

Метро *и* тоннели

№ 3
сентябрь 2024



50 | Байкало-Амурской
лет | магистрали



Журнал

Тоннельной ассоциации России, входит в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

**Председатель
редакционной коллегии**

К. Н. Матвеев, председатель правления ТАР

**Зам. председателя
редакционной коллегии**

И. Я. Дорман, доктор техн. наук

Ответственный секретарь

С. В. Мазеин, доктор техн. наук, зам. руководителя Исполнительной дирекции

Редакционная коллегия

В. В. Адушкин, академик РАН

В. Н. Александров

М. Ю. Беленький

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

В. В. Внутских

С. А. Жуков

В. Н. Захаров, академик РАН

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбачкий, доктор техн. наук

М. О. Лебедев, канд. техн. наук

И. В. Маковский, канд. техн. наук

В. Е. Меркин, доктор техн. наук

М. Х. Миралимов, доктор техн. наук

М. М. Рахимов, канд. техн. наук

А. Ю. Старков

Т. В. Шелитько, доктор техн. наук

Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

тел: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

Предпочтательная подготовка

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов журнала только с письменного разрешения Тоннельной ассоциации России

В Тоннельной ассоциации России

Тоннельная ассоциация России: особое значение в условиях санкций	2
Интервью с К. Н. Матвеевым	

Железнодорожные тоннели

К вопросу строительства вторых железнодорожных тоннелей на трассе БАМ	8
--	----------

Проблемы строительства скоростных транспортных сверхпротяженных железнодорожных тоннелей в Швейцарии	9
---	----------

С. Ф. Панкина, Ю. М. Самохвалов, И. Я. Дорман
(репринт статьи из журнала
«Подземное пространство мира», 2005 г.)

Некоторые рекомендации по организации строительства вторых тоннелей на трассе БАМ	37
--	-----------

И. Я. Дорман, С. В. Мазеин, А. Б. Лебедев

Вопросы безопасности

Актуальные проблемы пожарной безопасности подвижного состава метрополитена	39
---	-----------

В. С. Кудрявцев, Д. Е. Шабунина

Зарубежный опыт

В декабре 2023 г. сеть метро КНР приросла на 300 км	42
--	-----------

В. В. Космин

Сравнительный анализ эффективности работы европейских метрополитенов: методика и результаты	44
--	-----------

Д. С. Конюхов

Наша история

Михаил Абрамович Иофис	47
-------------------------------	-----------

(к 100-летию со дня рождения)

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Действующий
Северомурский тоннель
(с. 8)

ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ РОССИИ: ОСОБОЕ ЗНАЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ САНКЦИИ



Председатель правления Тоннельной ассоциации России (ТАР) Константин Николаевич Матвеев стоял у истоков зарождения Большой кольцевой линии (БКЛ) в Московском метрополитене, когда возглавлял ОАО «Мосинжпроект», и продолжал ее курировать до ввода БКЛ в эксплуатацию. Ранее он руководил крупными строительными предприятиями и инжиниринговыми компаниями в Стройкомплексе Москвы и России, участвовал в строительстве космодрома «Восточный» госкорпорации «Роскосмос». Ныне Константин Николаевич является генеральным директором ОАО «Моспроект-3» – генподрядчика строительства метрополитенов в Красноярске, Нижнем Новгороде, Челябинске. Сегодня он наш собеседник.

– Уважаемый Константин Николаевич, геополитические условия, сложившиеся в мире на сегодняшний день, поставили Россию перед необходимостью достижения технологического суверенитета. Это выдвигает серьезные задачи перед научным и техническим сообществом. Необходимы новые разработки и открытия, создание современных производств, и все это нужно, как говорится, еще вчера. При этом профессиональные сообщества приобретают особое значение, они призваны стать драйверами в этой работе. Как на эти вызовы отвечает Тоннельная ассоциация России?

– Одна из основных задач ассоциации – изучение и обобщение имеющегося опыта в области метро- и тоннелестроения, причем не только отечественного, но и международного, и создание условий для формирования перспективных инициатив в области освоения подземного пространства. Сегодня для этого есть все предпосылки, как внешние, так и внутренние.

Широкие возможности для обмена актуальной информацией о мировом опыте тоннелестроения и освоения подземного пространства предоставляет нам членство в Международной тоннельной ассоциации. Мы активно участвуем в мероприятиях, проводимых этой профессиональной ор-

ганизацией, поддерживаем деловые связи с национальными ассоциациями тоннелестроителей ведущих стран мира.

Изучению зарубежного опыта тоннелестроения способствует также участие наших специалистов в других международных мероприятиях, в том числе, крупнейшей работе Международной строительной выставки Ваума, а также организация Тоннельной ассоциацией России деловых зарубежных поездок. Таким образом, у нас имеются все возможности для объективной оценки технического уровня международного и отечественного опыта тоннелестроения.

О высоком техническом уровне отечественного метро- и тоннелестроения ярко свидетельствуют работы по реконструкции Московского метрополитена, проведенные в 2011–2023 гг. и, в частности, по сооружению Большой кольцевой линии Московского метрополитена. Построить 70 км метрополитена со всей необходимой инфраструктурой и 31 станцию, многие из которых являются пересадочными на другие линии метрополитена, станции МЦК и МЦД, и «привязать» их к уже действующим линиям метро – это невероятно сложная работа и огромный объем! Причем эта работа осуществлялась в очень непростых гидрогеологических условиях и в плотной городской застройке, а строить нужно было быстро. Это бесценный опыт, который вошел в копилку отечественного

метростроения навсегда. По ряду объектов ТАР осуществляла научно-техническое сопровождение.

Проходка тоннелей требовала серьезных расчетов, учитывающих состояние грунтов и близлежащих к трассе зданий и сооружений, чтобы исключить влияние хода тоннелепроходческих комплексов на строения. Когда я работал в Мосинжпроекте и возглавил Тоннельную ассоциацию России, мы продолжили работу по отслеживанию качества проходки на строящейся БКЛ. Собирались рабочие группы из самых квалифицированных специалистов в этой области, вне зависимости от того, в каких организациях они работали, для решения сложных технических, технологических задач. Этот опыт мы обобщали. И теперь можем применять его как в Москве, так и в других городах, где сегодня строятся метрополитены – в Красноярске, Нижнем Новгороде, Челябинске и других.

Кроме того, в прошлом году состоялось открытие нового участка Солнцевской линии Московского метрополитена в сторону аэропорта Внуково протяженностью 4,9 км, с двумя станциями – «Пыхтино» и «Аэропорт Внуково». Впервые в нашей стране метрополитен связал город с одним из крупнейших аэропортов России; были открыты ещё три станции на Люблинско-Дмитровской линии Московского метрополитена – «Яхромская»,

«Лианозово» и «Физтех»; успешно и в короткие сроки проведена реконструкция перегонных тоннелей и станции «Коломенская» Замоскворецкой линии Московского метрополитена. Метро в Москве активно строится, опыт изучается, накапливается и применяется в подземном строительстве.

– О научно-техническом сопровождении строящихся объектов, которое проводит Тоннельная ассоциация России, расскажите, пожалуйста, подробнее.

– Это направление занимает особое место в работе Тоннельной ассоциации России. Чёткая организация научно-технического сопровождения снижает риски, сопутствующие подземному строительству, обеспечивает качество и безопасность выполняемых работ, повышает надёжность построенных объектов в эксплуатации.

В прошлом году было завершено выполнение работ по Западному, Северо-Восточному, Восточному и Юго-Западному участкам БКЛ, а также по Троицкой линии Московского метрополитена. Кроме того, выполнены работы по научно-техническому сопровождению ремонтно-восстановительных работ на линии метрополитена в Царицыно, на кабельном коллекторе на станции «Чкаловская» и на пешеходном переходе на станции «Лубянка». По договору с АО «Мосинжпроект» обеспечено научно-техническое сопровождение строительства стилобата здания в Москве в районе Мневники. По договору с КЦ «БИА» выполнено экспертное заключение по проекту линии метрополитена в Красноярске. Ведётся работа по заключению договора о научно-техническом сопровождении работ по развитию Самарского метрополитена.

Член правления ТАР Игорь Яковлевич Дорман осуществлял работы в рамках договора научно-технического сопровождения строительства пешеходного перехода под железной дорогой в районе станции Быково Московской железной дороги. Членами ТАР оказываются консультации представителям РЖД по вопросам сейсмики при проектировании тоннелей в Восточной Сибири и сотрудиникам АО «Дороги и мосты» по вопросам, связанным со строительством автотранспортного тоннеля под железной дорогой без перерыва движения поездов в Кирове.

В 2024 г. в рамках договора ТАР с АО «Мосинжпроект» о научно-техническом сопровождении проектирования и строительства Московского метрополитена завершена работа по восьми договорам на сумму 34 млн руб. (собственными силами – 6 млн руб.). Работы по научно-техническому сопровождению велись на Северо-Восточном, Восточном и Южном участках Третьего пересадочного контура и на Троицкой и Рублёво-Архангельской линиях Московского метрополитена. Кроме того, в июне 2024 г. завершены работы по научно-техническому

сопровождению строительства вентиляционного канала с постоянным вентиляционным киоском в районе станции «Нижняя Масловка» Большой кольцевой линии Московского метрополитена.

С октября 2023 г. выполняются работы по научно-техническому сопровождению и оказанию консультационных услуг при строительстве подземного пешеходного перехода через железную дорогу в районе платформы Быково Раменского муниципального района Московской области с применением технологии продавливания железобетонных секций под защитой экрана из горизонтальных труб.

Сегодня, когда целому ряду городов-миллионников Правительством России выделены бюджетные кредиты на строительство метрополитенов в рамках «Инфраструктур-

и строительством, согласно регламентам, передается последовательно и может быть использована всеми участниками проекта. Практическое применение регламентов позволит стандартизировать бизнес-процессы взаимодействия участников проекта с применением современных цифровых технологий, унифицировать требования к составу и объёму данных информационных моделей объектов метрополитена и описать в цифровом виде бизнес-процессы. Кроме того, регламенты позволяют сопоставлять проектные решения и данные информационных моделей для поиска оптимального варианта по срокам и стоимости. Также утверждённые документы учитывают особенности применения ТИМ в подземном строительстве и могут быть основой при разработке соответствующих федеральных и муниципальных

Одна из основных задач ассоциации – изучение и обобщение имеющегося опыта в области метро- и тоннелестроения, причем не только отечественного, но и международного.

ного меню», члены ТАР также принимают активное участие в реализации этих проектов.

В структуре ассоциации продолжают функционировать рабочие группы по актуальным вопросам подземного строительства, созданные в 2019 г. Сегодня активно действует рабочая группа ТАР № 2 «Содействие внедрению технологий информационного моделирования при реализации проектов подземного строительства». Специалисты рабочей группы провели анализ отечественного и зарубежного опыта применения технологий информационного моделирования при сооружении линейных транспортных объектов и подземных сооружений, и в прошлом году разработали семь регламентов, определяющих порядок формирования и актуализации информационных моделей на всех стадиях жизненного цикла объектов и порядок обмена информацией между всеми участниками реализации строительного проекта.

На сегодняшний день все семь регламентов приняты столичным правительством. Эти документы описывают процедуры использования технологии информационного моделирования (ТИМ) при создании объектов и сооружений метрополитена, объектов подземного строительства. Регламенты достаточно полно отражают процессы взаимодействия участников реализации проекта на всех этапах его «жизненного цикла» – проектирования, строительства и эксплуатации объектов метрополитена. Необходимая информация, связанная с проектированием

нормативно-правовых актов.

Для работы над документами в качестве разработчиков и экспертов привлекались специалисты ведущих проектных институтов в области подземного строительства: АО «Мосинжпроект», АО «Моспроект-3», АО «Моспромпроект», АО «Ленметроги-протранс», ОАО «Минскметропроект», АО «Метроги-протранс», Московского метрополитена, Института пути, строительства и сооружений НИУ «МИИТ», Горного института НИТУ «МИСиС», Строительного университета НИУ «МГСУ» и других специализированных организаций.

