

МЕТОД ДОМКРАТНОГО ПРОДАВЛИВАНИЯ ТРУБ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

THE METHOD OF JACKING DOWN PIPES OF RECTANGULAR CROSS-SECTION FOR TRENCHLESS CONSTRUCTION OF UNDERGROUND STRUCTURES

Лиануи Джа — инженер, CREG, заместитель
директора научно-исследовательского департамента,
Чжэнчжоу, Китай

Lianhui Jia — M. Eng., CREG, Vice Director of R&D
Department, Zhengzhou, China

В статье рассматривается метод домкратного продавливания труб прямоугольного сечения для бестраншейного строительства подземных парковок, переходов и торговых центров, актуальность его применения в условиях крупных городов России, сложность внедрения нового метода и его преимущества.

The article deals with the method of jacking down rectangular pipes for trenchless construction of underground parking lots, transitions and shopping centers, the urgency of its application in the conditions of large cities of Russia, the complexity of implementing the new method and its advantages.

В большинстве строительных проектов, когда необходимо построить короткие туннели или небольшие подземные сооружения, используется открытый способ строительства, при этом удобно, если возводимые объекты (подземные парковки, гаражи, подземные переходы, проходные коллекторы и т.д.) имеют прямоугольное сечение. Открытый способ имеет ряд недостатков: приостановка движения транспорта, перемещение больших объемов грунта, большая площадь работ, необходимость стабилизации окружающих зданий, шум и пыль. Для снижения этих негативных эффектов и в случае, если существует необходимость устройства подземного сооружения прямоугольного сечения бестраншейным способом, был разработан метод продавливания труб прямоугольного сечения, который достаточно давно применяется в Юго-Восточной Азии и, в ограниченном объеме, в России. По аналогии с традиционным методом продавливания труб этот метод также предусматривает наличие стартового и приемного котлованов, что легко может быть сделано без остановки движения.

Конструкция тоннелепроходческого комплекса

Впервые метод продавливания труб прямоугольного сечения был успешно применен в Токио на строительстве подземного перехода в 1970-е годы. После нескольких лет исследований метод продавливания труб прямоугольного сечения шириной более шести метров и высотой свыше трех метров стал популярным в Азии. В настоящее время он применяется для тоннелепроходческих машин с грунтопригрузом в грунтах со слабой несущей способностью (прочность на одноосное сжатие: 0-10 МПа).

Тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) для продавливания труб прямоугольного сечения состоит из рабочего органа, привода, головной части щита, шнекового конвейера, технологических тележек и системы цилиндров (рис. 1).

Прямоугольная форма проходки достигается за счет применения нескольких рабочих органов и щита прямоугольной формы. Щит включает в себя переднюю часть, которая с помощью цилиндров соединяется с задней частью. В передней части щита располагается привод каждого рабочего органа и конвейерная система, состоящая из одного или двух шнековых конвейеров. Шнек транспортирует породу и контролирует давление грунтопригруза по аналогии с ЕРВ машинами.

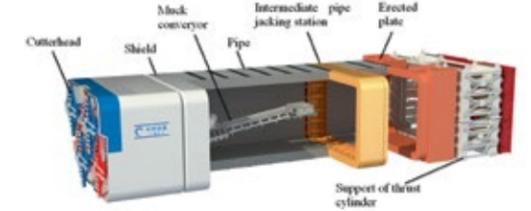


Рис. 1. ТПМК для продавливания труб прямоугольного сечения

Технологические тележки оборудованы системами для кондиционирования грунта, такими как бентонит и пена, вентилятором, системами подачи воды высокого давления, конвейером для транспортировки породы и др. Система цилиндров состоит, главным образом, из упорного кольца, опорной рамы и проходческих цилиндров. Для улучшения проталкивания отдельных секций железобетонных труб можно установить промежуточные домкратные станции.

Порода разрабатывается несколькими рабочими органами, вращающимися в одной или разных плоскостях, с гидравлическими или электрическими приводами. Во время разработки бентонит или пена подаются в призабойную камеру для поддержания груди забоя и обеспечения стабильного прохождения породы. Рабочие органы вращаются синхронно, но для улучшения перемешивания грунта и его продвижения они могут вращаться индивидуально или в обратном направлении. Во время проходки система цилиндров в стартовой шахте толкает трубу, и машина двигается вперед. После проталкивания одного кольца проходческие цилиндры перемещаются назад, и следующее кольцо устанавливается на основание опорной рамы.

