

MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY

Gusev V.N., Lonzhid E.B.

FORECASTING OF POSITION OF BORDERS OF A ZONE OF INFLUENCE OF CONSTRUCTION OF TUNNELS IN THE CONDITIONS OF URBAN DEVELOPMENT

**Gusev V.N. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head.
Department of Mine Surveying, St. Petersburg Mining University
Lonzhid Enkhtur Bargigon - Department of Mine Surveying, St.
Petersburg Mining University**

Abstract

Approach by definition of a zone of influence of construction of tunnels of the subway in geological conditions of Ulaanbaatar is stated. Using the data of geological approbation on wells including definition of physical and mechanical properties of breeds of the Quaternary Period of their formation and results of mathematical modeling functional dependences of boundary corners on physical and mechanical properties of breeds most of which influence the size of this angular parameter are received. The received boundary corners in the form of functional dependences on physical and mechanical indicators allow to predict displacement trough border from construction of tunnels in the conditions of urban development.

Keywords: boundary corner, physical and mechanical properties of breeds, displacement trough border.

Проходка горным способом транспортных тоннелей метрополитенов, как правило, производится под плотной городской застройкой, которая в свою очередь может включать здания исторической части городов. Сдвигения и деформации горных пород от проходки тоннелей могут вызвать необратимые повреждения в зданиях и сооружениях, попавших в зону влияния строительства тоннелей. Границу зоны влияния можно определить по граничным углам [1, 2]. Если они не известны, то их можно определить на основе численного моделирования геомеханических процессов сдвигения горных пород по данным геологической изученности массива, в котором проходит трасса тоннелей, и данным о физико-механических свойствах пород его слагающих [3].

В настоящее время составлен проект строительства линии метро в г. Улан-Батор. Трасса первой линии метро, согласно проекту, проходит через весь город с запада на восток и совпадает с автодорогой, проходящей в том же направлении. Протяженность планируемой линии метро – 17 км. Трасса разделена на 3 участка (рис. 1): в середине трассы метро запланировано строительство двух параллельных тоннелей протяженностью 5 км (подземная часть трассы); к подземной части с двух сторон (с западной и восточной) примыкает наземная часть трассы, на которой железнодорожный путь и станции подняты на опоры. Длина западной (восточной) части трассы метро составляет 6 км.

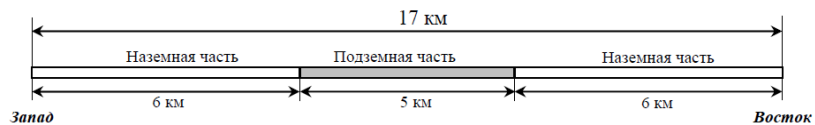


Рис. 1. Схема трассы метро.

Железнодорожное полотно наземной части первой линии метро проходит по эстакаде, опирающейся на колонны высотой 14,5 м, соответственно на этой же высоте обустраиваются станции (рис. 2). Подземная часть метро состоит из двух тоннелей для движения составов во встречных направлениях и подземных станций (рис. 3). Глубина заложения тоннелей составляет 15 м, диаметр тоннеля – 7 м.

По данным разведочного бурения геологическое строение толщи, в которой будет проходить трасса транспортных тоннелей, представлена коренными породами и четвертичными рыхлыми отложениями. 60% трассы тоннелей будет проходить в четвертичных отложениях. К коренным породам отнесены нижний каменно-угольный массив (С₁₋₂) и

неогеновые озеро-пролювиальные отложения (N_2) (рис. 4, 5). Четвертичные отложения на рассматриваемом участке представлены эллюво-деллювиальными (edQ_{1-2}), аллюво-пролювиальными (apQ_{1-2}), аллювиальными (aQ_2), деллюво-пролювиальными (dpQ_2) отложениями. Кроме того по трассе тоннеля встречаются пролювиальные (pQ_2), эоловые (ветровые) (vQ_2) отложения. В процессе геологических изысканий для указанных пород, составляющих указанные отложения были определены их физико-механические свойства: объемный вес ($\gamma_{об}$, $г/см^3$), сила сцепления (C , кПа), угол внутреннего трения (ϕ , град.), модуль деформаций (E , мПа).

