

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТОННЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС В ДУБАИ

М. О. Лебедев, заместитель генерального директора по НИР, к. т. н., доц., ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»



С 21 по 26 апреля 2018 г. в столице Объединенных Арабских Эмиратов городе Дубаи прошел Международный тоннельный конгресс совместно с 44-й Генеральной ассамблеей МТА. Организатором мероприятия традиционно выступила Международная тоннельная ассоциация совместно с Тоннельной ассоциацией Объединенных Арабских Эмиратов.

Инженеры в Объединенных Арабских Эмиратах входят в структуру SOE под патронажем его Высочества Шейха Мухаммеда Бен Рашида Аль-Мактума. SOE стала членом ITA в 2011 г., и с тех пор взаимоотношения между странами становятся все более активными. Это первый раз, когда WTC происходит на Ближнем Востоке. Задача конгресса –

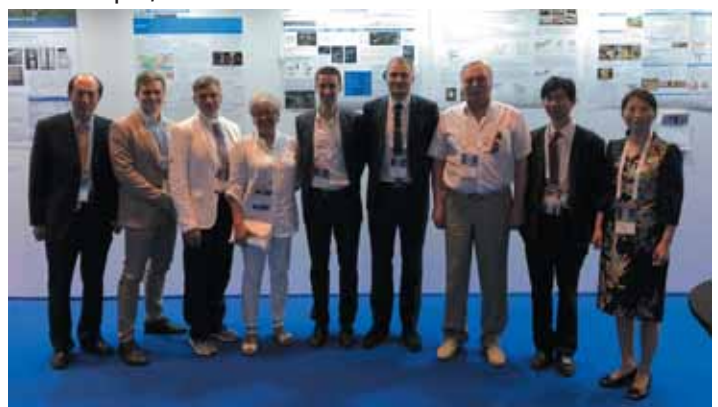
объединение и обмен опытом между странами и организациями, специализирующимся на проектировании и строительстве подземных сооружений. Об успехе и несомненном интересе к конгрессу можно судить по таким цифрам. Поступило 627 тезисов и принято 353 рукописи для устных или стендовых докладов. Для стендовых докладов организато-

рами была выделена дополнительная площадь, чтобы соответствовать высокому спросу со стороны экспонентов. Темой Открытого заседания в этом году стала «контрактная практика на XXI век», поставленная рабочей группой ITA до начала проведения конгресса. Делегация Тоннельной ассоциации России (рис. 1 и 2) включала семь человек.

Рис. 1. На церемонии открытия: М. Ю. Бельский (ОАО «Мосметрострой»), Н. А. Волков (ОАО «Метрострой»), Р. И. Ларионов, И. Б. Василевская, В. А. Марков, М. О. Лебедев (ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»)



Рис. 2. На стендовых докладах: Zhao Wen (директор института по геотехнике и подземному строительству, Китай), Р. И. Ларионов, М. О. Лебедев, И. Б. Василевская (ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»), Н. А. Волков, А. В. Калужный (ОАО «Метрострой»), В. А. Марков (ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»), крайние справа – представители института по геотехнике и подземному строительству, а также журнала Journal of Tunnel Construction. China Railway Tunnel Group Co, Китай



Программа тоннельного конгресса включала в себя учебные курсы по тоннелестроению, стендовые презентации, Генеральную Ассамблею, устные доклады при работе технических сессий, технические туры по текущим тоннельным проектам в ОАЭ и оживленную выставку с компаниями со всего мира, представляющими свои последние тоннельные решения, инновации и технологии.

На выставке участвовали такие известные компании как Herrenknecht, BASF, BROKK, DMT, HILTI, JAPAN TUNNELING ASSOCIATION, Komatsu, Liebherr, MAPEI, Normet, Norwegian Tunneling Society, Robbins, CHINA Communi-

cations Construction Company Ltd, занимающая шесть стандартных площадок, и многие другие производственные, строительные фирмы и корпорации. Некоторые из них представили передовые достижения в области горнопроходческого оборудования, выставив свои образцы и модели. Большим блоком на выставке выступили производители строительных материалов: различные добавки в бетон, композитные материалы (в том числе много производителей арматуры из полимерных материалов, готовых пространственных каркасов и элементов для стыковки такой арматуры), фибры и прочих материалов. Большая часть представ-

ленных материалов имеют эффективное внедрение в практику тоннелестроения.

На конференции, состоявшейся в рамках конгресса, на стендовых докладах приняли участие ОАО «Метрострой» и ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» (рис. 2).

В устных докладах, распределенных по 16 техническим сессиям (табл. 1), были показаны последние инновации, тенденции и достижения во всех областях тоннелестроения, от разработки проектов тоннелей до строительства тоннелей и обеспечения безопасности при строительстве и эксплуатации.