При реализации проектов подземного строительства и объектов метрополитена в Москве разработанные регламенты имеют статус рекомендательных документов и будут являться основой и примером для разработки, в первую очередь, заказчиками всех уровней, требований в заданиях на проектирование и контрактах на реализацию объектов любого назначения с применением ТИМ.

– Вы упомянули о том, что в задачи ТАР входит и изучение международного опыта. Не повлияли ли санкции против нашей страны на эту деятельность?

– Санкции не могут повлиять на сотрудничество инженеров и ученых. К тому же, метро и тоннели строятся не только в Европе и Америке, но и в дружественных странах. Да как строятся, всему миру на зависть и подражание! Поэтому, как и прежде, делегация Тоннельной ассоциации России принимает

участие в Международных конференциях и симпозиумах, предлагая свой и изучая зарубежный опыт.

Так, с 19 по 24 апреля 2024 г. в г. Шэньчжэнь Китайской Народной Республики прошел Международный тоннельный конгресс WTC 2024, а также мероприятия, посвященные празднованию 50-летнего юбилея Международной тоннельной ассоциации (ITA-AITES). В этих ключевых для сферы подземного строительства событиях приняла участие российская делегация, включавшая в себя порядка 60 представителей и руководителей крупных строительных и проектных организаций, ведущих образовательных учреждений, научных центров и крупнейших поставщиков оборудования в сфере подземного строительства. Членами российской делегации стали и представители Исполни-

вать дальнейшему повышению эффективности тоннелей и подземных работ, развитию отрасли в целом. Надземное пространство современных городов приобретает все большую ценность, поэтому всестороннее понимание, переосмысление и изменение формы подземных пространств становится важным для трансформации современных мегаполисов.

Участники нашей делегации в стендовом формате представили пять докладов:

- Многосторонние государственные структуры и управление городским подземным пространством;
- Сотрудничество в развитии Московского метрополитена: анализ совместных строительных работ, выполненных китайской и российской сторонами;
- Научно-исследовательское сопровожде-

паний CRCC. Коллекторный тоннель имеет диаметр чуть более 8 м и сооружается при помощи тоннелепроходческого механизированного комплекса китайского производства. После окончания проходки тоннеля по всей его протяженной части с определенным шагом сооружаются подпорные колонны, затем возводится перекрытие и дополнительная разделяющая перегородка в верхней его части. Благодаря этому разделению тоннеля на три части, китайские коллеги размещают в одном подземном объекте магистраль для отвода канализационных стоков (наибольшая нижняя часть тоннеля), кабельные магистрали электроснабжения (верхняя левая часть) и кабельные магистрали скоростного интернета (верхняя правая часть).

Другой объект, который осмотрели члены российской делегации – тоннель железной дороги Шэньчжэнь – Цзянмэнь протяженностью 13,69 км, расположенный между городами Гуанчжоу и Дунгуань в устье реки Жемчужной. Самая глубокая часть тоннеля находится на глубине 115 м под водой, а максимальное давление воды достигает 1,06 МПа. Это самый глубокий подводный тоннель в мире. Особенностью проекта стали весьма сложные условия строительства: прокладка тоннеля велась при помощи ТПМК на большое расстояние; большая глубина расположения объекта; высокое давление воды; сложные геологические условия; опасные условия строительной среды. Из-за строительства тоннелей в смешанном обводненном грунте специалисты были вынуждены предъявить высокие требования к технологии их проходки при помощи ТПМК. По словам китайских специалистов, успеху проекта способствовало внедрение процесса сборки полностью готовых конструкций, которое значительно снизило риск нарушения контроля безопасности персонала, ускорило сроки строительства, обеспечило высокую экологическую составляющую строительства и значительно повысило уровень внутренней конструкции тоннеля.

В мае 2023 г. Международный тоннельный конгресс WTC 2023 проводился в греческом г. Афины. В работе конгресса принял участие заместитель председателя правления ТАР Михаил Юрьевич Беленький. В рамках Тоннельного конгресса были проведены Генеральная ассамблея и заседания рабочих групп и комитетов ИТА. В заседаниях рабочих групп в дистанционном формате приняли участие члены ТАР.

Примечательно, что в прошлом году профессор Николай Геннадьевич Бобылев был избран руководителем рабочей группы ИТА номер 15 (Подземное пространство и окружающая среда). Он стал первым россиянином, занявшим пост руководителя группы или комитета в Международной тоннельной ассоциации.

Рабочая группа номер 15 (Подземное

Санкции не могут повлиять на сотрудничество инженеров и ученых. К тому же, метро и тоннели строятся не только в Европе и Америке, но и в дружественных странах. Поэтому, как и прежде, делегация Тоннельной ассоциации России принимает участие в Международных конференциях и симпозиумах, предлагая свой и изучая зарубежный опыт.

тельной дирекции Тоннельной ассоциации России.

Международный тоннельный конгресс является главным ежегодным мероприятием Международной тоннельной ассоциации (ITA-AITES) и считается самой посещаемой конференцией по тематике подземного строительства во всем мире, крупнейшим в своем роде. Так, в конгрессе 2024 г. приняли участие 193 всемирно известных компании, непосредственно связанные со сферой подземного строительства, было представлено 195 докладов по 15 темам. Конгресс собрал более 2700 участников, включая экспертов, ученых и представителей промышленности из 65 стран и регионов мира.

– Какова была тематика конгресса?

– В этом году конгресс прошел под общей темой «Создание тоннелей для лучшей жизни» и был посвящен последним тенденциям устойчивого развития в тоннельном и подземном строительстве. Основными векторами развития стали энергосберегающие, экологически чистые, зеленые, низкоуглеродные, интеллектуальные и безопасные решения в подземном строительстве, демонстрация новых материалов, технологий и оборудования, которые будут способство-

вать строительству Большой кольцевой линии на примере пересечения линии с существующими объектами Московского метрополитена;

- Инновационная система гидроизоляции для неглубоких подземных сооружений;
- Концептуальная основа для создания интегрированной системы планирования стратегии внедрения технологий подземного городского строительства.

В рамках WTC 2024 Тоннельная ассоциация России провела встречу с Китайской ассоциацией подземного строительства. На встрече обе стороны обозначили необходимость в более глубоком сотрудничестве для обмена опытом в сфере подземного строительства. Стороны обсудили планы на дальнейшее развитие текущих отношений и запланировали проведение ряда совместных мероприятий, ближайшим из которых станет Международный научный симпозиум молодых ученых и инженеров в области подземного строительства в сентябре 2024 г. в Китае.

Российская делегация посетила также два ключевых объекта в рамках технических туров, одним из которых стал коллекторный тоннель в новом районе в восточной части Шэньчжэня, сооружаемый 16-м подразделением одной из крупнейших китайских ком-

пространство и окружающая среда) координирует подготовку тематических отчетов в области воздействия подземных объектов на окружающую среду, экологического менеджмента в тоннелестроении, углеродного следа, экологического планирования развития городской подземной инфраструктуры.

Очередной Международный тоннельный конгресс WTC-2025 пройдет в г. Стокгольм (Швеция) в период с 9 по 15 мая 2025 г.

– Какие мероприятия проводятся ТАР для обмена опытом между специалистами внутри страны?

– Активное строительство метрополитена в Москве и ряде других мегаполисах России, возведение сложнейших тоннельных сооружений для увеличения пропускной способности Байкало-Амурской и Транс-Сибирской магистралей позволяет разнообразить и обогащать имеющиеся знания. Для этого мы проводим различные мероприятия в Москве и других регионах – конференции, круглые столы, семинары. К участию в них привлекаем не только ведущих ученых современности, работающих в области подземного строительства, но и практиков – метро- и тоннелестроителей из России, таких как АО «Мосметрострой», АО «Мосинжпроект», а также из стран ближнего зарубежья, например УП «Минскметрострой» и другие. Участвуют в них также разработчики современных технологий строительства и материалов.

В прошлом году Тоннельной ассоциацией России была реализована обширная программа конференций и семинаров. Наиболее масштабными мероприятиями в 2023 г. стали организация и проведение двух научно-технических конференций: 31 мая – 1 июня в Казани на тему «Применение прогрессивных технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений – 2023» и 14–15 ноября 2023 г. в Москве на тему «Освоение подземного пространства мегаполисов и транспортные тоннели – 2023».

Проведению конференции в Казани способствовала поддержка Правительства Республики Татарстан и активное участие АО «Казметрострой». В мероприятии участвовали более 100 специалистов из 51 организации России. В деловую программу вошло представление 22 докладов, посвященных, в частности, применению цифровых технологий при строительстве Большой кольцевой линии в Москве, особое внимание было уделено применению цифровых информационных моделей объектов. Показательно, что в конференции приняли участие представители ОАО «Минскметрострой», которые рассказали об особенностях проектных решений строительства первого и второго участков третьей линии Минского метрополитена. На конференции были представлены также планы разработки нормативных

документов в области транспортного тоннелестроения, в частности, пересмотр ГОСТ 23961 «Метрополитены. Габариты приближения строений, оборудования и подвижного состава». Серия докладов была посвящена проблемам научно-технического сопровождения строительства, а также развитию подземного строительства в условиях плотной городской застройки.

Московская конференция 14–15 ноября 2023 г. была посвящена тонкостям технологий подземного строительства – применению фибробетонов при освоении подземного пространства; ремонтно-восстановительным работам на эксплуатируемых подземных сооружениях; результатам полевых и лабораторных исследований инъекционных материалов для восстановле-

дится каждые два года поочередно в КНР и России. Впервые это мероприятие состоялось в г. Сининь (КНР) в 2013 г., а затем участников симпозиума принимали Новосибирск (2015 г.), Гуйдэ (2017 г.), Санкт-Петербург (2019 г.), Чжухай (2021 г.).

21 ноября 2023 г. Российский университет транспорта (МИИТ), совместно с Китайским научным обществом гражданского строительства, Северо-Восточным университетом (г. Шеньян, КНР) и Тоннельной ассоциацией России успешно провели в онлайн-формате «Китайско-российский форум молодых ученых в области геотехники и подземного строительства». Деловая программа форума привлекла большое количество экспертов – всего было представлено 28 докладов. Состоялся интересный обмен опытом

Тоннельная ассоциация принимает участие в работе Минстроя РФ. Сотрудники Исполнительной дирекции ТАР входят в состав Технического комитета 465 и рабочих групп ТК 400 и активно участвуют в формировании планов работы этих организаций и рассмотрении подготовленных ими нормативно-технических документов.

ния гидроизоляции подземных сооружений и т. д. Во второй день (15 ноября) в режиме онлайн был проведен российско-китайский семинар «Строительство и реконструкция тоннелей».

23–24 мая 2023 г. Китайским обществом гражданского строительства и АО «РЖД-строй» при участии ТАР было организовано проведение российско-китайского семинара «Строительство и реконструкция тоннелей». Отрадно, что проведение совместных семинаров с Китайским обществом гражданского строительства становится регулярным. Так, 30 мая 2024 г. было организовано проведение китайско-российского онлайн-семинара «Технологии строительства тоннелей», в котором с пятью докладами выступили члены Тоннельной ассоциации России. На сентябрь 2024 г. запланирован еще один совместный семинар, организуемый вместе с РУТ (МИИТ).

2–5 октября 2023 г. в Москве в Российском университете транспорта (МИИТ) прошел 6-й Международный симпозиум по строительному инжинирингу грунтовых сооружений на транспорте в холодных регионах «TRANSOILCOLD-2023». Основные организаторы этого мероприятия – Университет Сунь Ятсен (КНР) и Российский университет транспорта (МИИТ) при поддержке Тоннельной ассоциации России. Симпозиум прово-

в области геотехнического проектирования и подземного строительства, прошла демонстрация результатов исследований обеих стран, что, по нашему мнению, будет способствовать эффективному продвижению научно-технологических разработок в области подземного строительства.