Так как в рассматриваемых условиях не проводились исследований процессов сдвижений горных пород, то соответственно не известны являются угловые параметры этого процесса, к которым относятся граничные углы. С целью определения угловых параметров процесса сдвижения было проведено моделирование геомеханических процессов вследствие проходки тоннелей в различных породах четвертичных отложений. Моделирование выполнено в специализированной трехмерной компьютерной программе Plaxis 3D, основанной на методе конечных элементов.

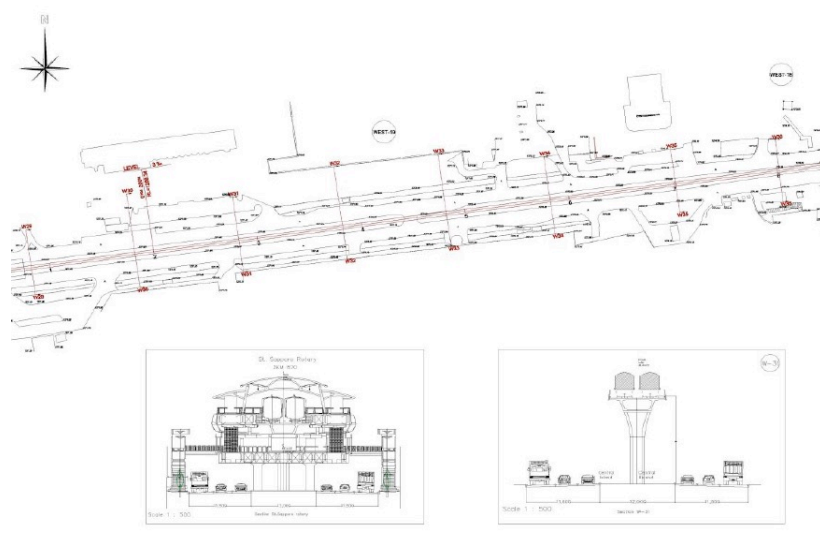


Рис. 2. Участок наземной части линии метро.

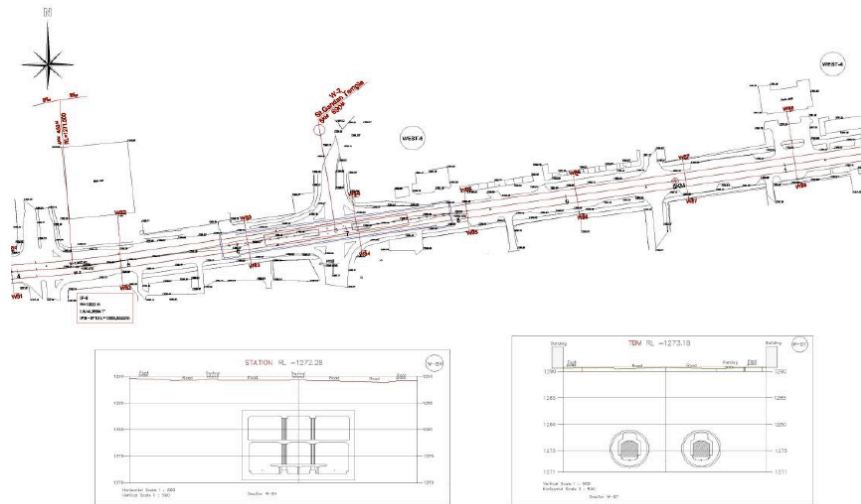


Рис. 3. Участок подземной части линии метро.

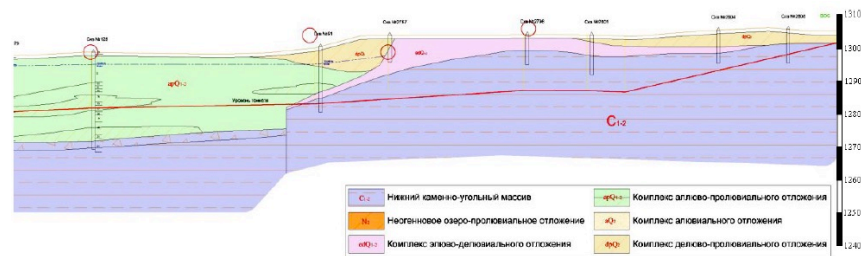


Рис. 4. Геологическое строение одного из участков подземной части, на котором тоннель проходит в коренных породах (C_{1,2}) и четвертичных отложениях.