Таблица 1

Тематика технических сессий

Номер технической сессии/Наименование	Обсуждаемые темы
1 Проекты в странах Ближнего Востока и Северной Африки	Эта сессия дает большое представление о крупных проектах в основном в регионе Ближнего Востока и Северной Африки, а также за рубежом. В частности презентации проектов ряда тоннелей в ОАЭ и крупные проекты Дубая.
2 Прогресс в области материалов	Материалы для проходки тоннелей, как правило, проходят регулярные лабораторные исследования с целью лучшего понимания механизма их работы, повышения их эффективности и преимуществ, простоты использования и разработки новых товаров. Для использования фибры в качестве армирования в элементах обделки сборных железобетонных тоннелей приведены результаты полномасштабных испытаний для определения преимуществ использования фиброволокна. Аналитические и экспериментальные результаты подтверждают эффективность конструкции бетона армированного фиброволокнами. Использование химических веществ для кондиционирования грунта при проходке с помощью ТПМК. Представлены также интересные разработки в области использования нанотехнологий для армирования торкретбетона и производства сырья для бетона из тоннельного балласта.
3 Безопасность при проектировании и строительстве	Данная сессия представляет серию работ, связанных с безопасностью при проектировании и строительстве сложных подземных сооружений. Документы охватывают широкий круг вопросов, от здоровья и безопасности рабочих, до проектирования конструкций для сейсмических событий и инновационных подходов к управлению рисками и безопасностью на этапе эксплуатации тоннеля.
4 Тематические исследования работы ТПМК	Эта сессия охватывает несколько основных аспектов и горячих тем, связанных с современным состоянием работы ТПМК. К ним относятся: горные удары, выдавливание грунта, твердых и абразивных трещиноватых скальных пород, и высокое гидростатическое давление, корреляция между расчетными и фактическими технологическими параметрами ТПМК, влияние природного поля напряжений в массиве на управляемость ТПМК, вероятностные методы прогнозирования механических и гидравлических свойств горных пород.
5 «Умные города и устойчивость»	Сессия посвящена городскому подземному пространству в соответствии с основной темой конгресса: как подземные пространства могут позволить городам развиваться устойчиво и стать устойчивыми? Рассмотрены актуальные вопросы, связанные с городским развитием, и как подземное пространство может внести в это свой вклад. Рассмотрены новые технологии, исследования и методологии, которые могут привести к новым решениям.
6 Контрактные риски	Сессия контрактные риски рассматривает роль анализа рисков в процессах принятия решений в явно различающихся технических и административных контекстах. Результаты иногда могут быть неожиданными – от обоснования сноса здания, представляющего историческую ценность, до того, как деятельность написана и оценена с точки зрения страхования. Решаете Вы – является ли анализ риска инструментом, чтобы помочь лицам, принимающим решения, инструментом, чтобы оправдать уже принятые решения или просто удобный подход, чтобы избежать принятия собственных решений?
7 Ремонт и техническое обслуживание	Рассмотрены доклады на темы: - Исследование причин деформации тоннеля в Японии; - Численное моделирование при реконструкции тоннелей в Иране; - Термический анализ термографии для выявления дефектов тоннеля; - Историческая точка зрения на применение упругих материалов при проходке тоннелей в Японии; - Методы оценки притока воды в Нидерландах; - Гидроизоляция тоннеля при помощи акрилатных растворов в Австралии; - Реконструкция тоннеля во Франции и др.
8 Инновационные технологии - 1	Внимание фокусируется на инновациях, внедряемых в мировой индустрии тоннелестроения. Доклады на этой сессии показывают как инженеры разрабатывают инновационные подходы к решению конкретных проблем для строительства надежных тоннелей. Рассмотрены проблемы выбора и принятия технических решений при строительстве, долговечности службы построенных объектов.