13 марта 2024 г. совместно с ООО «ПОЛИЭКО» (г. Владимир) проведен круглый стол «Новые Российские материалы и реагенты для строительства тоннелей, метро и подземных сооружений», на котором была представлена разработанная этой компанией линейка материалов – микро-цементов и сухих смесей на их основе для гидроизоляции. В настоящее время эти материалы применяются при строительстве и ремонте скважин в газодобывающей и нефтедобывающей промышленности, а также для упрочнения массивов грунтов, железобетонных и каменных конструкций. Представленные ООО «ПОЛИЭКО» результаты использования этих материалов позволяют сделать вывод о целесообразности применения их и в области транспортного строительства, в частности, при проведении ремонта тоннельных обделок метрополитенов и конструкций горных тоннелей.

С 5 по 6 июня 2024 г. в Нижнем Новгороде Тоннельной ассоциацией России про-

ведена Научно-техническая конференция «Применение прогрессивных технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений – 2024». В мероприятии приняли участие более 130 специалистов и 67 организаций России и ближнего зарубежья. Были заслушаны доклады по различным направлениям тоннелестроения и подземного строительства, в том числе, о своей работе рассказали молодые члены Тоннельной ассоциации России (молодёжная секция).

В настоящее время Исполнительной дирекцией Тоннельной ассоциации России ведётся работа по организации в ноябре 2024 г. Научно-технической конференции «Освоение подземного пространства мегаполисов и транспортные тоннели – 2024».

– Тоннельная ассоциация России принимает активное участие в формировании нормативно-технической базы подземного строительства. Какая работа в этом направлении была проведена в прошлом году?

– Мы принимаем участие в работе ТК 465 «Строительство» Минстроя РФ, а также технических комитетов по стандартизации «Производство работ в строительстве. Типовые технологические и организационные процессы» (ТК 400) и «Метрополитены» (ТК 150).

В прошлом году была завершена переработка свода правил СП 120.133330.2022 «Метрополитены», которая велась АО «Мосинжпроект» совместно с другими членами Тоннельной ассоциации России. В разработке этого документа непосредственное участие принял руководитель Исполнительной дирекции ТАР Александр Борисович Лебедьков, а в качестве научного руководителя выступил член правления ТАР Игорь Яковлевич Дорман.

Сотрудники Исполнительной дирекции ТАР входят в состав Технического комитета 465 и рабочих групп ТК 400 и активно участвуют в формировании планов работы этих организаций и рассмотрении подготовленных ими нормативно-технических документов. В 2023 г. в состав вновь созданной рабочей группы «Технологии повторного использования, реконструкции, демонтажа и утилизации зданий и сооружений» ТК 400 включен сотрудник Исполнительной дирекции ТАР И. Я. Дорман.

В течение года ассоциацией даны заключения по проектам 28-и стандартов, 2-х СТО и 6-и СП. В ФАУ «ФЦС» передано предложение по включению в план работы на 2024 г. разработки свода правил «Ремонт подземных сооружений».

– Одна из задач ассоциации – вовлечение в научную и производственную деятельность в области тоннельного

строительства молодых специалистов и студентов профильных вузов. Что делается для ее реализации?

– У нас организована работа с институтами, которые обучают молодых людей подземному, шахтному и геотехническому делу. Наши специалисты и преподают, и выдают рекомендации по корректировке обучающих программ, чтобы они максимально соответствовали требованиям наших же членов ТАР с практической точки зрения. Еще один важный момент – поддержка тех, кто решил связать свою жизнь с подземными горизонтами. Сблизить их с будущим работодателем, создать условия для того, чтобы молодые специалисты могли реализовать себя – вот главная задача. Кстати, когда мы строили БКЛ, я сделал ставку на молодежь, и не ошибся в своем выборе!

Члены Исполнительной дирекции Тоннельной ассоциации России работают в составе государственных экзаменационных комиссий РУТ (МИИТ) и НИТУ «МИСиС», принимают участие в защите кандидатских диссертаций в диссертационном совете МИИТ, в экспертном совете МИСиС, готовят отзывы на авторефераты кандидатских и докторских диссертаций.

– Ваши пожелания коллегам.

– В настоящее время в нашей стране реализуется Транспортная стратегия России до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. Стратегия подготовлена в соответствии с национальными целями и задачами развития России и призвана обеспечить максимальный учет экономических интересов и ожиданий всех субъектов рынка транс-

ТАР активно вовлекает в научную и производственную деятельность молодых специалистов и студентов профильных вузов. Работа ведется по нескольким направлениям с привлечением профессорско-преподавательского состава и студентов вузов к участию в научно-технических конференциях и семинарах, проводимых Тоннельной ассоциацией России.

Работа в части подготовки кадров ведется по нескольким направлениям: привлечение профессорско-преподавательского состава и студентов вузов к участию в научно-технических конференциях и семинарах, проводимых Тоннельной ассоциацией России; распространение среди учебных заведений-членов ТАР информационной продукции в печатном и электронном видах (выпуски журналов «Метро и тоннели», публикация полезной информации на сайте ассоциации и т. п.); участие ведущих ученых и специалистов ТАР в организации учебного процесса; участие специалистов ТАР в работе государственных выпускных экзаменационных комиссий (МИСиС и МИИТ); организация участия членов Тоннельной ассоциации России в конференциях и иных мероприятиях, проводимых вузами.

портных услуг, прежде всего, прямых пользователей – граждан Российской Федерации. Эти задачи – основа практической работы государства, субъектов Федерации, ключевых отраслей бизнеса. Подземные строители занимают достойное место в их реализации, ежедневно способствуя решению транспортных проблем россиян, обеспечивая для них комфорт и удобство, повышая скорость передвижения. Участвуя в реализации грандиозных проектов развития Восточного полигона, мы создаем условия для дальнейшего расширения международной торговли и развития бизнеса. Поэтому хочу пожелать коллегам успехов в движении к основной цели – благополучию России и ее граждан, мира и благоденствия семьям, личного счастья и крепкого здоровья!



В феврале следующего года Тоннельной ассоциации России исполнится 35 лет, и наши участники по праву могут гордиться результатами своей работы. Построенные и введенные ими в эксплуатацию объекты заметно влияют на повышение эффективности транспортной инфраструктуры нашей страны, вносят достойный вклад в развитие экономического потенциала России. Не случаен, поэтому, тот факт, что указом Президента Российской Федерации Владимира Путина в 2023 г. учрежден профессиональный праздник «День метростроителя», который впервые отметили 2 октября 2023 г. Это высокая оценка труда метростроителей и тоннелестроителей всех поколений!



1 сентября 2024 г. заслуженному строителю Российской Федерации, лауреату премии Совета Министров СССР, доктору технических наук, профессору, научному руководителю ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» Валерию Евсеевичу Меркину исполнилось 85 лет.

Уважаемый Валерий Евсеевич!

Примите самые искренние и сердечные поздравления со знаменательным юбилеем – Вашим 85-летием! Пройденный Вами трудовой путь и Ваша плодотворная деятельность являются примером преданности и служения своему делу.

Более 60 лет Вы занимаетесь научными исследованиями, обеспечивающими реализацию крупных проектов строительства подземных сооружений. Результаты этой деятельности впечатляют и измеряются разработкой и внедрением новых технологий в подземном строительстве, успешным преодолением многочисленных чрезвычайных ситуаций, которые, к сожалению, нередко возникают при сооружении подземных объектов, и, в конечном итоге, реализуются в построенных и введенных в эксплуатацию объектах транспортной инфраструктуры нашей необъятной страны. И Вам есть чем гордиться – на территории России за последние 55 лет нет практически ни одного уникального и значимого проекта подземного строительства, ко-

торый был бы реализован без Вашего участия, без использования Ваших уникальных знаний и опыта. Северомуйский, Байкальский и Мысовые тоннели на Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, проложенные в суровых климатических и горно-геологических условиях, строительство и реконструкция транспортных тоннелей на Северном Кавказе, в том числе в районе г. Сочи при подготовке к зимним Олимпийским играм 2014 года, сложнейшие Кутузовская, Гагаринская и Алабяно-Балтийская транспортные развязки, Лефортовский и Серебрянборский тоннели в Москве, и, конечно же, Большая кольцевая линия Московского метрополитена – это лишь небольшой перечень проектов, в реализацию которых вложен Ваш труд. Вы участвовали в проектировании, вводе в эксплуатацию и сопровождении при строительстве метрополитена в Алматы, Нижнем Новгороде, Самаре, Челябинске, и легкорельсового транспорта в Красноярске. Под Вашим руководством и при непосредственном участии разработаны почти все основные нормативные документы по транспортному тоннелестроению, в том числе по заказу Департамента градостроительной политики г. Москвы.

Ваши научные и инженерные знания по достоинству оценены государством и профессиональным сообществом инженеров-строителей – Вы являетесь лауреатом премии Совета Министров СССР и премии им. П. П. Мельникова, доктором технических наук. Ваши заслуги отмечены орденом Почета, четырьмя медалями, в том числе «За строительство БАМ», «В честь 850-летия Москвы», «Ветеран труда», почетными грамотами Президента РФ и Правительства Москвы, многими отраслевыми наградами.

Ваша жизнь – яркий пример того, как острый ум, инициатива и невероятное трудолюбие приносят человеку успех и заслуженное уважение руководства и коллег различных организаций страны и за рубежом, занятых в подземном строительстве. А с какой внимательностью и требовательностью Вы передадите полученные опыт и знания молодым инженерным и научным кадрам!

Благодаря высокой работоспособности и профессионализму Вы являетесь руководителем подкомитета по подземному строительству комитета по стандартизации Минстроя РФ, членом Городской экспертно-консультативной комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям, Президиума Научно-технического совета Департамента строительства г. Москвы, правления Тоннельной ассоциации России, редакционных советов журналов «Транспортное строительство», «Метро и тоннели».

Отрадно, что свой почтенный юбилей Вы встречаете полным сил и амбициозных планов, для реализации которых у Вас есть богатый опыт, знания, а главное – сплоченный коллектив соратников.

Желаем Вам и Вашим близким, дорогой Валерий Евсеевич, крепкого здоровья, а также дальнейших успехов в Вашей деятельности!

Правление Тоннельной ассоциации России

К ВОПРОСУ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ НА ТРАССЕ БАМ



В настоящее время транспортные строители приступили к третьему этапу расширения трассы БАМ, на которой, в том числе, предполагается создание дублеров однопутных железнодорожных Кузнецовского, Кодарского и наиболее протяженного, длиной более 15 км, Северомуйского тоннелей.

Отечественный опыт об изысканиях, проектировании и строительстве в 1974–1989 гг. тоннелей на Байкало-Амурской железнодорожной магистрали был подробно обобщен в изданном в 1999 г. многотомном Техническом отчете Корпорации «Трансстрой», один из томов которого объемом 237 страниц был посвящен проектированию и строительству тоннелей.

Прошло более 30 лет, поэтому для специалистов представляет определенный практический интерес более поздний опыт зарубежного строительства подобных уникальных горных тоннелей.

Этот опыт был подробно изучен сотрудниками ГУП «Мосинжпроект» во время командировки в Швейцарию на строительство тоннелей на трассе Готтардской железной дороги в Альпах (базисные тоннели Готтард (57,1 км), Ченери (15,4 км) и др.), где специ-

алисты института приняли участие также в Международном семинаре по проблемам проектирования и строительства тоннелей.

Часть материалов по результатам командировки была опубликована в 2005 г. в специальном выпуске журнала «Подземное пространство мира», ныне прекратившем, к сожалению, существование, в статье «Проблемы строительства скоростных транспортных сверхпротяженных железнодорожных тоннелей в Швейцарии».