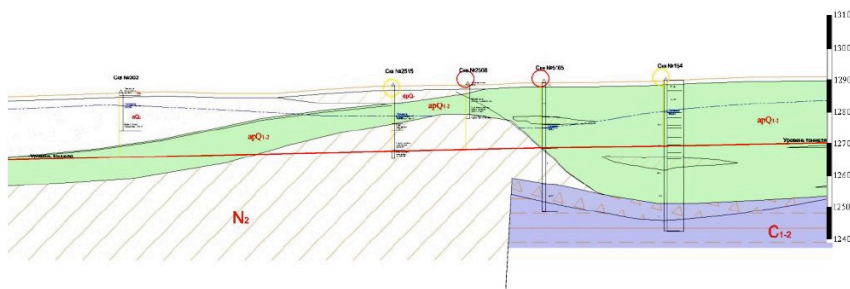


Рис. 5. Геологическое строение одного из участков подземной части, на котором тоннель проходит в четвертичных отложениях и пересекает коренные породы (N₂).

Для каждого типа пород создавалась численная модель, при этом, физико-механические свойства моделируемого типа породы брались из данных геологических изысканий. По получаемой на модели мульды сдвижения, для отдельно взятой типа породы, определялись граничные углы. Из геологических изысканий по 27 типам пород ($N = 27$), составляющих четвертичные отложения, имелись данные об их физико-механических свойствах, соответственно для каждого типа пород были созданы модели, по которым определялись граничные углы.

По полученным данным численного моделирования, на основе корреляционного анализа, было рассмотрено влияние каждого физико-механического показателя на величину граничного угла. Влияние оценивалось через вывод корреляционной зависимости и коэффициенту корреляции. Для анализа были выведены следующие зависимости граничного угла (φ_0) от физико-механических свойств пород четвертичных отложений:

- $\varphi_0 = f(E)$, где E – модуль деформации;
- $\varphi_0 = f(C)$, где C – сила сцепления;
- $\varphi_0 = f(\varphi)$, где φ – угол внутреннего трения;
- $\varphi_0 = f(\gamma_{об})$, где $\gamma_{об}$ – объемный вес.

Для аппроксимации этих зависимостей использовались различные типы функций. Как видно из таблицы 1 наиболее существенное влияние на величину граничного угла оказывает модуль деформаций (E), теснота связи в случае полиномиальной аппроксимирующей функции составила $R^2 = 0.872$ (рис. 6).

Таблица 1

Теснота связи граничного угла (φ_0) с физико-механическими показателями пород четвертичных отложений

Тип аппроксимирующей функции	Коэффициент корреляции (R^2)			
	Модуль деформации, E (МПа)	Сцепление, C , (кПа)	Угол внутреннего трения, φ (град.)	Объемный вес, $\gamma_{об}$ (г/см ³)
Линейная	0,318	0,019	0,052	0,031
Экспоненциальная	0,312	0,020	0,049	0,0329
Полиномиальная	0,872	0,023	0,055	0,049
Логарифмическая	0,422	0,004	0,054	0,032

