

**ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ С
УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГРУНТОВ НА ПРИМЕРЕ СООРУЖЕНИЯ КРАСНОЯРСКОГО
МЕТРОПОЛИТЕНА**

**Аношенко Д. А., Молчанов В.С.,
научный руководитель канд. техн. наук Полянкин Г. Н.
Сибирский государственный университет путей сообщения**

5 сентября 2003 г. на строительстве Красноярского метрополитена состоялся пуск тоннелепроходческого комплекса *RMP 242SE* серии 18400 канадской фирмы «*Lovat Inc.*». Планировалось пройти 7,39 км тоннелей первой очереди метрополитена.

Участок трассы I линии Красноярского метрополитена протяженностью 8800 м расположен на левом берегу р.Енисей. Трасса имеет глубокое заложение, перегонные тоннели и станции сооружаются, в основном, закрытым способом (станции – через рабочие стволы глубиной до 85 м). Диаметры выработок в проходке: стволов – 6,6 м; подходов – 7,5 м; галереи – 7,5 м; станций – 8,5 м; эскалаторных тоннелей – 9,5 м.

Геологическое строение грунтового массива в зоне строительства представлено четвертичными (супеси, суглинки, гравийные грунты, галечники, глина, пески) и девонскими отложениями, представляющими осадочную толщу разнородных песчаников, мергелей, гравелитов, алевролитов, известняков, пересекаемых трассой под различными углами. Грунты (как аллювиальные, так и отложениями девона) обводнены. Тектонические условия участка определены наличием дизъюнктивов, происшедших в различные геологические периоды и обусловлены трещиноватостью горных пород.

По степени устойчивости грунты от весьма неустойчивых до среднеустойчивых, по временному сопротивлению сжатию относятся к полускальным низкой прочности. Суглинки и супеси просадочные, начальное просадочное давление 0,12-0,22 МПа.

В связи с возникшими проблемами финансирования, строительство тоннелей было остановлено. В соответствии с нормативными документами, консервация объектов тоннелестроения должна осуществляться по специально разработанным проектам, каковые отсутствуют.

Выделяемых в настоящее время денежных средств недостаточно не только на мероприятия по консервации сооружений, но и на поддержание текущего безопасного состояния существующих подземных сооружений.

В связи с этим подрядной организацией осуществляются только минимум мероприятий по их обслуживанию: откачка воды с подачей электроэнергии для работы насосов и обеспечения необходимого освещения, а также охраны объектов.

Внутри сооружений, находящихся на временной крепи, не имеющих гидроизоляции и не доведенных до состояния, обеспечивающего длительную безопасную эксплуатацию, более десяти лет дренируют грунтовые воды. В связи с постоянным выносом совместно с проникающей водой частиц грунта, возникают необратимые процессы разуплотнения грунтов, образования за крепью пустот (полостей) различного объема, что вызывает неконтролируемое развитие деформаций грунтового массива, и при несвоевременности принятия мер может привести к осадкам земной поверхности над сооружениями и на прилегающих территориях.

В связи с этим явно актуальной становится необходимость проведения специального обследования выработок и разработки мероприятий по предупреждению развития негативных воздействий на грунтовый массив и усилению временных конструкций строящегося метрополитена.

Отличием подземной конструкции от наземной является то, что несущая способность обделки неразрывно связана со строением, составом, физико-механическими свойствами и состоянием окружающего грунтового массива (прочность

и деформативность конструкции тоннеля являются функциями системы «обделка - грунтовый массив»). Одним из главных условий нормального функционирования подземного сооружения состоит в обеспечении полного контакта обделки по его внешнему контуру с грунтовым массивом. Нарушение контакта выражается в наличии заобделочных пустот.

Целью данной работы является определение оценка опасности и возможных последствий влияния заобделочных пустот на несущую способность тоннельной обделки. К основным факторам возникновения пустот за обделкой относятся:

1) техногенный фактор (при щитовой проходке образуется зазор, равный сумме двух толщин хвостовой оболочки проходческого щита и величин строительного зазора); 2) суффозионные процессы (выносы частиц грунта с дренируемой или откачиваемой водой – способствуют образованию пустот и местных зон разуплотнения); 3) нарушения сроков выполнения работ технологического цикла (горное давление развивается во времени); 4) коррозия материала обделки вследствие дренирования грунтовых вод. Длительный процесс коррозии приводит, с одной стороны к снижению прочности и недопустимым деформациям обделки, с другой – к разуплотнению контакта конструкции с грунтом.

Из возможных вариантов комбинаций заобделочных пустот необходимо отобрать такие, которые оказывают наибольшее негативное влияние на несущую способность обделки. В этих целях в рамках данной работы проводились расчеты обделки тоннеля с учетом изменения физико-механических характеристик грунтов.

