)$$

Достоверность определения несущей способности обделки зависит от вида расчетной схемы и фактических нагрузок.

Вероятность пребывания отдельных процессов строительства ПС в любом состоянии определяется с учетом показателей надежности элементов системы, составляющих общую технологию строительства ПС.

В качестве составных показателей надежности при расчете безотказности работы системы приняты интенсивности отказов и восстановлений отдельных элементов рассматриваемой технологии. Тогда общая вероятность безотказной работы любой технологической схемы строительства ПС определится как:

$$P_i(t) = \lambda_i - 1 \cdot P_i - 1(t) - (\lambda_i + \mu) \cdot P_i(t) - \mu_i + 1 \cdot P_i - 1(t),$$

λ – интенсивность отказов процесса в единицу времени;

μ – интенсивность восстановления процесса в единицу времени.

По установленному выше уровню безотказности технологии строительства ПС оценка надежности производственно-технологической системы подземного сооружения определяется уровнем готовности отдельных структурных элементов, составляющих производственный цикл строительных работ.

$$K_{rc}(T) = 1 + \sum_0^N [(1 - KK_{Ti})/KK_{Ti}]^{-1},$$

N – число элементов, соединенных последовательно;

$K_{Гi}$ – коэффициент надежности 1-го элемента системы; здесь $K_{Гi} = P_i$, то есть $K_{Гi}$ отдельного элемента и системы равен вероятности их безотказной работы P_i .

Учитывая сложность структуры и многообразие форм ведения горных работ при строительстве ПС выделяют соответствующие схемы технологий, учитывающих тип оборудования последовательность выполнения комплекса работ и принятую схему разработки забоя.