Продолжение таблицы 1

Номер технической сессии/Наименование	Обсуждаемые темы
9 Опыт применения ТПМК	Область применения ТПМК в тоннельном строительстве неуклонно растет. Проекты, в которых механизированная проходка на полное сечение не так давно была оценена слишком рискованной и не сохраняющая существующих сооружений на поверхности, сегодня является наиболее эффективной технологией. Регионы мира, где до сих пор доминировали традиционные технологии проходки, сегодня все интенсивнее используют ТПМК. Это результат постоянного сотрудничества всех партнеров по проектам и их совместной работы. На этой сессии рассмотрены доклады с конкретными требованиями к технологическим параметрам ТПМК при их использовании в разных регионах и конкретных инженерно-геологических условиях.
10 Планирование и проектирование-1	Эта сессия представляет интересный перечень последних проектов и методов проектирования, разработанных для больших камер, тоннелей, шахт в скале и мягком грунте. Рассмотрены новые решения анкерного крепления, набрызг-бетонных конструкций, выполнен анализ оснований тоннеля для восприятия нагрузки от ТПМК. Проекты включают программы борьбы с наводнениями, сооружения больших автодорожных тоннелей в слабом грунте, вариант строительства железнодорожного тоннеля, примыкающего к ранее построенным тоннелям, камеры электростанции и архитектурный подход к отделке тоннелей метро.
11 Методы строительства-1	Рассмотрены примеры строительства с повышенными требованиями к проектному сроку службы, сейсмостойчивости и ограничению воздействия на окружающую инфраструктуру. В рассмотренных технологиях также присутствуют инновации в строительстве шахт и организации земляных работ, используемых в проектах по всему миру.
12 Инновационные технологии-2	Строительство тоннелей – это технический бизнес, имеющий риск. Сегодня мы проходим тоннели значительно иначе, чем десять лет назад и т. д. Инновации в подходе, технологии и знаниях делают это возможным. Обмен инновационными успехами и извлеченными уроками является отличительной чертой нашей отрасли, поскольку она продвигает тоннелестроение вперед и улучшает создание подземного пространства на благо общества. Центральной темой этой сессии является обмен инновациями и знаниями, которые могут быть применены к соответствующим проектам в будущем.
13 Методы строительства-2	Вторая сессия методов строительства продолжает представлять инновационные инженерные решения, на этот раз с акцентом на тоннелестроение ТПМК и погружными секциями. Опять же, презентации достижений по многим глобальным проектам по всему миру дают нам представление о современных методах тоннелестроения, извлеченных уроках и ценном опыте.
14 Риски строительства	Мы сталкиваемся со строительными рисками в нашей работе почти каждый день. Некоторые из них непредсказуемы, некоторые вызывают огромные финансовые затраты. Некоторые риски могут быть оценены и минимизированы. Спектр таких строительных рисков широк. Данная Техническая сессия предоставляет широкий спектр различных реальных строительных рисков, оценку технических и коммерческих воздействий, а также меры по снижению возникновения таких дорогостоящих инцидентов.
15 Пожарная безопасность	Презентации рассматривают: - проблемы пожарной безопасности крупных проектов, включая развитие острова Bluewater в Дубаи или Crossrail в Великобритании; - проектирование вентиляции тоннелей, а также исследования систем автоматического мониторинга в двухэтажных тоннелях и эффективности струйного пожаротушения.
16 Планирование и проектирование-2	В тоннелестроении требуется глубокий геомеханический анализ и геотехнологий. Представляя собственный опыт и извлеченные уроки, специалисты поделились различными подходами и опытом из реализованных проектов по всему миру.

Активность стран, инженеры которых представили презентации и полные тексты докладов, представлена в табл. 2.

Общее количество полных текстов докладов, вошедших в сборник конгресса, составило 267.

Общее количество полных текстов докладов, вошедших в сборник конгресса, составило 267.

Таблица 2

Количество текстовых докладов (презентаций) по странам, вошедших в сборник

№ п/п	Страна	Кол-во	№ п/п	Страна	Кол-во	№ п/п	Страна	Кол-во
1	Венгрия	1	13	Египет	3	25	Индия	7
2	Колумбия	1	14	Канада	3	26	Швейцария	7
3	Непал	1	15	Греция	4	27	Иран	8
4	Сингапур	1	16	Россия	4	28	Турция	8
5	Словакия	1	17	Швеция	4	29	США	9
6	Словения	1	18	Австрия	5	30	Франция	9
7	Чехия	1	19	Мексика	5	31	Великобритания	15
8	Доха, Катар	2	20	Австралия	6	32	Корея	19
9	Новая Зеландия	2	21	Бразилия	6	33	Германия	20
10	ОАЭ	2	22	Испания	6	34	Италия	24
11	Таиланд	2	23	Нидерланды	6	35	Япония	25
12	Бельгия	3	24	Норвегия	6	36	Китай	40

Что в первую очередь интересует инженера-тоннельщика? Это наличие работы – наличие спроектированных и переданных заказчиком к реализации объектов строительства. Если такой обзор делать по России, то за последние три года велось строительство только одного транспортного тоннеля – Байкальского железнодорожного тоннеля длиной 6680 м. Окончание проходки тоннеля было выполнено в марте 2018 г. Осуществлялось также строительство железнодорожного тоннеля длиной около 1 км, входящего в систему транспортного железнодорожного перехода в Крым, но после серьезной аварийной ситуации в апреле 2018 г. – потери устойчивости временной крепи, произошедшей при разработке горным способом штроссовой части тоннеля, строительство тоннеля было остановлено для реализации специальных способов по стабилизации грунтов вмещающего массива.

При всей значимости Международного тоннельного конгресса, накопленного богатейшего опыта в строительстве подземных сооружений, мировой рынок тоннельного строительства тоже испытывает дефицит в объектах подземного строительства. За последние два-три года кроме пуска Готтардского базисного тоннеля в Альпах и открытия 13 июня 2018 г. автодорожного тоннеля длиной 14,7 км через гору Овип в Турции, не было начато строительство ни одного длинного, а тем более сверхдлинного транспортного тоннеля. Средняя длина строящихся транспортных тоннелей (за исключением

линий метрополитенов и гидротехнических транспортных тоннелей) составляет около 3000 м. Причем это единичные проекты развитых стран, таких как Франция, Германия, Австрия, Норвегия, Италия, США, Великобритания. Инженеры-тоннельщики этих стран все чаще находят себе работу в Восточной Европе, Индии, Ближнем востоке и Северной Африке.