Помимо рассмотрения технических вопросов строительства в статье приведены сведения об организации проектирования и строительства указанных тоннелей интегральной системой менеджмента генеральным подрядчиком специально созданной в 1998 г. фирмой Alp Transit Gotthard AG.

Тоннель Готтард, а точнее, два параллельных железнодорожных тоннеля, каждый длиной 57,1 км, соорудили через горный массив Сен-Готтард. Горнопроходческие и монтажные работы в твердых скальных породах с многочисленными аномалиями в виде слабых участков, высоких температур и напора грунтовых вод, сеймики, разломов продолжались 12 лет (1999–2011 гг.); еще шесть лет

понадобилось на инженерное оснащение тоннелей, и в декабре 2016 г. тоннель был пущен в эксплуатацию. Эти 57 км, построенных под ключ за 17 лет, следует умножить на два, поскольку в горном массиве фактически были сооружены два параллельных тоннеля, расстояние между осями которых составило порядка 40 м.

Тоннель обеспечил железнодорожное сообщение через Альпы и перевел грузовые перевозки с автомобильных на более экологичные железнодорожные. Время путешествия из Цюриха в Милан, например, уменьшилось почти в 2 раза.

В этой связи в данном номере журнала ниже помещена часть репринтной вышеупомянутой статьи из журнала «Подземное пространство мира» для ознакомления специалистов, особенно молодых, с опытом, проблемами и их решением при строительстве самого протяженного в мире горного железнодорожного тоннеля Готтард, почти в четыре раза превосходящего длиной проектируемый в настоящее время второй Северомуйский тоннель, построить который предполагается в директивные сроки восемь лет!



Проблемы строительства скоростных транспортных сверхпротяженных железнодорожных тоннелей в Швейцарии

По материалам зарубежной командировки

С.Ф. Панкина, Ю.М. Самохвалов, И. Я. Дорман

Институт по изысканиям и проектированию инженерных сооружений (ГУП «Мосинжпроект»)

Трансальпийским железнодорожным магистралям через Швейцарию более ста лет, но сегодня они уже не отвечают требованиям все возрастающих объемов перевозок между Севером и Югом Европы и требуют реконструкции. Трасса существующей Готтардской железной дороги, по сути, является горной. В рамках программы развития общеевропейской железнодорожной сети Швейцарское правительство одобрило строительство двух новых железнодорожных осей через Альпы – Готтардской и Лётцбергской.

Базисный тоннель Готтард станет самым протяженным горным транспортным тоннелем в мире: длина его составит 57 км. Он является частью Нового железнодорожного альпийского пересечения (NEAT) в Швейцарии.

Проект имеет двойное назначение: обеспечение скоростной связи для пассажиров железной дороги между Германией в Северной Европе и Италией в Южной, а также замена автомобильных грузовых перевозок на железнодорожные.

Строительство тоннеля Готтард представляет собой существенный шаг вперед в активной защите экологии Альпийского горного массива и важный вклад в общую проблему охраны окружающей среды. В настоящее время строительство ведется с двух порталов – северного (портал Эрстфельд) и южного – (портал Бодио) и из трех промежуточных пунктов – Амштег, Седрун и Файдо. Пройдено более 33 % общей длины тоннелей и галерей. Некоторые трудные, сложные в проходке участки тоннеля успешно завершены, но другие, с перекрывающим слоем 2000 м из слабых скальных пород, еще подлежат завершению.

Авторы настоящей обзорной информации подробно ознакомились со строительством тоннеля Готтард во время посещения Швейцарии в 2005 г. и приняли участие в семинаре по проблемам проектирования и строительства тоннеля. Используя полученную обширную информацию, авторы хотят поделиться на страницах журнала «Подземное пространство мира» с отечественными специалистами опытом решения различных технических и экологических проблем, возникающих на этой поистине уникальной стройке.

Авторы выражают благодарность г-ну Л.С. Матвееву – переводчику оригинальных материалов, использованных в настоящей статье.



Двойной тоннель? Не только!

Базисный тоннель Готтард имеет два однопутных тоннеля, соединенных между собой поперечными сбойками – галереями, две многофункциональные станции, расположенные на трети расстояния от тоннельных развязок, станции аварийной остановки и техническое оборудование для управления железной дорогой и вентиляцией.

Федеральный совет Швейцарии утвердил предварительный план строительства базисного тоннеля Готтард, включающего два однопутных тоннеля (рис. 15). Два железнодорожных тоннеля проходят в 40 м друг от друга и примерно через каждые 325 м соединены галереями. Две тоннельные развязки позволяют поездам переходить из одного тоннеля в другой,

что может понадобиться для технического обслуживания или при аварии. Поезда могут поменять тоннели на многофункциональных станциях в Седруне или Файдо (рис. 16). Каждая многофункциональная станция имеет свое вентиляционное оборудование, техническую инфраструктуру, системы безопасности и сигнализации, а также две станции аварийной оста-

новки, которые связаны с основными тоннелями отдельными подходными штольнями.

Станции аварийной остановки обеспечивают место для поездов в случае аварии, откуда пассажиры могут быть эвакуированы. Чтобы попасть в другой железнодорожный тоннель, пассажирам не нужно пересекать железнодорожные пути, идти

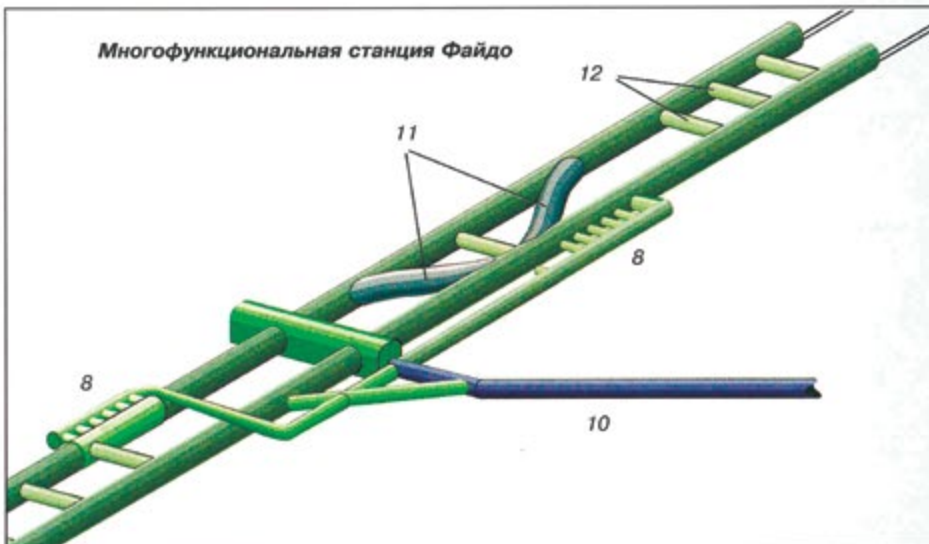


Рис. 16. Проходческие работы на многофункциональной станции «Седрун»

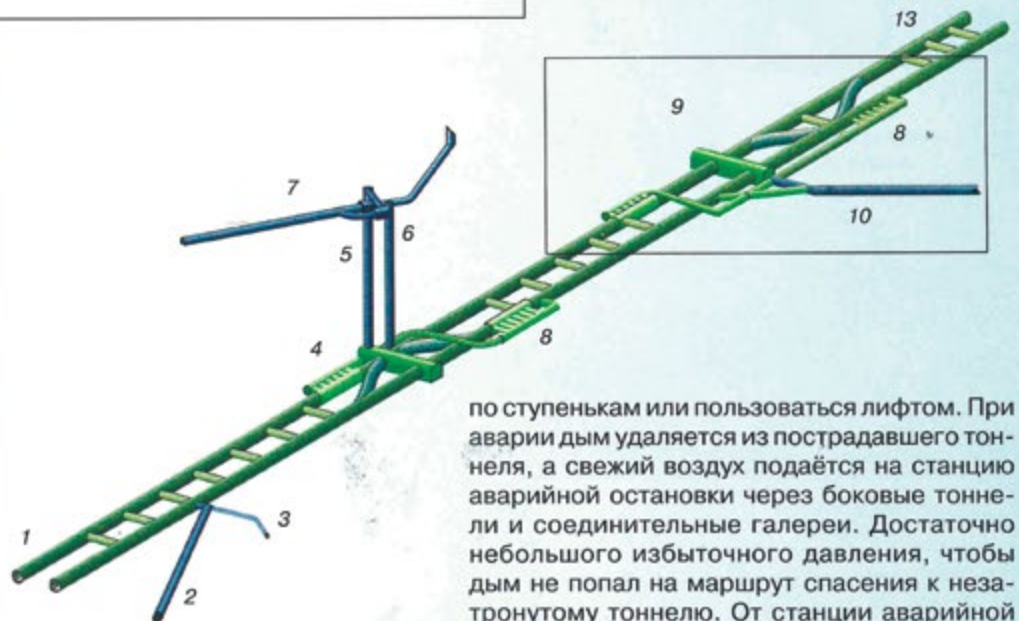


Рис. 15. Упрощенная схема двухтоннельной системы:

1 – портал Эрстфельд; 2 – подходная штольня Амштег; 3 – кабельный тоннель; 4 – многофункциональная станция Седрун; 5 – шахта № 1; 6 – шахта № 2; 7 – шахты и промежуточные проходки Седруна; 8 – станция аварийной остановки; 9 – многофункциональная станция Файдо; 10 – подходная штольня Файдо; 11 – тоннельная развязка; 12 – поперечные сбойки – галереи; 13 – портал Бодио

по ступенькам или пользоваться лифтом. При аварии дым удаляется из пострадавшего тоннеля, а свежий воздух подается на станцию аварийной остановки через боковые тоннели и соединительные галереи. Достаточно небольшого избыточного давления, чтобы дым не попал на маршрут спасения к незаблокированному тоннелю. От станции аварийной остановки эвакуационный поезд увозит пассажиров из тоннеля. Если поезд остановится, не достигнув станции аварийной остановки, то пассажиры могут воспользоваться соединительными галереями, чтобы перейти в другой железнодорожный тоннель.

Геологические условия

Наилучшая трасса между двумя точками не всегда прямая линия (рис. 17). Множество факторов влияют на выбор направления. Одним из критериев, определяющих оптимальную трассу для базисного тоннеля Готтард, является геология. Прогнозы опытных геологов и разведочное бурение дают достаточную степень уверенности. Но то, что действительно имеет место в забое, заранее предсказать невозможно.

На поверхности на выбор трассы влияют интересы местных жителей, а также политические решения. Группа консультантов ландшафтного проектирования – команда архитекторов,

ландшафтных планировщиков и специалистов по экологии – отвечает за оптимальную адаптацию в ландшафт и эстетическую интеграцию тоннельных порталов в окружающую террито-

рию. Также следует учитывать географические аспекты расположения городов и сёл, а также гидроэлектрических станций и подъездных путей к стройплощадкам.

Под землей выбор трассы также нелёгок. Миллионы лет назад на месте Альп находился доисторический океан, где морские отложения располагались на кристаллическом основании. Когда Европейская и Африканская тектонические плиты столкнулись, породы, получившиеся из морских отложений, были сдвинуты и подняты из моря. Затем они были скручены вместе, либо перенесены к северу на верх других скал. Кристаллические сердцевины массивов Ааре и Готтарда были сдавлены, а слои южнее сплющены и выложены на верх. В процессе, длившемся десятки миллионов лет, сформировались Альпы.

Массивы Ааре и Готтард образуют главный хребет Швейцарских Альп. Оба массива в основном состоят из гнейсов и гранитов. Между ними заклинены более молодые осадочные породы, частично сильно изломленные. Поэтому при строительстве базисного тоннеля Готтард предстоит пройти весьма разнообразные слои пород. Это могут быть прочные Готтардские граниты, весьма напряжённые Пенинские гнейсы Левентины, вплоть до очень слабых пород промежуточного массива Тавеч (рис. 18).

