

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОГО ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА: ПРИМЕР МОСКВЫ

Анищенко В.И.¹, Беляев В.Л.²

¹ ООО «Спецмодульпроект», 241022, г. Брянск, ул. Афанасьева, 19-59,
e-mail smp@smp-engineering.com

² НИУ Московский государственный строительный университет, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,
e-mail vbelyaev2011@mail.ru

Аннотация. Статья раскрывает преимущества и недостатки различных технологий для механизированного строительства подземных парковок, которые применяются в ведущих столицах мира, и предлагает анализ эффективности данных технологий для условий Москвы. Из наиболее часто применяемых бестраншейных технологий рассматриваются парковки в шахтах, устроенных механизированными стволопроходческими комплексами, строительство крепи методом экрана из труб и строительство парковки методом домкратного продавливания труб прямоугольного сечения.

Ключевые слова: развитие городского подземного пространства, технологии механизированного строительства подземных парковок, метод домкратного продавливания труб прямоугольного сечения.

ВВЕДЕНИЕ

Современным урбанистическим трендом для многих крупных и крупнейших городов мира становится развитие городского подземного пространства (далее также - ГПП). Формально это направление находит отражение и в московских документах стратегического характера: в Генеральном плане города Москвы [1] и в Городской программе градостроительной политики [2]. Не смотря на некоторое ослабление интереса к такому способу пространственного развития, связанное с административным присоединением в 2012 году к городу Москве огромных сопредельных территорий, актуальность темы для центральной части столицы не снижается. Для этой зоны города проблема дефицита территориальных градостроительных ресурсов не только сохранилась, но и обострилась. Это связано, например, с запуском масштабной программы реновации жилых территорий города, упорядочением и ужесточением федерального законодательства в сфере установления запретов и ограничений на исторических территориях и в зонах охраны объектов культурного наследия, а также в сфере охраны окружающей среды.

Несмотря на более высокие в целом (по сравнению с другими районами Москвы) показатели обеспеченности объектами транспортной и социальной инфраструктуры, в центральной зоне столицы явно недостает площадей, прежде всего парковочного, а также общественного и озелененного пространства, объемов инфраструктуры туризм и пр. Даже при существенном увеличении объемов строительства объектов транспортной инфраструктуры и после введения платы за парковку, центр Москвы продолжает быть перегруженным транспортными потоками. Все это негативно влияет на экологическую обстановку, требует проведения мероприятий по снижению вредных выбросов, шума и др. Высокая плотность застройки, отмеченные запреты и ограничения свидетельствуют об исчерпании возможности традиционного экстенсивного строительства для ликвидации нормативных разрывов обеспеченности. В этой связи как показывает мировая практика, проблема может быть решена путем развития ГПП (города Западной Европы, Канады и др.).

Причем проблему развития парковочного пространства некоторые европейские столицы разрешают радикальным и инновационным путем именно через развитие своего ГПП, включая использование городского подруслового пространства (например реки Сены в Париже)³.

В отмеченных выше городских документах стратегического характера направление развития парковочного пространства в целом, в том числе и с использованием ГПП также фиксируется. В частности в градостроительной программе [2] предусмотрена подготовка предложений по комплексному развитию транспортной подземной инфраструктуры и подземного парковочного пространства. В отраслевую городскую транспортную программу включена специальная

Аналитический обзор Минтранса России «Анализ зарубежного опыта в сфере создания и развития единого парковочного пространства», <https://mintrans.gov.ru/file/401733>

Подпрограмма «Создание единого парковочного пространства», предусматривающая создание свыше 130 тыс. платных парковочных мест в центральной части города Москвы [3]. Остро стоит данный вопрос в районах реновации жилого фонда, тем более в контексте заявленного принципа «Двор без машин» (<https://fr.mos.ru/o-programme-renovatsii/standarty-renovatsii/kvartaly-renovatsii>), а также в свете новых стандартов комплексного развития территорий, разработанных Минстроем России и Госкорпорацией ДОМ.РФ совместно с КБ Стрелка⁴ [4].

