
© В.Г. Лернер, А.Н. Панкратенко,
Ю.Е. Соломатин, В.В. Шумаков,
Б.А. Валиев, 2006

УДК 625.7.78

*В.Г. Лернер, А.Н. Панкратенко, Ю.Е. Соломатин,
В.В. Шумаков, Б.А. Валиев*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
МИКРОТОННЕЛИРОВАНИЯ ПРИ БЕСТРАНШЕЙНОЙ
ПРОКЛАДКЕ КОММУНИКАЦИЙ**

Круглый стол

Как известно, за последние 10-15 лет в Москве было построено несколько сложных и масштабных с инженерной точки зрения подземных объектов. Вместе с тем наряду со строительством таких крупных сооружений подземным строителям практически ежедневно приходится решать и совсем тривиальные на первый взгляд задачи, а именно проходить выработки малой площади поперечного сечения (микротоннели), которые по значимости участия в решении повседневных социальных задач крупных городов и, в частности, мегаполисов, выполняют доминирующую роль.

Отличительной особенностью строительства таких выработок является то, что они находятся на небольшой глубине и в слабых неустойчивых грунтах, которые, как правило, значительно насыщены водой. Кроме того, их приходится строить в условиях плотной городской застройки и, естественно, в режиме интенсивного движения городского транспорта. Но, пожалуй, самой большой неприятностью, с которой приходится сталкиваться строителям является то, что эти выработки необходимо размещать в пространстве с большим количеством уже действующих транспортных сооруже-

ний, подземных коммуникаций и других горных выработок.

Ярким примером, плотной занятости подземного пространства инженерными сооружениями служит грунтовый массив под Пушкинской площадью, Среденским бульваром, и таких примеров в крупных городах-мегаполисах как Москва и Санкт-Петербург можно найти достаточно (см. рис. 1, 2).

Особенно обращает на себя внимание тот факт, что чем ближе к поверхности проектируются подземные выработки, тем труднее найти свободное пространство, т.к. выше плотность насыщения массива уже действующими коммуникациями. Поэтому уже сегодня ученые и проектировщики начинают задумываться о более бережном освоении свободного подземного пространства, поскольку с каждым годом его становится все меньше и меньше, а объемы строительства микротоннелей только в г. Москве в настоящее время составляют порядка 250 км в год и, судя по всему, они с течением времени будут только нарастать.

Анализ наиболее распространенных в России технологий строительства микротоннелей показывает, что за последние 20-25 лет они практически не изменились, и по-прежнему

