

Конюхов Д.С.,
Полянкин А.Г.
Петунина Д.С.
АО «Мосинжпроект»

Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства

27 и 28 сентября в Минске (республика Беларусь) прошел научно-технический форум «Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства». Организаторы форума: ОАО «Минскметрострой», УП «Минскметрострой», Тоннельная ассоциация республики Беларусь и Тоннельная ассоциация России.



Рис. 1. Участники форума

Форум является весьма важным международным мероприятием. Для участия в нём в город Минск прибыли эксперты и специалисты крупных проектных, строительных компаний, генподрядчики и субподрядчики по строительству различных объектов, научные институты, а также белорусские, российские и иностранные компании производители специализированного оборудования и техники.

Открыла форум серия докладов представителей АО «Минскметрострой»: В.В. Чеканова, П.Н. Непочелович, И.О. Панкевич, Э.И. Клок, В.А. Гращенко, В.И. Штанюк, А.Д. Долбунова, Е. М. Науменко с описанием истории и эволюции

технологических и конструктивных решений при строительстве Минского метрополитена с 1977 года. В докладах был наглядно показан прогресс белорусского метростроения от использования немеханизированных щитов ЩН-1 с производительностью до 75 метров в месяц до современных высокопроизводительных ТПК с активным пригрузом забоя.

Большой интерес аудитории вызвал доклад В.И. Штанюк с описанием опыта АО «Минскметропроект», являющегося одним из лидеров в СНГ по внедрению BIM-технологий при проектировании объектов метрополитена. В качестве среды моделирования используется Autodesk Revit (рис. 2).

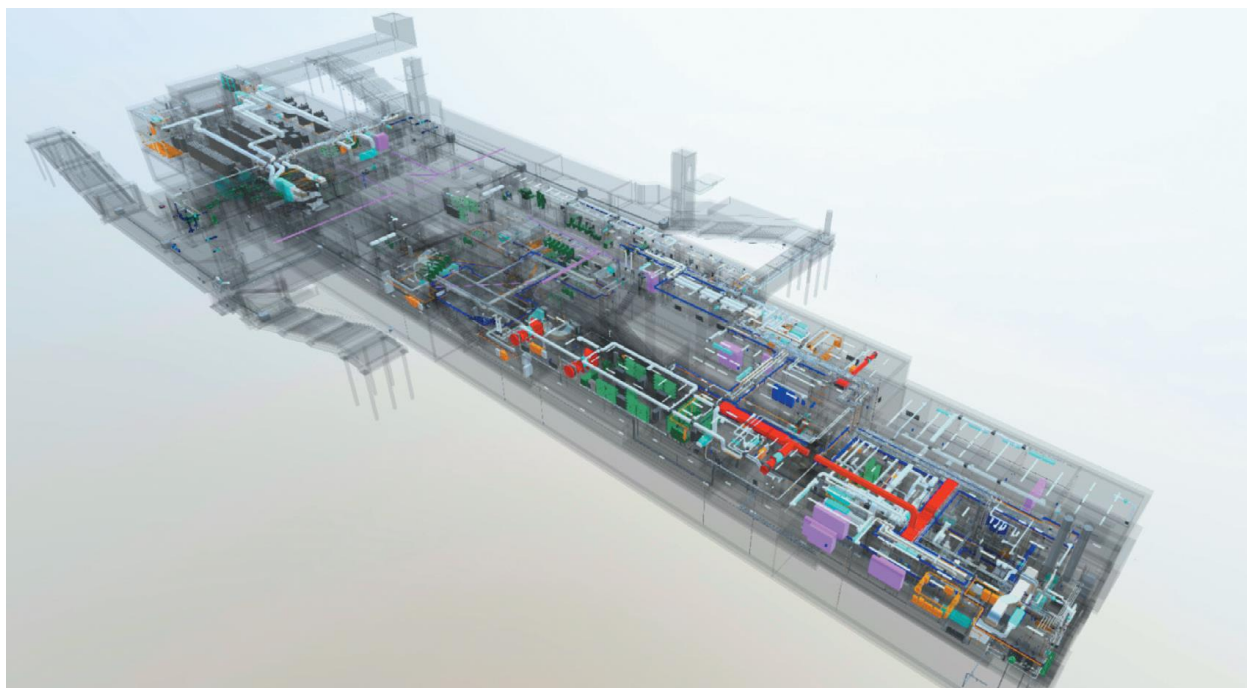


Рис. 2. Координационная BIM-модель станции Лошицкая

Применение BIM-технологий при проектировании станции Лошицкая позволило:

- на 100% автоматизировать составление спецификаций материалов и тем самым исключить математические ошибки при их составлении;
- обеспечить координацию и уточнения взаимного расположения внутренних обустройств (отопление, водоснабжение, вентиляция, электроснабжение, технологическое оборудование и др.) и элементов постоянных и временных конструкций метрополитена на этапе разработки проектных решений. Тем самым уменьшается время на уточнение проектных решений на этапе авторского надзора.

При этом следует отметить, что проектирование объектов метрополитена с применением BIM-технологий в СНГ получает все большее распространение в т.ч. с участием АО «Ленметрогипротранс» и АО «Моспроект-3».