В то же время существенным фактором, сдерживающим подземное развитие ГПП в целом и создание подземных паркингов в частности, является экономика строительного проекта. Широко декларируемый принцип создания недвижимости и управления ей в контексте единого жизненного цикла пока не достаточно подкреплен современными документами нормативного регулирования, которые бы учитывали всю совокупность эффектов от создания подземных зданий и сооружений в том числе и на этапе их эксплуатации. Сегодня внимание акцентируется на сравнительно более высоких значениях единовременных капитальных вложений и поэтому подземное строительство традиционно считается сверхдорогим, что например опровергается мировой практикой [5]. В этих условиях целесообразно рассмотреть и проанализировать преимущества и недостатки различных технологий для механизированного строительства подземных парковок в условиях плотной городской застройки и ограниченного бюджета, который в грядущих постпандемических условиях в определенной степени характерен и для города Москвы.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ; МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Выполненный обзор публикаций по рассматриваемой теме строительных технологий развития подземного парковочного пространства показал, что в разные годы ее общестроительным аспектам посвящены работы М.Г. Зерцалова, Д.С. Конюхов, С.Н. Алпатова и др., в части исследования строительных, тоннельных и горных технологий - исследования Б.А. Картозии, В.П. Абрамчука, С.Н. Власова, В.М. Мосткова, А.Н. Левченко, Л.В. Маковского, В.П. Самойлова, Г.М. Синицкого, С.Г. Елгаева, С.В. Мазеина, В.Е. Меркина, Е.В. Щекудова, С.О. Зега, в части исследования в сфере геотехники В.А. Ильичева, В.П. Петрухина, И.В. Колыбина, Д.Е. Разводовского, О.А. Шулятьева, Р.А. Мангушева, В.М. Улицкого, А.Г. Шашкина. Среди зарубежных исследователей можно отметить например статьи Вернера Зумма из Германии (Verner Zum) и Лиануи Джа из КНР (Lianhui Jia).

В настоящей статье отражены результаты обзора основных доступных научных публикаций отечественных и некоторых зарубежных авторов, отдельные нормативные документы, а также научная, производственная и экспертная практика авторов статьи.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с отмеченной выше актуальностью вопроса развития ГПП центра Москвы, в случае, если она происходит путем создания под землей паркингов, возникает целесообразность анализа и выбора рациональных вариантов строительства таких объектов современным механизированным способом. Именно эта задача решалась в проведенном исследовании, результаты которого отражены в настоящей статье.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Ведущие строительные компании мира совместно с производителями строительной техники предлагают несколько интересных технологических вариантов создания подземных паркингов механизированным способом: Ниже последовательно рассмотрим основные такие варианты (типы).

Тип 1. Создание механизированной парковки в шахте с использованием стволопроходческого комплекса.

⁴ Обоснования предложений по включению (интеграции) проектов стандартов в состав нормативно-правовой и нормативно-технической базы в области градостроительной деятельности были рассмотрены на заседаниях Подкомитета 9 «Градостроительство» Технического комитета 465 «Строительство» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии при участии одного из авторов настоящей статьи, который ныне является секретарем Подкомитета 9

Для создания подземной парковки при помощи стволопроходческого комплекса устраивается шахта, в стволе которой размещается автоматический лифтовый подъемник для автоматической установки автомобилей на парковочные места (рисунок 1). Данная технология, по нашему мнению, в России заявлена пока в виде некоего концепта и в полной мере не нашла своего применения [6, 7].

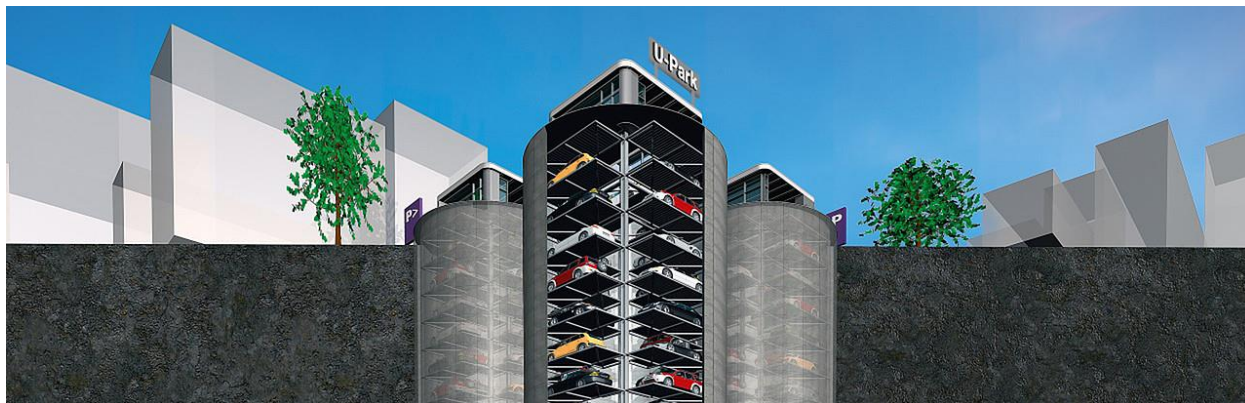


Рис. 1. Иллюстрация варианта создания механизированной парковки в шахте

Тип 2. Устройство экрана из труб при строительстве парковки.