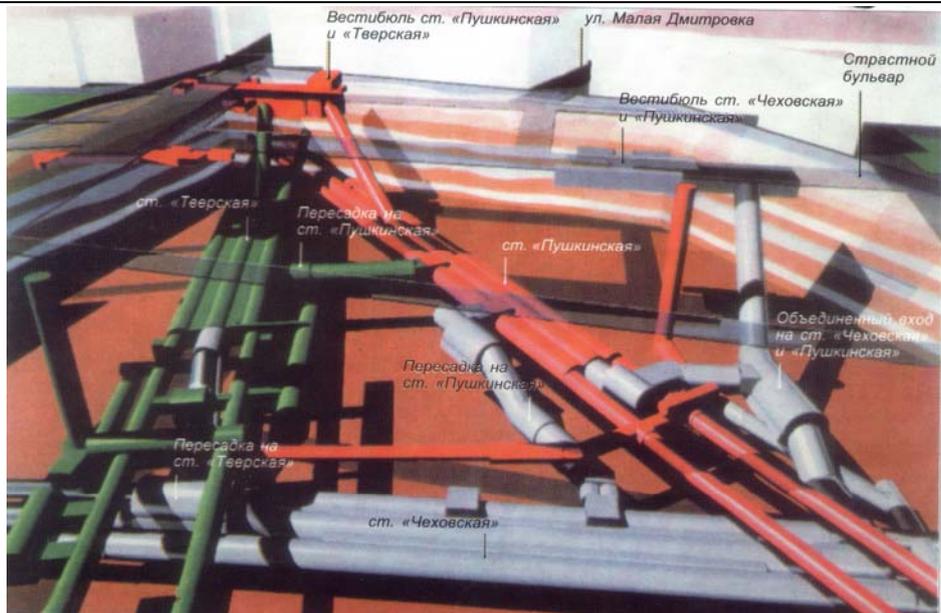


Рис. 1. Пересадочный узел под Пушкинской площадью

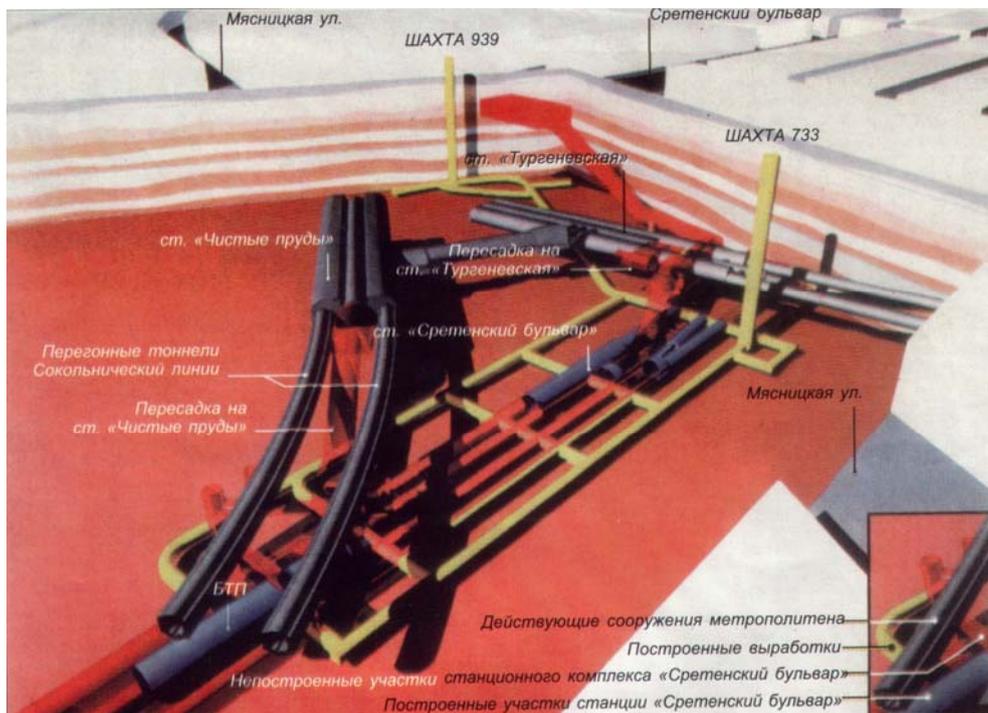


Рис. 2. Пересадочный узел под Сретенским бульваром

Затратные показатели по сравниваемым способам сооружения подземных коммуникаций

Открытый способ	Закрытый способ
<ul style="list-style-type: none"> - затраты на значительные объемы работ по разрушению и восстановлению дорожного покрытия; - затраты на рытье траншей и обратную засыпку; - убытки от изъятия земельных участков и аренды необходимых участков земли при закрытии на период строительства улиц, расположенных вблизи трассы; - затраты на перекладку, укрепление ранее уложенных коммуникаций, потери из-за их отключения, затраты на ликвидацию внезапных аварий на них; - затраты на усиление оснований зданий и сооружений, находящихся в створе строительства подземных коммуникаций; - затраты на восстановление поврежденного благоустройства и зеленых насаждений; - потери от существенной зависимости скорости строительства от климатических условий, а также от усложнения гидрогеологических условий по трассе строительства; - дополнительные дорожно-транспортные расходы, связанные с увеличением машино-часов из-за объезда строительных площадок; - убытки от возможных аварий в связи с увеличением интенсивности движения по объездным улицам; - убытки предприятий и организаций из-за несвоевременной доставки пассажиров и грузов; - ущерб городскому хозяйству от загрязнения улиц; - убытки из-за повышенной нагрузки на канализационную систему и очистные сооружения; - затраты на послеосадочные ремонты дорожных покрытий в ближайшие 1-2 года; - психологические и материальные потери для людей, проживающих вдоль трассы строительства (шум, пыль и другие дискомфортные условия) 	<ul style="list-style-type: none"> - минимальные затраты на земляные работы (только монтажные и демонтажные камеры), составляющие 3-5 % от затрат при открытом способе; - затраты на крепление котлованов; - затраты на футляр для рабочей трубы; - незначительные затраты, связанные с большей стоимостью рабочей трубы, чем при открытом способе