В прошлом были разработаны три технологии разработки породы для прямоугольной выработки (рис. 2):

- с эксцентричным рабочим органом (фрезой);
- с несколькими рабочими органами;
- комбинация двух вышеперечисленных технологий.

Применение технологии продавливания труб прямоугольного сечения при освоении подземного пространства городов

Со времени успешного применения в Азии метода домкратного продавливания труб прямоугольного сечения конструкция машин и производительность постоянно улучшались. Последующие проекты показывают, что данный метод получил свое развитие и применение в городах.



Рис. 2. Породоразрушающий инструмент для прямоугольной выработки: а — с эксцентричным рабочим органом (фрезой); б — с несколькими рабочими органами; с — комбинация эксцентричного рабочего органа и концепции нескольких рабочих органов

Переход под проезжей частью

Первый в Азии переход под автодорогой был построен с помощью ТПМК для домкратного продавливания труб прямоугольного сечения в Чжэнчжоу, Китай (Чжунчжоу Авеню). Использовались два ТПМК производства CREG, оборудованные несколькими фрезами размерами 10 x 7,5 м и 7,5 x 5,7 м. Геологические условия проекта: глина и пылеватый песок. На расстоянии 105 м от стартовой до приемной шахты проходческие машины построили два транспортных тоннеля в середине и по одному тоннелю для пешеходов и велосипедистов с каждой стороны (рис. 3). Особенностью проекта была малая глубина заложения — 3 м, большая ширина тоннелей и малое расстояние между ними — 1 м. После того как первая машина была запущена в работу в марте 2014 года, она показала высокую производительность, при этом максимальное оседание поверхности земли составило 28 мм.

Строительство каждого из двух транспортных тоннелей было завершено в течение 30 дней, средний показатель проходки составил 3-4 м в день, в то время как пешеходные тоннели были построены в течение 25 дней каждый.

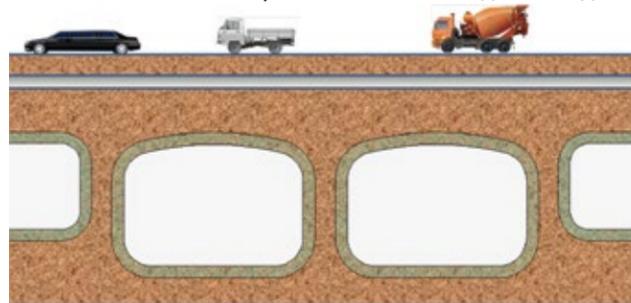


Рис. 3. Проект подземного перехода под Чжунчжоу Авеню (Чжэнчжоу, Китай), поперечный разрез

Подземные торговые центры

В 2012 году было завершено строительство подземного торгового центра «Хуюнчжин», который является частью проекта Nanhai Starry Winking в городе Фошань, Китай. Четыре тоннеля под Нанхай Авеню были построены методом домкратного продавливания труб прямоугольного сечения, размеры поперечного сечения каждого тоннеля составили 6,9x4,9 м. После завершения проходки тоннели были

соединены между собой для создания единого торгового пространства без вскрытия земной поверхности. Функции тоннелей с севера на юг были следующие: торговый центр, проход, торговый центр, транспортный тоннель (рис. 4). Проход и торговые зоны соединялись переходами 6,3x3 м и 5x3 м. В северном тоннеле проем 5x3 м был зарезервирован для обеспечения в дальнейшем возможности соединения со станцией «Гуйчэн» метро Фошань 3.

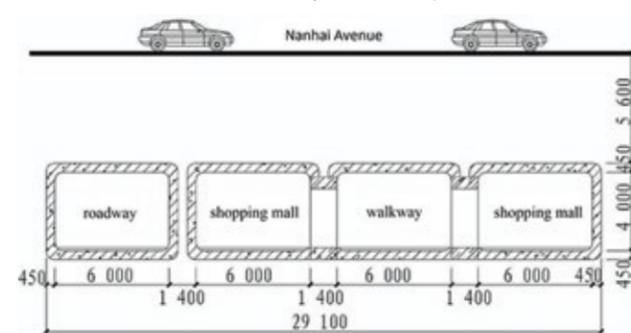


Рис. 4. Подземный торговый центр «Хуюнчжин» (проект Nanhai Starry Winking, Фошань, Китай), поперечный разрез

Проект подземной парковки

В середине 2016 года компания CREG, лидирующая китайская компания в области поставки ТПМК, начала проект строительства экспериментальной подземной парковки с использованием метода домкратного продавливания труб прямоугольного сечения. Выбранное оборудование — ТПМК с размерами поперечного сечения 5,74x5,02 м. Рассматриваемым методом параллельно строятся от трех до шести тоннелей. После завершения проходки стены тоннелей частично демонтируются, и образуется парковочная зона, как на рис. 5.

