

## Моделирование проходки коллектора под действующей автомагистралью

*А.В. Манько*

*ФГБОУ ВО НИ Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** В статье рассматривается вопрос моделирования методом конечных элементов проходки коммуникационного туннеля под действующей многополосной автомагистралью способами микротоннелирования, горизонтального направленного бурения и строительством под защитой экрана из труб.

**Ключевые слова:** туннель, коллектор, метод конечных элементов, микротоннелирование, горизонтальное направленное бурение, автомагистраль, футляр, железобетон, металлические трубы, мульда оседания.

По вопросу о геомеханическом влиянии на окружающий грунтовый массив при проходке коммуникационных туннелей написано много трудов [1-3]. Почти все они рассматривают механизированную проходку тоннелепроходческими механизированными комплексами – щитами (далее ТПМК) [4,5]. Реже встречаются работы, которые описывают проходку коммуникационных туннелей горными способами [6,7]. Расчет (моделирование) коммуникационных туннелей чаще всего ведут на комплексное воздействие на окружающую застройку [8,9], реже рассматривают только мульду оседания, связанную с коэффициентом перебора грунта [10-12].

Важной особенностью строительства коммуникационных туннелей под действующей автомагистралью является учет коэффициента перебора грунта, из-за чего возможно появление мульды оседания поверхности величиной в несколько сантиметров. Для автомобильных дорог это недопустимо. При возведении туннеля ТПМК неизбежно возникнет зазор по всей поверхности между конструкциями туннеля, юбкой щита и грунтовым массивом.

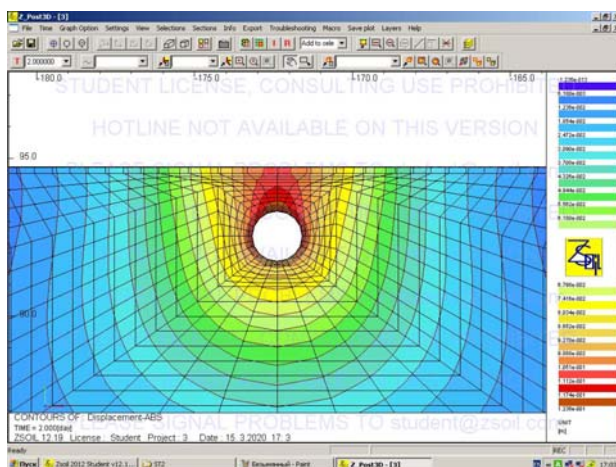
Строительство коллектора для утилизации канализационных вод (воды от бытовой канализации и ливневые воды) от локальных очистных

---

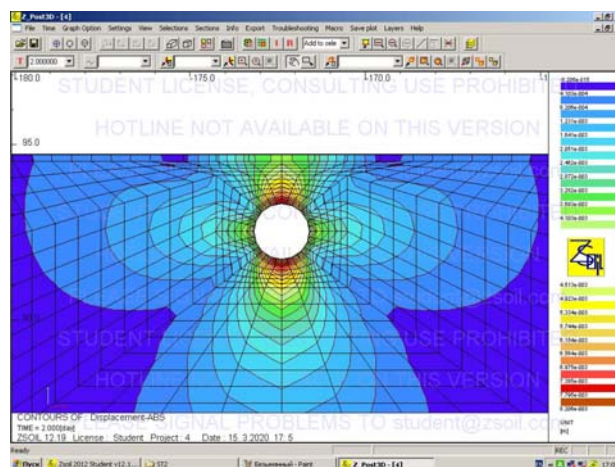
сооружений (далее ЛОС) к месту утилизации одного из вновь возводимых жилищных комплексов (далее ЖК) в Московской области осложнялось тем, что территорию ЖК примерно на две равные части делит Новорижское шоссе (М-9, Е22). При этом в южной части ЖК находятся ЛОС, а в северной части ЖК находится объект, куда утилизируют очищенные канализационные стоки. Проблема состоит в прокладке коллектора от северной части ЖК к ЛОС и от ЛОС к объекту утилизации.

Коллектор состоит из труб прямошовных  $\varnothing 820 \times 10$  мм. по ГОСТ10704-91. Возведение коллектора предполагается открытым и закрытым способами. Закрытым способом возводится коллектор под действующим Новорижским шоссе. Для этого применяют туннель, который, в данном случае, называется футляр.

Для моделирования геомеханического влияния на окружающую среду возводимого туннеля с учетом технологических и конструктивных особенностей применялся программный комплекс ZSOIL v.12, реализующий метод конечных элементов. В данной статье рассматриваются три варианта строительства коммуникационного туннеля под действующей автомагистралью.