Конечно же, предпроектные проработки строительства длинных и сверхдлинных тоннелей в мире существуют. Например, строительство железнодорожного тоннеля между Австрией и Италией длиной 64 км (два параллельных однопутных тоннеля с сервисной штольной между ними). Или строительство обновленной версии большого адронного коллайдера с длиной тоннелей около 140 км, часть трассы которого пройдет под Женевским озером (с ориентировочным сроком окончания строительства в 2026 г.). Но, пожалуй, самым амбициозным решением является строительство тоннеля между Хельсинки и Таллинном под Балтийским морем, длиной более 80 км. Скорей всего этот проект навсегда останется только на бумаге, поскольку большинство экспертов считает, что строительство этого тоннеля неразумно, по предварительным расчетам срок окупаемости не менее 37 лет. ЕС вряд ли возьмется финансировать данный проект, строительство которого оценено в 9–13 млрд евро.

В отличие от транспортных тоннелей, в мире идет активное строительство метрополитенов. В Милане до 2022 г. планируется

построить 23 новые станции метрополитена и 16 км тоннелей. Здесь нетрудно увидеть, что в Милане расстояние между станциями является незначительным и составляет менее 1 км. В Стамбуле существующая длина линий метро составляет 145 км, а ожидаемое увеличение их длины уже к 2019 г. составит до 480 км, и до 1000 км в дальнейшем. В 2018 г. в Стамбуле прогнозируется работа более 50 ТПМК с активным пригрузом забоя. Используются щиты фирм Herrenknecht, Lovat и Terratec TBMs. В Южной Америке, в городе Сантьяго объявлено об увеличении линий метрополитена со 117,5 км существующих до 215 км к 2026 г. Активное строительство метрополитенов происходит в Индии.

Пересчитать количество строящихся и планируемых транспортных тоннелей в мире нетрудно, чего не скажешь о Китае.

По состоянию на конец 2017 г. эксплуатационная протяженность рельсового пути в Китае достигла 127 000 км. Введено в эксплуатацию приблизительно 14 547 тоннелей общей протяженностью 15 326 км. В 2017 г. было введено в эксплуатацию 465 железнодорожных тоннелей общей протяженностью 1 206 км, среди которых: 26 сверхдлинных тоннелей общей протяженностью 368 км и 6 тоннелей (табл. 3) с единичной длиной тоннеля более 15 км (сверхдлинный тоннель означает тоннель длиной более 10 км). В стадии строительства 3 825 тоннелей общей протяженностью 8 255 км. Запланировано 5 596 тоннелей общей протяженностью 13 331 км.

Таблица 3

Сверхдлинные железнодорожные тоннели, введенные в эксплуатацию в Китае в 2017 г., с длиной тоннеля более 15 км

Название	Длина, м	Линия	Одно/двух-трубная	Дата завершения проходки	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ
Тоннель западного Циньлина	28 236	Железная дорога Ланьчжоу-Чунцин	Однотрубная двухпутная линия	дек. 2015 г.	200	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Ферст Сервей энд Дизайн Инститьют Груп Ко., Лтд.)	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Таннэл Груп Ко. Лтд.) и China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй 18 Бюро Груп Ко. Лтд.)
Тоннель Мучжайлин	19 095	Железная дорога Ланьчжоу-Чунцин	Однотрубная двухпутная линия	июль 2017 г.	200	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd.
Тоннель Хадапу	16 590	Железная дорога Ланьчжоу-Чунцин	Однотрубная двухпутная линия	март 2016 г.	200	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. и China Railway Seventh Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Севенс Груп Ко. Лтд.)
Тоннель Хэйшань	15 757	Железная дорога Ланьчжоу-Чунцин	Однотрубная двухпутная линия	авг. 2017 г.	200	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 19 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель Циньлин Тяньхуашан	15 988,6	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	июль 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Seventh Group Co., Ltd., и China Railway 12 Group Co., Ltd.
Тоннель Лаоаньшань	15 161	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	сент. 2015 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 12 Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй 12 Груп Ко. Лтд.)

По состоянию на конец 2017 г. действующий километраж высокоскоростных железных дорог в Китае достиг 25 000 км. Было построено приблизительно 2 835 тоннелей общей протяженностью 4 537 км, среди которых

60 сверхдлинных тоннелей общей протяженностью 775 км и 5 тоннелей с единичной длиной тоннеля более 15 км, как показано в табл. 4. В 2017 г. введено в эксплуатацию 6 высокоскоростных железнодорожных линий общей

протяженностью 1 206 км; 198 тоннелей общей протяженностью 604 км, среди которых 16 сверхдлинных тоннелей с единичной длиной тоннеля более 10 км и общей длиной 210 км, как показано в табл. 5.