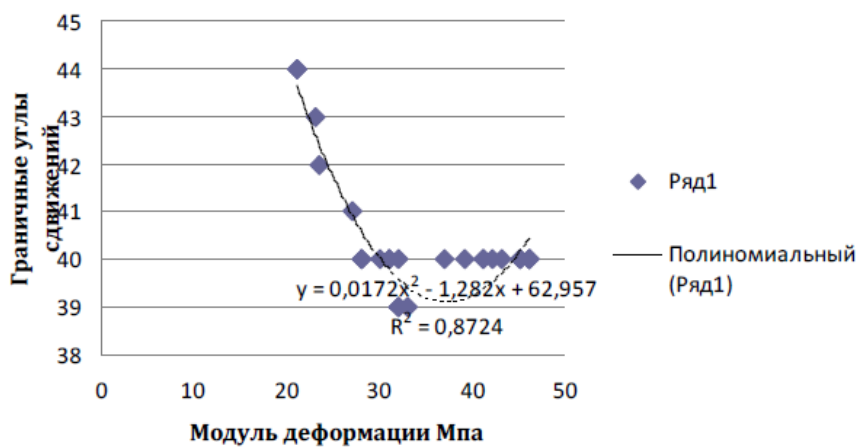


Рис. 6. Зависимость граничного угла (φ_0) от модуля деформаций (E).

Для решения вопроса, в какой степени на величину граничного угла оказывают влияние оставшиеся другие физико-механические показатели (табл. 1), был проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Сначала оценивалось совместное влияние модуля деформаций в паре с остальными механическими показателями на величину граничного

угла. Оценка воздействия или степени влияния факторов (физико-механических показателей) на исследуемый показатель (граничный угол φ_0) была сделана на основе определения коэффициентов детерминации (k_d) отдельно для рассматриваемых факторов влияния, поскольку эти коэффициенты являются квадратом корреляционного отношения, выраженного в процентах [4]:

- при оценке совместного влияния модуля деформации E (фактор А) и сцепления C (фактор В) на граничный угол φ_0 коэффициенты детерминации по факторам А и В соответственно составили: $k_{dA} = 57\%$, $k_{dB} = 22\%$ при $N = 27$;

- при оценке совместного влияния модуля деформации E (фактор А) и угла внутреннего трения φ (фактор В) на граничный угол φ_0 коэффициенты детерминации по факторам А и В соответственно составили: $k_{dA} = 58\%$, $k_{dB} = 5\%$ при $N = 27$;

- при оценке совместного влияния модуля деформации E (фактор А) и объёмного веса $\gamma_{об}$ (фактор В) на граничный угол φ_0 коэффициенты детерминации по факторам А и В соответственно составили: $k_{dA} = 57\%$, $k_{dB} = 4\%$ при $N = 27$.

Двухфакторный анализ подтвердил выводы корреляционного анализа о том, что главным влияющим физико-механическим показателем на величину граничного угла φ_0 является модуль деформаций E (см. табл. 1 и $k_{dA} = 57\%$ для E), вторым по значимости влияния является сцепление C ($k_{dB} = 22\%$ для C). Остальные из рассмотренных показателей, угол внутреннего трения и объёмный вес, практически не оказывают влияния на величину граничного угла, о чём свидетельствуют полученные коэффициенты детерминации ($k_{dB} = 4\% - 5\%$). Для подтверждения этого факта дополнительно был проведен двухфакторный дисперсионный анализ для определения совместного влияния на граничный угол сцепления в паре с оставшимися показателями – углом внутреннего трения и объёмным весом:

-при оценке совместного влияния на граничный угол φ_0 сцепления C (фактор А) и угла внутреннего трения φ (фактор В) были получены следующие коэффициенты детерминации: $k_{dA} = 23\%$, $k_{dB} = 7\%$;

-при оценке совместного влияния на граничный угол φ_0 сцепления C (фактор А) и объёмного веса $\gamma_{об}$ (фактор В) были получены следующие коэффициенты детерминации: $k_{dA} = 23\%$, $k_{dB} = 4\%$.

На основании проведенных анализов на предмет выявления наиболее влияющих факторов на величину граничного угла получены

следующие аналитические выражения, отражающие взаимосвязь между этими факторами и граничным углом:

$$\varphi_0 = 0.02E^2 - 1.28E + 62.96; \quad (1)$$

$$\varphi_0 = 46.02 - 0.13E - 0.04C, \quad (2)$$

где φ_0 – граничный угол, град.; E – модуль деформаций, мПА; C – сцепление, кПа.