а)



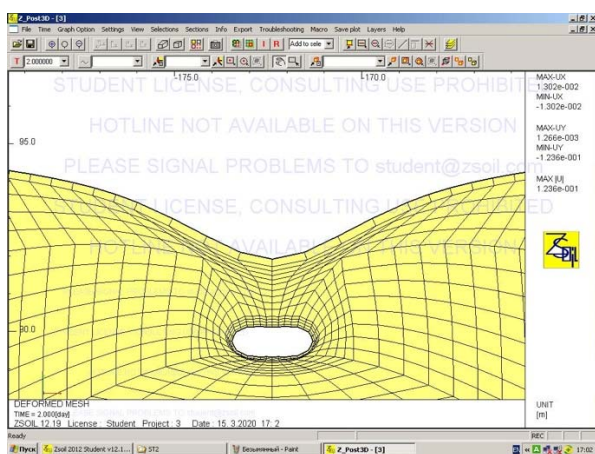
б)

Рис. 1. – Перемещения в массиве при микротоннелировании, туннель-футляр из трубы: а) металлической, б) железобетонной

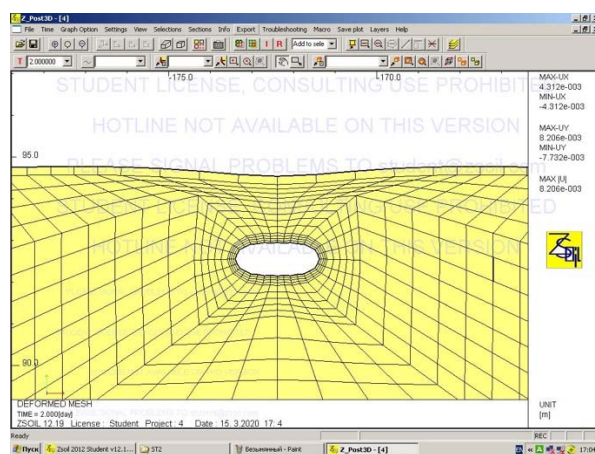
В качестве основного варианта проходки тоннеля рассматривалось микротоннелирование. Были рассмотрены варианты возведения туннель-футляра из металлической трубы прямошовной  $\varnothing 1020 \times 21$  мм. по ГОСТ10704-91 и железобетонные трубы ТС 100.30-4М(0) диаметром 1000 мм. На рис.1 представлены результаты моделирования – деформации автомобильной дороги при микротоннелировании (обделки из металла и железобетона).

На рис.2 показана мульда оседания поверхности и деформация конструкций туннеля (масштаб результатов – автоматический). Мульда оседания поверхности автодороги при футляре из металла составило 11,7 см., а при железобетонном футляре – 3,28 мм.

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что использовать в качестве футляра для коллектора, проложенного под действующей автомагистралью, металлическую трубу нельзя. Максимальная деформация железобетонной обделки составила 8,2 мм. Возведение данного тоннеля методом микротоннелирования при использовании железобетонной обделки представляется возможным.



а)



б)

Рис. 2. – Мульда оседания при микротоннелировании, туннель-футляр из трубы: а) металлической, б) железобетонной

Второй вариант возведения туннеля рассматривался методом горизонтального направленного бурения (далее ГНБ). При ГНБ будет применена следующая технологическая последовательность: бурение установкой ГНБ пионерной скважины, разбуривание на обратном ходу туннеля диаметром 1000мм с прокладкой металлической трубы прямошовной  $\varnothing 1020 \times 10$  мм. по ГОСТ10704-91, прокладка в полученном туннеле-футляре трубы коллектора, заполнение промежутка между трубами литой бетонной смесью класса В35. Полученные результаты перемещений в массиве, деформации обделки и мульда оседания представлены на рис.3.