Коммуникационные коридоры

Для того чтобы экономичнее использовать ограниченные городские территории, избежать ненужного строительства и обеспечить запас пространства для других подземных работ, во многих городах составляют общий план комплексного развития муниципальных трубопроводов. Интегрированный технический канал (рис. 6) может одновременно содержать силовые и коммуникационные

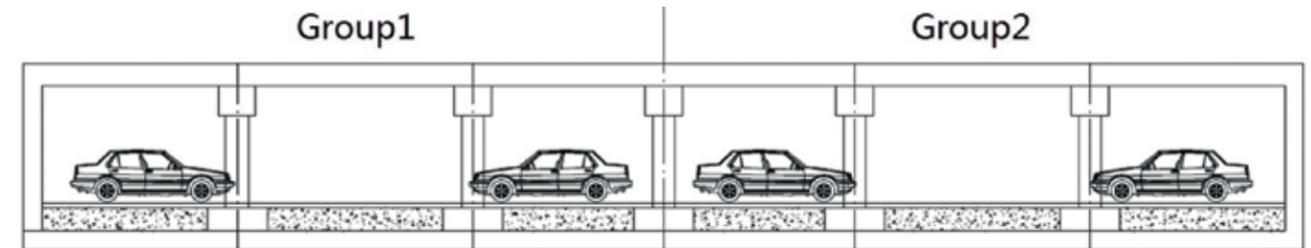


Рис. 5. Подземная парковка, поперечный разрез

кабели, водопроводные и газовые трубы, включая порты специального назначения, точки подвеса и системы мониторинга. Ни строительство, ни ремонт не будут оказывать вреда дороге или ухудшать эксплуатационные возможности транспортных систем. Для новых проектов развития городов метод открытого строительства вполне допустим, но для комплексных проектов в существующих городских районах он неприемлем. Подземное строительство с использованием метода домкратного продавливания труб прямоугольного сечения является удобной альтернативой, позволяющей максимально использовать прямоугольное поперечное сечение в сравнении с круглым сечением.

Пока метод домкратного продавливания труб прямоугольного сечения не применялся в крупных трубопроводных проектах. Но в 2015 году он был использован для реализации городского трубопровода в китайской провинции Шаньдун. Строительство перехватывающего канализационного коллектора велось с применением ТПМК с поперечным сечением 2,2x2,5 м, показавшего хорошие результаты. Этот проект помог получить ценный опыт применения метода домкратного продавливания труб прямоугольного сечения при комплексном строительстве трубопроводов.

Подземные логистические каналы

Многие городские автомагистрали сверх меры переполнены, особенно в Азии, но зачастую расширить их не представляется возможным из-за отсутствия достаточного свободного пространства и ограничений, связанных с природоохранной деятельностью. Помимо этого, быстрое развитие электронной коммерции поставило ряд сложных задач перед логистической отраслью — объем товаров, заказываемых через сеть Интернет, растет, результатом чего стало увеличение количества отправок. В этой связи логистический гигант DHL предложил проект Urban Mole (городской крот) (рис. 7). С помощью роботов, движущихся по подземной сети трубопроводов, возможно автоматически упаковывать товары и отправлять их по системе распределения. Этот подземный логистический канал не зависит от погоды и пробок, и товары с меньшей вероятностью будут потеряны или повреждены. «Умная» доставка и точное распределение достигается за счет автоматизации и контроля «от двери до двери». Предлагаемый проект направлен также на снижение стоимости, низкое потребление энергии и, наряду с этим, продвижение интеллектуальной инфраструктуры снабжения городов.