самыми экономичными считаются классические способы: прокладка подземных коммуникаций открытым способом в траншеях и закрытым с использованием прокола, продавливания и щитов диаметром 2 м и 2,56 м. Затратные показатели по этим способам с учетом требований сегодняшнего времени (см. таблицу) убедительно показывают, почему в последнее время проектировщики и строители в условиях плотной городской застройки и насыщенности подземного простран-

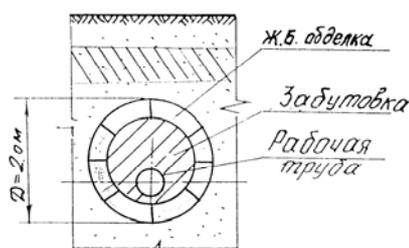
ства отдают предпочтение все же подземным способам, при этом среди них доминирует щитовой способ, не смотря на то, что он не самый эффективный с точки зрения использования дефицитного подземного пространства.

Если же посмотреть на современный зарубежный опыт строительства микротоннелей, то и за рубежом, как правило, в таких условиях приоритетным является закрытый способ с использованием технологии прокола, продавливания или щитов. По сути технологии такие же,

ПРИМЕНЯЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

(С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА)

СЕЧЕНИЕ ТОННЕЛЯ



НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

(С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА)

СЕЧЕНИЕ МИКРОТОННЕЛЯ

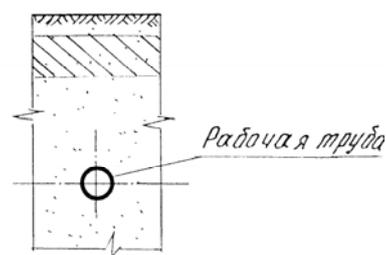


Рис. 3. Сравнение двух технологий прокладки тоннелей

как и в России, однако из-за использования более совершенной техники они приобрели абсолютно иные качества.

Например, «прокол» из малоэффективной и неуправляемой технологии превратился в технологию безопасного управляемого прокола, сущность которого состоит в том, что из стартовой шахты с использованием буропродавливающей установки в грунтовой массив задавливаются буровые штанги, и по мере их проникновения в массив буровой став наращивается, т.е. буровые штанги в стартовом стволе наращиваются до тех пор, пока управляемая буровая коронка не выйдет в приемный ствол.

Направление прокола корректируется посредством вращения клинообразной коронки, т.е. если плоскость клина располагается снизу, то буровой став во время его задавливания постепенно начинает подниматься вверх и т.д. Если же буровая коронка во время задавливания постоянно вращается, то буровой став будет двигаться горизонтально. После того, как буровая коронка выйдет в приемный ствол, приступают ко второму этапу проходки. Для этого в стартовом

стволе к последней буровой штанге присоединяют расширитель, а за ним - шнековые трубы, которые монтируются внутри будущих рабочих труб (по этой схеме проходят выработки диаметром 250-400 мм) (рис. 4).

При проходке выработок в три этапа на втором этапе производства работ присоединяют расширитель нужного диаметра к последней штанге пилотного става, затем по мере задавливания монтируют стальные обсадные трубы, внутри которых уже имеется шнек для транспорта грунта. После того, как расширитель выйдет в приемный ствол, в стартовом стволе приступают к задавливанию секций рабочих труб, которые в свою очередь выталкивают обсадные трубы в приемный ствол (рис. 5).

За рубежом для строительства микротоннелей также широко применяется технология продавливания, при которой используются бурошнековые установки.

