

## ДЕФОРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА С СУХИМИ И ВОДОНАСЫЩЕННЫМИ ГРУНТАМИ С УЧЕТОМ ИХ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*Д. В. Бережной, А. А. Саченков, Л. Р. Секаева, Р. Р. Хакимзянов*  
*Казанский Государственный университет, Казань*

При прокладке линии метро в некоторых случаях в блоках обделки тоннелей метрополитена возникают напряжения, близкие к предельно допустимым. Это подтверждается расчетами и проводимыми экспериментами. Чтобы обезопасить проходку линий метрополитена в опасных сечениях грунтов, предлагается проводить операцию химического закрепления грунтов вокруг тоннелей.

Основной целью проводимой работы является определение оптимальной формы области химического укрепления грунта в зоне пересечения тоннелями метрополитена грунтового массива с целью снижения уровня напряженно-деформированного состояния в обделке тоннеля.

Наиболее достоверная модель, описывающая поведение обделки тоннеля метрополитена, состоящей из соединенных болтами железобетонных блоков, должна быть трехмерной с учетом контактного взаимодействия между блоками [3]. Однако для получения приемлемой точности при использовании подобной расчетной схемы общие затраты ресурсов ЭВМ будут настолько велики, что исключат возможность проведения вычислительного эксперимента по определению оптимальной формы области химического закрепления грунта. Поэтому была выбрана методика решения поставленной задачи в двумерной постановке.

Проводится расчет плоского поперечного сечения обделки метрополитена при его взаимодействии с окружающими его грунтовыми массивами. Сечение находится в условиях плоской деформации. Боковые и нижняя граница области задаются прямыми линиями, и на них задаются условия отсутствия смещения точек в направлении, перпендикулярном прямолинейным границам. Расстояния от обделки до границ области выбираются из условия малости влияния обделки на поле перемещений и напряженно-деформированное состояние грунта и определяются в ходе вычислительного эксперимента.

Вся расчетная область находится под действием собственного веса. Кроме того, считая фильтрующуюся в водонасыщенных грунтах жидкость (воду) находящейся в состоянии гидростатического равновесия, учитывается влияние уровня грунтовых вод по следующей методике [1, 2]:

- приведенный удельный вес водонасыщенных грунтов должен определяться по формуле

$$\gamma_{\text{ан}} = \frac{\gamma_{\text{мч}} - \gamma_{\text{в}}}{1 + e},$$

где  $\gamma_{\text{ан}}$  – удельный вес водонасыщенного грунта,  $\gamma_{\text{мч}}$  – удельный вес минеральных частиц грунта,  $\gamma_{\text{в}}$  – удельный вес воды,  $e$  – коэффициент пористости грунта;

- на внешнюю поверхность обделки тоннеля метрополитена, находящуюся ниже уровня грунтовых вод, должна действовать гидростатическая нагрузка, соответствующая уровню грунтовых вод.

Считаем, что грунт, окружающий обделку, а также грунт в области химического закрепления являются водонасыщенными, бетонная обделка является водонепроницаемой.

Разрез грунтов расчетной области и расположение тоннелей приведены на рис. 1. На рис. 2 приведена конфигурация расчетной области и изолинии прогибов после приложения нагрузки.