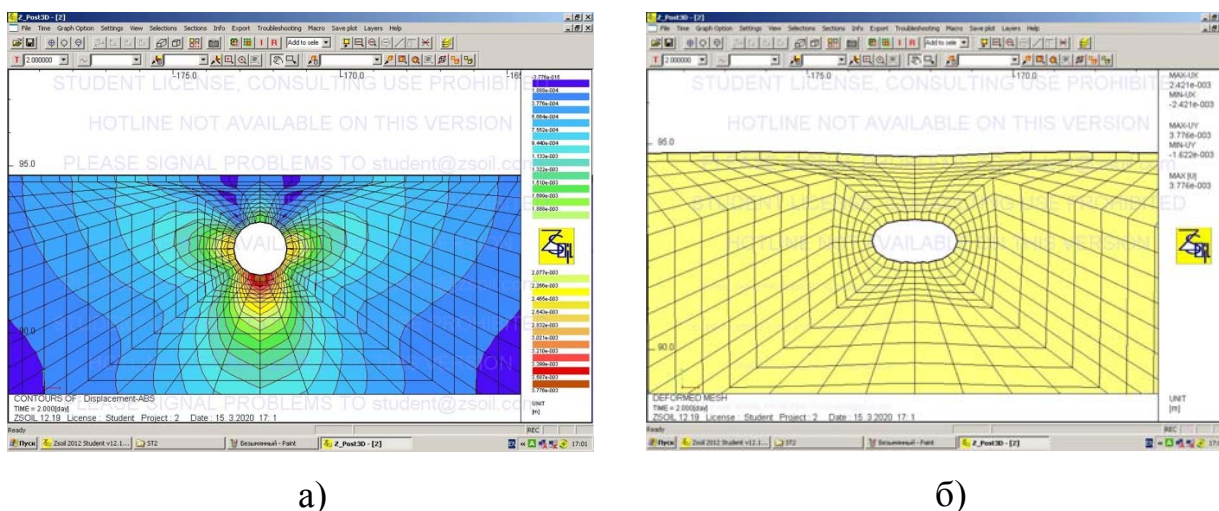


Рис. 3. – Результаты моделирования проходки туннеля-футляра методом ГНБ: а) перемещения в массиве, б) мульда оседания поверхности

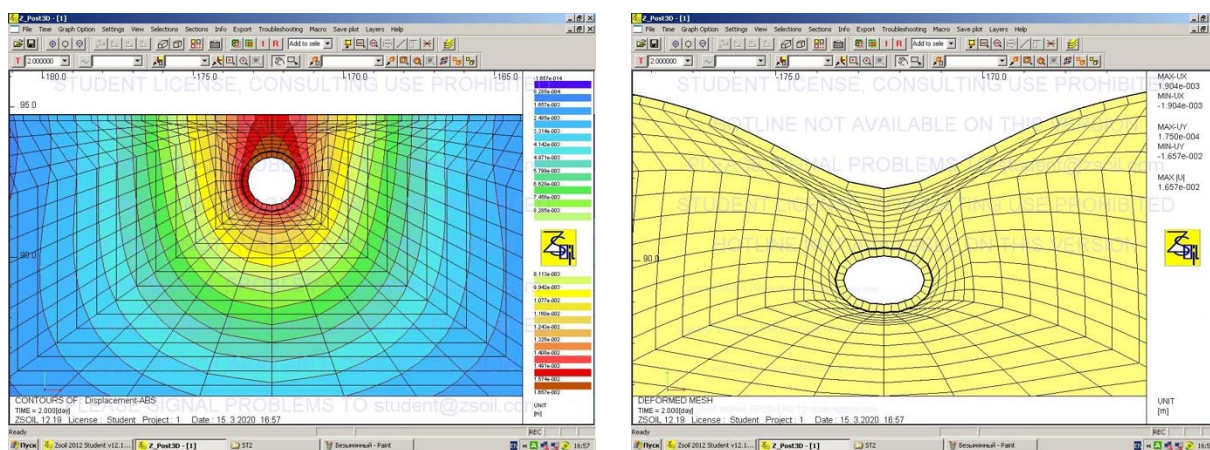
Мульда оседания составила 0,41 мм., а максимальная деформация обделки составила 3,8 см. Вследствие анализа полученных результатов можно сделать вывод о том, что методом ГНБ возведение данного туннеля также возможно.

Третий вариант возведения туннеля был рассмотрен методом строительства под защитой экрана из труб. В данном проекте просчитывался



экран из труб прямошовных  $\varnothing 325 \times 8$  мм. по ГОСТ10704-91 с заполнением бетоном класса В35 пространства между экраном и трубой коллектора.

На рис.4 показаны результаты проведенного моделирования. Мульда оседания составила 1,5 см., что, в данном случае, не является приемлемым, т.к. строительство ведется под действующей многополосной автомагистралью.