При помощи микротоннелепроходческой техники из котлована вплотную друг к другу устраивается экран из круглых стальных труб П-образного сечения (рис. 2). Расположенные вплотную друг у другу трубы представляют из себя крепь, грунт из-под которой выбирается обычным экскаватором или погрузчиком. В выработанном пространстве размещают подземный паркинг. Данная технология широко применяется в России, но не для строительства подземных парковок, а для создания внеуличных переходов и для иных целей [8].



Рис. 2. Иллюстрация метода защитных экранов

Тип 3. Создание подземной парковки с использованием метода домкратного продавливания труб прямоугольного сечения.

Суть данного метода состоит в том, что из узкого котлована вплотную друг к другу продавливаются трубы примерным сечением 5х4 или 7х10 метров (рис.3а). Трубы укладываются в один или несколько ярусов. Стенки смежных труб частично демонтируют, оставляя несущие колонны, после отделки в получившемся пространстве устраивается парковка для автомобилей (рис. 3б) [9].

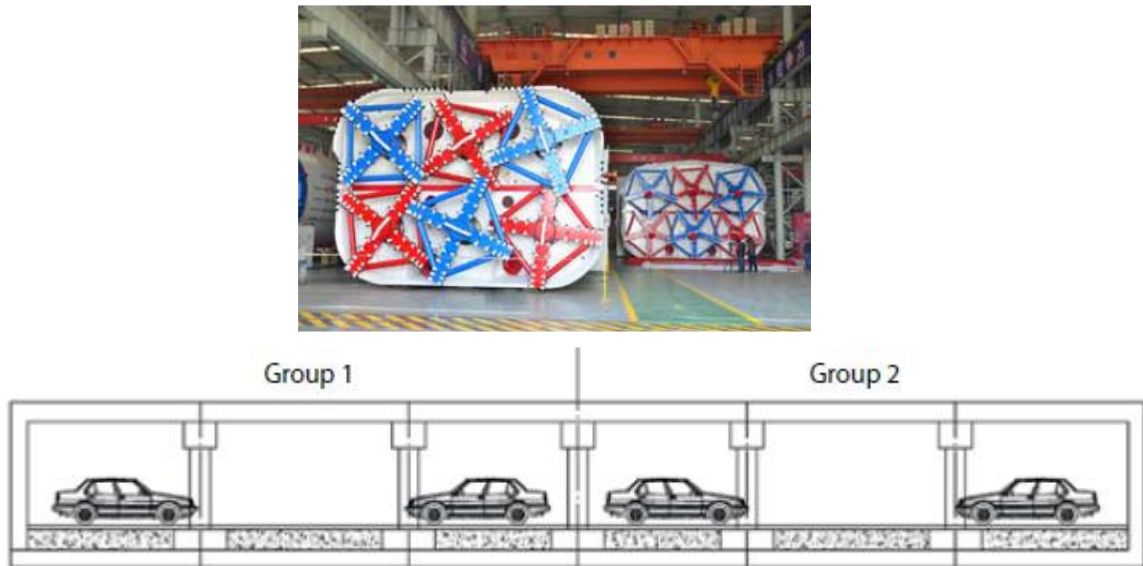


Рис. 3. Применение метода домкратного продавливания труб прямоугольного сечения для создания подземной парковки, а) иллюстрация размеров сечения труб; б) разрез подземной парковки с устройством колонн

При выполнении анализа преимуществ и недостатков каждого из отмеченных методов применительно к городу Москве за основу принимались следующие особенности и условия: высокоплотная застройка в центральной части города, значительные затраты времени для принятия инвестиционных, административных и кадастровых решений⁵, жесткие требования заказчика по минимизации сроков строительства, тенденция дефицита бюджетного финансирования значимых инфраструктурных проектов с большим сроком окупаемости (см. также выше).

