

Освоение подземного пространства – как решение градостроительных проблем

**Конюхов Д.С., Андреев А.А., Вдовин А.А., Петунина Д.С.
АО «Мосинжпроект»**

Всемирный тоннельный конгресс и 43-я Генеральная Ассамблея Международной Тоннельной Ассоциации (ИТА) 2017 года прошли с 9 по 15 июня 2017 г. в г. Берген (Норвегия) под девизом «Surface challenges – Underground solutions» («Проблемы поверхности – подземные решения»).

В конгрессе приняли участие более 1500 делегатов, представлявших Тоннельные Ассоциации 74-х стран. Делегация Тоннельной Ассоциации России включала в себя 23 человека, представлявших АО «Мосинжпроект», АО «Мосметрострой» и АО «Ленметрогипротранс» (рис. 1).



Рис. 1. Делегация ИТАР

На открытии конгресса выступили: наследный принц Королевства Норвегия Хаакон Магнус (рис. 2) и президент ИТА Тарчизио Селестино.



Рис. 2. Выступление наследного принца Королевства Норвегия Хаакона Магнуса

Во вступительных докладах отмечалось, что общий объем инвестиций в тоннелестроение и освоение подземного пространства в мире в 2016 году достиг 86 млрд. евро. Был отмечен рост тоннелестроения на Ближнем Востоке, где инвестиции в отрасль составили 10,2 млрд. евро, что сопоставимо с объединённой Европой (9,7 млрд. евро). Лидером мирового тоннелестроения остаётся Китай, занимающий около 50% рынка. Международная тоннельная Ассоциация прогнозирует рост мирового рынка тоннелестроения до 680 млрд. евро в течение 8-ми лет, при том, что 75% от общего объёма тоннелестроения будет сосредоточено в Индии, Юго-Восточной Азии и Китае.

Затем, в течение шести дней было представлено 120 лекций и 340 технических докладов, отражающих ключевые проблемы отрасли.

Основное направление научных и технических докладов было задано лекцией профессора Хакана Стилле из Королевского технологического института в Стокгольме на тему «Геологические неопределенности в тоннелировании – оценка рисков и обеспечение качества», говорившего о том, что, по сравнению с другими отраслями гражданского строительства, тоннелестроение имеет наибольшую сложность именно из-за большой неопределенности грунтовых условий. Своевременный геологический

контроль и геотехнический мониторинг позволяют предотвратить такие аварийные ситуации, как обрушение крепи и затопление тоннеля, а применение наблюдательного метода, как основы геотехнического мониторинга, является обязательным и может рассматриваться как часть оценки рисков и контроля качества. В качестве отдельной проблемы профессором Стилле была отмечена необходимость адаптации Еврокодов 7 (ЕС7) к проблемам горного дела.

Все лекции и доклады были разбиты на 12 секций.

На пленарном заседании было представлено 7 лекций и докладов, посвящённых таким крупным инфраструктурным проектам, как расширение метрополитена, прилегающего к Национальному театру Норвегии в Осло, и Метро на Второй Авеню в Нью-Йорке. В частности, был заслушан доклад о строительстве метрополитена в Стамбуле (Турция). В ближайшем будущем в Стамбуле планируется построить 400 км новых тоннелей метрополитена. Геологические условия Стамбула очень сложны, часто на небольшом расстоянии соседствуют твёрдые скальные и слабые нескальные грунты. Тоннели линии метро Махмутбей-Мечидиекой (18,5 км парных тоннелей) (рис. 3), которые в данный момент проходятся тремя разными ТПК с грунтопригрузом - Herrenknecht, Lovat и Terratec (рис. 4), дают уникальную возможность исследовать влияние изменения инженерно-геологических условий на работу ТПК. Турецкими специалистами разработана общая модель для прогнозирования производительности ТПК с грунтопригрузом в сложных геологических условиях, принимающая в расчёт конструкцию режущих инструментов, физико-механические свойства грунтов и относительное положение щита.