Для выполнения поставленной задачи качественной оценки влияния заобделочных пустот на несущую способность обделки использовался программный расчетный комплекс *Midas GTS-2013*, позволивший получить при разных случайных сочетаниях и расположении двумерных пустот в технической системе «обделка грунтовый массив» для конкретных характеристик грунтового массива г. Красноярска (рис. 1, табл. 1). Результаты расчетов показаны в виде диаграмм (рис. 2), характеризующих напряженно-деформированное состояние (НДС) обделки и грунтового массива при наличии заобделочных пустот (под пустотами понимаем не только свободные полости в грунтовом массиве, но и полости, заполненные разрушенным грунтом, плотность которого отличается от плотности массива более чем на 15 %, в то время как деформационные характеристики – на порядок).

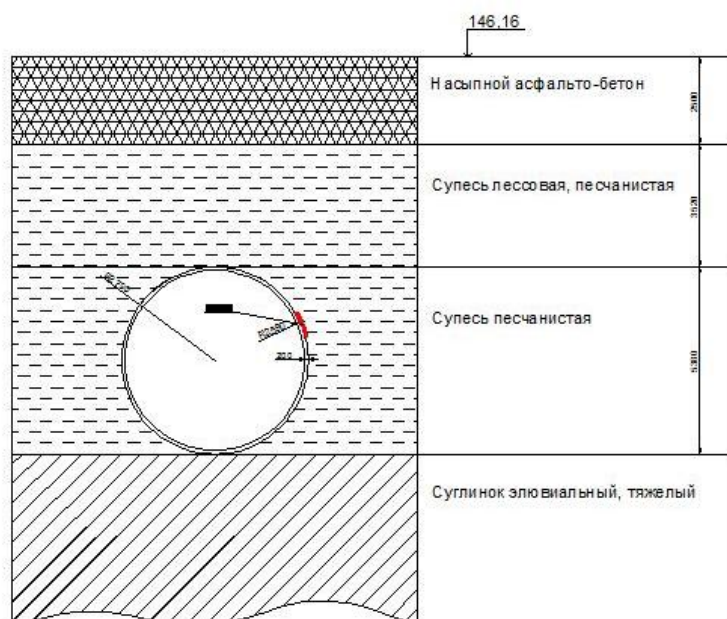
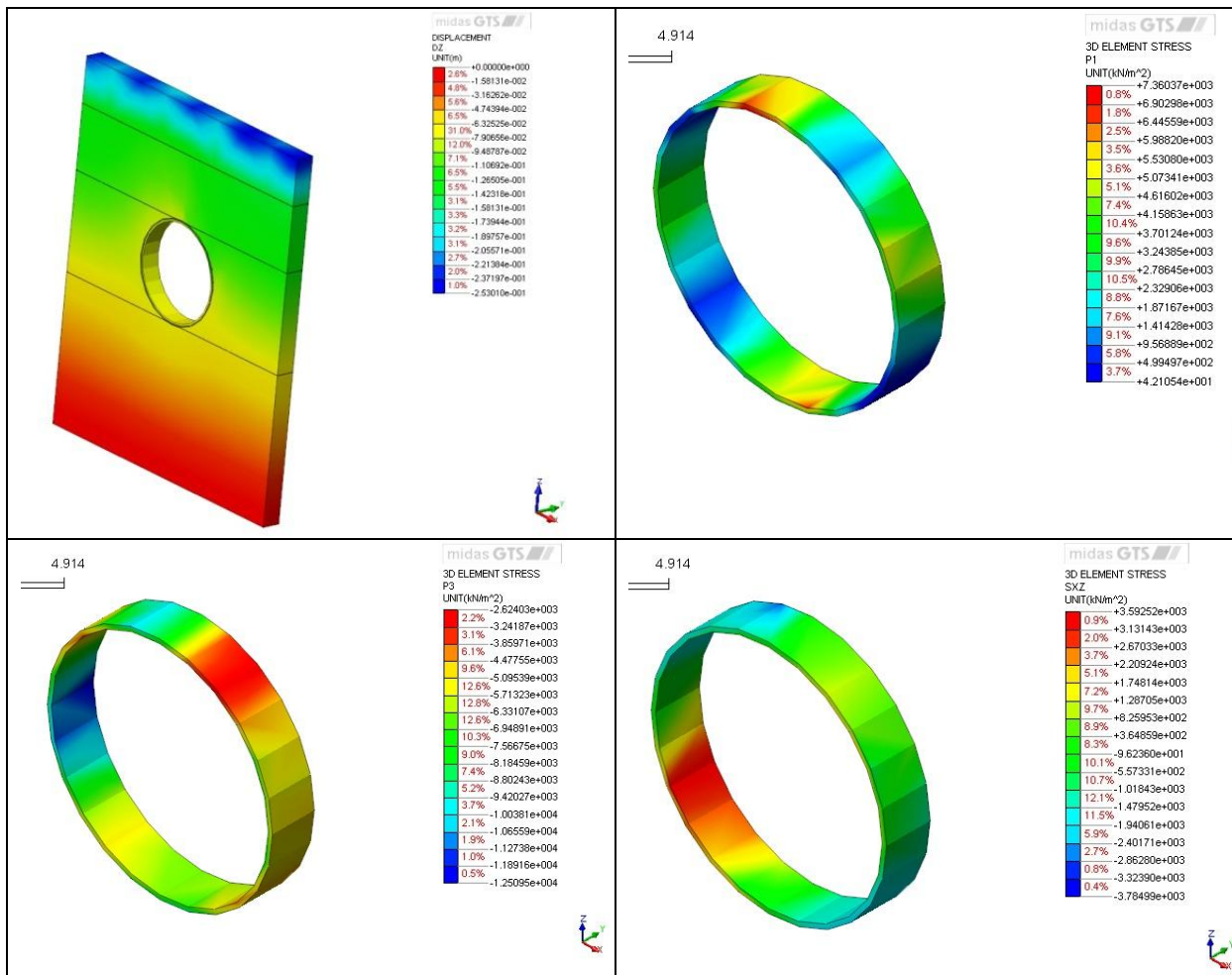


