УДК 622.284

В.Л.ТРУШКО, *д-р. техн. наук, профессор, trushco@spmi.ru*
А.Н.ШОКОВ, *студент, ntl2000@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

V.L.TRUSHKO, *Dr. in eng. sc., professor, trushco@spmi.ru*
A.N.SHOKOV, *student, ntl2000@yandex.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛБА ЗАБОЯ ВЫРАБОТОК БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ В ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГЛИНАХ

Проводится анализ напряженно-деформированого состояния пород лба забоя при разных отпорах крепи с использованием метода конечных элементов. Построены графические зависимости напряжений и смещений пород, исходя из которых выведена закономерность влияния значения отпора крепи на напряженно-деформированное состояние.

Ключевые слова: тоннели, смещение, напряжения, протерозойские глины.

GEOMECHANICAL SUBSTANTIATION OF STABILITY OF THE TUNNEL'S FACE WHICH SITUATED IN THE PROTEROZOIC CLAY'S

In this learned article the analysis of the volume stress-strain condition of the soils in the tunnel's face in the cases of different repulses of support lining with applying of a finite-elements method is adduced. The graphic relations of stresses and displacements of the soils is developed and with respect to these relations the influence of the magnitude of repulse of support lining at the volume stress-strain condition of the soil massif is defined.

Key words: tunnel's, displacements, stresses, proterozoic clay's.

При проходке тоннелей большого сечения в протерозойских глинах, пройденных в сложных условиях, при относительно малой (до 12 м) толщине глин от кровли до четвертичных отложений, актуальна задача выбора эффективной крепи лба забоя. Проявления горного давления в забое тоннелей можно представить тремя типичными случаями деформаций: а) локальные вывалы из лба забоя в результате раздавливания глин сжимающими напряжениями; б) отслоение крупных блоков породы в результате смещения, сдвига; в) продавливание потолочины протерозойских глин в забой под действием веса четвертичных отложений (самый неблагоприятный вариант). Представляет интерес исследование упрочняющего эффекта традиционно применяемой конструкции временной крепи лба забоя.

В типовой конструкции крепи забой тоннеля подкрепляется трубчатыми телескопическими расстрелами с вертикальными деревянными затяжками, при этом отпор крепи составляет не более 15 кПа. Влияние на напряженное состояние пород такого варианта временной крепи лба забоя было выявлено на объемной геомеханической конечно-элементной модели.*

---

* *Протосеня А.Г.* Постановка задач по расчету напряженного состояния около выработок / А.Г.Протосеня, М.О.Лебедев // Устойчивость и крепление горных выработок / Санкт-Петербург. горный ин-т. СПб, 1999. С.115-118.

Protosenya A.G., Lebedev M.O. The definition of the tasks in the field of definition of stress condition near the minings // The stability and mounting of the minings / Saint Petersburg. Mining. Inst. Saint Petersburg, 1999. P. 115-118.

Протосеня А.Г. О постановке задач по расчету нагрузок на капитальные выработки и тоннели // Крепление и поддержание горных выработок / Санкт-Петербург. горный ин-т. 1992. С.4-8.

Protosenya A.G. About the definition of the tasks in the field of definition of the loads at the fundamental minings // Lining and maintenance of the minings / Saint Petersburg. Mining. Inst. Saint Petersburg, 1992. P.4-8.

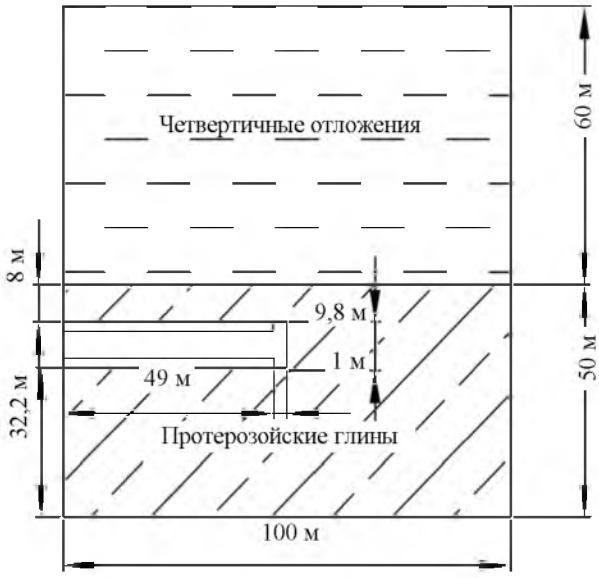


Рис.1. Геометрические параметры проведения выработки

На моделях реализованы три варианта крепления лба забоя выработки: 1) незакрепленный забой; 2) типовая конструкция крепи с отпором 15 кПа; 3) крепь с повышенным до 150 кПа отпором. Отпор крепи в моделях представлен равномерной нагрузкой по всей площади забоя тоннеля.

