

УДК 69.035

Хаддал Теймур

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ ПРИ ПРОХОДКЕ
ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ В ИРАНЕ**

Исследовано силовое взаимодействие различных типов комбинированной набрызгбетонной крепи с породным массивом.

Ключевые слова: тоннелестроение, временная крепь, устойчивость выработки.

В северных районах Ирана осуществляется освоение богатейших природных ресурсов. В этих районах получают дальнейшее развитие предприятия металлургической и угольной промышленности, машиностроения и сельское хозяйство. Предусматривается также освоение гигантских энергетических ресурсов, горнорудных запасов и минерального сырья.

Решение этой проблемы невозможно без развития межрегиональных и международных транспортных связей. Развитие скоростных транспортных магистралей северного Ирана в условиях горного рельефа обуславливает необходимость устройства тоннельного пересечения высотных препятствий, в первую очередь, автодорожных тоннелей.

Анализ имеющихся сведений о перспективах тоннельного строительства в Иране позволяет отметить особенности инженерно-геологических условий строительства, освещает некоторые статистические данные о протяженности и глубине заложения большинства из намеченных к строительству тоннелей. Это дает основание констатировать следующее

Во-первых, на трассе большинства тоннелей преобладают породы с кре-

постью по М. Протодьяконову от $f = 2$ до $f = 4$. Указанные коэффициенты крепости характеризуют прочность породного массива с учетом структурного ослабления трещинами различного происхождения.

Во-вторых, большинство из намеченных к строительству тоннелей залегает на глубине до 300м, где и отмечается повышенное влияние тектонических напряжений в породном массиве [1].

В-третьих, протяженность 75 % тоннелей на перспективных линиях не превосходит 800–1200 метров.

В таких условиях при выборе способа сооружения тоннелей, ориентируясь на мировой опыт, следует отдать предпочтение горному способу с применением горнопроходческого комбайна, набрызгбетона и комбинированной крепи новоавстрийский способ (НАТМ) [2].

Очевидно, что только обоснованный выбор параметров временной набрызгбетонной или комбинированной крепи выработок, имеющих различные размеры и формы поперечного сечения, заложенных в разнообразных инженерно-геологических условиях может гарантировать эффективность сооружения транспортных тоннелей новоавстрийским способом.

В настоящей статье изложены результаты исследований силового взаимодействия временной набрызгбетонной и комбинированной крепи, с породным массивом выполненные методом численного анализа применительно к условиям сооружения автотранспортных тоннелей в Иране. Для решения задачи использован методика численного расчета, а именно метод конечных элементов (МКЭ).

Поскольку в диапазоне указанных значений глубины заложения тоннелей горные породы находятся в пределах действующих напряжений, соответствующих до предельной стадии деформирования породы, принята линейная зависимость между напряжениями и величиной общей деформации, что позволяет рассматривать такие породы как линейно деформируемую среду. Основными характеристиками породного массива при использовании линейно деформируемой модели является модуль общей деформации породы E_0 и коэффициент поперечной деформации μ .

Физико-механические свойства принятой модели породного массива определены с учетом структурного ослабления массива. Влияние анкерной крепи на упрочнение породы вокруг выработки учитывалось изменением деформационных характеристик закрепленного анкерами породного слоя [3].

Снижение нагрузки вследствие проявления смещений контура выработки непосредственно после разработки породы на одну заходку и отставания крепи от плоскости забоя учитывается коэффициентом разгрузки $\alpha = 0,4$ [4,5].

С учетом того, что при сооружении тоннелей горным способом в полускальных или слабых скальных породах одним из ключевых вопросов является рациональная форма сечения

выработки, обеспечивающая ее устойчивость до возведения временной крепи, моделирование проводилось в два этапа.

Целью первого этапа моделирования являлся сравнительный анализ устойчивости выработок автодорожного тоннеля, пройденного в породном массиве, подверженного влиянию тектонических напряжений [6]. Было установлено, что предпочтение в этих условиях следует отдавать выработкам с криволинейными стенами и основанием. Расчетное поперечное сечение выработки соответствовало основным требованиям тоннельного пересечения с шириной проезжей части на две полосы движения.