В развитие аналитических решений в геомеханике была представлена разработанная Е.М. Науменко инженерная методика определения просадок грунта при щитовой проходке тоннелей графоаналитическим методом. Данное

направление исследований не теряет свою актуальность уже более 80 лет. При этом следует обратить внимание на возможность использования строгих замкнутых решений теории предельного равновесия грунтов, позволяющих исключить из методики часть упрощений и значительно повысить точность расчетов.

Далее последовал блок докладов специалистов АО «Мосинжпроект» Д. С. Конюхова, Д. С. Петуниной и А. Г. Полянкина, представивших научное обоснование мероприятий по обеспечению сохранности окружающей застройки при строительстве метрополитена в Москве. В докладе была представлена концепция проведения работ по научно-техническому сопровождению строительства, позволяющая обеспечивать безопасность и эксплуатационную надежность действующих зданий и сооружений при проходке под ними тоннелей метрополитена на минимальном расстоянии. В частности, был описан опыт проходки тоннелей строящейся Кожуховской линии метро под действующей Таганско-Краснопресненской линией метро. В результате реализации мероприятий по НТСС была обеспечена безопасная, практически безосадочная проходка тоннелей Кожуховской линии на глубине около 3 м под тоннелями Таганско-Краснопресненской линии Московского метрополитена (рис. 3).

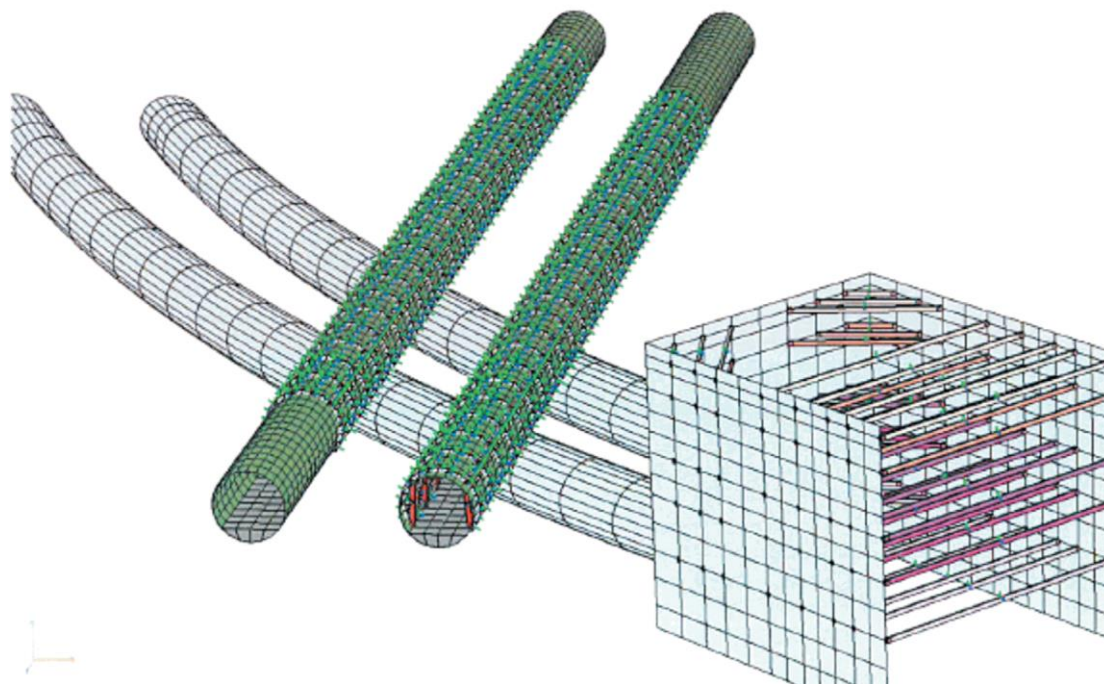


Рис. 3. Пересечение тоннелей КЖЛ и ТКЛ (Расчетная модель МКЭ)

Также на Конференции был представлен доклад АО НИПИИ «Ленметрогипротранс» (авторы Н. И. Кулагин, В. А. Маслак, К. П. Безродный, М. О. Лебедев) о проекте строительства тоннеля на о. Сахалин (рис. 4).



Рис. 4. Тоннельный вариант перехода через пролив Невельского

С целью определения наиболее эффективных конструктивных и технологических решений по сооружению тоннельного перехода непосредственно под проливом, рассматривались следующие варианты его сооружения.

Вариант I. Тоннель $D_n = 9,5$ м и сервис_тоннель $D_n = 5,5$ м с щитовой проходкой.

Вариант II. Тоннель $D_n = 11,5$ м с щитовой проходкой.

Вариант III. Тоннель из опускных секций.

Вариант IV. Тоннельно_мостовой переход.

Вариант V. Комбинированный тоннель с обделками из опускных секций на береговых участках и кругового очертания в русловой части.

В 2007 г. ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» на стадии инвестиций в строительстве выполнило два варианта сооружения тоннеля:

- опускные секции;
- ТПМК с пригрузом забоя.