а)

б)

Рис. 4. – Результаты моделирования проходки под защитой экрана из труб: а) перемещения в массиве, б) мульда оседания поверхности

В результате проведенного моделирования можно сделать следующие общие выводы:

- 1) Туннель-футляр из одного металла неприемлем из-за большой величины мульды оседания.
- 2) Строительство туннеля под защитой экрана из труб в данном случае не представляется возможным из-за мульды оседания, которая составила 1,5 см.
- 3) Данный туннель возможно возвести методами микротоннелирования и горизонтального направленного бурения в связи с тем, что мульда оседания и деформация обделки составляют несколько миллиметров или доли миллиметра.

В результате было принято окончательное решение при строительстве туннеля-футляра для коллектора использовать метод горизонтального направленного бурения. При ГНБ по результатам моделирования мутьда оседания и деформация обделки будут самые малые. К тому же возведение туннеля методом ГНБ стоит недорого по сравнению с микротоннелированием.

### Литература

1. Карасев М.А. Анализ причин деформации земной поверхности и характер формирования мутьды оседания, вызванной строительством транспортных тоннелей // Записки горного института. 2011. С. 163-171.
2. Мазеин С.В., Павленко А.М. Влияние текущих параметров щитовой проходки на осадку поверхности // Горный информационно-аналитический бюллетень: материал семинара №15. 2007. №5. С. 133-138.
3. Исаев О.Н., Боков И.А., Шарафутдинов Р.Ф. К вопросу влияния расчетных параметров на моделирование перемещений грунта при проходке тоннелей // Геотехнические проблемы мегаполисов. Труды международной конференции по геотехнике "Развитие городов и геотехническое строительство". М.: ПИ "Геореконструкция", 2010.
4. Гергарт Ю.А. Методика испытания горных пород на прочность неразрушающим методом при проходке транспортных тоннелей. // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2118](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2118)
5. Chakeri H., Unver Ü. A new equation for estimating the maximum surface settlement above tunnels excavated in soft ground // Environmental Earth Sciences. 2014. №71. pp. 3195-3210.
6. Серпокрылов Н.С., Мкртчян Т.М. Устройство для приема поверхностного стока в бытовую канализацию // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1924](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1924)

7. Vu M.N., Broere W., Bosch J. Volume loss in shallow tunneling // Tunneling and Underground Space Technology. 2016. №59. pp.77-90.
8. Мазейн С.В. Разработка математических моделей для прогнозных осадок дневной поверхности по данным контроля грунта и технологических показателей ТПМК // Горный информационно-аналитический бюллетень: материал семинара №2 симпозиума «Неделя горняка-2008. 2009. №2. С. 98-109.
9. Maidl B. [and others]. Mechanised Shield Tunneling. Monograph. Berlin: Ernest & Sohn, 2012. 470 p.
10. Ishak N.A, Abdullah R.A. Review of volume loss with respect to the tunnel construction techniques, soil properties and geometrical condition // Conference Paper. 2016. pp. 565-579.
11. Silvertown Tunnel: Settlement Assessment Report. London: Transport for London, 2016. P. 66.
12. Witke W. [and others]. Stability Analysis and Design for Mechanized Tunneling. Monograph. Aachen: 2007. 567 p.

### References

1. Karasev M.A. Zapiski gornogo instituta. 2011. pp. 163 – 171.
  2. Mazein C.V., Pavlenko A.M. Gornyi informacionno-analiticheskiy byulleten. Seminar №15. 2007. №5. pp. 133-138.
  3. Isaev O.N., Bokov I.A., Sharafutdinov R.F. Trudy Geotechnicheskie problem megapolisov. Mezhdunarodnaya konferenciya po geotekhnike “Razvitie gorodov I geotekhnicheskoe stroitelstvo. Moscow. 2010.
  4. Gerart Yu.A. Metodika i Геграпт Ю.А. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2118](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2118).
  5. Chakeri H., Unver Ü. Environmental Earth Sciences. 2014. №71. pp. 3195-3210.
-



6. Serpokrylov N.S., Mkrtchyan T.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №4.  
URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1924](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1924)
7. Vu M.N., Broere W., Bosch J. Tunneling and Underground Space Technology. 2016. №59. pp.77-90.
8. Mazein C.V. Gornyi informacionno-analiticheskiy byulleten. Seminar №2 2009. №2. pp. 98-109.
9. Maidl B. [and others]. Mechanised Shield Tunneling. Monograph. Berlin: Ernest & Sohn, 2012. 470 p.
10. Ishak N.A, Abdullah R.A. Conference Paper. 2016. pp. 565-579.
11. Silvertown Tunnel: Settlement Assessment Report. London: Transport for London, 2016. P. 66.
12. Witke W. [and others]. Stability Analysis and Design for Mechanized Tunneling. Monograph. Aachen: 2007. 567 p.