

В.А. Агеенко, И.В. Баклашов**РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССОВ СВОДООБРАЗОВАНИЯ
В ОКРЕСТНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ**

Геомеханика решает многие практические задачи. Но существуют две основные, можно сказать классические задачи геомеханики- это задача об устойчивости горных выработок и задача о сдвигении земной поверхности при развитии горных работ. Первая задача появилась с самого начала горного дела, вторая гораздо позднее, когда образование выработанного пространства привело к значительным сдвигениям перекрывающих породных массивов. Развитие технологии городского подземного строительства за последние 50 лет направлено на минимизацию сдвигений перекрывающих массивов. Тем не менее задача разрушения грунтовых массивов в своде горной выработки или задача сводообразования остается нерешенной до настоящего времени. Представлена формула, для определения нагрузки на обделку тоннеля.

Ключевые слова: геомеханика, физико-техническая основа, модель, выработка, обделка, расчетная схема, напряжения, смещения, нагрузка.

Существующие нормативные документы рекомендуют для определения нагрузки на обделку коллекторных тоннелей использовать теорию сводообразования М.М. Протодеяконова, которая не учитывает зависимость нагрузки от глубины заложения тоннеля, что для коллекторных тоннелей не отражает реальный процесс формирования нагрузки в грунтовом массиве. Последующие исследования, например работы К.В. Руппенейта, выполненные методами механики твердого деформируемого тела, восполнили этот недостаток, но вместе с тем установили развитие области разрушения не в своде, а в боках выработки, что также противоречит реально наблюдаемой картине разрушения в грунтовом массиве. Современные программные комплексы, реализующие решение этой же задачи уже численными методами, дают тот же результат – разрушение в боках выработки.

В настоящей работе предлагается расчетная схема определения нагрузки на обделку коллекторного тоннеля, сооружаемого по технологии микротоннелирования с учетом качества заполнения тампонажным раствором строительного зазора между обделкой и поверхностью выработки. Расчетная схема построена в «снимаемых напряжениях», как это сформулированного в работе И.В. Баклашова и В.Г. Хлопцова, рекомендующих прогнозирование сводообразования выполнять в поле дополнительного напряженно-деформированного состояния грунтового массива.

В первой части настоящей работы в результате решения осесимметричной задачи построено расчетное выражение нагрузки на обделку коллекторного тоннеля с учетом следующих предпосылок:

- смещения контура выработки возникает главным образом по причине смещений неразрушенного грунтового массива с модулем деформации $E_{гр}$ и коэффициентом Пуассона $\mu_{гр}$ за пределами границы области разрушения r_p ;
- смещения в приконтурном грунтовом массиве реализуются с учетом гипотезы его несжимаемости;

- обделка тоннеля, выполненная из железобетона, предполагается абсолютно жесткой, что вполне оправданно, так как модуль деформации бетона $E_6 \approx 1000 E_{гр}$;

- тампонажный раствор после установки обделки вблизи забоя выработки в первые моменты времени, когда реализуются смещения грунта, находится в незатвердевшем пластичном состоянии с модулем деформации $E_T \approx 0,01 E_{гр}$;

- толщина тампонажного слоя Δ в общем случае определяется размерами строительного зазора, который в технологии микротоннелирования составляет обычно $0,02R_0$, где R_0 – радиус тоннельной выработки; при оседании обделки под ее собственным весом на почву выработки строительный зазор в своде тоннеля увеличивается в 2 раза, поэтому, при построении теории совдообразования, логично предположить толщину тампонажного слоя $\Delta = 0,04R_0$.

Из условия равновесия смещений $U_M = U_T$ после преобразования получим расчетное выражение нагрузки на обделку

$$p = \left\{ (1 + \mu_{гр}) \frac{E_T}{E_{гр}} \cdot \frac{R_0}{\Delta} (\gamma H \sin \theta) \right\}^{\sin \theta} \cdot \{ \gamma H (1 - \sin \theta) \}^{1 - \sin \theta},$$

которое справедливо при условии образования области разрушения, т.е. при условии

$$p \leq \gamma H (1 - \sin \theta),$$

Из последнего выражения следует, что нагрузка на обделку уменьшается по мере уменьшения соотношения

$$\left\{ (1 + \mu_{гр}) \frac{E_T}{E_{гр}} \cdot \frac{R_0}{\Delta} \right\}^{\sin \theta},$$

т.е. по мере уменьшения относительной жесткости тампонажного слоя $E_T/E_{гр}$ и увеличения относительной толщины R_0/Δ , что подтверждается результатами компьютерного моделирования.