Технология бурошнекового бурения позволяет продавливать из стартового ствола сразу секции рабочей трубы необходимого диаметра, внутри которой находится шнек, снабженный

Принцип работы системы в 2 этапа

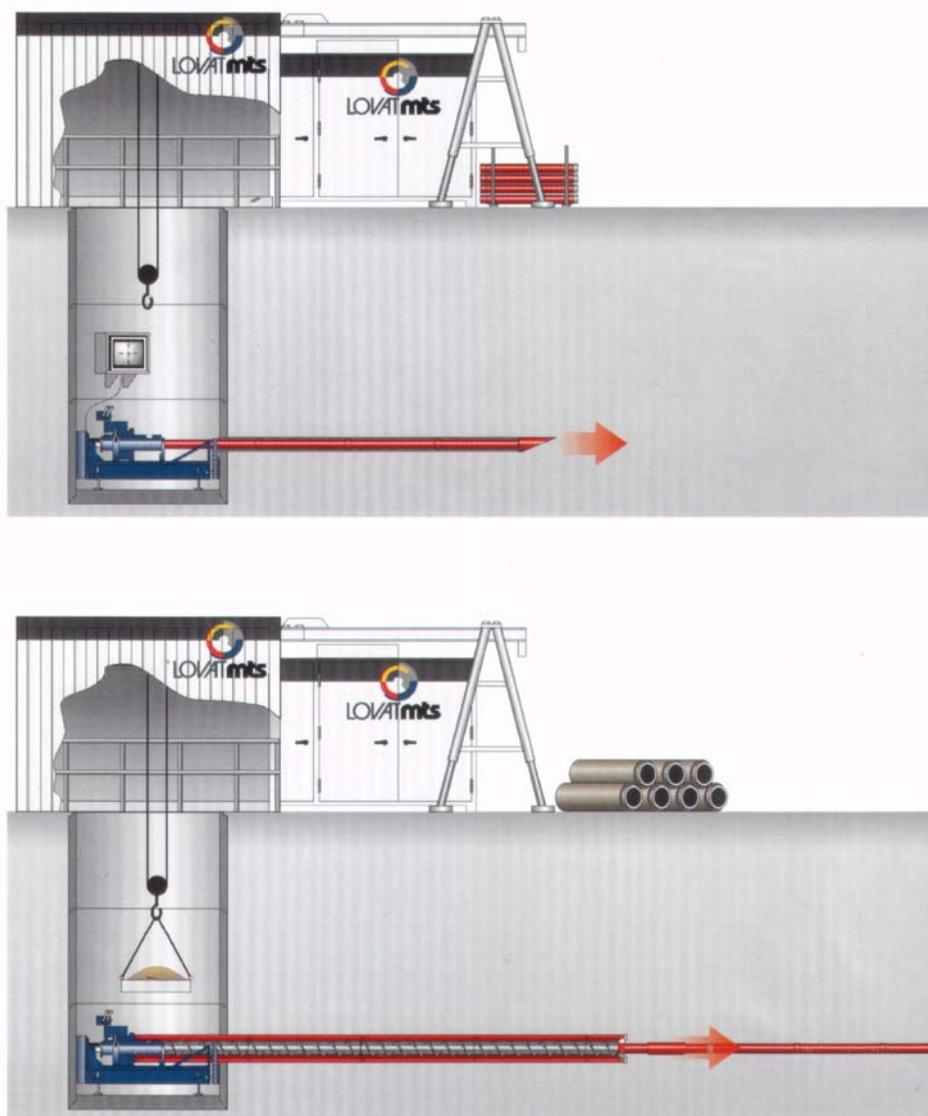


Рис. 4. Технология управляемого прокола при проходке выработок в два этапа

управляемым рабочим органом. Технологическая схема и технические характеристики некоторых буровых установок приведены на рис. 6. После завершения управляемого бурения продавливаются либо рабочие трубы с тем же наружным диаметром, либо к по-

следней трубе в стартовом стволе присоединяется расширитель с прямым приводом, а затем уже рабочая труба, и грунт транспортируется в приемный ствол.