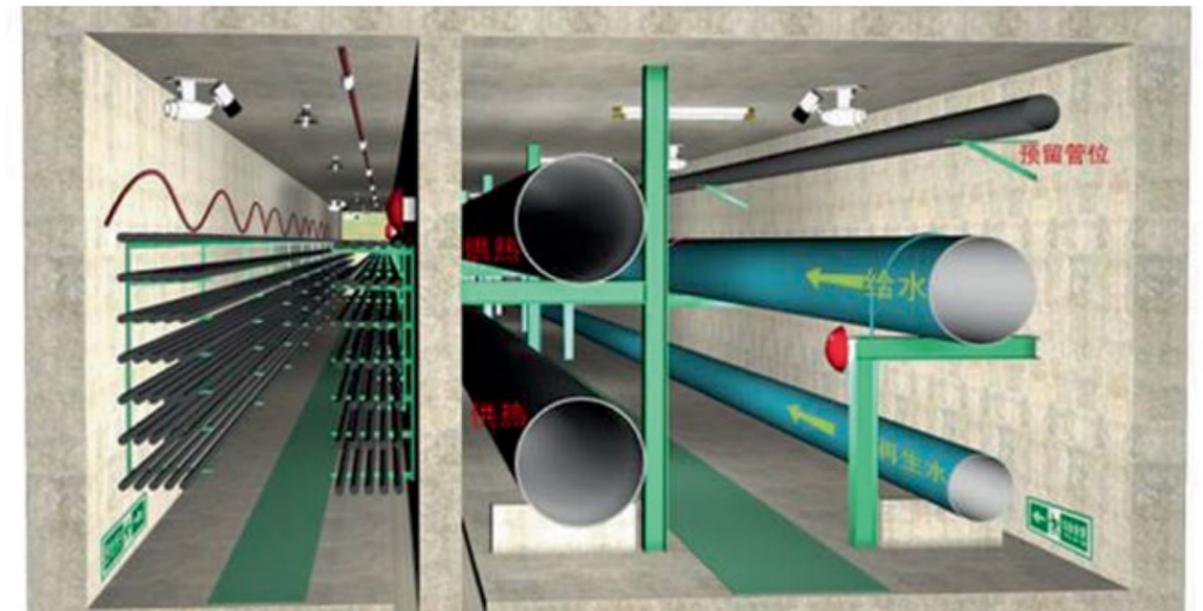


Рис. 6. Вид многофункционального коммуникационного коридора в разрезе



Рис. 7. Концепция городского подземного логистического центра (проект Urban Mole)

«Город-губка»

2 ноября 2014 года Министерство ЖКХ Китая издало «Технические указания по строительству "городов-губок"», в котором рассматриваются вопросы строительства городских водостоков и создания системы циркуляции воды для ликвидации городских затоплений. В настоящее время в Китае создано несколько пилотных «городов-губок», и предполагаемое в этой связи строительство подземных водных резервуаров создаст дополнительный спрос на метод домкратного продавливания труб прямоугольного сечения. Один большой подземный водоем можно построить, как было уже описано выше, путем строительства нескольких параллельных тоннелей и последующего их объединения.

Перспективы для применения метода в России

Метод домкратного продавливания труб прямоугольного сечения все еще находится на стадии развития. Он дает возможность строить тоннели и большие подземные пространства для парковок, торговых центров и водохранилищ. Метод постоянно совершенствуется в сторону расширения сферы применения — от очень мягкого грунта до смешанного, а также увеличения длины проходки.

К сожалению, все новое в бестраншейном строительстве часто приходит в Россию с большим трудом. Данная технология не является исключением. Проектирование основных объектов ведется с применением давно отработанных технологий, нет опубликованных планов комплексного освоения подземного пространства в крупных городах. Применение вышеописанной технологии продавливания труб прямоугольного сечения может значительно удешевить и ускорить производственный процесс на многих проектах. Не все знают, что, например, российская компания ООО «Трансстройтоннель-99» достаточно давно строит коллекторы квадратного сечения для укладки в них трубопроводов и кабелей, используя технику собственного производства. Это значит, что в плане новизны конструкции получившегося сооружения данная технология многого не предлагает, вопрос в скорости проходки и технологии процесса.

Рассмотрим преимущества и сложности, связанные с использованием домкратного продавливания труб прямоугольного сечения на примере конкретных сооружений.