Таблица 4

Эксплуатация сверхдлинных высокоскоростных железнодорожных тоннелей с единичной длиной тоннеля более 15 км

Название	Длина, м	Линия	Одно/двух- трубная	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ	Дата заверше- ния
Тоннель Тайханшань	27 839	Линия Шицзячжуан-Тайюань, предназначенная для пассажиров	Двухтрубная однопутная линия	250	China Railway Design Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Дизайн Груп Ко. Лтд.),	China Railway Tunnel Group Co., Ltd., China Railway No. 5 Engineering Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй № 5 Инжиниринг Груп Ко. Лтд.), China Railway 11 Group Co., Ltd., China Railway 16th Group Co., Ltd. and China Railway 17th Group Co., Ltd.	дек. 2007 г.
Тоннель Шилин	18 208	Железная дорога Юаньнань-Гуйян	Однотрубная двухпутная линия	200 (250 зарезерви- ровано)	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Эр्यान Инжиниринг Груп Ко. Лтд.),	China Railway First Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Ферст Груп Ко. Лтд.)	дек. 2013 г.
Тоннель Циньлин Тяньхуашань	15 988,6	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 17th Group Co., Ltd. и China Railway 12 Group Co., Ltd.	июль 2016 г.
Тоннель Дабаншань	15 897	Линия Ланьчжоу-Синьцзян, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	350	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.	дек. 2014 г.
Тоннель Лаоаньшань	15 161	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 12 Group Co., Ltd.	сент. 2015 г.

Таблица 5

Введенные в эксплуатацию в 2017 г. сверхдлинные высокоскоростные железнодорожные тоннели

Название	Длина, м	Линия	Одно/двух- трубная	Дата завершения проходки	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ
Тоннель Биджиашань	14 751	Линия Баоцзи-Ланьчжоу, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	апр. 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway No. 10 Engineering Group Co., Ltd. и China Railway Major Bridge Engineering Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Мэйджор Бридж Инжиниринг Груп Ко. Лтд.),
Тоннель Майцзишань	13 947	Линия Баоцзи-Ланьчжоу, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	июнь 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Major Bridge Engineering Group Co., Ltd.
Тоннель Уцзяча	10 456	Линия Баоцзи-Ланьчжоу, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	сент. 2015 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway No. 2 Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй № 2 Груп Ко. Лтд.)
Тоннель Гучэнлин	10 350	Линия Баоцзи-Ланьчжоу, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	дек. 2015 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd.
Тоннель Вэйхэ	10 016	Линия Баоцзи-Ланьчжоу, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	дек. 2015 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 12 Group Co., Ltd.
Тоннель Чжужэяшань	14 950	Линия Баоцзи-Ланьчжоу, предназначенная для пассажиров	Двухтрубная однопутная линия	авг. 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 19 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель Циньлин Тяньхуа	15 988,6	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиров	Однотрубная двухпутная линия	июль 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 17th Group Co., Ltd. и China Railway 12 Group Co., Ltd.

Продолжение таблицы 5

Название	Длина, м	Линия	Одно/двух- трубная	Дата завершения проходки	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ
Тоннель Лаоаньшань	15 161	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Однотрубная двухпутная линия	сент. 2015 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 12 Group Co., Ltd.
Тоннель большого Циньлина	14 846	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Однотрубная двухпутная линия	сент. 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	CCCC Second Harbour Engineering Company Ltd. (СиСиСи Секонд Харбор Инжиниринг Компани ЛТд.) и China Railway 17 Group Co., Ltd.
Тоннель Дели	14 167	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Однотрубная двухпутная линия	январь. 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 12 Group Co., Ltd. и SinoHydro Bureau 14 Co., Ltd. (СайноГайдро Бюро 14 Ко., ЛТд.)
Тоннель Фужэньшань	13 102	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Однотрубная двухпутная линия	апр. 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	SinoHydro Bureau 14 Co., Ltd.
Тоннель Цинляньшань	12 553	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Однотрубная двухпутная линия	май 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	CCCC Second Harbour Engineering Company Ltd.
Тоннель Хэцзялян	12 406	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Однотрубная двухпутная линия	апр. 2016 г.	250	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd.
Тоннель Сяоань	13 430	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Двухтрубная однопутная линия	окт. 2016 г.	250	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Эрьян Инжиниринг Груп Ко. ЛТд.),	China Railway 19 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель Хуанцзялян	11 618,947	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Двухтрубная однопутная линия	фев. 2016 г.	250	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Эрьян Инжиниринг Груп Ко. ЛТд.),	China Railway No. 5 Engineering Group Co., Ltd.,
Тоннель Цзяньцзянь	12 029	Линия Сиань-Чэнду, предназначенная для пассажиrow	Двухтрубная однопутная линия	январь. 2016 г.	250	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway No. 5 Engineering Group Co., Ltd.,

В стадии строительства находится 40 высокоскоростных железнодорожных линий общей протяженностью 9 956 км; 1 456 тоннелей общей протяженностью 3 057 км, среди которых 54 сверхдлинных тоннеля общей протяженностью 683 км и 8 тоннелей с единичной длиной тоннеля более 15 км, как показано в табл. 6.