Сооружение тоннеля опускными секциями в зависимости от створа стоит от 231527,73 до 289575,41 млн. руб. Срок строительства 5–6,5 лет. Сооружение тоннеля с помощью ТПМК стоит от 171809,24 до 184763,26 млн руб. в зависимости от створа пересечения пролива. Срок строительства 9 лет 5 мес. – 9 лет 6 мес.

Наиболее эффективным вариантом был признан вариант тоннеля большого поперечного сечения с щитовой проходкой $D = 11,5$ м.

Сооружение тоннеля предусматривается с использованием специальных тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) с активным пригрузом забоя.

Скорость передвижения по железнодорожному переходу составит до 120 км/ч.

Преимущества тоннельного варианта транспортного перехода:

-значительная независимость эксплуатации от природно-климатических условий по сравнению с мостом;

- тоннели значительно безопаснее в эксплуатации;

- тоннельный вариант менее подвержен терроризму;

- стоимость эксплуатации транспортного перехода (как показывает опыт эксплуатации объектов аналогов в г. Хабаровске) по тоннельному варианту ниже, подземные сооружения менее подвержены нарушениям при землетрясениях, чем наземные, в частности – мосты.

Поэтому в суровых природно-климатических и сложных инженерно-геологических условиях при высокой сейсмической опасности следует отдать предпочтение тоннельному варианту, как наиболее надежному при эксплуатации.

С большим интересом участниками Форума был заслушан доклад заместителя главного инженера АО «Метрострой, СПб» А. Н. Ревва о совместной работе АО «Метрострой, СПб» и ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» по разработке и освоению производства средств механизации для подземных работ. В результате плодотворной работы этих двух организаций разработан стволопроходческий комплекс СПК-6,0, который обеспечит механизацию технологических процессов при сооружении вертикальных стволов и обеспечит безопасность производства этих горнопроходческих работ.

Технические характеристики СПК6,0

Диаметр возводимого ствола – 5,5 м.

Способ разработки грунта – механизированный, барабанной фрезой с режцовым инструментом.

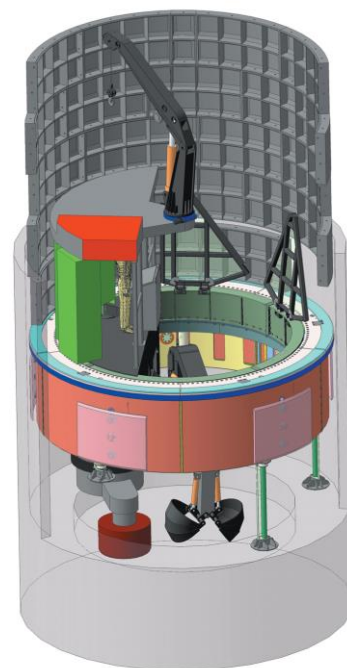
Глубина захватки – 0,5 м.

Способ погрузки – периодический, с использованием подвешенного экскаватора погрузчика.

Объем ковша экскаватора_позрузчика – 0,3 м³.

Масса комбайна – 60 т.

На сегодняшний день ведутся первые проходческие работы комплексом СПК_6,0 на строительной площадке шахты № 571 Лахтинско-Правобережной линии Петербургского метрополитена.



В докладе В. Е. Русанова (ООО «НИЦ Тоннельной Ассоциации») была рассмотрена тема проектирования фибробетонных конструкций тоннельных обделок. Был дан обзор отечественного и зарубежного опыта применения фибробетонов в обделках транспортных тоннелей, а также нормативной базы проектирования и испытания фибробетонных конструкций. Рассматривались основные проектные положения СТО НОСТРОЙ 2.27.125.2013 «Конструкции

транспортных тоннелей из фибробетона. Правила проектирования и производства работ» в сравнении с другими отечественными стандартами на проектирование конструкций из фибробетона.

Был проведен сравнительный анализ существующих решений железобетонных конструкций обделок и альтернативных фибробетонных конструкций. При этом приводились примеры конструктивных решений армирования обделок тоннелей из отечественного и зарубежного опыта для разных видов конструкций (горный способ, щитовой способ, сборные обделки, монолитные обделки, набрызгбетонные крепи). Сравнивались материалоемкость, предполагаемые трудозатраты на изготовление конструкций по упрощенной схеме.

На форуме обсуждалось много вопросов, касающихся проблем и перспектив подземного строительства как в республике Беларусь, так и в России. Это и строительство метрополитенов и инновационное развитие подземной инфраструктуры, и особенности проектирования нового строительства подземных объектов в условиях плотной городской застройки, и безопасность на объектах подземного строительства, и многие другие вопросы. От эффективного решения этих проблем во многом зависит совершенствование единой транспортной системы страны, динамичное развитие отечественной экономики и российских регионов, качество жизни людей.

Выражаем глубокую благодарность за гостеприимство Тоннельной ассоциации Республики Беларусь, ОАО «Минскметропроект», УП «Минскметрострой», а также Тоннельной ассоциации России за организацию столь масштабного и содержательного мероприятия.