Для выполнения технико-экономического сравнения вышеперечисленных методов, прежде всего, необходимо принять решение о выборе критериев для оценивания перспективности применения той или иной технологии. Учитывая характер инфраструктуры строительного рынка в городе Москве в число наиболее значимых критериев, на наш взгляд следует включить:

- сроки и стоимость выполнения проектных и изыскательских работ (ПИР);
- сроки производства строительно-монтажных работ (СМР);
- расходы на эксплуатацию;
- размер площади земельного участка, необходимого для создания парковки;
- возможность строительства парковочных комплексов под существующими зданиями;
- стандартность или сложность применяемых решений.

С целью проведения сравнительного анализа трех основных технологий по предложенным критериям целесообразно выделить ряд особенностей и параметров, отмеченных в таблице 1.

Таблица 1.

Основная характеристика технологий строительства подземной парковки на 100 машиномест

Тип технологии	Примерные сроки, мес.		Расходы на эксплуатацию и водопонижение	Примерная площадь участка строительства, га	Строительство под сущ. зданиями	Предметная апробация (в РФ/в мире)
	ПИР	СМР				
Парковка в шахте	12	24	Значительные	0,2	Не возможно	Отсутствует
Экран из труб	18	18	Средние	0,3	Возможно	Отсутствует/имеется
Продавливание прямоугольных труб	7	7	Средние	0,3	Возможно	Отсутствует/имеется

⁵ Несмотря на прогресс в этом отношении, суммарно сроки выполнения и принятия таких решений пока могут превышать время, необходимое на проектирование и строительство объектов

Как следует из приведенных в таблице 1 характеристик, метод создания парковки в шахте отличается продолжительными сроками выполнения ПИР и СМР (исходя из опыта строительства сравнимой шахты в районе Парка Победы), серьезными расходами на водопонижение с глубины порядка 60 метров и значительными энергозатратами на механический автоматический лифт. Метод имеет средние значения «землеёмкости», при этом физически для строительства парковок непосредственно под существующими зданиями применяться не может. Опыт строительства подобных шахт, безусловно, имеется, однако по нашим данным, для строительства подземных парковок его не применяли.

Метод экрана из труб отличается максимальными сроками выполнения ПИР, а также СМР (каждая труба отдельно устанавливается в грунт), значимыми расходами на эксплуатацию и водоотведение (устройство самотечной ливневой канализации и освещения, установка насоса для аварийного водоотведения). Для выполнения строительства требуется и довольно значительный по площади земельный участок. В то же время имеется возможность применять метод для строительства парковок непосредственно под существующими зданиями, а также имеется опыт применения технологии для создания объектов, схожих по геометрическим параметрам и предназначенных для хранения автомобилей.

Для создания парковки методом домкратного продавливания прямоугольных труб большого сечения по опыту других стран (КНР, Франция) требуются в среднем вдвое более короткие сроки выполнения ПИР и СМР. Также демонстрируется возможность строительства парковок под существующими зданиями (при сопоставимых параметрах «землеёмкости» и эксплуатационных затрат).

Очевидно, что провести детальные экономические расчеты вне контекста к исходным данным конкретного проекта невозможно, однако обозначенные особенности рассмотренных технологий могут служить ориентиром в принятии того или иного организационно-управленческого решения. При этом акцент следует делать на таких ключевых параметрах, как трудозатраты, стоимость оборудования и материалов. В этой связи ниже они рассмотрены дополнительно.

Для уточнения данных, представленных в таблице 1 можно провести следующие ориентировочные расчеты по каждому из технологических вариантов. Так для создания парковки по технологии строительства шахты глубиной 60 метров и диаметром 12 метров потребуются привлечь порядка 30 работников (оператор комплекса, инженер по буровым растворам, оператор системы очистки, механик, электрик, специалист по навигационному оборудованию, прораб, операторы экскаваторов, подъемных кранов, водители грузовиков и обслуживающий персонал). Их работу необходимо будет оплачивать на протяжении 2 лет.