Рассмотренные выше технологии, несомненно, являются более высоко-

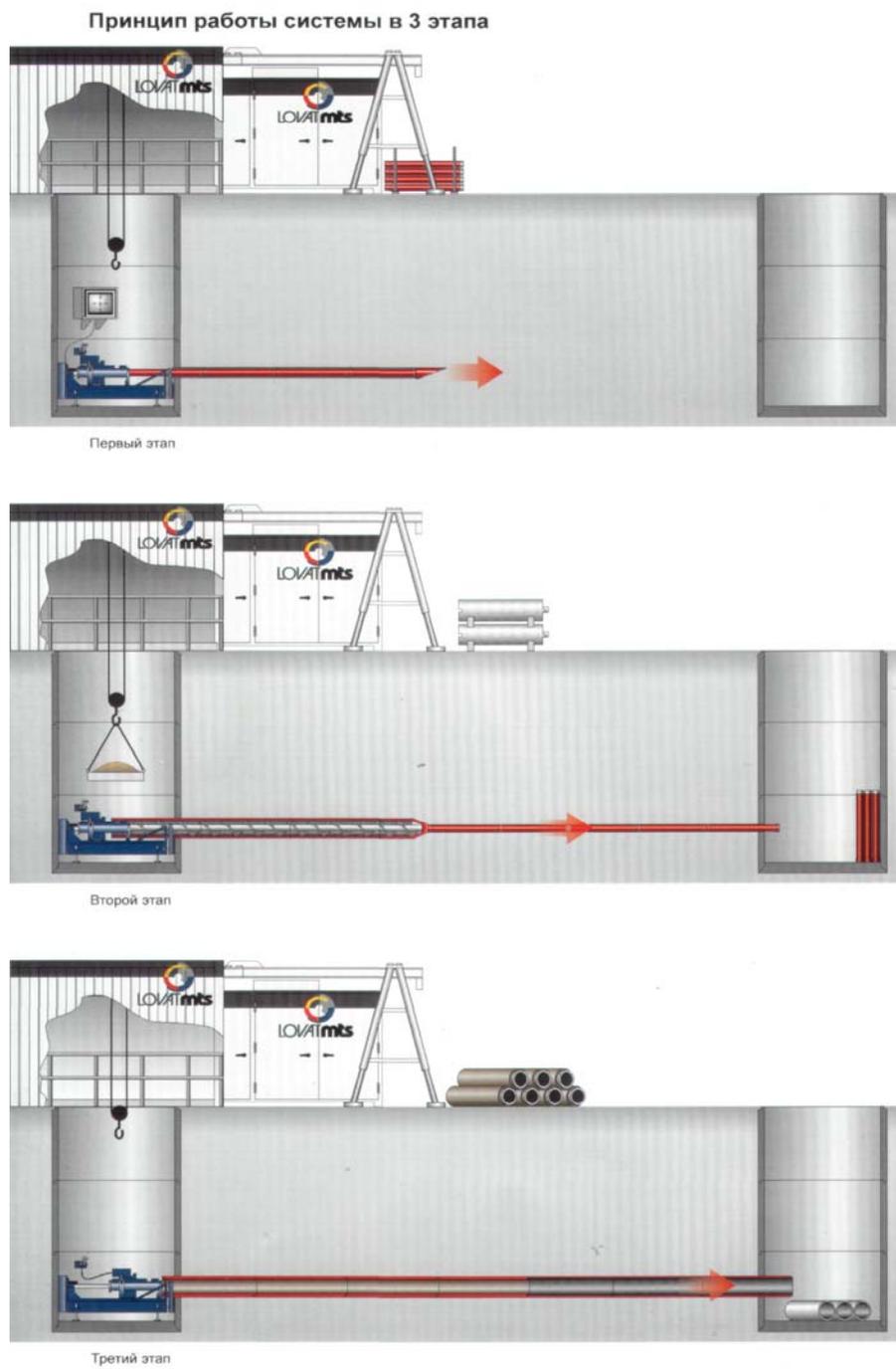
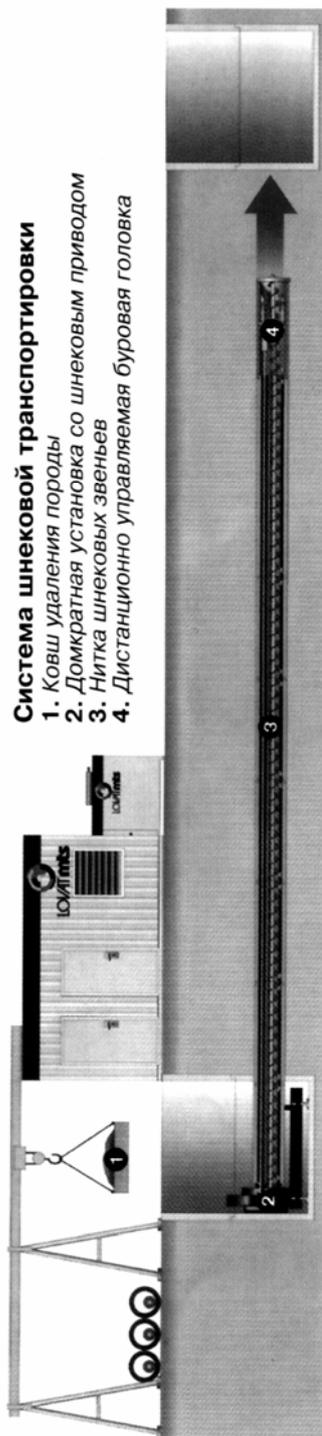


