
Устройство горизонтальных защитных экранов из труб при строительстве сооружений тоннельного типа

И.А. Самсонов, И.М. Юдина, В.В. Василевский

Московский государственный строительный университет, Москва

Аннотация: В статье рассматривается метод устройства горизонтального защитного экрана из стальных труб большого диаметра, используемого для строительства сооружений тоннельного типа закрытым способом. Анализируются факторы, влияющие на выбор данного метода – особенности участка строительства, экономические и временные показатели. В качестве примера рассмотрен проект устройства защитного экрана из труб большого диаметра для строительства двухсекционного транспортного тоннеля под железнодорожными путями. Приведены схемы, дающие основную информацию об объекте строительства, рассмотрены его основные параметры: геометрическая форма и габариты, расположение конструктивных элементов с указанием их размеров. Представлена последовательность выполнения строительных работ, состоящих из шести основных этапов, начинающихся со строительства вспомогательных рабочих котлованов и заканчивающихся устройством внутренних сооружений тоннеля. Подобное строительство тоннелей в условиях плотной городской застройки обязывает учитывать и минимизировать их влияние на уже существующие сооружения и транспортные магистрали в зоне строительства. В статье представлены результаты численных расчетов стабилизированных перемещений массива грунта, подтверждающие эффективность данного метода.

Ключевые слова: Горизонтальные защитные экраны, сооружения тоннельного типа, трубы большого диаметра, деформации грунтового массива.

Строительство тоннельных сооружений закрытого типа в условиях современных городов является необходимым условием обеспечения удобства их перегруженной транспортной системы [1-3]. Закрытый способ строительства сооружений подобного типа часто является единственным вариантом их устройства [4,5].

Объектами строительства являются пешеходные переходы, станции метрополитена, тоннели под транспортными магистралями.

Наиболее перспективным методом строительства тоннелей в настоящее время является технология использования горизонтальных защитных экранов из труб различного диаметра, которая основана на принципе опережающего

крепления. Плюсы подобного ведения работ заключаются в том, что появляется возможность не останавливать движение транспорта, не демонтировать наземные конструкции и не изменять местный ландшафт [6,7].

Защитные экраны состоят из стальных труб и поддерживающих элементов. Технология строительства тоннелей под защитой экрана из труб предусматривает устройство стартового и приемного котлованов. В стартовом котловане монтируется необходимое технологическое оборудование, принятое в соответствии с методом устройства защитного экрана: прокол, бурошнек, микротоннелирование, щитовая проходка. Размер труб защитных экранов, как правило, не превышает 2м.

В зарубежной практике, методы строительства тоннелей с использованием горизонтальных защитных экранов из стальных труб начали активно развиваться в 70-х годах прошлого столетия. Наиболее масштабные из них - возведение подземной части центрального вокзала Антверпена в Бельгии, строительство знаменитой станции 9-й линии Сеульского метрополитена, многочисленные проекты подземных сооружений с большими пролетами, выполненные китайскими инженерами. В настоящее время этот метод является официально признанным и широко используется для устройства подземных и тоннельных сооружений и в нашей стране, особенно при строительстве в сложных инженерно- геологических условиях [8-10].

Особенностью данного метода является использование стальных труб большого диаметра в качестве несущей конструкции тоннеля, не нуждающейся в дополнительной обделке. При соединении труб используют межтрубную резку-сварку и заливку бетоном.

Данная технология строительства имеет существенное преимущество для обеспечения устойчивости конструкции и контроля за деформацией

массива грунта. Кроме того, эта технология экологична и обладает низким уровнем вибрации и шума, а также возможностью использования более разнообразных форм и размеров сечения тоннелей. Однако, процесс строительства с применением данного метода весьма непрост, это обусловлено большими сроками строительства и немалыми затратами, что значительно ограничивает его использование.