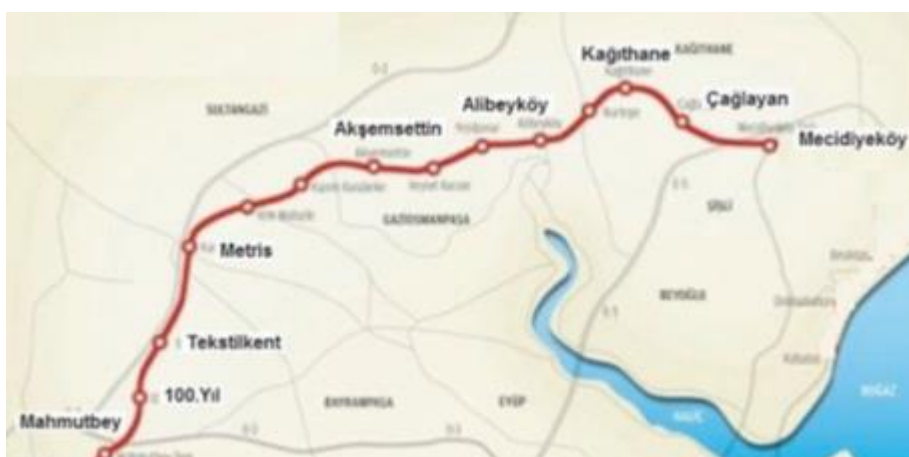


Рис. 3. Схема линии метро Махмутбей-Мечидиекой, Стамбул, Турция



Рис. 4. Рабочие органы ТПМК Herrenknecht, Lovat и Terratec

Эта тема была продолжена на специальной секции, посвящённой проходке тоннелей в слабых и смешанных грунтах. В частности, южнокорейскими специалистами были доложены результаты исследований износа режущих инструментов ТПМК в нескальных грунтах и описана методика прогнозирования срока службы ножевой части щита.

Отдельная секция была посвящена проблемам использования подземного пространства. На секции были рассмотрены коммерческие направления использования подземного пространства, «подземные консорциумы» и то, как города могут использовать подземное пространство для устойчивого развития. Японские специалисты рассказали о своём опыте проектирования и строительства подземного вестибюля в Токио, соединяющего переходами комплекс небоскрёбов крупнейших деловых районов Гинза и Хибийя и станцию метрополитена «Хибийя» 4-й линии (рис. 5). В рамках разработки генерального плана развития города и подготовки к проведению в Токио Олимпийских и Паралимпийских игр 2020 года, был спроектирован крупный подземный вестибюль, который должен соединить станцию метро переходами с близлежащими зданиями. Первоначально предполагалось строительство вестибюля в котловане прямоугольного поперечного сечения. Однако в связи с большим количеством дополнительных требований, предъявленных проектировщикам, остановились на методе продавливания тоннелепроходческим комплексом прямоугольного сечения с качающимися ножами, подобных которому в мире всего несколько штук (рис. 6). В докладе были рассмотрены общие принципы устройства такого рода подземных помещений, призванных соединить имеющиеся в районе подземные сооружения, например, здания и станции метрополитена, а также некоторые детали использованных методов строительства (рис. 7).

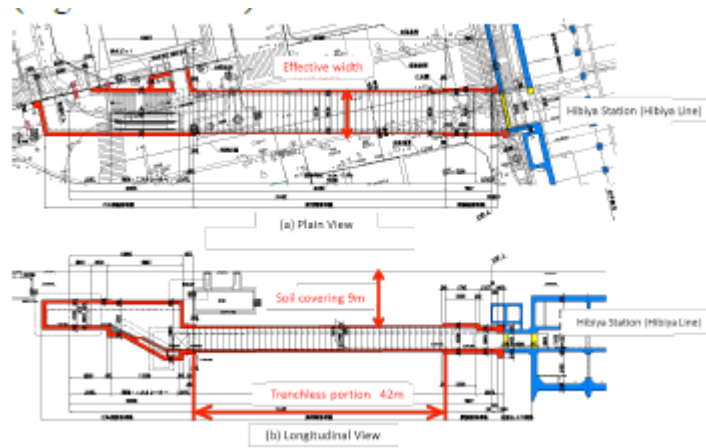


Рис. 5. План и разрез вестибюля



(a) Roof cutters retracted (storage)



(b) Roof cutters extended

Рис. 6. Рабочая часть ТПМК прямоугольного сечения с качающимися ножами



Рис. 7. Построенный фрагмент вестибюля

Специальные секции были посвящены строительству тоннелей в скальных грунтах и применению БВР. В них большой блок докладов был связан с закреплением нарушенных зон в скальных грунтах, а также различным методам откатки разработанной породы.

Представителями Корейского института науки и технологии было доложено о результатах исследований воздействия цементации на жёсткость на сдвиг составного цементно-скального массива. Регулярно расположенные, соединённые в плоскости скальные колонны, составленные из положенных друг на друга круглых камней, моделировались в качестве эквивалентной среды для распространения волн. Цементация моделировалась соединением соседних каменных дисков с помощью микроцемента. Были проведены резонансные испытания колонны для различного времени отверждения, осевой нагрузки, начального состояния шероховатости краёв и толщины цементируемого шва. Полученные результаты были использованы для математического моделирования проходки тоннеля в цементированном скальном грунте.

Норвежскими специалистами было рассказано об использовании конвейерной системы для удаления разработанной породы при строительстве морского тоннеля «Solbakk» («Сольбак»). Двойной тоннель «Solbakk» в настоящее время является самым длинным и самым глубоким строящимся автодорожным тоннелем под дном моря: его общая длина составляет 14,3 км, а максимальная глубина – 292 м (рис. 8).