Рис. 5. Технология управляемого прокола при проходке выработок в три этапа



Система шнековой транспортировки

1. Ковш удаления породы
2. Домкратная установка со шнековым приводом
3. Нитка шнековых звеньев
4. Дистанционно управляемая буровая головка

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Максимальное усилие на домкратной установке Максимальная длина звена трубы Максимальный внешний диаметр трубы Необходимый диаметр рабочего котлована Крутящий момент на шнеке Установленная мощность	Установка № 1	Установка № 2	Установка № 3
	2300 кН 2000 мм 650 мм 3200 мм 11000 Н·м 132 кВт	3000 кН 3000 мм 1200 мм 3200 мм — 132 кВт	6000 кН 2000 мм 1650 мм 4600 мм — 132 кВт

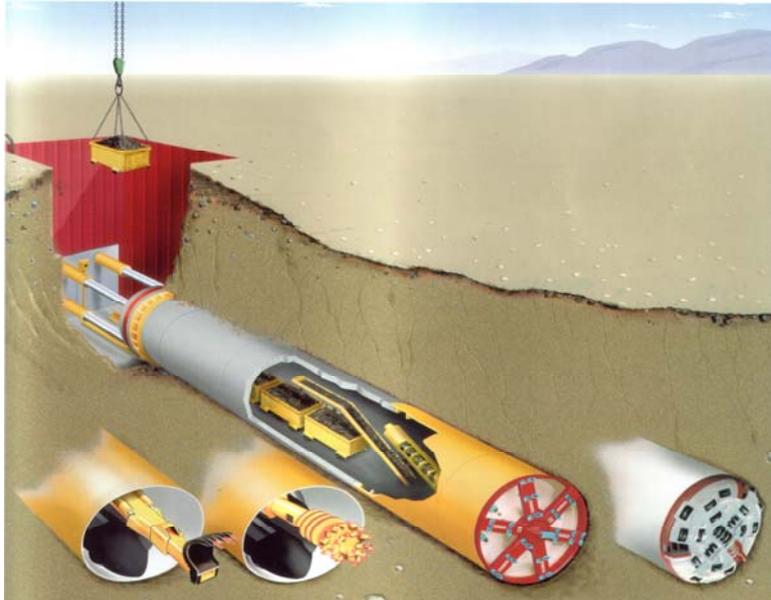
Рис. 6. Бурошнековые установки

эффективными по сравнению с отечественными, но и они имеют некоторые ограничения в области их применения, т.к. могут использоваться только на прямолинейных участках длиной до 40-50 м (в зависимости от типа грунтов) в однородных несвязных и необводненных грунтах без включения валунов и крупной гальки

Наиболее совершенными с точки зрения области применения являются универсальные микротоннелепроходческие комплексы (МТПК). Они значительно сложнее по конструкции и соответственно дороже, поэтому такое оборудование выпускается в двух модификациях: для обводненных и для сухих грунтов (рис. 7).