Во второй части работы выполнено компьютерное моделирование в программном комплексе «Plaxis». Формирование нагрузки на обделку с учетом заполнения тампонажным раствором строительного зазора, установлено удовлетворительное качественное согласование с результатами теоретических расчетов и показаны возможные пути модернизации расчетной схемы в этом комплексе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеенко В.А. Разработка алгоритмов компьютерного проектирования наземного пространства в историческом центре Москвы и на присоединенных территориях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 5. – С. 358–359.
2. Агеенко В.А., Исакова Ж.Б. Логически-эвристическая модель базы данных физических свойств полезных ископаемых, состояния массива и технико-экономической информации // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 5. – С. 360–361.
3. Пугач А.С. Компьютерное моделирование тектонических напряжений Воркутинской мульды с целью прогнозирования вбросоопасных зон // Рудник будущего. – 2011. – № 3. – С. 90–92.
4. Баклашов И.В., Руппенейт К.В. Прочность незакрепленных горных выработок. – М.: Недра, 1965. – С. 102.
5. Lavrov A. The Kaiser effect in rocks: principles and stress estimation techniques // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2003. Vol. 40. No. 2. P. 151–171.

6. El Hassan Ait Laasri, Es-Said Akhouayri, Dris Agliz, Abderrahman Atmani. Automatic detection and picking of P-wave arrival in locally stationary noise using cross-correlation // *Digital Signal Processing*. March 2014. Vol. 26. P. 87–100.

7. Laubscher D.H. A geomechanics classification system for the rating of rock mass in mine design // *Trans. S. Afr. Inst. Min. Metal.*, 1990. 9(10). **IVAS**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Агеенко В.А. – студент, e-mail: Valera.ageenko@mail.ru,

Баклашов И.В. – доктор технических наук,
МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 622.03

DEVELOPMENT OF THEORY AND MODELING OF PROCESSES OF ARCHING IN THE VICINITY OF A TUNNEL

Ageenko V.A., Student, e-mail: Valera.ageenko@mail.ru,

Baklashov I.V., Doctor of Technical Sciences,
Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

Geomechanics solves many practical problems. But there are two main, we can say classical tasks of geomechanics is the problem of the stability of mine workings and the problem of earth surface strike shift with the development of mining operations. The first problem appeared from the beginning of mining, the second much later, when education developed space has led to a significant displacement of the overlying rock masses. Development of technology of urban underground construction over the past 50 years aimed at minimizing displacement of the overlapped arrays. However, the task of destruction of soil in the mine working arch or the task of svoeobraznyi remains unresolved to date. The paper presents a formula for determining the load on the tunnel lining.

Key words: geomechanics, physical and technical basis, model, production, finishing, the calculated circuit voltage offset load.

REFERENCES

1. Ageenko V.A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 5, pp. 358–359.
2. Ageenko V.A., Isakova Zh.B. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2012, no 5, pp. 360–361.
3. Pugach A.S. *Rudnik budushchego*. 2011, no 3, pp. 90–92.
4. Baklashov I.V., Ruppeneyt K.V. *Prochnost' nezakreplennykh gornykh vyrabotok* (Stability of unsupported mine workings), Moscow, Nedra, 1965, pp. 102.
5. Lavrov A. The Kaiser effect in rocks: principles and stress estimation techniques. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2003. Vol. 40. No. 2. P. 151–171.
6. El Hassan Ait Laasri, Es-Said Akhouayri, Dris Agliz, Abderrahman Atmani. Automatic detection and picking of P-wave arrival in locally stationary noise using cross-correlation. *Digital Signal Processing*. March 2014. Vol. 26. P. 87–100.
7. Laubscher D.H. A geomechanics classification system for the rating of rock mass in mine design. *Trans. S. Afr. Inst. Min. Metal.*, 1990. 9(10).