Синклиналь Пиора явилась главной проблемой геологического строения, поскольку её структура и простираение первоначально были неясны. Однако четыре наклонные разведочные скважины, пробуренные до уровня проектной трассы тоннеля, показали, что на этой глубине породный массив – сплошная скала без давления или циркуляции воды. Последующий анализ буровых образ-

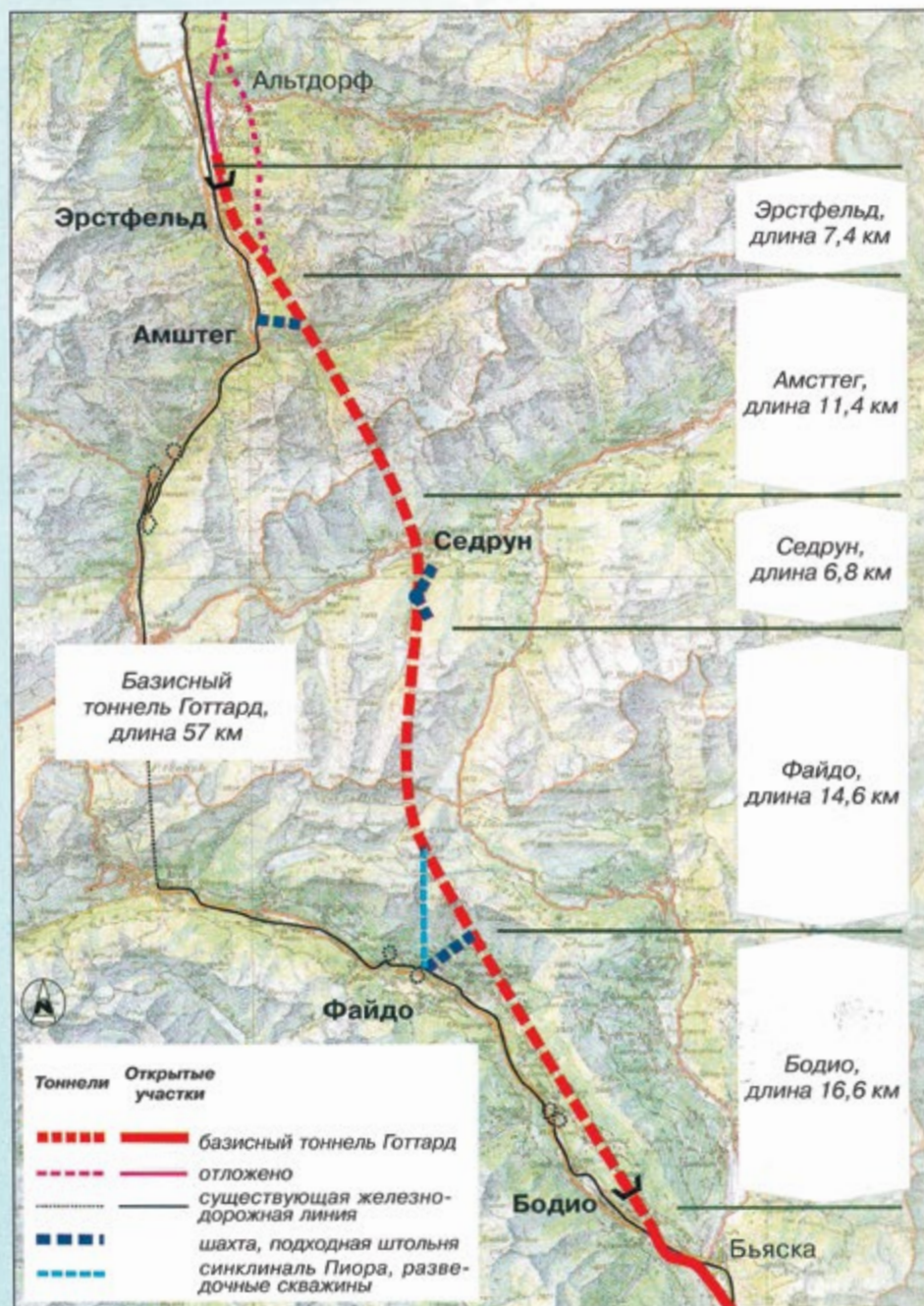


Рис. 17. Участки строительства базисного тоннеля Готтарда

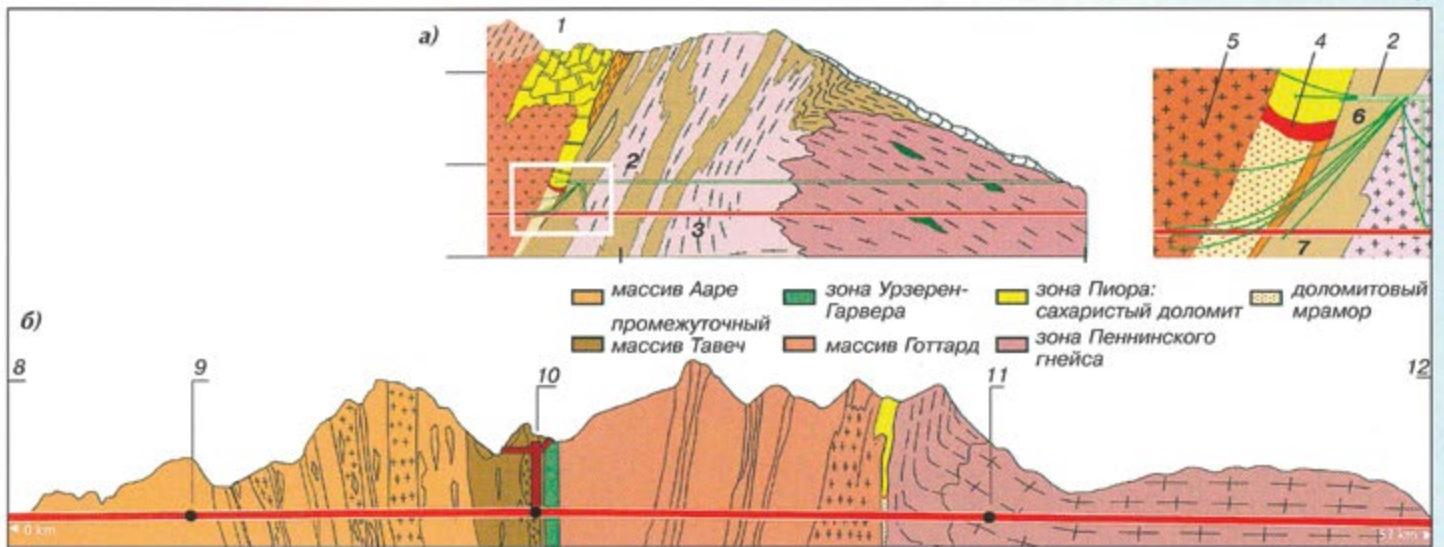


Рис. 18. Геология и разведочные скважины синклинали Пиора (а) и геологический разрез по базисному тоннелю Готтарда (б):

1 – синклираль Пиора; 2 – разведочная штольня; 3 – базисный тоннель; 4 – гипсовое покрытие; 5 – северный массив; 6 – южный массив; 7 – уровень базисного тоннеля; 8 – северный портал Эрстфельд; 9 – промежуточная проходка Амштег; 10 – промежуточная проходка Седрун; 11 – промежуточная проходка Файдо; 12 – южный портал Бодио

цов, а также замеры температуры и сейсмодатчики подтвердили чрезвычайно благоприятные условия для сооружения тоннеля.

С другой стороны, просадочные породы в некоторых частях промежуточного массива Тавеч требуют

особых методов строительства тоннеля.

Промежуточные проходки, обеспечивающие дополнительный доступ к тоннелю сверху (шахты) или с боков (подходные штольни) сокращают время строительства протяжённых тоннелей.

Промежуточные проходки в Амштег, Седрун и Файдо, сокращая время строительства базисного тоннеля Готтард, делят его на пять участков (см. рис. 17): Эрстфельд (с северным порталом), Амштег, Седрун, Файдо и Бодио (с южным порталом).

Концепция строительства базисного тоннеля Готтард

*Трасса AlpTransit Gotthard между Эрстфельдом и Джюстиция/Осо-
нья была определена Швейцарским федеральным правительством в
апреле 1995 г. Базисный тоннель Готтард, состоящий из двух одно-
путных тоннелей, имеет длину 57 км. Для оптимизации времени и
затрат строительство этого тоннеля осуществляется одновременно на
пяти отдельных участках различной протяжённости. Четыре меха-
низированных тоннелепроходческих комплекса фирмы Herrenknecht
AG ведут работы с севера и юга и пройдут в общей сложности 75 км
тоннельных стволов.*

На проектной стадии были решены вопросы, когда, где и в какой последовательности следует вести строительство, чтобы оптимизировать затраты времени и средств. Концепция базисного тоннеля Готтард состоит в одновременной проходке пяти отдельных участков различной протяжённости (см. рис. 17). Для реализации проекта были разработаны два альтернативных подхода с использованием двух методов проходки: ТПМК или буровзрывного способа.

Строительство началось с системы разведочного бурения Пиора в

1993 г., которое в 1998 г. дало чёткие результаты по геологии синклинали Пиора. Начиная с 1996 г. началось строительство необходимых подходных штолен и шахты. Сегодня же сооружаются сами железнодорожные тоннели, поперечные сбойки – галереи между ними и многофункциональные станции.

Северный портал базисного тоннеля Готтард у Эрстфельда соединит существующую магистраль Швейцарской железной дороги через наземную подъездную линию от Рю-нэнт – ьддорф.

Участок Эрстфельд – это самая северная часть базисного тоннеля Готтард. Он включает подземное отвлечение, позволяющее в будущем осуществить развитие тоннеля на север, не прерывая железнодорожного движения. Первая часть тоннеля будет сооружаться открытым методом. Остальная часть участка Эрстфельд будет пройдена ТПМК.

Участок Амштег является вторым с севера. Подходная штольня длиной 1,8 км и строительная штольня были пройдены буровзрывным способом до расположения двух железнодо-



Рис. 19. Строительная площадка Амштег

рожных тоннелей, где были подготовлены монтажно-сборочные выработки (рис. 19). Из этих выработок в 2003 г. были запущены два ТПМК к югу в сторону участка Седрун. Длина каждого тоннеля – 11350 м.

Два ТПМК с односекционными щитами диаметром 9,58 м, работающими с упором в стену, были собраны в два этапа. На первом этапе выполнялась сборка первой, силовой части ТПМК длиной 141 м. После проходки первых 415 м в каждом случае в тоннель вводилась технологическая часть, перемещавшаяся по бетонному основанию тоннеля (рис. 20), установка технического обеспечения (рис. 21) и установки для удлинения коммуникаций; общая длина каждого ТПМК составила 441 м. В настоящее время это – самые длинные тоннелепроходческие комплексы в мире. Мощность на рабочем органе ТПМК 3500 кВт, масса 3200 т.

27 мая 2003 г. приступил к работе ТПМК Herrenknecht S-229, с 1 октября 2003 г. он начал функционировать в рабочем режиме. К середине апреля 2004 г. ТПМК прошел 2300 м (21 %), что соответствует среднесуточному темпу проходки 10,5 м. С января 2004 г. тоннелепроходческий комплекс S-230 также действует в рабочем режиме, и к этому времени уже прошел в массиве Аар 1790 м (16 % трассы). Суточный темп проходки составил при этом 13,8 м. Особенно удачным был март 2004 г., когда было пройдено 611,6 м.

