

Применение защитных экранов из труб при строительстве подземных сооружений в Санкт-Петербурге

Аспирант **О.М. Львова***,

ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;
начальник отдела тоннельных сооружений **К.Ю. Павлович**,

ГУП «Ленгипроинжпроект»

Часто возникает потребность в строительстве подземных сооружений (пешеходные переходы, автодорожные тоннели, станции метрополитена) в условиях плотной городской застройки, а также под автодорожными и железнодорожными магистралями. Основная сложность в реализации подобных проектов заключается в том, что работы должны производиться в сложных геологических условиях Санкт-Петербурга. Необходимость свести к минимуму осадки дневной поверхности становится главной задачей. Оптимальным решением при строительстве таких объектов является применение опережающей ограждающей крепи (экрана).

Конструктивным назначением экрана является предупреждение и минимизация деформаций и просадок поверхности, расположенной над сводом тоннеля в период его проходки и крепления.

Существуют различные модификации этого способа, отличающиеся материалом, формой и размерами экрана, способами возведения, наличием или отсутствием замковых элементов и др.

По типу защитные экраны подразделяют на:

- металлические экраны из труб;
- железобетонные экраны из труб;
- экраны из стабилизированного закрепленного грунта;
- экраны из опережающей бетонной крепи.

При устройстве экранов применяют следующие технологические способы:

- продавливание или прокол труб малого диаметра;
- горизонтальное бурение;
- нарезание (фрезерующим или баровым рабочим органом) щелей длиной до 3–4 м и высотой 12–20 см и более;
- щитовую проходку выработок малого диаметра;
- микротоннелирование.

Наибольшее распространение получили экраны из стальных труб, заполненных бетоном с арматурными каркасами.

Технология строительства выработок под защитой экрана из труб состоит из следующих основных этапов.

1. Проходка вспомогательной выработки (котлована или шахты), в которую устанавливается необходимое оборудование для создания экрана – буровые и домкратные установки.

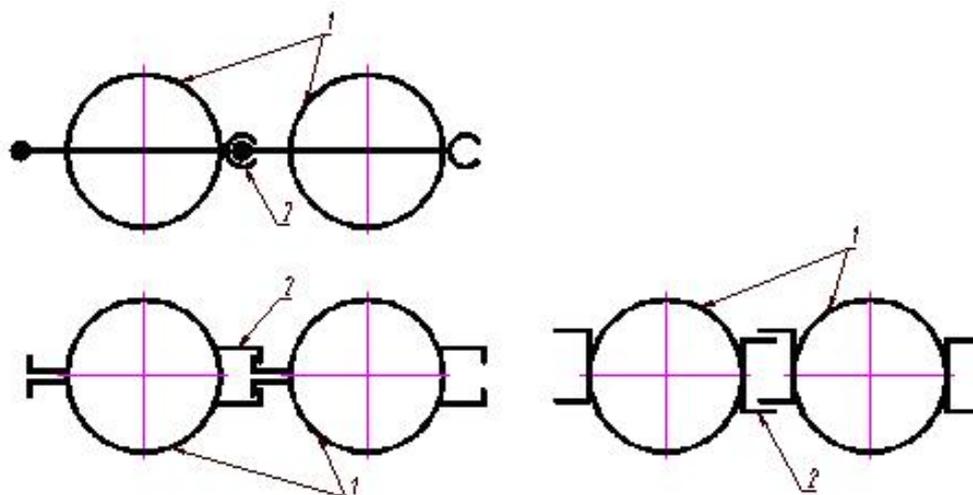


Рисунок 1. Способ соединения труб: 1 – трубы; 2 – замковые соединения

2. Устройство опережающей защитной крепи. Стальные трубы продавливают над перекрытием либо по всему периметру вдоль оси выработки. В устойчивых грунтах их располагают с зазорами 15–20 см. При продавливании труб в неустойчивых грунтах их соединяют между собой с помощью замковых устройств по типу шпунта (рис. 1). В этом случае достигается повышение точности задавливания и упрощается контроль, так как замковые устройства служат направляющими для вновь надавливаемых труб, сокращается поступление воды сквозь экран. После завершения работ по продавливанию трубы заполняют бетоном.

3. Разработка, погрузка и удаление грунта под защитой готового экрана. Выработку возводят с подкреплением экрана заходками, соответствующими шагу стальных арок.

4. Возведение постоянной крепи.

При сооружении небольших тоннелей мелкого заложения трубы экрана продавливаются на всю длину сооружения и располагаются параллельно направлению проходки. С обеих сторон экран чаще всего жестко заделан в припортальные стальные рамы либо железобетонные порталы. Технология проходки позволяет возводить выработки различных форм и сечений длиной до 80–100 м. Увеличение длины экранов может быть достигнуто сооружением промежуточных котлованов для задавливания (рис. 2).