Целью второго этапа моделирования было исследование влияния различных конструктивных решений временной крепи на устойчивость выработок при проходке автодорожных тоннелей в слабых скальных породах в условиях Ирана [7]. На этом этапе выполнено более 90 расчетов при следующих значениях основных параметров, определяющих степень устойчивости выработки, закрепленной набрызгбетонной и комбинированной крепью в слабых скальных породах, в том числе, с учетом начального тектонического поля напряжений: при коэффициентах крепости пород и коэффициентах бокового давления соответственно $f = 4$ и $\lambda = 0,25$, $f = 2$ и $\lambda = 0,53$, $f = 1,5$ и $\lambda = 1$, $f = 4$ и $\lambda^* = 1,5$, $f = 2$ и $\lambda^* = 1,5$. Здесь и далее λ^* – коэффициент бокового давления, принятый с учетом тектонического поля напряжений.

При этом изменялись тип и параметры временной крепи. В качестве примера результатов численного анализа напряженно-деформированного состояния крепи на рисунке 1 и 2 представлена картина распределения главных сжимающих (σ_3) напряжений при проходке выработки в породах с коэф-

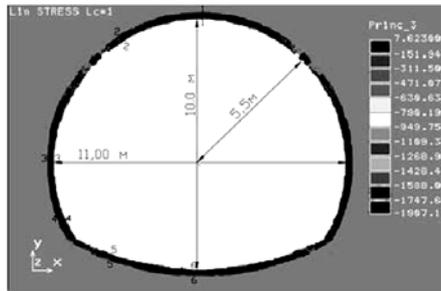


Рис. 1. Распределение главных напряжений σ_3

коэффициентом крепости $f = 4$ и коэффициентом бокового давления $\lambda = 0,25$.

По результатам численного решения можно сформулировать следующие выводы.

Величина перемещений временной крепи из набрызгбетона и анкеров в породах с $f = 4$ и $\lambda = 0,25$, $f = 4$ и $\lambda^* =$

1,5 не должна превышать критического значения 21 мм и в породах с $f = 2$ и $\lambda = 0,53$, $f = 1,5$ и $\lambda = 1 - 32$ мм. Отсюда следует, что при данном типе крепи постоянная обделка должна быть возведена на расстоянии от забоя не далее того сечения, где перемещения временной крепи данного типа достигнут критического значения. Величина этих перемещений должна быть учтена в проекте путем соответствующего увеличения площади сечения выработки с тем, чтобы внутреннее очертание постоянной обделки соответствовало габаритам приближения строений.

При проходке выработки в зонах с тектоническим напряжением ($\lambda^* = 1,5$) и в прочных породах с коэффициентом крепости $f = 4$, тектонические напряжения слабо влияют на конструкции временной крепи и не требуют