В Китае эксплуатируется 920 высокоско-

ростных железнодорожных тоннелей общей протяженностью 2 179 км с проектной скоростью 300–350 км/ч, а со скоростью 250 км/ч – 536 тоннелей общей протяженностью 878 км.

Запланировано 72 высокоскоростные железнодорожные линии общей протяженностью 15 051 км; 2 687 тоннелей общей протяженностью 5 482 км, среди которых

83 сверхдлинных тоннеля общей протяженностью 1 128 км и 17 тоннелей с единичной длиной тоннеля более 15 км, как показано в табл. 7. 1 720 высокоскоростных железнодорожных тоннелей общей протяженностью 3 654 км с проектной скоростью 300–350 км/ч и 967 тоннелей общей протяженностью 1 828 км с проектной скоростью 250 км/ч.

Таблица 6

Сверхдлинные высокоскоростные железнодорожные тоннели в стадии строительства

Название	Длина, м	Линия	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ	Примечание
Тоннель с тремя мини-ущельями	18 954	Высокоскоростная железная дорога Чжэнчжоу-Ваньчжоу	350	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Синьхуа	18 770	Высокоскоростная железная дорога Чжэнчжоу-Ваньчжоу	350	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway First Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Дунмин	18 226	Железная дорога Ханчжоу-Шаосин- Тайчжоу	350	China Railway Design Group Co., Ltd.	China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Цзюван Дашань № 1	17 012	Высокоскоростная железная дорога Гуйян-Наньнин	350	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия

Продолжение таблицы 6

Название	Длина, м	Линия	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ	Примечание
Тоннель Ушань	16 570,5	Высокоскоростная железная дорога Чжэнчжоу-Ваньчжоу	350	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Цзюван Дашань № 4	15 485	Высокоскоростная железная дорога Гуйян-Наньнин	350	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Сянлупин	15 154	Высокоскоростная железная дорога Чжэнчжоу-Ваньчжоу	350	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Ду-ань	15 152	Высокоскоростная железная дорога Гуйян-Наньнин	350	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway 11 Bureau Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия

Таблица 7

Запланированные сверхдлинные высокоскоростные железнодорожные тоннели длиной более 15 км

Название	Длина, м	Линия	Проектная скорость, км/ч	Фаза	Проектировщик	Примечание
Тоннель Ушаолин	17 205	Третья и четвертая линия Ланьчжоу-Чжанцзяцзе	250	Технико-экономическое обоснование	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	Двухтрубная
Тоннель Циньлин Мабайшань	22 962	Недавно построенная линия Сиань-Шиянь	350	Технико-экономическое обоснование	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель западного Циньлина	18 016	Недавно построенная линия Сиань-Шиянь	350	Технико-экономическое обоснование	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Циньлин Тайсиншань	18 819	Недавно построенная линия Сиань-Анькан	350	Технико-экономическое обоснование	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Циньлин Цзютяньшань	22 294	Недавно построенная линия Сиань-Анькан	350	Технико-экономическое обоснование	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Яньань	23 041	Недавно построенная линия Сиань-Яньань	350	Технико-экономическое обоснование	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Тайпиншань	16 805	Высокоскоростная железная дорога Шаньхай-Цзуньи	250 (350 зарезервировано)	Дополнительное технико-экономическое обоснование	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Илян	22 922	Высокоскоростная железная дорога Чунцин-Куньмин	350	Предварительный проект	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Чжаотун	16 330	Высокоскоростная железная дорога Чунцин-Куньмин	350	Предварительный проект	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Баюнь	16 860	Высокоскоростная железная дорога Чунцин-Куньмин	350	Предварительный проект	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия

Продолжение таблицы 7

Название	Длина, м	Линия	Проектная скорость, км/ч	Фаза	Проектировщик	Примечание
Тоннель Цюйцзин	16 030	Высокоскоростная железная дорога Чунцин-Куньмин	350	Предварительный проект	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Сюэбаошань	16 920	Линия Чунцин-Сиань	350	Дополнительное технико-экономическое обоснование	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Иньшань	19 620	Линия Пекин-Тайюань, предназначенная для пассажиров	350	Дополнительное технико-экономическое обоснование	China Railway Design Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель к аэропорту	16 625	Железная дорога Шэньчжэнь- Маомин	250	Технико-экономическое обоснование	China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd. (Чайна Рэилуэй Сайюань энд Дизайн Груп Ко., Лтд.)	Однотрубная двухпутная/Двухтрубная однопутная
Тоннель Шичжун	19 446	Железная дорога Цяньцзян-Ваньчжоу	350	Дополнительное технико-экономическое обоснование	China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Шичжу	18 330	Железная дорога Цяньцзян-Ваньчжоу	350	Дополнительное технико-экономическое обоснование	China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd.	Однотрубная двухпутная линия
Тоннель Сяншань	17 763	Железная дорога аэропорта Ланьчжоу-Чжунчуань	250	Строительный чертёж	China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd. (Чайна Рэилуэй Фифс Сервей энд Дизайн Инститьют Груп Ко., Лтд.)	Однотрубная двухпутная линия

По состоянию на конец 2017 г. действующие стигли количества 132 общей протяженностью начной длиной тоннеля более 20 км и общей сверхдлинные железнодорожные тоннели до- 1 812 км, среди которых было 9 тоннелей с еди- 219 км, как показано в табл. 8.