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля в грунтовом массиве

Таблица 1 – Характеристика материалов

	Асфальто-бетон	Супесь лессовая, песчанистая	Супесь песчанистая	Суглинок элювиальный, тяжелый	Ж/Б	Пустота
E, кН/м ²	500	10500	10000	22000	30000000	100
ν _u	0.3	0.29	0.33	0.33	0.33	0.3
γ, кН/м ³	20	17.74	17.74	18.91	24	24.5
γ _w , кН/м ³	20	18.33	18.33	19.21	24	24.5
C	-	11	4	46	-	-
Phi, град.	-	25	20	20	-	-
Модель	Elastic	Mohr Columb	Mohr Columb	Mohr Columb	Elastic	Elastic



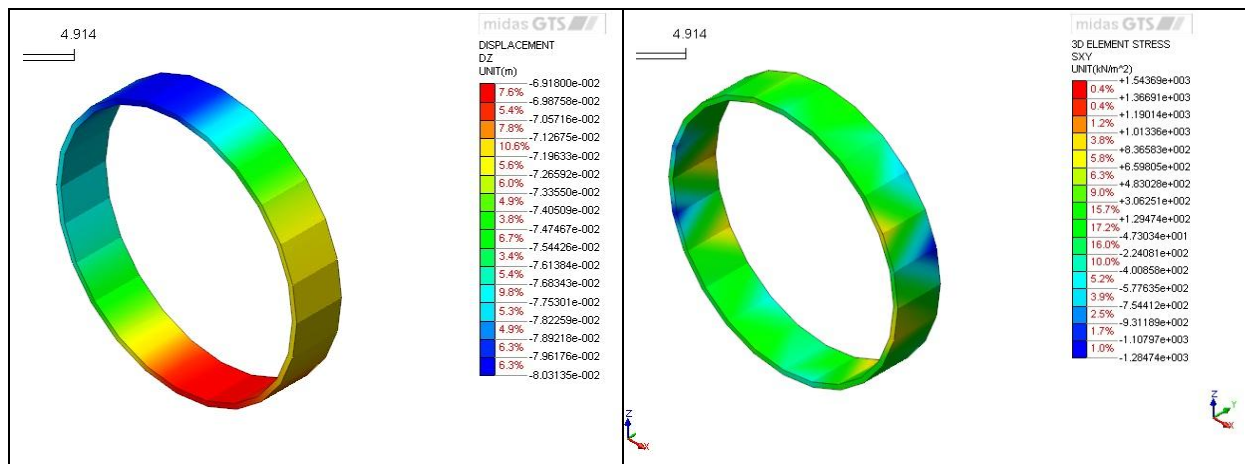


Рисунок 2 – Диаграммы НДС обделки и грунтового массива

Расчеты показали, что заобделочные пустоты (особенно пустоты, которые располагаются в зоне активного упругого отпора) вызывают неконтролируемое развитие деформаций грунтового массива и при несвоевременности принятия мер могут привести к нарушению работы технической системы «обделка-грунтовой массив».

Реальные расчеты могут быть выполнены с фактическими данными расположения пустот.