В качестве примера рассмотрим проект строительства двухсекционного тоннеля в г. Тайюань (Китай) [11], соединяющего две части улицы, разделенные вокзалом с четырьмя железнодорожными путями. Схема проекта дана на рис. 1, продольное сечение северной и южной секций тоннеля показано на рис. 2.

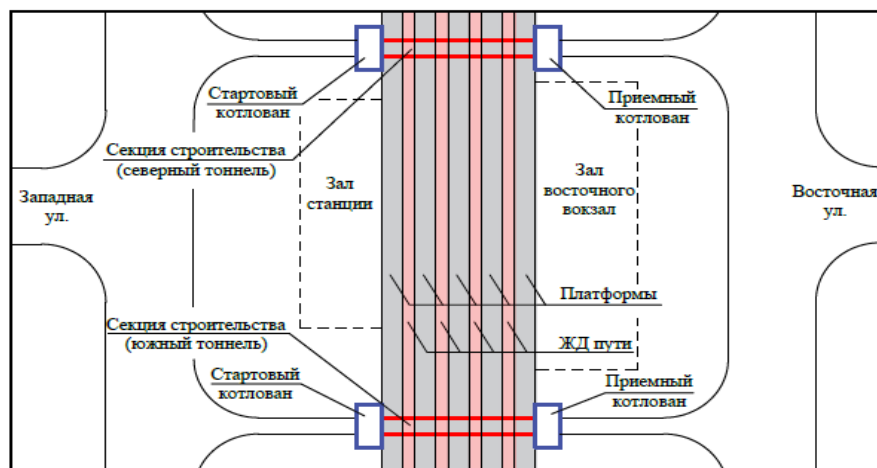


Рис. 1. - Схема устройства двухсекционного транспортного тоннеля под железнодорожными путями

Геологический разрез участка строительства в верхнем напластовании представлен техногенными и насыпными грунтами, подстилаемыми лессовыми супесями пластичной консистенции.

Сооружение тоннеля представляет собой четырехугольную конструкцию, которая имеет внутреннюю высоту 5,0 м и общую ширину - 18,2 м. Трубчатая конструкция тоннеля состоит из 20 стальных труб диаметром 2 м, из них – по 7 труб в верхней и нижней части тоннеля и по 3

трубы по боковым стенам. Толщина стенок стальных труб составляет – 30 и 20 мм. Расстояние между трубами варьируется от 165 до 265 мм. Расположение труб показано на рисунке 3.