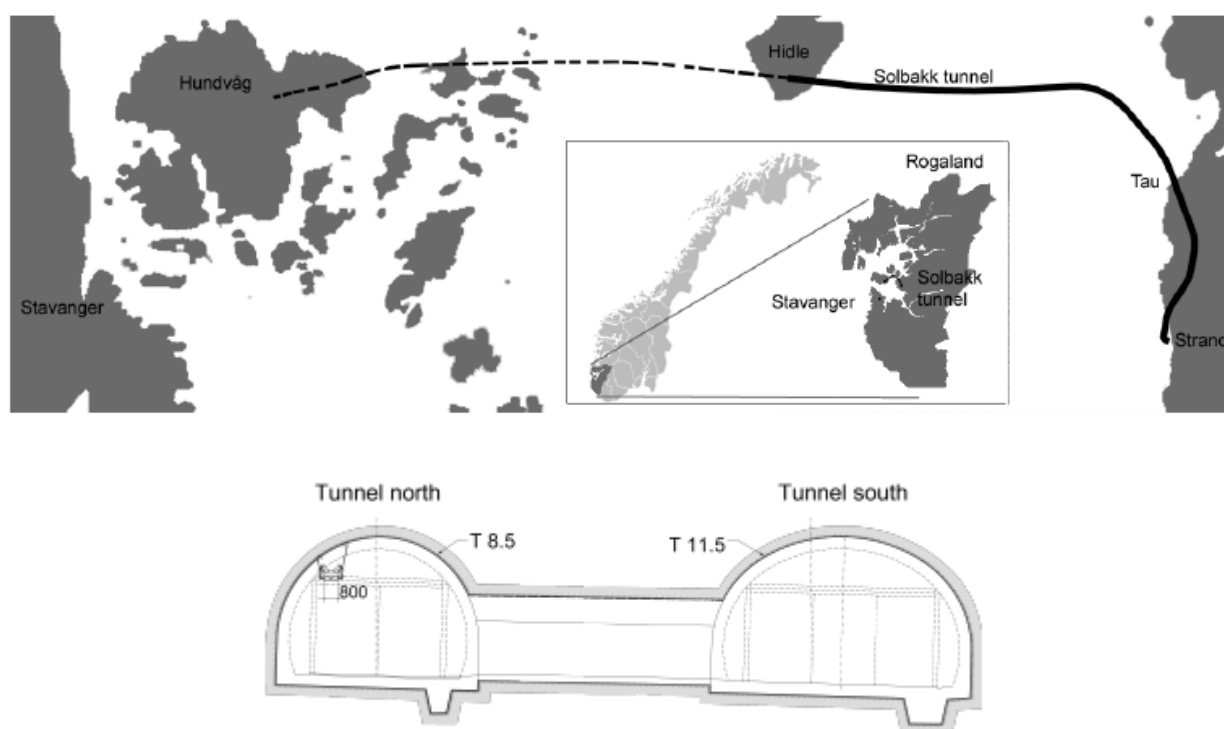


Рис. 8. Тоннель «Solbakk», Норвегия

Тоннель разрабатывается обычным буровзрывным методом, для вывоза разработанной породы используется конвейерная система (рис. 9).



Рис. 9. Конвейерная откатка породы

Докладчиками были рассмотрены два традиционных способа транспортировки отходов – на тележках или конвейером. Преимущества и недостатки логистики этих способов, а также вытекающие от их применения экономические выгоды для проекта, анализируются путем сравнения таких параметров, как энергетический баланс, выделение парникового газа и воздействие на здоровье и безопасность людей (рис. 10).