В феврале 2004 г. темп проходки ТПМК S-229, работавшего в восточном тоннеле был низким, поскольку, как и ожидалось, он вошел в зону Интчи с тяжелыми с точки зрения технологии строительными условиями. Два базисного тоннеля Готтард пересекают зону



Рис. 20. Подвесная платформа технологической части



Рис. 21. Установка технического обеспечения и монорельс

Интчи на протяжении около 950 м. Здесь были преодолены три разлома длиной от 10 до 50 м. В этой зоне была осуществлена непрерывная технология, что обеспечило успех проходки. Средняя скорость проходки зоны Интчи составила 6 м в сутки. Календарный график работ предусматривал четырехмесячный простой ТПМК для стабилизации этой зоны разломов или для устройства обходного тоннеля, если это окажется необходимым.

Как и предполагалось, на части длины скальный массив оказался сжатым. На протяжении двух следовавших один за другим разломов шириной около 15 м, представлявших собой разрушенные серизитовые филлиты (катаклазиты) вертикального заложения, ТПМК на участке длиной около 100 м отклонился от проектного положения. Здесь было зафиксировано отклонение от проектной оси по горизонтали на 45 см. Для того чтобы обеспечить ТПМК требуемый упор, было произведено усиление несущей способности тела выработки, в особенности ее стен, что позволило вывести комплекс на проектную ось. Перед укладкой бетона в зоне обратного свода участок с отклонением от проектной оси был выровнен.

В начале мая 2004 г. была пройдена третья, также ожидавшаяся, зона разломов шириной от 30 до 50 м. В западном стволе тоннеля проходка зоны Интчи началась в конце апреля 2004 г.

До участка Седрун были пройдены с поверхности подходная штольня длиной 1 км и две параллельные вертикальные шахты глубиной 800 м.

Здесь сооружается одна из двух многофункциональных станций, где располагаются техническое оборудование, станции аварийной остановки, тоннельные развязки. Проходка железнодорожных тоннелей к северу и югу от оснований шахт началась в 2004 г. с использованием буровзрывного метода. Геологические условия не дают возможности применить ТПМК.

Доступ к участку Файдо осуществляется с поверхности через подходную штольню длиной 2,7 км с уклоном до 13%, а для подачи строительных материалов имеется связь с участком Бодио. На участке Файдо сооружается вторая многофункциональная станция. Из-за геологических условий она строится южнее, чем планировалось первоначально.

На участке Файдо – Седрун располагается формация Пиора – зона разлома из белого зернистого скального материала, образованная внедрением огромного клина так называемого сахаристого доломита в массив, пересекаемый трассой тоннеля. Предварительная геологическая разведка, однако, сочла зону Пиора не опасной для проходки с помощью ТПМК.

Когда два ТПМК подойдут сюда от Бодио, то их отремонтируют и модифицируют, чтобы продолжить проходку на север в сторону участка Седрун.

Участок Бодио – самый протяжённый участок базисного тоннеля Готтард. Первая часть этого участка была выполнена открытым способом, разработка велась через рыхлую скальную породу вплоть до достаточно твёрдой скалы, чтобы дать возможность вести проходку ТПМК. Чтобы ускорить строительство подземных монтажно-сборочных выработок для ТПМК, был построен байпасный тоннель вблизи портала. От монтажно-сборочных выработок два ТПМК начали движение на север к Файдо в 2003 г.

Тот факт, что Готтардский базисный тоннель действительно является пионерным сооружением, подтверждается выполняемой в настоящее время проходкой с южной стороны у Бодио: Альпы являются зоной компрессии орогенного типа, образовавшейся в результате столкновения африканской и европейской континентальных плит. В ноябре 2002 г., сразу за южным порталом восточного ствола тоннеля, первый из двух ТПМК Herrenknecht AG диаметром 8,83 м, работающий с упором в стены (S-210) и поставленный совместному предпри-



Рис. 22. Южный портал Бодио

ятию TAT (Tunnel AlpTransit-Ticino), неожиданно встретил зону геологического разлома, так называемую катакластическую скальную породу, представляющую собой породу, сильно измельченную в процессе формирования массива. Она слишком слаба для ТПМК, предназначенных для разработки особо прочных скальных пород, что не позволяет добиваться высокого темпа проходки, поскольку каждый метр тоннеля требует устройства сложной крепи.

Второй ТПМК Herrenknecht S-211 диаметром 9,33 м, работающий с упором в стену, вначале показывал темп проходки 107,9 м в неделю, также встретил зону разлома в западном стволе тоннеля, что несколько снизило темп проходки. Мощность на рабочем органе ТПМК S-210 и S-211 – 3500 кВт, масса 3050 т, длина 410 м.

По сути дела, СП TAT получило самый крупный контракт этого объекта на восточный и западный тоннельные стволы длиной почти 25 км. СП состоит из следующих компаний: Zschokke Locher AG (Швейцария), Alpine Mayreder Bau GmbH (Австрия), CSC Impresa Costruzioni SA (Швейцария), Impregilo S.p.A. (Италия) и HOCHTIEF AG (Германия).

Специалисты СП TAT имеют дело не только с контрактом на сооружение тоннеля самой большой длины; южный участок имеет и наибольшую толщину массива над тоннелем (2300 м)

Южный портал Бодио базисного тоннеля Готтард (рис. 22) наземной подъездной линией соединяется с существующей магистралью Швейцарской железной дороги у г. Джюстиция/Осонья.

Базисный тоннель Ченери – логическое продолжение Готтардской трассы

Только с базисным тоннелем Ченери новая Готтардская трасса станет непрерывной железнодорожной связью спокойного продольного профиля через Альпы с соответствующими преимуществами и желаемыми экономическими выгодами. Кроме того, кантон Тичино выигрывает от серьёзного улучшения регионального транспорта.

Рампы нынешних железных дорог через Готтард и Ченери имеют уклоны до 26 ‰. Спокойный профиль и прямизна базисной трассы – максимальный уклон 12,5 ‰ на поверхно-

сти и 7,0 ‰ в базисных тоннелях – обеспечат надежное движение длинномерных тяжёлых поездов, исключая трудоёмкую маневровую работу. Сегодня тяжеловесный грузовой со-

став, идущий в направлении «Север-Юг» по горным трассам Готтард и Ченери, нуждается в толкающем локомотиве ввиду крутых уклонов. Поставленная цель – отказ от среднего или

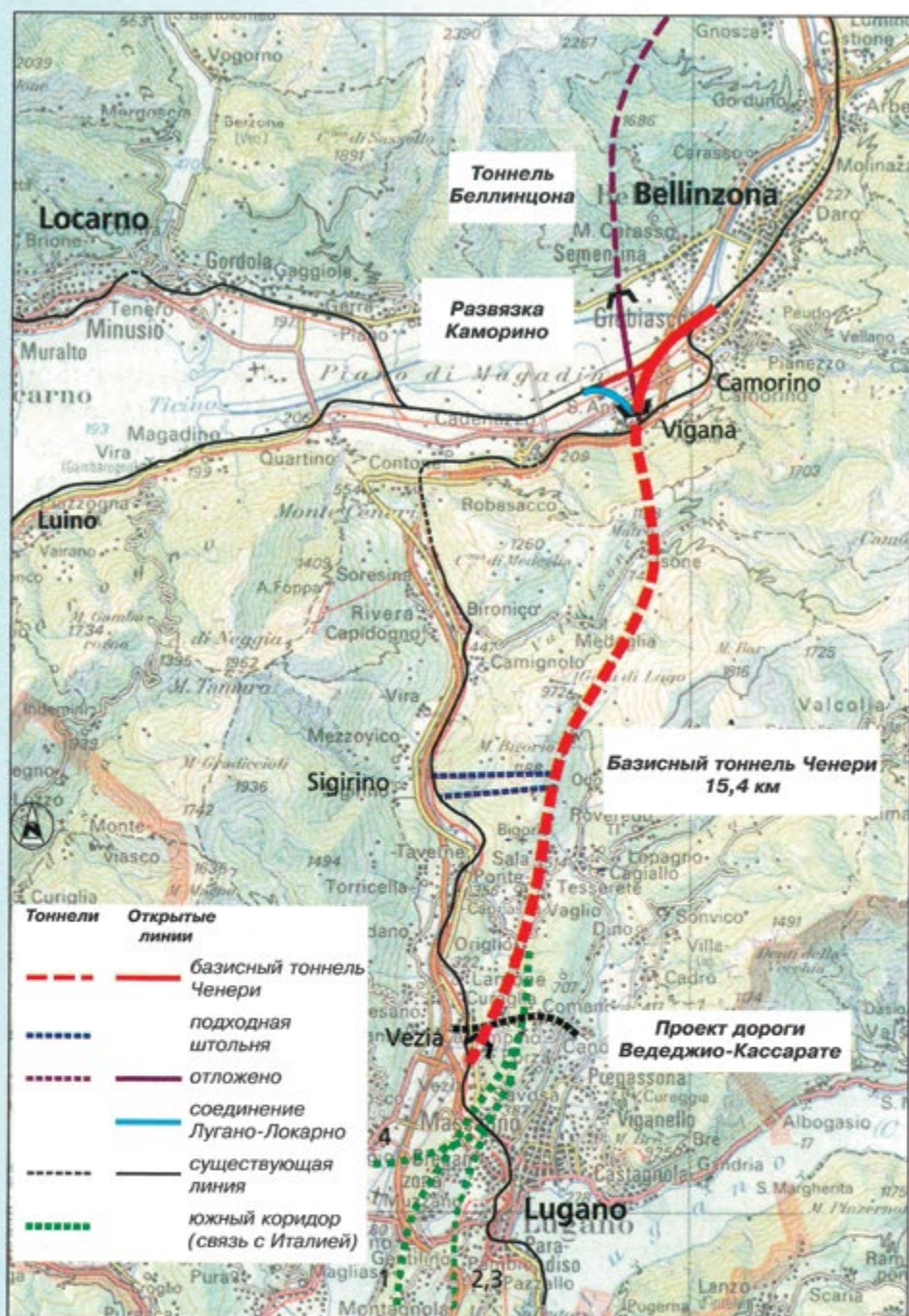


Рис. 23. Базисный тоннель Ченери

толкающего локомотива для поездов, перевозящих более 2000 т груза через Швейцарию без остановок в Эрстфельде или Беллинцоне, может быть достигнута только лишь по завершении строительства базисных тоннелей Готтард и Ченери (рис. 23, 24).

Непрерывная трасса спокойного профиля обеспечит быстрые, экономичные грузоперевозки, что является неременным условием трансфера грузов с автомобильных дорог на железные. Базисный тоннель Ченери позволит также сократить время пассажирских поездок между Цюрихом и Миланом до такой степени, чтобы обеспечить оптимальную увязку в расписаниях Швейцарии и Италии.

В кантоне Тичино базисный тоннель Ченери и два северных соединения в направлении Беллинцона и Локарно позволят построить скоростную транзитную систему, которая обеспечит быстрые, частые, прямые сообщения между городскими центрами Беллинцона, Локарно, Лугано, Мендризо-Кьяссо, Комо и Варезе. Региональная железнодорожная система Тичино-Ломбарди (TILO) вдвое сократит путь по сравнению с нынешним временем. Например, после ее завершения не понадобится объезд через Беллинцону по пути между Лугано и Локарно. Время поездки сократится с нынешних 50 до 22 мин. Кроме того, прямая связь с базисным тоннелем Ченери интегрирует зону вокруг Локарно в новую систему TILO.