Средняя квадратическая ошибка (СКО) при использовании для прогноза уравнения (1) составила $m_1 = 0.48^\circ$, а при использовании уравнения (2) – $m_2 = 0.93^\circ$. Линейная СКО при известной угловой СКО зависит от величины граничного угла и глубины заложения тоннеля. При среднем граничном угле $\varphi_0 = 40.3^\circ$, полученном из численного моделирования, и глубине тоннеля, согласно проекту, $H_1 = 15$ м линейная СКО определения положения границы мульды сдвижения при пользовании формулой (1) составит $\Delta_1 = 0.30$ м, а при пользовании формулой (2) – $\Delta_2 = 0.57$ м. При глубине заложения тоннеля $H_2 = 50$ м (мощность четвертичных отложений в рассматриваемых условиях достигает 40 – 50 м) линейная СКО определения положения границы мульды сдвижения составит при пользовании формулой (1) $\Delta_{01} = 0.99$ м, при пользовании формулой (2) $\Delta_{02} = 1.91$ м. Отсюда следует, что для прогноза положения границы мульды сдвижения в рассматриваемых условиях следует пользоваться уравнением (1). До глубины 15 - 17 м можно рекомендовать, наряду с уравнением (1), использовать для прогноза границы зоны влияния строительства тоннелей уравнение (2).

References:

- [1] Posobie po proektirovaniu meroprijatij dlja zashhity jekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij ot vlijaniya gorno-prohodcheskih rabot pri stroitel'stve metropolitena. L. Strojizdat (Leningr. otd-nie), 1973. 72 s. (Vsesojuz. nauch.-issled. i proektnyj in-t galurgii. Vsesojuz. nauch.-issled. in-t gornoj geomehaniki i markshejderskogo dela. Lenmetrostroy).
- [2] Volohov E.M., Gusev V.N., Lir Ju.V. K voprosu vybora granichnogo kriterija dlja mul'dy sdvizhenija gornyh porod v massive nad sooruzhaemym tonnelem / Sovremennye problemy gornoj nauki. // Zapiski gornogo instituta. T.172, SPb, 2007. S.167-171.
- [3] Bak N.S., Gusev V.N. Opredelenie granic mul'dy sdvizhenija pri prohodke tonnej v chetvertichnyh otlozhenijah g. Hoshimin / Markshejdersko-geodezicheskoe obespechenie racional'nogo ispol'zovanija, ohrany neдр i stroitel'stva sooruzhenij: mezhvuz. sb.

***10th International Conference “Science and Technology”
23-29 April 2018***

- nauch. tr.// Juzh.-Ros. gos. tehn. un-t (NPI). – Novochoerkassk:
JuRGU (NPI), 2012. S. 83-88
- [4] Gusev V.N., Sheremet A.N. Matematicheskaja obrabotka
markshejderskoj informacii statisticheskimi metodami. / Ucheb.
posobie. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj gornyj institut
(tehnicheskij universitet). SPb, 2005. 98 s.

AGRICULTURAL SCIENCES

Tishkov V.A., Smekhunov E.A., Shapovalova Y.V.

SELECTION OF THE INDICATION METHOD OF THE WATERING ZONE IN THE SOIL BODY

**Tishkov V.A., Russia, Don State Technical University
Smekhunov E.A., Russia, Don State Technical University
Shapovalova Y.V., Russia, Don State Technical University**

Abstract

To control irrigation, it is necessary to know the boundaries of the wetted soil volume, its depth and configuration. It is impossible to distinguish with the naked eye the wetted zone from dry one in the chernozem soil section. Special techniques are needed to better visualize the watering volume. The article describes the results of experiments on the visual identification of the irrigation zone and the boundary between wetted and dry soil. Three methods are considered: simple and chemical coloring, and chemical changes in the soil structure. The possibilities, conditions of application and prospects of these methods are determined.

Keywords: irrigation, watering zone, water use, reaction

Поливное земледелие в сравнении с богарным в Южной зоне имеет несомненные преимущества. Для поливной пшеницы по данным ряда опытных станций в засушливой степи средняя урожайность зерна озимой пшеницы сорта Безостая достигает при орошении 53.5 ц/га, максимальная – 78.8 ц/га, без орошения 24.7 ц/га [1]. При правильной технологии выращивания урожай люцерны сена составляет 9–10 т/га, а при орошении – 15–20т/га [2].