

М. Ш. ХУСНУЛЛИН,  
заместитель мэра Москвы  
в Правительстве Москвы  
по вопросам градостроительной  
политики и строительства;  
С. Н. ГРОШИКОВ,  
генеральный директор  
ООО «Бустрен РМ»;  
А. Н. ПАНКРАТЕНКО,  
д. т. н., заведующий кафедрой  
«Строительство подземных  
сооружений и горных предприя-  
тий» НИТУ «МИСиС»;  
А. Э. САНДУКОВСКИЙ,  
технический директор  
ООО «Бустрен РМ»;  
Э. Б. РУБИНЧИК,  
главный конструктор  
ООО «Бустрен РМ»

*В 2018 году был установлен абсолютный рекорд Московского метрополитена по количеству введенных станций (17) и длине новых участков (33 км). Это больше, чем строится сегодня во всей остальной Европе. Одно из основных направлений — строительство Большой кольцевой линии (БКЛ). 30 декабря 2018 года на ней открылась шестая по счету станция — «Савеловская». Полностью БКЛ планируется достроить в 2022 году. Новое кольцо метро будет перевозить 380 млн человек в год. Оно соединит все радиальные ветки на расстоянии до 10 км от существующей сегодня кольцевой. Длина БКЛ составит 70 км, количество новых станций — 31. С нее можно будет сделать 19 пересадок на радиальные линии метро, 4 — на Московское центральное кольцо, 5 — на Московские центральные диаметры и 11 — на радиальные линии железной дороги.*



## РАЗВИТИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА НА ОСНОВЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ

Еще одной уникальной особенностью современного метростроения Москвы является масштабное внедрение новой технологии строительства линейных объектов щитовыми тоннелепроходческими механизированными комплексами (ТПМК) большого диаметра. Ее реализация предусматривает переход от традиционной компоновочной схемы метрополитена с двумя однопутными тоннелями и станциями с центральной платформой к схеме с двухпутными тоннелями и станциями с боковыми платформами. Благодаря этому обеспечивается сокращение общей протяженности подземных сооружений и количества временных стройплощадок на земной поверхности, снижаются строительные и эксплуатационные затраты.

В настоящее время идет проходка десятиметровыми щитовыми ТПМК и строятся станции на Некрасовской (Кожуховской) линии от «Косино» (далее — «Юго-Восточная», «Окская», «Стахановская») до «Нижегородской», протяженность пускового комплек-

са — 8,5 км. В 2019 году также начнется сооружение участка на западной части БКЛ от станции «Мневники» до «Аминьевского шоссе» длиной 7,2 км.

Для внедрения новой технологии авторами разработаны и запатентованы решения, позволяющие усовершенствовать как щитовую проходку, так и сооружение котлованов под станционные комплексы с применением метода «стена в грунте».

Иконографика по сравнению традиционных и новых технологических решений устройства станционных комплексов в открытом котловане, предложенных компанией «Бустрен РМ», представлена на рис. 1.

Новые технологические решения позволяют через 3–6 месяцев после начала строительства перенести все работы в подземное пространство, тем самым минимизируя их негативное влияние на городскую среду.

При проходке двухпутного тоннеля отсутствует необходимость демонтировать щитовой ТПМК перед каждой станцией,

перетаскивать, а потом снова монтировать уже за нею и возобновлять проходку (рис. 2). Значительно облегчается и текущее содержание тоннеля. В случае схода поезда с рельсов есть возможность быстрее и легче добраться до места происшествия на вспомогательных транспортных средствах и устранить неполадки.

Еще одним новшеством является изменение подходов к проектированию объектов метрополитена. С 2019 года власти Москвы будут принимать к рассмотрению проекты, сделанные исключительно при помощи технологии информационного моделирования (BIM).

Сегодня активно развиваются технологии BIM 7D. Они представляет собой базу данных о строительных процессах, управлении, эксплуатации и техническом обслуживании подземного объекта на различных этапах жизненного цикла, отражающую сроки их реализации и стоимость.

Многомерную BIM-модель можно понимать, как своеобразную систему мониторинга, эксплуатации объекта, динамически изменяемый информационный паспорт, в конечном счете — систему управления объектом. Применительно к метростроению такая модель должна включать в себя не только сам объект, но и сопутствующие среды — грунтовый массив, застройку, находящиеся в зоне влияния подземные сооружения и коммуникации.

К основным преимуществам BIM можно отнести: сокращение сроков проектирования; выявление проектных коллизий на раннем этапе проектирования; получение стоимости строительства в текущих ценах на первоначальных стадиях проектирования; создание документации для дальнейшей эксплуатации объекта; повышение безопасности и снижение стоимости эксплуатации объекта; возможность поэтапного моделирования технологии производства работ.

Например, технология сооружения станционного комплекса двухпутного тоннеля включает в себя восемь этапов (рис. 3–8): I — перекладка коммуникаций; II — перенос движения, сооружение стены в грунте и части плиты покрытия; III — перенос движения, сооружение второй стены в грунте и второй части плиты покрытия; IV — полное восстановление территории на поверхности; V — выемка грунта под плитой, устройство плиты вестибюля; VI — выемка грунта до лотка, проход щита; VII — сооружение платформ, архитектура и оборудование; VIII — испытания и ввод в эксплуатацию.