В модели приняты наиболее неблагоприятные условия строительства выработки – мощность глин до контакта с четвертичными отложениями составляет 8 м. Постоянная крепь – железобетонные тюбинги с отставанием крепления от забоя 1 м. Остальные геометрические размеры модели представлены на рис.1. Прочностные характеристики пород моделируемого массива следующие:

Удельный вес, кН/м^3	21,56/23,52
Модуль общей деформации, МПа	50/120
Угол внутреннего трения массива, град.	12/18
Сцепление массива, МПа	0,1/0,15

Примечание. В числителе – для четвертичных отложений, в знаменателе – для протерозойских глин. Коэффициент Пуассона в обоих случаях равен 0,3.

В зависимости от отпора крепи результаты моделирования представлены смещениями и напряжениями в породах призабойной зоны. Для оценки упрочняющего эффекта временной крепи выведены зависимости продольных, относительно оси тоннеля, смещений пород в центральной зоне забоя (рис.2).

С увеличением отпора крепи смещения уменьшаются. Однако традиционно применяемая крепь с отпором 15 кПа уменьшает смещения лба забоя лишь на 10-15 мм (6-9 % от смещений забоя без крепления). При установке крепи с повышенной до 150 кПа несущей способностью смещения лба забоя снижаются на 40 %, глубина зоны существенного влияния забоя на напряженное состояние массива по оси тоннеля уменьшается при этом с 8 до 6 м.

Зависимости вертикальных и горизонтальных напряжений в породах призабойной зоны от отпора крепи в целом соответствуют закономерностям процесса смещений пород в призабойной зоне (рис.3).

В целом увеличение отпора временной крепи лба забоя положительно сказывается на устойчивости глин в призабойной зоне и в

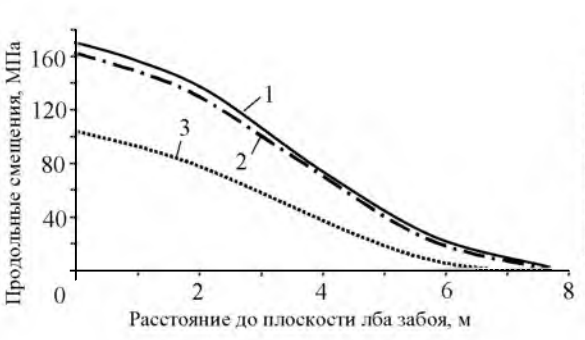


Рис.2. Зависимость продольных смещений пород лба забоя по центральной оси выработки от расстояния до плоскости забоя при разных значениях отпора крепи

1 – крепь отсутствует; 2 – отпор крепи 15 кПа; 3 – отпор крепи 150 кПа

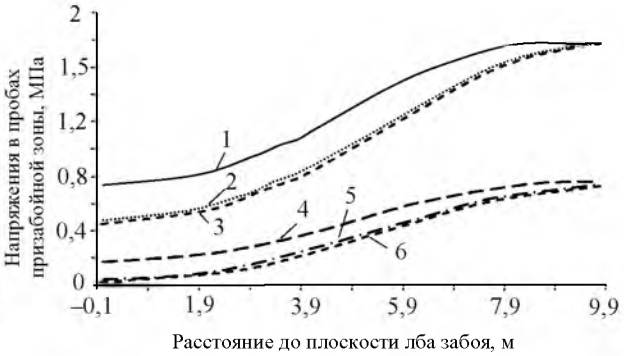


Рис.3. Вертикальные (1-3) и горизонтальные (4-6) напряжения в породах по центральной оси выработки при разных значениях отпора крепи

1-4 – отпор крепи 150 кПа; 2-5 – отпор крепи 15 кПа; 3-6 – крепь отсутствует



Рис.4. Зависимость осадки контакта глин с четвертичными отложениями от отпора крепи лба забоя

1 – отпор крепи 150 кПа; 2 – отпор крепи 15 кПа; 3 – крепь отсутствует

потолочине, перекрывающей выработку. Крепь лба забоя с повышенной до 150 кПа несущей способностью уменьшает осадку плоскости контакта глин с четвертичными отложениями на 25-30 % (рис.4). Продольные, относительно оси тоннеля, горизонтальные смещения в призабойной зоне уменьшаются. Снижается влияние забоя на естественную напряженность глин в призабойной зоне. Сохраняется способность пород в призабойной зоне и потолочине противостоять продавливанию в забой под действием веса четвертичных отложений.

Однако стабилизирующее влияние на устойчивость пород в забое и кровле тоннеля обеспечивается крепью с высокой (100-150 кПа) несущей способностью. Типовая конструкция временной крепи выполняет лишь функции предохранительной крепи и эффективна при относительно большой мощности потолочины до контакта с четвертичными отложениями (порядка 20 м), где опасность представляют локальные вывалы пород из забоя. Для строительства тоннеля в сложных условиях при малой (8-12 м) мощности потолочины типовой конструкции поддерживающей временной крепи лба забоя недостаточно для обеспечения устойчивости обнажения. В таких случаях необходимо использовать конструкцию временной крепи лба забоя с высоким отпором, которая способна выполнять роль как поддерживающей, так и упрочняющей крепи и может предотвратить продавливание глин в рабочее пространство забоя.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта 16.515.11.5080 от 10 октября 2011 г. Программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы». Наименование проекта «Разработка научно-технических основ геомеханически безопасного освоения пространства мегаполисов в сложных инженерно-геологических и градостроительных условиях».