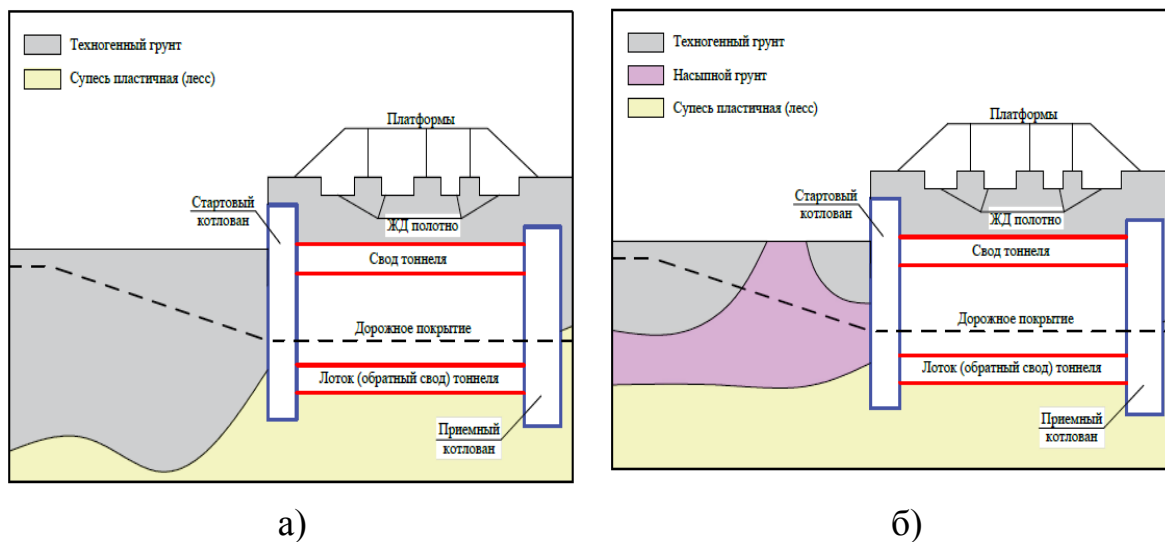


Рис. 2. - Продольные разрезы: а) северная секция тоннеля, б) южная секция тоннеля

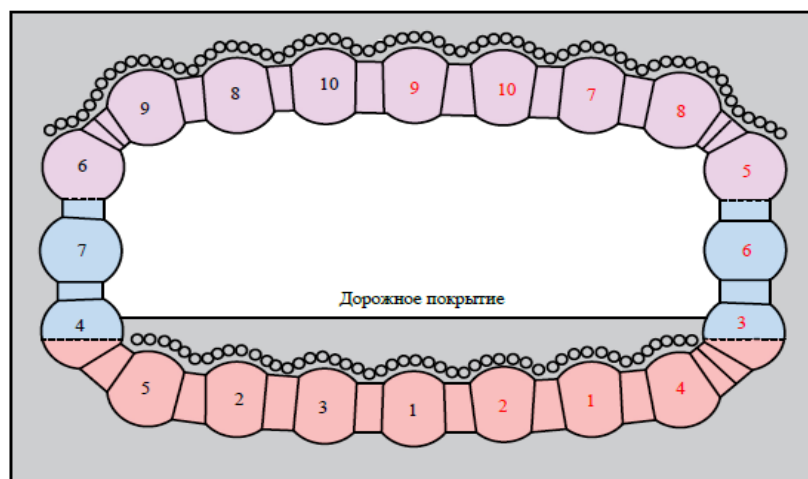


Рис. 3. - Принципиальная схема расположения стальных труб диаметром 2 метра

Этапы строительства:

- сооружение стартового и приемного котлованов, установка оборудования;

- устройство предварительного навеса из труб диаметром 180 мм с шагом 300 мм и расстоянием в свету не менее 300 мм (между навесом и основными несущими конструкциями из труб), бетонирование труб навеса;
- установка основных труб тоннеля (с использованием принципа - снизу вверх, от середины в стороны, с соблюдением временных интервалов между их установкой);
- разрезка труб и их соединение с элементами устройства внутренней поддержки (показано на рисунке 4). Длина каждой секции составляет 5-6 м (в зоне под железнодорожными путями) и 8-9 м в остальных зонах;
- установка внутреннего арматурного каркаса и бетонирование труб;
- земляные работы и устройство внутренней части тоннеля.