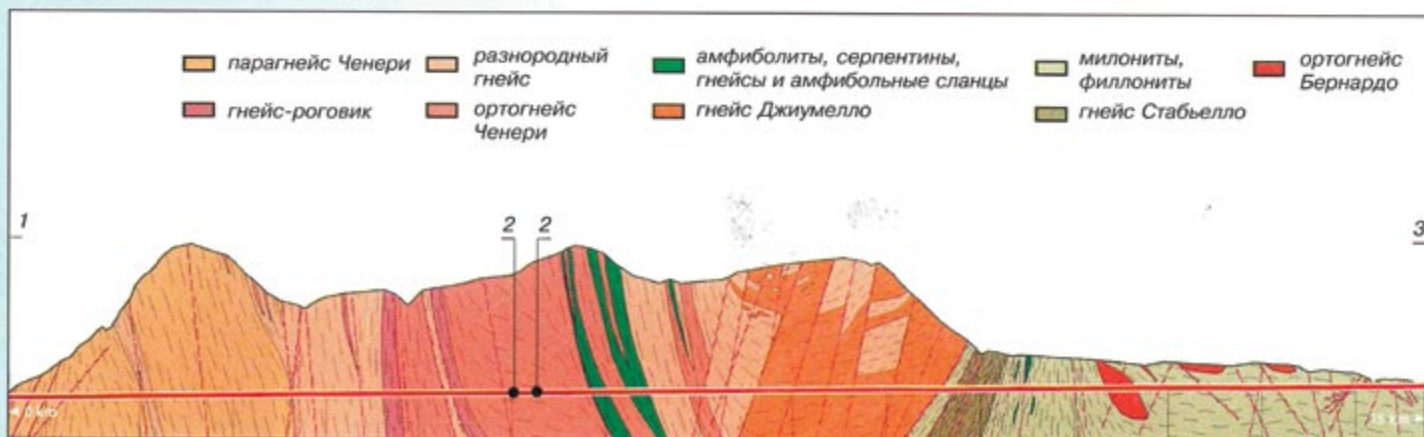


Рис. 24. Геологический разрез базисного тоннеля Ченери:

1 – северный портал Вигана/Каморино; 2 – разведочный тоннель Сиджирино; 3 – южный портал Вешиа

Концепция строительства базисного тоннеля Ченери

В 1999 г. Швейцарское федеральное правительство утвердило предварительный проект для базисного тоннеля Ченери (15,4 км) между Каморино, вблизи Беллинцоны, и Вещиа, близ Лугано (рис. 25). Строительство двух однопутных тоннелей начнётся в 2006 г. Открытие тоннеля намечено на 2016 г.

После утверждения предварительного проекта в 1999 г. Швейцарское федеральное ведомство транспорта (FOT) поручило AlpTransit Gottard AG сделать рабочий проект на строительство базисного тоннеля Ченери. В 2001 г., в основном по соображениям безопасности, Швейцарское федеральное правительство решило, что этот тоннель должен также иметь два однопутных тоннеля, соединенных поперечными сбойками – галереями. Тендер на проектирование был объявлен в апреле 2003 г. Необходимый кредит был утвержден Советом кантонов в декабре 2003 г., а Национальным советом – в июне 2004 г. Поэтому строительство базисного тоннеля Ченери может начаться в 2006 г.

Тоннельная система, включающая два однопутных тоннеля с поперечными сбойками – соединительными галереями не только более надёжна. При такой системе поперечное сечение одного двухпутного тоннеля, который планировался первоначально, распределено на два уменьшенных однопутных тоннеля.



Рис. 25. Равнина Магадино и строительная зона северного портала у Вигана/Каморино

Эти тоннели можно пройти быстрее, используя ТПМК как дополнение к буровзрывному методу. В сравнении с первоначальным планом строительства это сокращает время проходки на 2-3 года. Базисный тоннель Чене-

ри начнёт работать в 2016 г. Другое преимущество выбранной системы состоит в том, что последующее подземное продление тоннеля на юг или пересечение равнины Магадино на север могут быть осуществлены без



Рис. 26. Сигирино. Развездочный тоннель (слева); вынутая порода (справа)

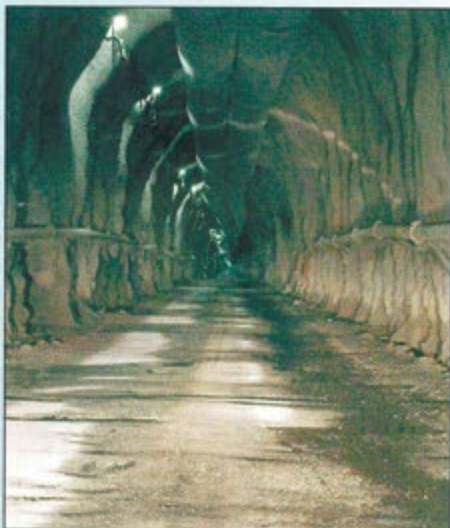


Рис. 27. Сигирино. Разведочный тоннель

перерыва железнодорожного движения в базисном тоннеле Ченери.

Базисный тоннель Ченери пересекает множество различных слоёв скальной породы между северным порталом у Каморино, вблизи Беллинцоны, и южным порталом у Вециа, вблизи Лугано (см. рис.24). Два однопутных тоннеля будут соединены между собой галереями через интервалы 300 м. Поскольку базисный тоннель Ченери имеет длину лишь 15,4 км, то тоннельных развязок, обеспечивающих переход поездов с колеи на колею, и многофункциональных станций не предусмотрено. С другой стороны, подземные ответвления будут выполнены вблизи северного портала в обоих однопутных тоннелях. Отсюда в дальнейшем пройдут соединительные ramпы, пересекая долину Магадино. Здесь будет сооружено

подземное ответвление на расстоянии приблизительно 2,5 км до южного портала, у Сарэ. Это позволит в будущем осуществить продление тоннеля на юг.

У Сигирино – почти в середине тоннеля – в 1997-2000 гг. сооружен разведочный тоннель длиной 3,1 км,

Как и в базисном тоннеле Готтард, по возможности, вынугая порода будет утилизирована или использована для ландшафтных целей территории вокруг объекта строительства, чтобы избежать протяженных перевозок.

Стройплощадки будут развёрнуты не только у Сигирино, но также и у



Рис. 28. Сигирино. Частично разработанная полость (рабочая выработка)

давший ценную информацию о геологии будущей проходки (рис. 26, 27). При подготовке проходки базисного тоннеля Ченери будет пройдена подходная штольня у Сигирино. Рабочие выработки в конце подходной штольни разведочного тоннеля послужат исходными точками проходки основных тоннелей на север и на юг (рис. 28).

северного и южного порталов тоннеля. Это необходимо для проходки тоннельных участков вблизи порталов и устройства самих порталов. Кроме того, у Каморино на севере базисный тоннель Ченери должен быть соединён с существующими железнодорожными линиями и прочими сооружениями.

Сооружения инфраструктуры

До запуска ТПК требуется тщательное и экологически состоятельное планирование наземных сооружений, обеспечивающих доступ к выработкам, снабжение строительными материалами, складирование отходов, бесперебойную работу всех служб.

При строительстве тоннеля следует переместить огромное количество стройматериалов и разработанной породы, причём в рамках экологических требований. Работа

наземной стройплощадки, а также само строительство нуждаются в электроэнергии и воде в таких количествах, которые нельзя получить, просто подключившись к ме-

стным сетям. Точно рассчитанные потребности электроэнергии следует заказать в энергетических компаниях, а доступность воды следует тщательно изучить. Необ-

ходимо также предусмотреть нужды рабочих и прочие вопросы: место расположения жилья для тоннельщиков; объем сточных вод; технологию очистки воды из тоннеля; способ поступления сточной воды с наземной стройплощадки на местную станцию очистки.

Вода на стройобъектах подразделяется на питьевую и промышленную. Первая берётся из местной сети водоснабжения. В сутки для одного человека нужно 300 л. Промышленной воды требуется значительно больше – до 500 000 л в сутки на каждой площадке. Однако промышленная вода не обязательно должна быть высокого качества. Она обычно берётся из отдельного источника, например из реки или грунтовых вод, во избежание перегрузки местного водоснабжения. Эта вода используется на поверхности и в тоннеле: для получения бетона, охлаждения или просто для мойки машин. Для противопожарных целей на стройплощадках построены водяные резервуары. Очищенная сточная вода возвращается в её природный цикл (рис. 29).

Энергоснабжение строительства следует планировать заблаговременно. Например, в пиковые дни стройплощадка Амштег потребляла примерно 11 МВт энергии, что в 2 раза больше потребности г. Седрун на Рождество, когда отели заполнены и работают лыжные подъёмники. Ясно, что местная энергетика не удовлетворит строительство. Но даже и при наличии мощностей нецелесообразно их использование, ибо большая часть средств механизации тоннелестроения требует подачи электрического тока высокого напряжения. Например, ТПКМ требует 5 МВт. Это равносильно одновременному включению около 2500 электроплит или 50 000 лампочек. Поэтому энергия подаётся на стройпло-



Рис. 29. Станция очистки воды в Амштеге



Рис. 30. Железнодорожный мост Валь Бугней, построенный специально для доступа к стройплощадке Седрун

щадку по высоковольтным линиям. Это значит, что существующие линии следует продлить; проектируются ответвления, выдаются разрешения, расширяются подстанции и строятся новые трансформаторные станции.

Расположение и конструкция сооружений инфраструктуры не только обеспечивают оптимальный режим работы тоннелестроителей, но и защищают местное население от шума и пыли. Для устройства наземной стройплощадки, включая подхо-

ды и подсоединения, требуется 3-6 мес. Существующие коммуникации следует переложить и осуществить новые подсоединения (рис. 30). Дороги и дорожки следует приспособить к новым требованиям. Удаляются растительность и верхний слой почвы. После этого можно приступать к строительству жилья, бетонных заводов, мастерских, складов и т.д. Только после создания условий нормальной и экологичной работы стройплощадки можно начать тоннельные работы.

Сквозь горы – с сантиметровой точностью

Высокоточная изыскательская техника гарантирует тоннельщикам правильное направление проходки и точное место сбойки. Изыскатели обеспечивают спокойный профиль трассы, соответствующий высоким требованиям скоростных поездов.

Перед началом строительства тоннеля все его элементы следует точно разметить не только по поверхности, но и в глубине гор. Изыскатели старых тоннелей Готтард и Лёчберг размечали проектируемую линию тоннеля по земле, чтобы подтвердить

свои расчёты. Однако современные моделирующие программы достаточно точны, и наземная разметка не нужна. Использование различных изыскательских технологий и независимые перекрёстные проверки обнаруживают любые ошибки изысканий и

делают направление проходки надёжным и точным.

Изыскатели использовали спутниковые системы, чтобы создать сеть базисных точек по всей зоне проектируемого тоннеля для увязки плана трассы с земной поверхностью (рис. 31).