1. Подземные парковки. Минимальная глубина заложения подземного гаража или парковки — одна высота машины. Это значит, что парковка будет находиться не непосредственно под фундаментом здания или сооружения, а на определенной глубине, что не составляет значительных осложнений, учитывая преимущества: небольшой размер котлована и высокую скорость проходки.
2. Пешеходные переходы под полотном железных и автодорог. Заглубление (около трех метров под рельсом) может быть сложностью, но при устройстве торговых мест в переходах данное заглубление обеспечит тишину работы и снизит расходы на отопление в зимнее время и кондиционирование в летнее.
3. Торговые центры под площадями крупных городов. Данный метод строительства очень элегантно вписывается в новую концепцию больших пространств и красивых площадей при дефиците места для застройки, позволяя осуществлять строительство многоуровневых подземных торговых комплексов в центре крупных городов.
4. Автомобильные развязки. Прежде чем применять решения, связанные с устройством сверхвысоких монолитных транспортных развязок, проектному институту следует принять во внимание стоимость бестраншейного метода строительства развязок с прямоугольным сечением при составлении экономического обоснования.

В качестве заключения следует отметить, что метод домкратного продавливания труб прямоугольного сечения — не единственный бестраншейный метод для устройства подземных сооружений.

Комментарий редакции. Описанный метод продавливания готовых секций различного размера и формы поперечного сечения многие годы широко используется во всем мире, в том числе в СССР и РФ, для строительства коротких прямолинейных тоннельных сооружений. Так, например, в СССР существовали щиты открытого и закрытого профиля для продавливания коротких участков тоннелей метрополитена прямоугольной формы поперечного сечения, в Москве использовались установки для продавливания пешеходных переходов и т.д. Предлагаемые ТПМК могут найти применение при строительстве подземных пешеходных переходов, коротких автодорожных тоннелей под насыпями автомобильных и железных дорог, а также под проезжей частью улиц с интенсивным движением автотранспорта без вскрытия поверхности и нарушения движения транспортных магистралей.

СОСТОЯЛАСЬ II МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «МЕТРО, МОСТЫ, ТОННЕЛИ. ТПУ. 2017»

С 6 по 8 июня 2017 года в Москве в «Экспоцентре» прошла II международная выставка «Метро, мосты, тоннели. ТПУ. 2017». В мероприятии приняли участие порядка 70-ти компаний и организаций, работающих в сфере проектирования, строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры, среди которых ведущие российские компании и их коллеги из Германии, Италии, Франции, Республики Беларусь, Латвии. В их числе «Мосметрострой», «Мостотрест», «Мосинжпроект», «ДС-Инжиниринг», «Трансинжстрой», «Триада-Холдинг», «Трансстройпроект», «АСП-технолоджи», «Северсталь метиз», «Газпромнефть-Битумные материалы», «Центрстройкомплект», ГК «Трансформер», НИЦ «Строительство», НИУ МГСУ, GEODATA (Италия), AWM, VOLLERT ANLAGENBAU GmbH (Германия), AREP (Франция) и другие. Посетителями выставки стали более 2,5 тысячи человек.

На экспозиции участники могли познакомиться с образцами современных технологий, материалов и оборудования в области строительства, проектирования и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры. Вторая часть мероприятия включала в себя насыщенную деловую программу — участники посетили круглые столы и се-



минары, специалистами было зачитано порядка 50-ти докладов и презентаций, рассказывающих об опыте развития городского подземного пространства мегаполисов, строительству метрополитенов, особенностях формирования, проектирования и развития объектов транспортного строительства, нововведениях в законодательстве и т.д.

Одна из участников выставки — компания «Мосинжпроект», являющаяся единым оператором по строительству новых линий и станций столичного метрополитена, на своем стенде представила мультимедийную презентацию о результатах реализации программы «Метро-2020» на текущий момент, а также информацию о строительстве станций.

Строительство метро обсуждалось и в рамках деловой части мероприятия, в частности — на круглом столе «Архитектура новых станций метро», посвященном современным критериям при разработке архитектурного облика интерьеров и павильонов новых станций метрополитена и практике проведения архитектурных конкурсов. Напомним, компания «Мосинжпроект» является инициатором архитектурных конкурсов на дизайн станций московского метро. Так, в июне 2017 года завершился конкурс по выбору концепции оформления трех станций Третьего пересадочного контура (Большое кольцо метро) «Шереметьевская», «Ржевская» и «Стромынка».



Выставка «Метро, мосты, тоннели. ТПУ» объединяет ведущие компании, работающие в сфере проектирования, строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры. Мероприятие организовано Союзом архитекторов России совместно с Союзом московских архитекторов при поддержке Минстроя РФ, Правительства Москвы, ГУП «Московский метрополитен», НИЦ «Строительство», Российской академии архитектуры и строительных наук.