Стоимость оборудования для строительства шахты составит около 15 000 000 евро, а объем требуемых бетонных изделий – порядка 800 м³. Стоимость тубингов в европейских ценах составит около 2 млн. Евро. Она может существенно отличаться в зависимости от требований к прочности бетона и изменения характера его армирования в зависимости от глубины шахты и характера гидрогеологических условий. После окончания проходки и демонтажа стволопроходческого комплекса [7] в выработанной шахте производится установка роботизированного подъемника, который будет принимать машины у их владельцев и бережно расставлять их по свободным парковочным местам. Помимо значительной стоимости и сложности оборудования (его отечественные образцы пока отсутствуют) у данного метода есть еще одно очевидное ограничение – это собственно само количество автомобилей, которые возможно будет разместить в одной шахте.

При анализе преимуществ и недостатков метода защитных экранов из труб следует отметить, что данная технология, как и метод домкратного продавливания, позволяет в значительной степени контролировать подвижки грунта под фундаментом [8, 9]. Допустимая минимальная глубина установки «экрана» в относительно устойчивых глинистых грунтах составляет 2 метра от фундамента здания (сооружения) или от поверхности покрытия площадей и дорог. Основная сложность реализации такого строительства носит финансовый характер. Она заключается в том, что каждая труба представляет собой по сути отдельный микротоннель со стоимостью проходки 1 погонного метра такого тоннеля (при строительстве канализационных коллекторов) около 120 тыс. рублей и более. В рассматриваемом случае при устройстве подземной парковки на 100 машиномест требуется построить уже порядка 4 км подобных микротоннелей.

Рассматривая метод продавливания труб квадратного (прямоугольного) сечения следует заметить, что глубина заложения верхней образующей трубы при проходке в относительно

устойчивых глинистых грунтах принимается равной высоте трубы, то есть в нашем случае она составит около 5 метров под фундаментами и поверхностью улично-дорожной сети. При сравнительно небольших размерах котлована и высокой скорости проходки, это обстоятельство не должно вызывать каких либо осложнений [10]. Преимуществом данного метода является простота исполнения, высокая скорость работ и низкая стоимость отделки. Стоимость проходки тоннеля подобного сечения сравнима со стоимостью проходки одного погонного метра тоннеля метро. Однако в данном случае длина проходки выработки для размещения в ней 100 машин составит всего 300 метров⁶, а размер котлована должен быть примерно на 7 метров шире габаритов стартового и приемного котлована вдоль здания, что сопоставимо с размером котлована при методе экрана из труб и вполне позволяет создать такой котлован на улицах Москвы.

Результаты стоимостных характеристик и примерных расчетов для случая «условной» подземной парковки на 100 машиномест представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Сравнительная экономическая характеристика строительства подземной парковки на 100 машиномест (примерные стоимости и расходы, Евро)

Тип техноло-гии	Стоимость оборудования	Стоимость материалов (тюбингов и труб)	Расходы на оплату труда персонала на строительной площадке
Парковка в шахте	15 000 – 20 000 (стволопроходческий комплекс и вспомогательное оборудование)	1 000 - 3 000* за тюбинги и еще около 5 000 за установку роботизированных подъемников	1 000 ****
Экран из труб	3 000 – 4 000 (два микротоннелепроходческих щита AVN800 и дополнительное оборудование)	1 000** за трубы и еще столько же за отделку внутреннего пространства и гидроизоляцию. После устройства крепи требуется построить само помещение из армированного бетона.	500*****
Продавливание прямоугольных труб	3 000 – 4 500 (тоннелепроходческий щит и дополнительное оборудование)	От 1 000 до 4 000 за изготовление бетонных труб, после окончания проходки требуется только косметическое устройство пола***	194*****

Примечание:

*около 1200 м³ высокоточных бетонных тюбингов с повышенными требованиями к давлению воды (до 6 бар)

**70 стальных труб диаметром 1000 мм длиной 60 метров: 4 200 метров стальных труб диаметром 1000 мм x 17 000 рублей за метр= 71 400 000 рублей, приблизительно 1 000 000 Евро [11]