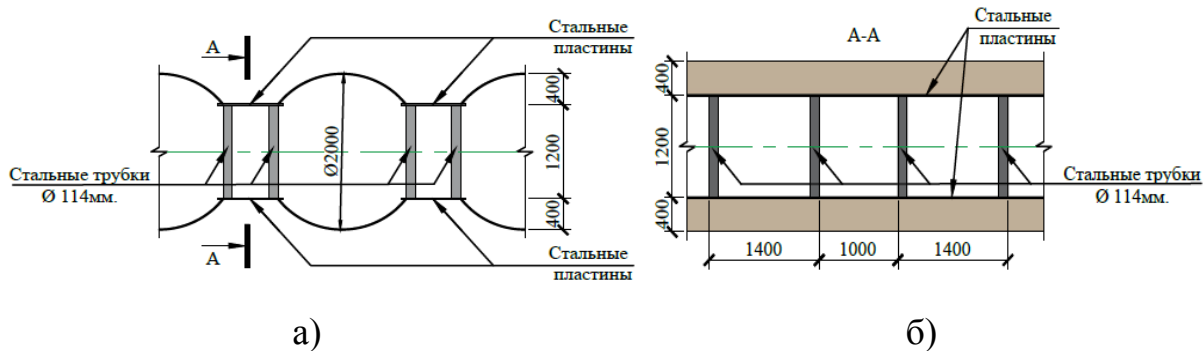


Рис. 4. - Схема разрезки труб и их соединений с помощью внутренних трубок и пластин: а) поперечное сечение, б) разрез А-А

Для оценки влияния строительства тоннеля на окружающий грунтовый массив, были выполнены численные расчеты, результаты которых представлены на рисунке 5.

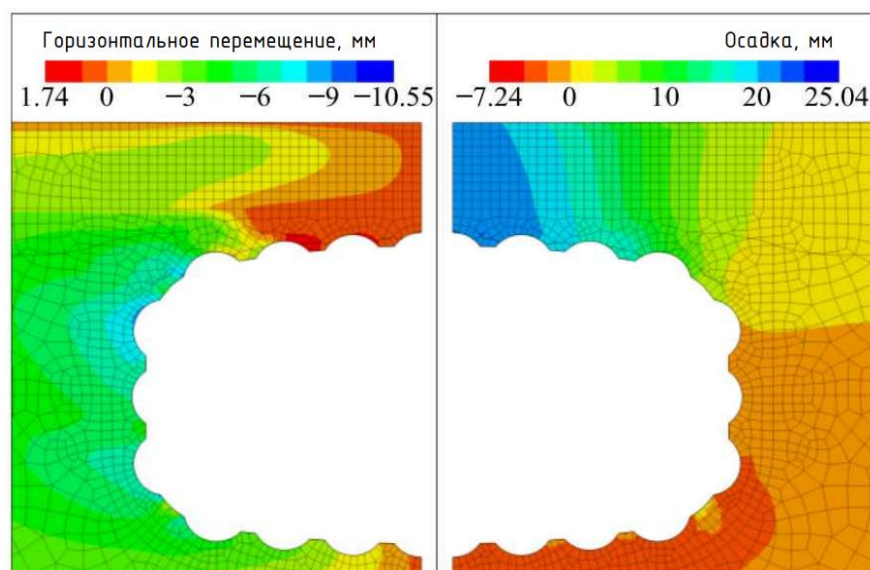


Рис. 5. - Изополя перемещений грунта в зоне тоннеля

По данным мониторинга и на основании численных расчетов можно сделать вывод о том, что осадка поверхности в основном происходит на этапе подъема труб и на этапе земляных работ. Максимальное значение осадки поверхности в верхней зоне разреза составляет 24,4 мм. Общее горизонтальное перемещение слоев незначительное, наблюдается лишь локальное перемещение у боковой стенки тоннеля. Это указывает на то, что конструкция тоннеля хорошо сопротивляется горизонтальным деформациям, а вертикальные перемещения не оказывают существенного влияния на основание подрельсовых путей.

Заключение

Таким образом, в статье рассмотрены конструкции и методы устройства горизонтальных защитных экранов из труб, выполнен анализ расчета элементов защитного экрана, учитывающих деформируемость грунта в зоне влияния выработки. Представлены данные мониторинга за изменением напряженно - деформированного состояния массива грунта с учетом технологии ведения подземных работ. Желательно в дальнейшем учитывать в численном прогнозе деформаций верхней крепи грунтового



массива поэтапность строительства тоннеля, устраиваемого под защитой горизонтального экрана.