В состав МТПК входят: 1 - силовая домкратная станция; 2 - управляемая проходческая машина; 3 - секции продавливаемой трубы (рабочая труба); 4 - трубопровод для подачи бентонита; 5 - трубопровод для выдачи пульпы из забоя; 6 - насос для транспорта пульпы; 7 - насос для подачи бентонита; 8 - сепарационная установка; 9 - пульт управления МТПК; 10 - установка для приготовления бентонита.

a)



б)

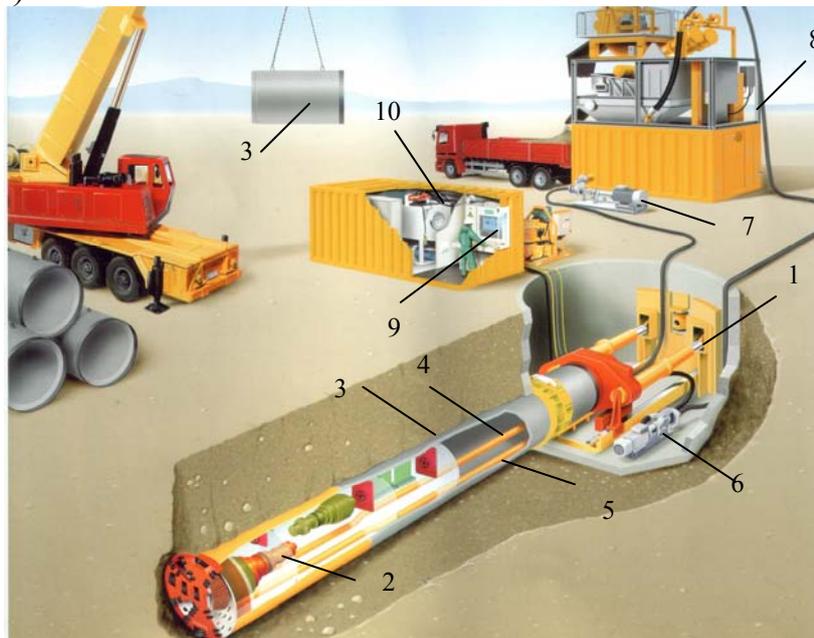


Рис. 7. Микротоннелепроходческие комплексы (МТПК): а) для сухих грунтов; б) для обводненных грунтов