*** около 3000 м³ армированного бетона. Трубы рассчитаны на давление до 1,5 бар

****30 человек x 100 000 рублей x 24 месяца = 72 000 000 рублей, около 1 000 000 евро

***** 20 человек x 100 000 рублей x 18 месяцев = 36 000 000 рублей, около 500 000 евро

***** 20 человек x 100 000 рублей x 7 месяцев = 14 000 000 рублей, около 194 000 евро

Проведенные экономические расчеты, безусловно, весьма приблизительны и окончательная стоимость проекта может быть подсчитана исходя из конкретных условий. Однако и таких приблизительных данных достаточно чтобы сделать вывод о том, что строительство подземных парковок в глубоких шахтах оборудованных механизированными лифтами значительно дороже, чем строительство подземных парковок на то же количество машино-мест методом экрана из труб или при помощи проходческого щита прямоугольного сечения. При этом стоимость строительства парковки под фундаментом существующих зданий и сооружений методом домкратного продавливания труб по стоимости сопоставима с вариантом создания парковки под крепью из труб. Однако в связи с тем, что при этом строительство и выемка грунта идет одновременно данный метод влечет за собой меньше рисков и позволяет построить примерно две парковки за тот же период времени, который требуется для строительства одной парковки методом экрана из труб. Кроме того,

⁶ Предельно пока эта длина ограничена значением порядка 500 м

очень важно понимать, что после проходки выработки методом домкратного продавливания труб прямоугольного сечения практически не требуется каких либо серьезных отделочных работ, или установки сложного оборудования. В целом же следует также понимать, что чем большее количество машино-мест будет размещено в конкретном парковочном пространстве, тем ниже будет значение себестоимости одного парковочного места.

Именно в связи с очевидными преимуществами метода продавливания такая технология строительства подземных парковок широко применяются в крупнейших городах Европы и мира. В России в настоящее время также ведутся разработки отечественных щитов квадратного сечения для решения инфраструктурных задач крупных городов. В частности, ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» (г. Тула) приступил к изготовлению двух щитовых машин с рабочим органом рамного типа по заказу ОАО «Метрострой» для использования в городе Санкт-Петербурге (к сожалению пока работы приостановлены по финансовым соображениям).

Безусловно данный вопрос еще более актуален для столицы, где развитие ГПП осуществляется значительно более высокими темпами, чем в Санкт-Петербурге. В таком городе как Москва нехватка парковочных мест представляет собой системную проблему, и решить ее фрагментарным строительством отдельных парковок невозможно. Для ее решения также соответственно необходим системный подход по освоению подземного пространства скоординированный в рамках решений генерального плана города при поддержке правительства города.

С учетом этого по инициативе, а также при непосредственном организационном и предметном участии авторов настоящей статьи вопрос применения метода домкратного продавливания труб прямоугольного сечения в 2018 году был рассмотрен на заседании секции «Градостроительное проектирование и подземная урбанистика» Объединенного научно-технического совета по вопросам градостроительной политики и строительства города Москвы. По его итогам даны рекомендации по дальнейшему применению данного метода в практике подземного строительства (приобретение проходческого щита, выполнение пилотных проектов с применением технологии и др.).

ВЫВОДЫ

Организация парковочного пространства в городе Москве является вопросом, который волнует многих жителей и гостей города. Вариантов решения этого вопроса несколько: более эффективная организация парковочных мест на городских улицах и площадях, введение платы за парковку в центре столицы для снижения количества желающих парковаться и стимулирования общественного транспорта, строительство подземных паркингов и автостоянок или их создание на крышах вновь строящихся жилищных комплексов и административных зданий. В центральной города, где многие методы уже были использованы, а спрос на парковочные места неуклонно растет, неосвоенным для решения данной задачи остается только подземное пространство.

Однако для развития ГПП в целях расширения сети парковок необходимо ориентироваться на инновационные и наиболее экономически оправданные строительные технологии. Именно таким технологическим методом является метод продавливания труб квадратного (прямоугольного) сечения, успешно применяемый для аналогичных целей в мировой практике. Для его внедрения в городе Москве имеются вполне реальные предпосылки, включая его правовое и нормативное обеспечение. По заказу уполномоченных подразделений Правительства Москвы завершается подготовка предложений по внесению необходимых изменений и дополнений в законодательство [12]. Летом 2020 года вступил в действие специальный Свод правил, содержащий, в том числе требования по применению инновационных строительных технологий при освоении ГПП [13].