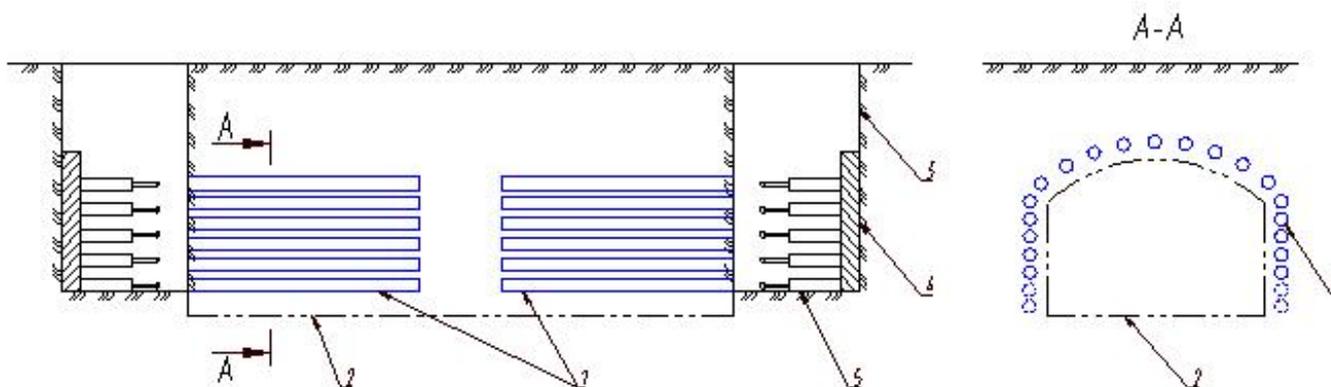


Рисунок 2. Схема экрана из труб: 1 – трубы; 2 – подземная выработка; 3 – котлован; 4 – упорная площадка; 5 – домкрат

Технология возведения опережающей крепи при строительстве сооружений глубокого заложения немного отличается от предыдущей. Опережающие экраны создаются непосредственно из забоя подземной выработки путем бурения наклонных (реже горизонтальных) скважин и задавливания в них труб. Скважины забуриваются под углом 4–6° к оси подземной выработки. Экраны устраивают секциями по 10–15 м с перекрытием соседних секций на 1–3 м. В таком случае труба с одной стороны опирается на упругоподатливую опору (раму временного крепления), а другим – на систему податливых опор, моделирующих ненарушенный грунт призабойной зоны.

Для продавливания труб и извлечения из них грунта, соединения звеньев труб, заполнения их бетоном применяют специализированное оборудование. Наибольшее применение получили механизированные установки для прокола, продавливания, горизонтального бурения, микротоннелирования, основанного на продавливании труб вслед за управляемым щитовым проходческим комплексом.

Одним из примеров применения защитных экранов из труб может служить автодорожный тоннель участка КАД в створе Токсовской ул., участок от Приозерского шоссе до автомобильной дороги «Россия».

Инженерный проект строительства участка автодорожного тоннеля в створе Токсовской улицы в зоне пересечения железнодорожных путей и КАД вокруг Санкт-Петербурга, сооружаемого «открытым» способом работ, разработан научно-исследовательским институтом ОАО «Ленметрогипротранс». Проект участка тоннеля, проходящего непосредственно под железнодорожными путями и сооружаемого «закрытым» способом работ, разработан ООО «Космос СПб».

Тоннель предусмотрен для организации четырехполосного автомобильного движения (по две полосы в каждом направлении) и пешеходного перехода через железнодорожные пути.

Тоннель расположен в плане в створе продлеваемой Токсовской улицы, пересекает пути Октябрьской железной дороги и проходит под эстакадой КАД. В состав тоннеля входит закрытый и рамповые участки. Длина рамповых участков ограничена существующими перекрестками, как со стороны города, так и со стороны области. Длина закрытой части – 184 м, из которых 50,2 м (непосредственно под нитками железнодорожных путей) сооружается горным способом.

При этом величина деформаций железнодорожных путей не должна превышать допустимых отклонений от норм содержания железнодорожных путей, согласно «Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути»: величина степеней отступления по ширине колеи не должна превышать по уширению +6 мм и по сужению – 4 мм (п. 2.2.2, табл. 2.3 [4]); величина отступления по уровню – 10 мм, перекосу – 12 мм, просадкам – 12 мм (п. 2.2.2, табл. 2.4.[4]).

Генеральным подрядчиком выступил ООО «Космос». В качестве субподрядной организации по строительству участка открытого способа работ – ОАО «Метрострой».