Таблица 8

Сверхдлинные железнодорожные тоннели в эксплуатации длиной более 20 км

Название	Длина, м	Линия	Одно/двух-трубная	Дата завершения	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ
Тоннель Гуаньцзяо	32 690	Вторая линия Синин-Голмуд	Двухтрубная однопутная линия	дек. 2014 г.	160	China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. и China Railway 16 Group Co., Ltd.
Тоннель Чжунтянь-шань	22 449	Линия южного Синьцзян	Двухтрубная однопутная линия	дек. 2014 г.	160	China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. и China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель Ушаолин	20 050	Вторая линия Ланьчжоу-Ухань	Двухтрубная однопутная линия	март 2006 г.	160	China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd., China Railway First Group Co., Ltd., China Railway No. 2 Group Co., Ltd., China Railway No. 5 Engineering Group Co., Ltd., China Railway 12 Group Co., Ltd., China Railway 16 Group Co., Ltd., China Railway 17 Group Co., Ltd. и China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель западного Циньлина	28 236	Линия Ланьчжоу-Чунцин	Двухтрубная однопутная линия	дек. 2016 г.	200	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. и China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель Тайханшань	27 839	Линия Шицзячжуан-Тайюань, предназначенная для пассажиров	Двухтрубная однопутная линия	дек. 2007 г.	250	China Railway Design Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd., China Railway 12 Group Co., Ltd., China Railway 16 Group Co., Ltd., China Railway 17 Group Co., Ltd., China Railway No. 5 Engineering Group Co., Ltd.

Продолжение таблицы 8

Название	Длина, м	Линия	Одно/двух-трубная	Дата завершения	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ
Тоннель Люйляншань	20 785	Железная дорога Тайюань-Чжунвэй-Иньчуань	Двухтрубная однопутная линия	окт. 2009 г.	160 (200 зарезервировано)	China Railway Design Group Co., Ltd.	China Railway NO. 3 Engineering Group Co., Ltd. и China Railway 12 Group Co., Ltd.
Тоннель Яньшань	21 153	Железная дорога Чжанцзяцзе-Таншань	Двухтрубная однопутная линия	сент. 2014 г.	120	China Railway Design Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd.
Тоннель Цинюньшань	22 175	Железная дорога Сянтан-Путянь	Двухтрубная однопутная линия	сент. 2011 г.	200	China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd.	China Railway 23 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель южный Люйляншань	23 443	Железная дорога Ватан-Жичжао	Двухтрубная однопутная линия	апр. 2013 г.	120	China Railway Tunnel and Design Institute Co., Ltd. (Чайна Рэйлуэй Таннэл энд Дизайн Инститют Ко.Лтд.)	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. и China Railway 11 Bureau Group Co., Ltd.

В 2017 г. были введены в эксплуатацию 26 тоннелей общей протяженностью 368 км, из которых 1 тоннель длиной более 20 км, а именно тоннель западный Циньлин на желез-

ной дороге Ланьчжоу-Чунцин (длина 28,2 км).

В настоящее время строится 156 сверхдлинных тоннелей общей протяженностью 2 115 км, из которых 6 тоннелей длиной бо-

лее 20 км и общей протяженностью 151 км, как показано в табл. 9.

Приведенные выше данные не включают данные в Гонконге, Макао и Тайване.

Таблица 9

Сверхдлинные железнодорожные тоннели длиной более 20 км в стадии строительства

Название	Длина, м	Линия	Одно/двух-трубная	Дата начала	Проектная скорость, км/ч	Проектировщик	Подрядчик строительных работ
Тоннель Данцзиньшань	20 100	Железная дорога Дуньхуан-Голмуд	Однотрубная однопутная линия	апр. 2013 г.	120	China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd.	China Railway 17 Group Co., Ltd., China Railway 19 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель Гаоли Гуншань	34 538	Железная дорога Дали-Жуйли	Однотрубная однопутная линия	дек. 2014 г.	140	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. и China Railway 18 Bureau Group Co., Ltd.
Тоннель Сяосянлин	21 775	Секция Эми на второй линии Чэнду-Куньмин	Однотрубная однопутная линия	2015 г.	160	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd.
Тоннель Юньтуньбао	22 923	Железная дорога Чэнду-Ланьчжоу	Однотрубная однопутная линия	март 2014 г.	200	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway No. 2 Group Co., Ltd. и China Railway 16 Group Co., Ltd.
Тоннель Пинань	28 426	Железная дорога Чэнду-Ланьчжоу	Двухтрубная однопутная линия	март 2013 г.	200	China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd.	China Railway Tunnel Group Co., Ltd. и China Railway NO. 3 Engineering Group Co., Ltd.
Тоннель Сяошань	22 751	Секция Саньцзин на железной дороге Менхуа	Двухтрубная однопутная линия	май 2015 г.	120	China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd.	China Railway 16 Group Co., Ltd.