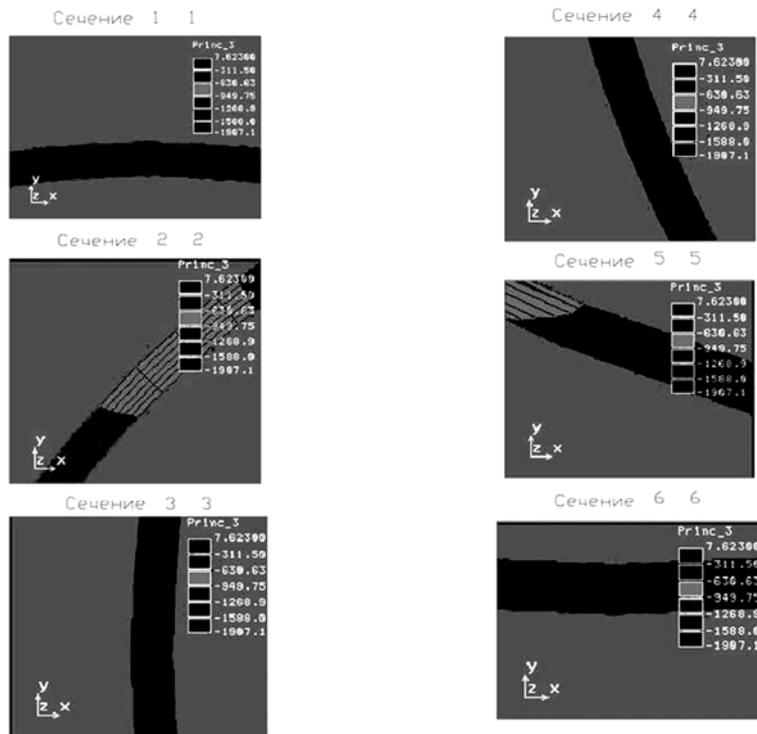


Рис. 2. Распределение напряжений σ_3 на участках крепи

ее усиления. На участках трассы, расположенных в слабых породах и по степени трещиноватости отнесенных к классу сильнотрещиноватых с коэффициентом крепости $f = 2$ тектонические напряжения ($\lambda^* = 1,5$) негативно влияют на условия работы временной крепи из набрызгбетона и анкеров и требуют ее усиления арматурой.

Выявленные в результате проведенных исследований качественные и ко-

личественные показатели напряженно-деформированного состояния временной крепи выработок при строительстве автодорожных тоннелей в инженерно-геологических условиях, характерных для Северного Ирана, позволили разработать практические рекомендации для принятия конструктивно-технологических решений временной крепи, обеспечивающей высокие темпы проходки и безопасность работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исмаил М.* Сиавоши. Обоснование поля напряжений массива горных пород для расчета обделок автодорожных тоннелей Талун и Алборз в Иране // Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций № 4 . М. 2004 г.
2. *Фролов Ю.С., Мордвинков Ю.А.* Современные методы сооружения тоннелей горным способом в слабых скальных и полускальных грунтах. // Метро и тоннели, № 2, 2006.
3. *Голицынский Д.М.* Набрызгбетон в транспортном строительстве. М.Транспорт, 1997.
4. *Либерман Ю.М.*, Давление на крепь капитальных выработок. М. Наука, 1969.
5. *Бульчев Н.С.* Механика подземных сооружений в примерах и задачах. Недра, 1989.
6. *Хаддал Т.* Влияние формы сечения на устойчивость выработки с учетом начального поля тектонических напряжений в грунтовом массиве северного Ирана. Вестник СГУПС. Изыскание и проектирование железных и автомобильных дорог. СГУПС, 2009, с 199–202.
7. *Хаддал Т.* Численный анализ влияния конструктивных параметров временной крепи на устойчивость выработки при проходке автодорожных тоннелей в Иране// Вестник гражданских инженеров. №24.— 2010. — С. 39-42. **ИДAS**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Хаддал Теймур – аспирант, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



ГЛОССАРИЙ ИЛИ СЛОВАРЬ



Авторы, ориентированные на западную культуру, предпочитают называть словари глоссариями, особенно если словарь тематический. Выпустив в 1990-е годы такой глоссарий русско-немецких горных терминов, мне пришлось выслушать замечание инвестора о том, что глоссарий — это совсем другое издание. В доказательство была приведена справка из БСЭ (3-е изд.), где говорилось, что глоссарий — это толковый словарь устаревших и малопонятных слов, в основном религиозного содержания. Конечно же, подобное толкование, принятое в середине XIX века, само устарело. Оно основывалось на латинском слове (*glossarium*), в немецком языке словари назывались *wörterbush*. Но за 150 лет понятие глоссария расширилось, а его толкование переписывалось из одного издания словаря в другое без изменений. Сегодня нам часто приходится издавать глоссарии отдельными книгами, приложениями к книгам и статьям. Просвященные читатели понимают, чем отличаются объемные словари от небольших специальных глоссариев.

Л. Гитис