На каждом из рассмотренных этапов может осуществляться геотехнический мониторинг, анализ данных и совершенствование

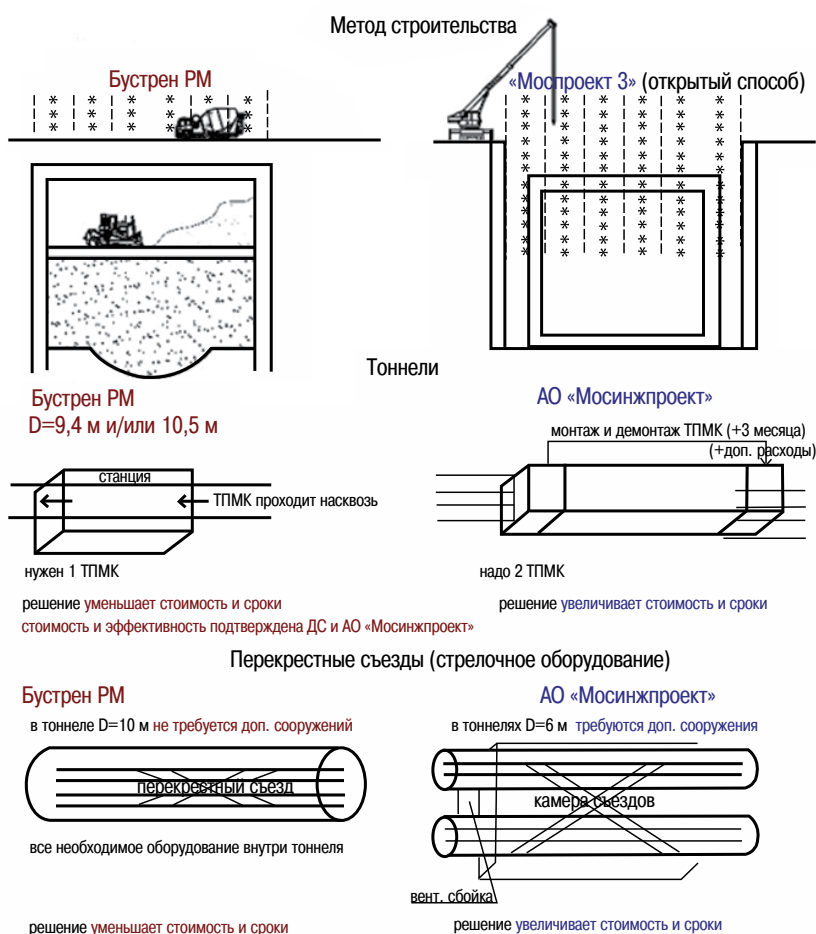


Рис. 1. Сравнение традиционных и новых технологических решений устройства станционных комплексов в открытом котловане



Рис. 2. Щитовая проходка двух однопутных (а) и одного двухпутного (б) тоннелей

многомерных BIM-моделей, что позволяет не допустить развития опасных деформационных процессов при строительстве тоннеля и своевременно реализовать при необходимости эффективные защитные мероприятия.

Для успешного продвижения такого подхода необходимо формирование нового класса специалистов, способных успешно работать в BIM-среде.

Для этих целей в НИТУ «МИСиС» с сентября 2019 года начнет реализовываться программа магистратуры «BIM-технологии в

проектировании и строительстве». Она ориентирована как на практикующих инженеров-проектировщиков, так и на лучших выпускников бакалавриата и специалитета. В структуре магистратуры можно выделить три ключевых блока:

- 1) «BIM-моделирование и информационные технологии»;
  - 2) «Подземное и промышленное строительство»;
  - 3) «Управление проектами».
- Программа будет иметь практико-





Рис. 3. I этап – перекладка коммуникаций



Рис. 4. II этап – перенос движения, сооружение стены в грунте и части плиты покрытия



Рис. 5. III этап – перенос движения, сооружение второй стены в грунте и второй части плиты покрытия



Рис. 6. V этап – выемка грунта под плитой, устройство плиты вестибюля

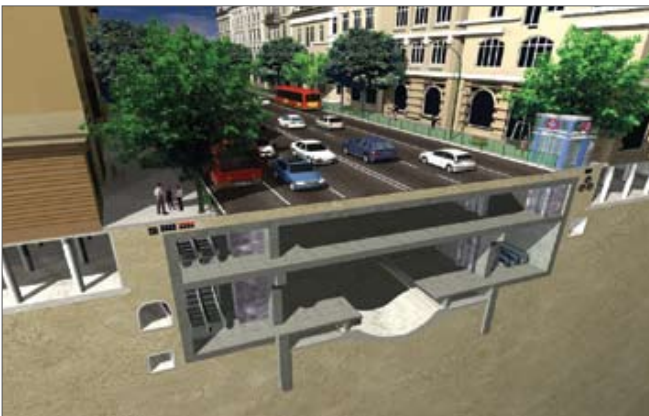


Рис. 7. VII этап – сооружение платформ, архитектура и оборудование



Рис. 8. VIII этап – испытания и ввод в эксплуатацию

ориентированную направленность. Задание на разработку выпускной квалификационной работы выдается в самом начале обучения и направлено на разработку проекта конкретного подземного объекта в BIM-среде. В этих рамках решаются задачи по параметрическому программированию и расчету моделей подземных сооружений; инвариантному проектированию подземных комплексов; оценке напряженно-деформированного

состояния системы «подземное сооружение — грунтовый массив» в условиях плотной городской застройки и другие.

В целом реализация рассмотренных подходов позволит не только сохранить достигнутые темпы метростроения в Москве, но и сделать качественный скачок по основным технико-экономическим показателям. Только благодаря внедрению технологии строительства двухпутных

тоннелей метрополитена и станций нового типа экономический эффект за трехлетний период составит около 80 млрд рублей. Не менее важным является и социальный эффект, заключающийся в качественном совершенствовании транспортной инфраструктуры Москвы и повышении комфортности передвижения миллионов москвичей и гостей столицы. ■