Рис. 3. Автоматизированный мониторинг напряженно-деформированного состояния строительных конструкций с постоянным оповещением о безопасности при помощи световых индикаторов (светодиодов): а – при разработке котлованов; б – при проходке тоннелей

Запланировано 270 сверхдлинных тоннелей общей протяженностью 3 834 км, среди которых 19 тоннелей с длиной тоннеля более 20 км и общей протяженностью 465 км.

По состоянию на конец 2017 г. эксплуатационная протяженность автомобильных дорог Китая достигла 4,773 5 млн км, что на 78 200 км превышает протяженность на конец 2016 г. Эксплуатационная протяженность автомагистралей достигла 1,365×105 км, что на 6 500 км превышает протяженность на конец 2016 г. Протяженность национальной автомагистралей достигла 1,023×105 км, что на 3 900 км превышает протяженность на конец 2016 г.

На конец 2017 г. в эксплуатации находится 16 229 автомобильных тоннелей национального масштаба общей протяженностью 15,285 1 млн м, что на 1048 больше и на 1,245 4 млн м длиннее, чем на конец 2016 г. Было 902 сверхдлинных (длиной более 3 км) автомобильных тоннелей общей протяженностью 4,013 2 млн м и 3 841 длинных (длиной от 1 до 3 км) автомобильных тоннелей общей протяженностью 6,599 3 млн м. Инвестиции в автомобильные дороги в 2017 г. достигли 2 125 333 млрд юаней (340 053,28 млрд \$), что на 18,2 % больше, чем в 2016 г. Между тем, инвестиции в автомобильные тоннели в 2017 г. достигли 925,786 млрд юаней (148,125 млрд \$), что на 12,4 % больше, чем в 2016 г.

На тоннельном конгрессе были приведены цифры, что мировой годовой рынок строительства тоннелей и подземных сооружений растет и составляет более 100 млрд \$. Сопоставляя с инвестициями Китая¹, которые только для автомобильных тоннелей превышают инвестиции по всему миру, можно без ошибки ответить на

вопрос – кто является мировым лидером в объемах тоннелестроения?

Важный раздел, который рассматривался в рамках тоннельного конгресса на многих секциях, был связан с обеспечением безопасности при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей. И здесь можно сказать, что вопросы оценки рисков и мероприятий, направленных на повышение безопасности при строительстве уже по умолчанию выполняются для каждого проектируемого и строящегося тоннеля. Так называемый геотехнический мониторинг является неотъемлемой частью технологического процесса строительства. В общем виде геотехнический мониторинг решает следующие задачи:

- контроль гидростатического (порового) давления;
- контроль напряженно-деформированного состояния строительных конструкций (обделки);
- контроль качества закрепления грунтов геофизическими методами;
- контроль глубинных деформаций грунтового массива над тоннелем при помощи экстензометров и инклинометров;
- визуальный и инструментальный мониторинг зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства;
- геодезический мониторинг деформаций поверхности.

Такой комплекс работ обязательно выполняется при строительстве тоннелей в условиях существующей застройки.

Если спроецировать данный вопрос на строительство метрополитена в Москве, то можно увидеть ущербность геотехнического мониторинга, который в составе проектной документации представляет собой только программу наблюдений за

деформациями поверхности. А это наличие информации только о финальной стадии негативного влияния на окружающую среду, когда принимать меры уже поздно. Можно на это закрывать глаза, но большое количество «нештатных» ситуаций при строительстве Московского метрополитена свидетельствуют об отсутствии своевременной информации, которая могла бы позволить принять своевременные меры по стабилизации ситуации, исключить последующие колоссальные затраты на восстановительные работы, сохранить строительную технику, соблюсти директивные сроки строительства и, что немаловажно, не сломать человеческие судьбы.

Одним из лидеров в системах мониторинга является Япония. При всей известности систем автоматизированного мониторинга напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, в Японии они получили дальнейшее развитие. Непосредственно в тоннелях устраиваются световые индикаторы, позволяющие в режиме светофора судить о текущем состоянии строительных конструкций (рис. 3).

Обмен накопленным опытом, который происходит на Международном тоннельном конгрессе, позволяет с меньшими материальными и временными затратами принимать оптимальные решения, исключать из рассмотрения заведомо провальные технические решения.

Следующий Международный тоннельный конгресс пройдет в мае 2019 г. в Турине (Италия), где обязательно будут рассмотрены результаты строительства и проектирования новых подземных сооружений на всех континентах.

¹Вся информация по строительству тоннелей в Китае взята из журнала Journal of Tunnel Construction. China Railway Tunnel Group Co. April, 2018.