Типы установок и их принципы работы

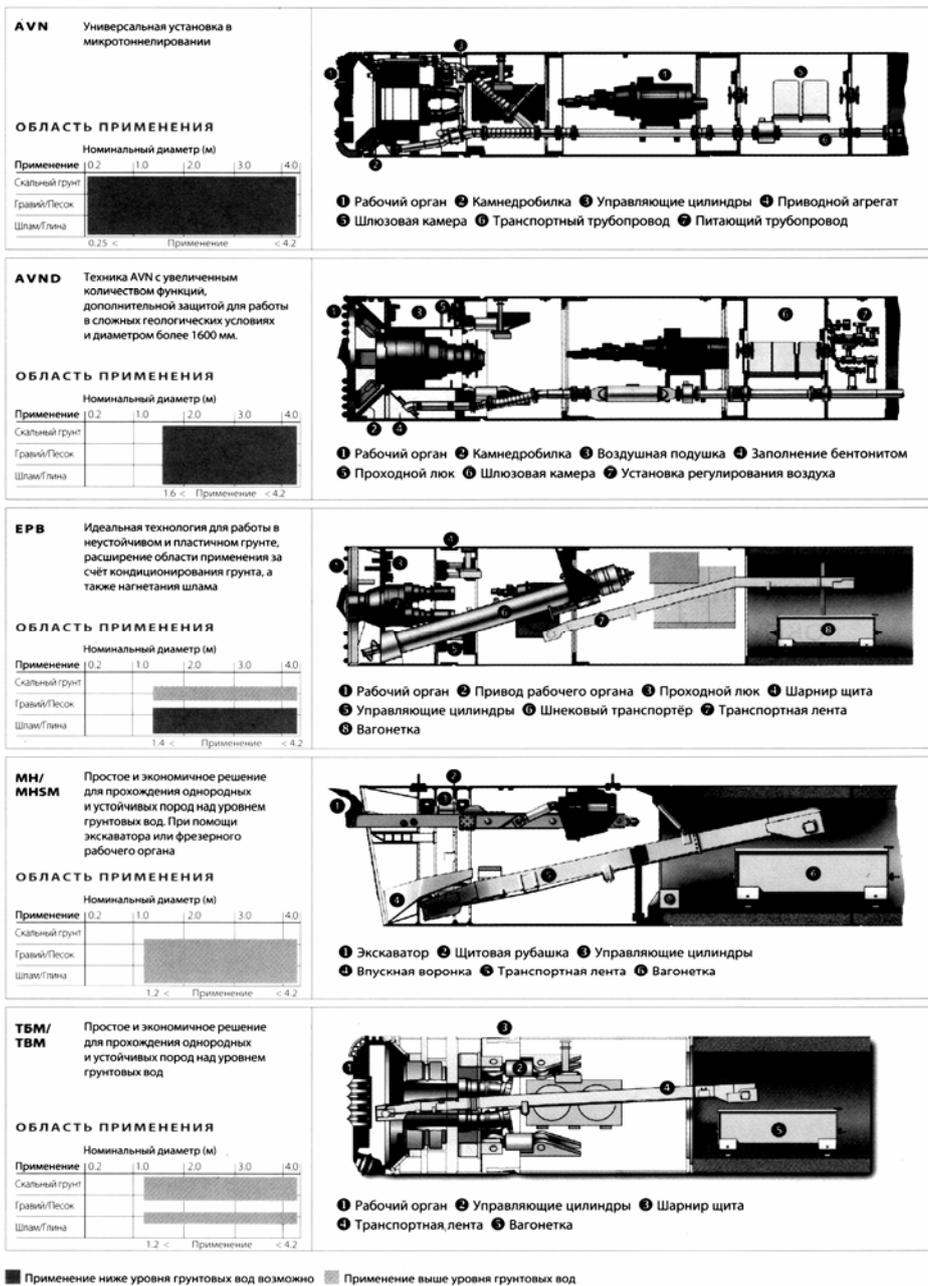


Рис. 8. Типы современных МТПК и принципиальные схемы организации работ по разработке забоя и транспорту грунта на поверхность

Эти комплексы позволяют осуществлять быструю безосадочную и точную по направлению проходку микротоннелей практически в любых инженерно-геологических условиях, в том числе и в водонасыщенных грунтах без применения специальных способов и присутствия людей в забое. Типы современных МТПК и принципиальные схемы организации работ в призабойной зоне тоннеля приведены на рис. 8.

Проанализировав существующий опыт строительства микротоннелей, авторами доклада были разработаны рекомендации по выбору микротоннелепроходческих комплексов в зависимости от глубины заложения, горно- и гидрогеологических условий при плотной городской застройке. На основании этого анализа было выпущено Руководство по использованию этого проходческого оборудования.

Накопленный опыт строительства подземных сооружений, как в России, так и за рубежом, показывает высокую эффективность применения бестраншейных технологий с использованием современных управляемых микротонне-

лепроходческих комплексов. Эти технологии позволяют вести работы практически в автоматическом и полуавтоматическом режиме без присутствия людей в забое. При этом существенно сокращаются объемы земляных работ, а в условиях плотной городской застройки сводит до минимума влияние строительства на городскую среду обитания и позволяет вести работы, не дезорганизуя движение городского транспорта.

Вместе с тем следует отметить, что объемы строительства по этим технологиям пока в России остаются незначительными из-за отсутствия достаточного количества такого проходческого оборудования ввиду его высокой стоимости, а по сему не снимают в достаточном объеме тех проблем, которые стоят уже сегодня перед городом. Поэтому в ближайшее время, по всей видимости, целесообразно было бы наладить производство в достаточном количестве дешевого отечественного аналогичного оборудования, что в конечном итоге позволит более эффективно решать проблемы коммунального хозяйства страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лернер В.Г., Петренко Е.В.* Систематизация и совершенствование технологий строительства подземных объектов. – М.: ТИМР, 1999.

2. *Проспекты* фирмы «Lovat».

3. *Проспекты* фирмы «Herrenknecht AG».

4. *Руководство* по применению микротоннелепроходческих комплексов и технологий микротоннелирования при строительстве подземных сооружений и прокладке коммуникаций закрытым способом. - М.: Изд. Правительства Москвы, 2004.

Коротко об авторах

Лернер В.Г. – Департамент строительства,

Панкратенко А.Н. – Московский государственный горный университет,

Соломатин Ю.Е. – АГ «Херренкнехт»,

Шумаков В.В. – АГ «Херренкнехт»,

Валиев Б.А. – СУПР.