Литература

1. Зерцалов М.Г., Конюхов Д.С., Меркин В.Е. Комплексное освоение подземного пространства. М.: Издательство АСВ, 2015. 416 с.
2. Маковский Л.В. и др. Строительство автодорожных и городских тоннелей. М.: РИОР. ИНФРА, 2014. 397 с.
3. Абрамчук В.П., Власов С.Н., Мостков ВМ. Подземные сооружения. М.: ТА Инжиниринг, 2005. 464 с.
4. Маковский Л.В., Кравченко В.В., Сула Н.А. Автодорожные и городские тоннели России. М.: Учебное пособие, МАДИ. 2016. 136 с.
5. Колыбин И.В. Подземные сооружения и котлованы в городских условиях – опыт последнего десятилетия. Труды конференции, посвященной РОМГГИФ. М, 2007. С.1-38.
6. Страданченко С.Г., Плешко М.С., Армейсков В.Н. О необходимости проведения комплексного мониторинга подземных объектов на различных стадиях жизненного цикла // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.
7. Маковский Л.В., Кравченко В.В., Сула Н.А., Проектирование автодорожных и городских тоннелей. М.: Кнорус, Серия Спец. 2022. 534 с.
8. Samsonov I., Yudina I., Vasilevsky V., Construction solutions and calculation methods of horizontal protective shields for tunnel-type structures, E3S Web of Conferences, 2023, 410, p. 03029.
9. Маковский Л.В. Современные технологии проходки в сложных инженерно-геологических условиях // Метро и тоннели, 2002. №5. С. 21-23.

10. Страданченко С.Г., Молев М.Д., Дмитриенко В.А. Моделирование смещений грунтового контура подземных сооружений цикла // Инженерный вестник Дона, 2023, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8468.

11. Li X, Tan Z, Wang X, Lei K. Comparative Study on the Influence of Different Forms of New Tubular Roof Method Construction on Railway Tracks. *Symmetry*. 2022; 14(7):1361. URL: doi.org/10.3390/sym14071361.

References

1. Zertsalov M.G., Konyukhov D.S., Merkin V.E. *Kompleksnoye osvoyeniye podzemnogo prostranstva [Integrated development of underground space]*. M.: Izd-vo ASV, 2015. 416 p.

2. Makovskiy L.V. i dr. *Stroitel'stvo avtodorozhnykh i gorodskikh tonneley [Construction of road and city tunnels]*. M. RIOR. INFRA, 2014. 397 p.

3. Abramchuk V.P., Vlasov S.N., Mostkov VM. *Podzemnyye sooruzheniya [Underground structures]*. M.: TA Inzhiniring, 2005. 464p.

4. Makovskiy L.V., Kravchenko V.V., Sula N.A. *Avtodorozhnyye i gorodskiyе tonneli Rossii [Road and city tunnels of Russia]*. M.: Uchebnoye posobiye, MADI, 2016. 136 p.

5. Kolybin I.V. *Trudy konferentsii, posvyashchenoy ROMGGIF*. 2007. pp. 1-38.

6. Stradanchenko S.G., Pleshko M.S., Armeyskov V.N. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.

7. Makovskiy L.V., Kravchenko V.V., Sula N.A. *Proyektirovaniye avtodorozhnykh i gorodskikh tonneley [Design of road and city tunnels]*. M.: Knorus. Seriya Spets, 2022. 534 p.



8. Samsonov I., Yudina I., Vasilevsky V. Construction solutions and calculation methods of horizontal protective shields for tunnel-type structures. E3S Web of Conferences, 2023, 410, p. 03029.

9. Makovskiy L.V. Metro i tonneli. 2002. №5. pp. 21-23.

10. Stradanchenko S.G., Molev M.D., Dmitriyenko V.A. Inzhenernyy vestnik Dona, 2023, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8468.

11. Li X, Tan Z, Wang X, Lei K. Comparative Study on the Influence of Different Forms of New Tubular Roof Method Construction on Railway Tracks. Symmetry. 2022; 14(7):1361. URL: doi.org/10.3390/sym14071361.

Дата поступления: 6.04.2024

Дата публикации: 15.05.2024