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полагаем, что эффективное внедрение метода продавливания труб прямоугольного сечения в городе Москве требует системного подхода к решению с принятием на городском уровне плана соответствующих мероприятий («дорожной карты») на ближайшие 3-5 лет. Целью должно являться адаптация данного метода к условиям города Москвы, его совершенствование (создание отечественной модели) и обеспечение его широкого применения в процессе пространственного развития города (создание объектов транспортной, инженерной инфраструктуры, жилищное строительство, включая реновацию, развитие общественного и, безусловно, парковочного

пространства). В число основных мероприятий такого плана целесообразно включить проведение НИР (НИОКР) обосновывающего характера, апробацию метода путем осуществления экспериментального проектирования и строительства с последующим тиражированием результатов, развитие документов по стандартизации (внесение изменений и дополнений в СП 473, некоторые другие СП и ГОСТ), обеспечение необходимой организационно-управленческой поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон г. Москвы от 05.05.2010 N 17 «О Генеральном плане города Москвы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=97818811806689947774172244&cacheid=7349336C8C5AC583E8201314AAA86CC5&mode=splus&base=MLAW&n=183049&rnd=994FEF4177DDAA6B4D6944DC2450A975#ce7kxsnzoy8>
2. Постановление Правительства Москвы от 03.10.2011 N 460-ПП (ред. от 26.03.2019) «Об утверждении Государственной программы города Москвы "Градостроительная политика"» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mos.ru/dgp/documents/baza-dokumentov/view/69689220/>
3. Постановление Правительства Москвы от 02.09.2011 N 408-ПП (ред. от 10.10.2016) «Об утверждении Государственной программы города Москвы «Развитие транспортной системы» на 2012-2016 годы и на перспективу до 2020 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dokipedia.ru/document/5246417>
4. Конюхов, Д.С. Основные принципы комплексного освоения подземного пространства при реновации жилой застройки Москвы [Текст] Д.С. Конюхов // Метро и тоннели. – 2019. – № 2. – С. 38-40.
5. Подземное строительство – комплексный подход. Резолюция международного форума «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов как одно из важнейших направлений государственного управления развитием территорий» // Вестник. Зодчий. 21 век. – 2012. – № 4 (45). – С. 098-103.
6. Синицкий, Г.М., Стволопроходческие комплексы: перспективы внедрения в практику подземного строительства городов / Г.М. Синицкий, С. В. Мазеин, С.М Ломоносов // Метро и тоннели. – 2012. – № 1. – С. 26-27.
7. Потапов, М.А., Стволопроходческие комплексы: практика применения для проходки вертикальных стволов Московского метрополитена за последние 10 лет / М.А. Потапов, Е.В. Потапова // Метро и тоннели. – 2016. – № 2. – С. 12-17.
8. Алексеев, А.В, Применение защитных экранов в подземном строительстве / А.В. Алексеев, Д.Т. Головин // Academy. – 2016. – № 6 (9). – С. 22-28.
9. Pipe Arch tunnel, by Mr.Don R. Hall, Head of Tunneling Division, Gamuda Engineering Sdn, Bhd [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.slideshare.net/forcepraxeum/20100514-pipe-arch-presentation-to-iem-may-2010>.
10. Джа, Л, Метод домкратного продавливания труб прямоугольного сечения для бестраншейного строительства подземных сооружений к, переходов и торговых центров. Актуальность применения метода в условиях крупных / Л. Джа // Инженерные сооружения. – 2018. – № 3(18). – С. 101-105.
11. ГОСТ 10704-91. Межгосударственный стандарт. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 15.11.1991 № 1743) (ред. от 18.02.2015) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001409>
12. Беляев, В.Л. Совершенствование правового регулирования как залог эффективного государственного управления в сфере развития городского подземного пространства: учет мировых практик [Текст] / В.Л.Беляев // Экономика строительства и природопользования. – 2018. – № 2(67). – С. 27-34.
13. СП 473.1325800.2019. Свод правил. Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.12.2019 № 856/пр) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/564543320>

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONSTRUCTION TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT
OF UNDERGROUND PARKING SPACE: THE EXAMPLE OF MOSCOW

Anishchenko V. I. ¹, Belyaev V.L. ²

¹ Spetsmodulproject Ltd., Bryansk

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Annotation. The article reveals the advantages and disadvantages of various technologies for the mechanized construction of underground parking, which are used in the leading capitals of the world and offers an analysis of the effectiveness of these technologies for the conditions of Moscow. Among the most commonly used trenchless technologies, parking is considered in mines arranged by mechanized shaft-boring complexes, the construction of support by the method of a screen of pipes and the construction of parking by the method of jack-punching pipes of rectangular cross-section.

Keywords: the development of urban underground space, the technology of mechanized construction of underground parking lots, the method of jack-punching pipes of rectangular cross-section.