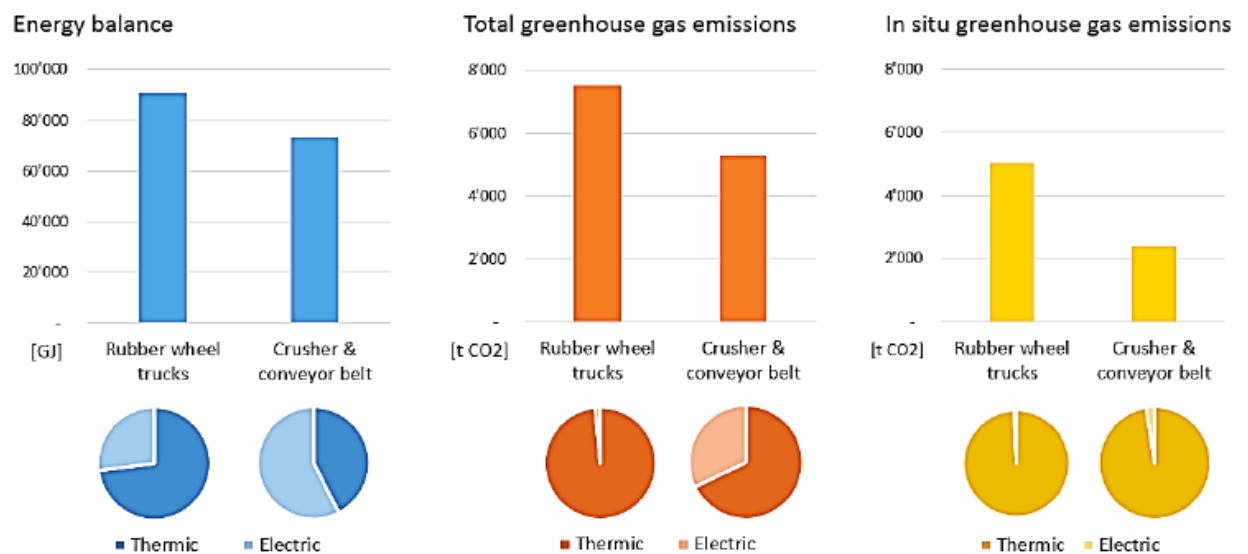


Рис. 10. Сопоставление различных аспектов конвейерной и традиционной откатки породы

Специальная секция рассматривала проблемы строительства инженерных коллекторов и энергетических сооружений. Представители фирмы Херренкнехт доложили о применении щитовой проходки для проходки системы глубоких коллекторов сточных вод в 2008 году в Сингапуре. Такая система, построенная в Абу Даби, включает в себя главный коллектор, вспомогательные тоннели и насосные станции и является

эффективным и экономичным решением долгосрочных проблем сбора, обработки и утилизации сточных вод.

В еще одном докладе представители компании Херренкнехт рассказали об опыте использования ТПМК для проходки межтоннельных сбоек протяжённостью от 18 до 130 м в различных геологических условиях (рис. 11).



Рис. 11. Демонтаж ТПМК AVN3000 после проходки сбойки

В большом блоке докладов рассматривались различные аспекты безопасности строительства и эксплуатации тоннельных сооружений.

На примере Скоростного участка железных дорог Италии между Генуей и Миланом были подробно рассмотрены результаты исследований термомеханического воздействия огня на сборную обделку, армированную полимерной фиброй. Сборная обделка из фибробетона применяется для крепления более чем 25 км перегонных тоннелей диаметром около 10 м, сооружаемых в скальных грунтах. Было выполнено моделирование термомеханического воздействия и разрушения бетона при последовательном увеличении температуры с применением для внутренней поверхности обделки кривых возгорания EUREKA (2008/163/CE) и RWS (UNI 11076) на 120 минут.

В докладе швейцарских специалистов подробно рассматриваются вопросы, связанные с канцерогенными свойствами, токсичностью, биораспадом и использованием возобновляемого сырья при использовании различных химических добавок в тоннелестроении.

Во время Генеральной Ассамблеи ИТА, в её состав была принята Нигерия, ставшая 74-м членом Международной Тоннельной Ассоциации. Президент Тоннельной Ассоциации Нигерии г-н Абидеми Агвор в своей речи отметил, что «Членство в ИТА, безусловно, будет способствовать нашим

усилиям по более широкому использованию подземного пространства в Нигерии. Мы составили для себя 10-летний стратегический план, который мы планируем не только выполнить, но и перевыполнить, а стать страной-членом ИТА - это ключ к достижению этих целей. Наша цель состоит в том, чтобы содействовать достижению целей устойчивого развития, установленных Организацией Объединенных Наций, в первую очередь решению проблем водоснабжения и канализации, инфраструктуры и окружающей среды, и мы знаем, что они также являются основными глобальными целями ИТА».

В настоящее время Нигерия является самой экономически развитой страной на Африканском континенте. Объем экономики Нигерии равен 520,1 млрд. долларов США с возможной скоростью роста более 5% в год. Установленной ООН Программой устойчивого развития Африканских городов, предполагается к 2030 году обеспечить всеобщий «универсальный и справедливый доступ к безопасной и доступной питьевой воде». В 2010 году в Лагосе было запущено 4 очистных сооружения, а с 2011 года государство планировало построить десять новых «мега станций очистки сточных вод» в течение пяти лет.

Также на Генеральной Ассамблее прошёл выбор принимающей страны Всемирного тоннельного конгресса 2020 года. Из 3-х претендентов была выбрана Малайзия с 30 голосами против 22 для Австралии. Темой Всемирного тоннельного конгресса 2020 года стала: «Инновации и устойчивое метростроение».

Литература.

1. Proceedings of the World Tunnel Congress 2017/ 9-15ht June 2017, Bergen, Nordway.