Инженерно-геологические условия строительства сложные. Тоннель по всей длине залегает в неустойчивых водонасыщенных грунтах (супесях, песках, суглинках). Было принято решение о сооружении тоннеля под защитой опережающей крепи из труб диаметром 1020 и 800 мм. Преимуществами такой технологии является возможность вести работы по строительству без перерыва железнодорожного движения и минимальное влияние тоннеля на железнодорожное полотно.

Экран из труб сооружался по всему периметру тоннеля методом микротоннелирования. В качестве основного оборудования применены тоннелепроходческие механизированные комплексы марки AVN (AVN-800, AVN-1000), разработанные и изготовленные фирмой HERRENKNECHT (Германия). Стальные трубы задавливались вслед за продвижением щита заходками по 6 м (по длине трубы). После сооружения экрана для придания жесткости конструкции были выполнены работы по устройству стальных порталных рам и бетонированию порталов (см. рис. 3). Для поддержания лба забоя в неустойчивых грунтах было выполнено инъецирование тела тоннеля цементным раствором по технологии «jet-grouting».



Рисунок 3. Вязка арматуры и монтаж опалубки для бетонирования порталов



Рисунок 4. Устройство накладок на экран из труб для гидроизоляции тоннеля

Разработка грунта подземной части велась по следующей технологии: при помощи экскаватора разрабатывалась пилотная разведочная штольня; далее производилась нарезка щелей с установкой временного крепления. Грунт разрабатывался заходками по 3 м с установкой металлических рам крепления из двутавровых балок.

Для снижения поступления воды в тоннель и нанесения гидроизоляции на экран из труб наваривались стальные накладки (рис. 4).

Суммарные осадки путей при сооружении тоннеля не превышали 12 мм.

Другой пример применения технологии опережающей крепи – расширение тоннельных переходов станции метро «Купчино» петербургского метрополитена (рис. 5).

Подземные пешеходные переходы у станции метро «Купчино» во Фрунзенском районе Санкт-Петербурга были построены в 1974 г. Они служили для пропуска пассажиров метрополитена и подземной железнодорожной станции «Купчино», а также для обеспечения связи между Московским и Фрунзенским районами, которые разделяют железнодорожные пути. Увеличение пассажиропотока вызвало необходимость расширения существующих подземных переходов.

Проектируемые пешеходные тоннели проходят вдоль существующих под двумя железнодорожными нитками Пушкинского направления на расстоянии 1,5 м от подошвы рельсов, в связи с чем требуется применение щадящих способов строительства.

Строительство предполагалось вести без перерыва железнодорожного движения и переноса путей. Инженерный проект строительства пешеходного тоннеля разработан институтом ГУП «Ленгипроинжпроект». Заказчик – ГУП «Мостотрест», генеральный подрядчик – ООО «ПИК».



Рисунок 5. Подземные пешеходные переходы на ст.м. «Купчино»



Рисунок 6. Сооружение пешеходного перехода

Для устройства экрана использовалась буровая установка фирмы DitchWitch JT 4020, установленная в рабочем котловане. Стальные трубы диаметром 325 мм продавливались в грунт вслед за рабочим органом буровой установки при помощи домкратов на длину 19,7 м заходками по 1 м. Между собой соседние трубы соединены замковыми устройствами для повышения точности задавливания. Перед началом проходки тоннеля производилась обертка экрана из труб с наружной и внутренней стороны рамами из двутавровых балок со стороны рабочего и приемного котлованов. Проходка тоннеля велась вручную уступным способом с отставанием забоя на одну заходку отбойными молотками под защитой рам из сдвоенных двутавров №24, установленных с шагом 1,6 м. Крепление лба забоя осуществлялось телескопическими трубами с забиркой из досок (см. рис. 6). Осадки путей составили 6–10мм.

Технология проходки под защитой экрана также широко используется при строительстве станционных тоннелей Петербургского метрополитена. Например, так строились станции Адмиралтейская и Звенигородская.

Опыт показывает, что применение технологии строительства тоннелей под защитой экрана из труб является возможным для условий г.Санкт-Петербурга. Технология безосадочная (осадки дневной поверхности не превышают допустимые) и позволяет вести строительство без остановки авто- и железнодорожного (как в приведенных примерах) движения, что важно в условиях нашего города. Также следует отметить небольшую стоимость строительства.

Литература

1. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. М., 2004.
2. Рекомендации по применению опережающих экранов из труб при сооружении транспортных тоннелей. М., 1988.
3. СНиП 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные». М., 1997.
4. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути. ЦП 774. М., , 2000.

**Ольга Михайловна Львова, Санкт-Петербург*

Тел. моб.: +7(905) 212-92-07; эл. почта: olgalvova@inbox.ru