

Д.А.Потемкин, Е.Э.Мартиросянц
Санкт-Петербургский горный ин-т, Россия

ОСАДКИ ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГЛИН С НАНОСАМИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Приведены результаты исследований плоского (двумерного) напряженно-деформированного состояния массива пород вокруг перегонного тоннеля Санкт-Петербургского метрополитена: расчетная схема, результаты расчетов. Выявлены причины и механизм оседаний дневной поверхности и контакта четвертичных отложений с наносами.

In the article the outcomes of researches of the plane (two-dimensional) strains and deformations of an array of breeds around metro tunnel of the St.-Petersburg underground are indicated: the settlement scheme, outcomes of accounts. The reasons and mechanism of settlings of a surface and contact proterozoic clays with soils are revealed.

Горно-геологические условия строительства горизонтальных выработок в протерозойских глинах считаются относительно благоприятными. При достаточно мощном перекрытии забоев глинами проходка перегонных тоннелей не встречает особых трудностей и не сопровождается заметными осадками поверхности. Строительство сооружений больших пролетов, например станционных залов, вызывает осадки покрывающей толщи и поверхности. На этапе проектирования объектов метрополитена оседание поверхности прогнозируется по расчетным методам (Ленметрогипротранс, ВНИМИ).

Из практики строительства станций в зонах размывов (средний тоннель ст. «Адмиралтейская») известно, что с уменьшением в кровле тоннеля мощности потолочины протерозойских глин смеще-

ния «лба» забоя и контура тоннеля увеличиваются, а устойчивость пород в забое снижается. Можно предположить, что соответственно меняются и осадки контакта наносов с глинами и, как следствие, осадки поверхности.

В прогнозах осадок изменчивость строения покрывающей слоистой толщи и физико-механических свойств грунтов учесть невозможно, что приводит к несоответствию расчетных и фактических осадок поверхности на сложных участках [2].

Нами методом конечных элементов (МКЭ) по стандартной программе был выполнен расчет осадок поверхности контакта глин с четвертичными отложениями при различной мощности глин в кровле тоннеля. Задача решалась в плоской (двумерной) постановке [1,3]. Рассмотрено напряженно-деформированное состояние

участка массива глубиной от поверхности 80 м, шириной 80 м, с тоннелем диаметром 6 м, пройденным на глубине 60 м от поверхности в протерозойских глинах, покрытых мощной толщей четвертичных отложений. Рассмотрены следующие варианты расчетных схем. В первой схеме наносы в районе строительства имеют мощность 55 м, мощность глин (от кровли до контакта с отложениями) – 5 м. Во второй эти величины составляют соответственно 40 и 20 м. Физико-механические свойства четвертичных отложений и протерозойских глин соответственно следующие: объемный вес 17,5 и 21,6 кН/м³; модуль деформации 50 и 176 МПа; сцепление 0,06 и 0,54 МПа; коэффициент Пуассона 0,3 и 0,23; угол внутреннего трения 18 и 23°.

Характеристики свойств выбраны на основе обобщения данных испытаний глин, выполненных в 1960-1988 годах в ЛГИ, ЛИИЖТе, ЛИСИ, ВНИМИ, ВНИИ гидротехники (научные отчеты В.Д. Ломтадзе, Р.Н.Кремневой, М.С.Бузкова, Н.П.Астратова, В.Н.Бадухина, А.В.Кузьмина, Ю.М.Карташова, Б.В.Матвеева и др.).

Принято допущение о постоянстве свойств глин в зоне контакта с наносами.

В природе слой глин мощностью до 3 м от контакта увлажнен и отличается пониженной прочностью. Очевидно, что неучет этого обстоятельства ведет к некоторому занижению расчетных деформаций потолчины относительно фактических.

Породная толща, представляющая собой двухслойную пластину, моделировалась плоскими треугольными элементами, тубинговая обделка тоннеля – четырехугольными элементами. Взаимодействие породного контура и крепи-обделки имитировалось с помощью промежуточных двумерных элементов, моделирующих работу слоя тампонажного материала.

В каждом из двух случаев расчет выполнялся дважды – без тоннеля и с тоннелем. В варианте без тоннеля получены осадки породной толщи под действием собственного веса, в варианте с тоннелем – осадки от собственного веса и от строительства тоннеля, вместе взятые. Разница характеризовала «чистые» осадки поверхности контакта четвертичных отложений с наносами и земной поверхностью, вызванные строительством тоннеля (см. таблицу).

Смещения, мм

Расчетный вариант	Свод тоннеля	Земная поверхность	Контакт глин с наносами
От собственного веса грунта	123/130	534/422	148,1/217,8
От веса грунта и проходки тоннеля	163/164	534/427	173,6/227,7
От проходки тоннеля	40/34	0/5	25,5/9,9

Примечание. В числителе и знаменателе при мощности потолчины соответственно 5 и 20 м.

Результаты расчета подтвердили предположение о том, что мощность глин в кровле тоннеля является фактором, существенно влияющим на деформации по-

кровной толщи. Оседания поверхности контакта с наносами при потолчине 5 м оказались в 2,5 раза больше, чем при 20-метровом перекрытии тоннеля глинами.

Характерно, что при малой потолочине осадка поверхности контакта глин с наносами практически не сказалась на поверхности. По-видимому, имеет место эффект «заплывания» мульды оседания, имеющей малую ширину, слабыми грунтами покровной толщи. В случае расположения тоннеля на расстоянии 20 м от контакта мульда оседания по границе между слоями шире. Несмотря на значительно меньшее оседание в центре мульды, за счет ее ширины осадки прослеживаются и на земной поверхности.

Мощность потолочины глин в кровле влияет не только на ее смещения, но и на характер изменения напряженно-деформированного состояния в призабойной зоне. Соответственно будут отличаться устойчивость породных обнажений и давление глин на временную крепь «лба» забоя. При малых потолочинах нельзя исключать такого опасного для призабойной зоны явления, как выдавливание глин со стороны забоя при его разработке, когда забой частично неподкреплен. Для выра-

боток больших пролетов вероятность опасных проявлений горного давления в забоях возрастает. В таких условиях первостепенное значение имеют жесткость временной крепи и тампонаж закрепного пространства после установки каждого кольца крепи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зенкевич О.* Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986.
2. *Подаков В.Ф.* Пособие по проектированию мероприятий для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от влияния горнопроходческих работ при строительстве метрополитена. / В.Ф.Подаков, В.М.Соловьев, В.М.Капустин и др. Л.: Стройиздат, 1973.
3. *Фадеев А.Б.* Метод конечных элементов при решении геотехнических задач и программа «Геомеханика»: Учеб. пос. / А.Б.Фадеев, П.И.Репина, Э.К.Абдылдаев. Лен. ин-т инженеров железн. транспорта. Л., 1982.