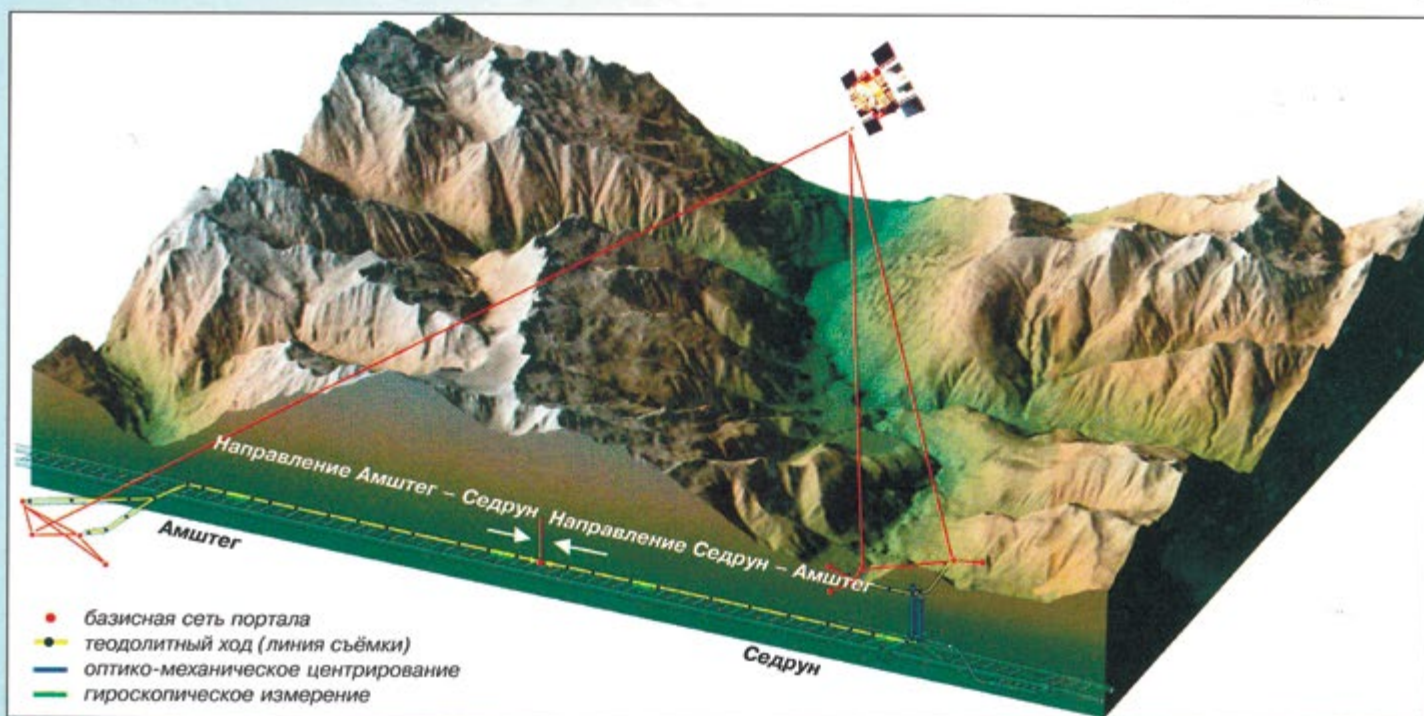


Рис. 31. Сеть изыскательских точек между Амштегом и Седруном



Рис. 32. Нивелирование в основании шахты в Седруне

Достигнуто очень высокое качество. Длина и высота линии между порталами на севере и юге 57-километрового базисного тоннеля Готтард были размечены до сантиметровой точности. Раньше изыскатели размечали трассу, используя триангуляционные точки на вершинах гор и хребтов. Полевые работы и последующие обчёты – тогда не было компьютеров – занимали несколько месяцев. Сейчас достаточно нескольких недель.

Протяжённые подземные сооружения типа базисного тоннеля Готтард невозможно разметить, используя обычную изыскательскую технологию, поскольку звёзды, точки на вершинах гор или точки, выставленные спутни-

ковыми системами не являются видимыми. Вместо этого для определения направления под землей применяют быстро вращающийся гироскоп с горизонтальной осью, которая всегда указывает на север в процессе вращения Земли. Магнитный компас не является достаточно точным.

Были разработаны высокоточные центрирующие инструменты для переноса координат в шахту Седрун на глубину 800 м (рис. 32).

Незначительные ошибки, которые в обычном инженерном изыскании не имели бы значения, теперь были учтены. Огромные массы скальной породы массива Готтард вызывают расхождения в направлении линии отвеса из-за разницы между математической формой Земли (эллипсоид вращения) и её фактической формой (геоид). Из-

мерительный луч также отклоняется из-за разницы температур в тоннеле.

Моделирование всех проектных измерений при помощи компьютерной модели показало, что с 95%-ной вероятностью тоннельные проходки будут выдерживать максимальную погрешность направления 20 см. Это почти равно ширине данной страницы!

Альпы и сегодня находятся в движении, несмотря на кажущуюся неподвижность. Помимо общего подня-

тия Альп на 1 мм в год, геотектонические перемещения между отдельными горными формациями также могут повлиять на строительство базисного тоннеля. Изыскатели следят за этими смещениями на различных наземных измерительных станциях и в существующих тоннелях. Полученная информация используется затем инженерами-строителями для планирования мероприятий по защите будущих железнодорожных линий.

Менеджмент данных

Для успешного осуществления такого большого строительного проекта как железнодорожная линия Готтард с его длительными проектной и строительной стадиями обязательным требованием является то, чтобы каждый сотрудник работал с теми же проектными данными, что и все участники проекта, и всегда знал текущее его состояние. Кроме того, когда проект завершён, будущий владелец и оператор тоннеля должны располагать полной строительной документацией.

В фирме AlpTransit Gottard AG такая база данных создана, задействована и распределяется среди людей, связанных с проектом, в цифровой форме. Важные распечатки, необходимые на стройплощадке, выдаются из этих данных.

Горные породы, машины, люди

Скорость проходки в основном зависит от геологических условий. С другой стороны, она зависит от производительности машин, людей, которые ими управляют и количества рабочих смен.

Геологический прогноз обеспечивает информацию о состоянии подземной породы, ожидаемой по трассе. Основываясь на этом прогнозе, инженеры подразделяют скальную породу на классы. Класс породы определяет ожидаемую скорость проходки. При благоприятных условиях скорости проходки могут составлять более 20 м/сут, а в противном случае – менее 1 м/сут.

Замедление скорости проходки в основном связано с процессом крепления тоннеля, зависящим от состава породного массива. Так, в компактном гнейсе тоннель можно проходить и крепить одновременно, а в слабой скальной породе каждый метр, пройденный буровзрывным способом, следует крепить немедленно. Установка стальной арочной крепи очень трудоёмка; в неустойчивых породах необходим более толстый слой торкрета.



Рис. 33. Болто. Монтаж ТПМК S-210 фирмы Herrenknecht диаметром 8,83 м, работающего с упором в стены

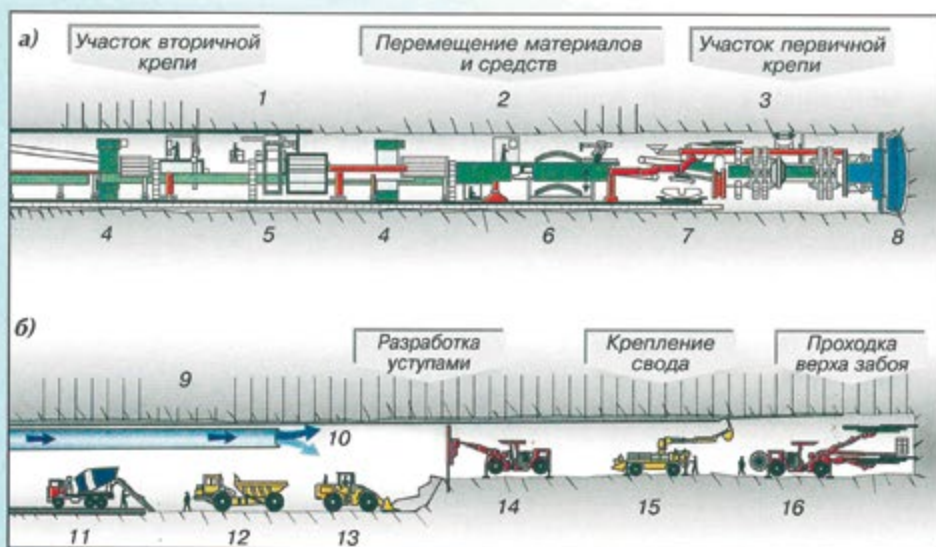


Рис. 34. Проходка при помощи ТПМК (а) и буровзрывным способом (б):

1 – буровая машина (установка анкеров по мере надобности); 2 – кабина управления; 3 – ТПМК; 4 – расчистка; 5 – машина автоматического торкретирования; 6 – насос нагнетания раствора; 7 – эректор; 8 – планшайба (режущая головка); 9 – болтовая крепь; 10 – свежий воздух; 11 – автомобиль-бетонсмеситель; 12 – думпер; 13 – фронтальный погрузчик на пневматике; 14 – буровая машина; 15 – машина для торкретирования; 16 – многобаровая буровая платформа

Буровзрывной цикл

Работы ведутся в три смены продолжительностью 8 ч.

Бурение, закладка зарядов, взрывание, вентиляция, крепление/откатка породы. При благоприятных инженерно-геологических условиях эти операции осуществляются в одну 8-часовую смену. В сложных условиях фаза крепления особенно трудоёмка, а удаление породы после взрыва возможно только по завершении крепления. Тогда цикл может удлиниться до нескольких смен.

Фирма Herrenknecht AG для объектов AlpTransit

Фирма Herrenknecht AG (Шванау, Германия) является лидером рынка оборудования для проходки тоннелей в скальных породах.

Фирма Herrenknecht AG является эксклюзивным поставщиком проходческих комплексов для гигантских тоннелей под горными массивами Готтард и Лётцберг.

Техника Herrenknecht безопасна, с ее помощью осуществляется проходка в скальных породах практически любого типа и на всех континентах. Будь то односекционный или двухсекционный щит ТПМК с упором в стену либо односекционный или двухсекционный щит ТПМК с упором в обделку, фирма Herrenknecht обеспечивает любую технологию, известную на этом строительном рынке. Решение о целесообразности принятия той или иной технологии зависит обычно от геологических условий, поскольку скальная порода одного типа не похожа на породу другого типа.

Устойчивая, хрупкая или сильно сжатая скальная порода, переходные зоны выветрелого материала, зоны с высоким гидростатическим давлением, подземные пустоты – разнообразие геологических условий практически бесконечно. К этому добавляется значительная разница в прочности породы. От слабого известняка до прочного гранита или гнейса – Herrenknecht справится с любой породой.

Для прочных скальных пород принцип упора в стену так же прост, как и незаменим. Односекционный щит ТПМК с упором в стену осуществляет этот упор в задней части щита с помощью двух упорных пластин. После этого гидравлические цилиндры передают на рабочий орган большое усилие и подают его вперед в забое, материал которого разрушается с помощью шарошек. Такой же принцип используется в двухсекционных щитах, только здесь используются четыре пластины.

Односекционный щит ТПМК – это верный выбор для хрупких или слабых скальных пород. При проходке тоннелей щитовым методом тоннельная обделка выполняется из бетонных блоков. Продвижение ТПМК с односекционным щитом осуществляется с помощью гидравлических цилиндров подачи, опирающихся о вновь установленное кольцо из блоков.

Двухсекционный щит, называемый иногда телескопическим, сочетает в одном комплексе два принципа проходки тоннеля, что позволяет эффективно строить тоннели в меняющихся скальных формациях.

Объекты AlpTransit в Швейцарии – это хороший пример высокого доверия, оказываемого заказчиками и клиентами технологиям проходки тоннелей, разрабатываемым в Шванау.

Современная технология позволяет максимально механизировать проходку. Но это также требует повышенной квалификации и ответственности от тоннельщиков, обслуживающих машины. Здесь нужны специалисты. Уже недостаточно навыков чувствовать породу и уметь пользоваться взрывчатыми материалами. Следует задействовать новейшее оборудование и механизмы: компьютеризованные ТПМК, буровые платформы с несколькими бурами, более совершенный откаточный транспорт, лазерные инструменты и гидравлические манипуляторы для возведения стальной обделки.

Квалифицированные специалисты работают в соответствии со своей специальностью как сильная команда. Сменные операции распланированы до последней минуты 24-часового рабочего дня.

Выбор между буровзрывным способом разработки и применением ТПМК зависит от ожидаемого состояния горного массива.

Буровзрывной способ является очень гибкой технологией строительства. Длина выработки и способ ее крепления (например, торкрет, анкерование, стальная крепь, армосетка) можно приспосабливать к конкретным условиям. При этом средняя скорость проходки может достигать 6-10 м в рабочий день.

ТПМК гораздо труднее приспосабливать к изменяющимся условиям. Полный проходческий комплекс (ТПМК и защитовой комплекс общей длиной до 400 м) является постоянно монтирующимся, в целом жёстким узлом, со стандартными (в основном) процедурами (рис. 33).

В благоприятных инженерно-геологических условиях ТПМК может пройти 20-25 м за рабочий день. В более трудных условиях суточная выработка может быть намного ниже. В некоторых случаях в день удаётся пройти и закрепить лишь несколько метров. Нередко могут понадобиться и до-

полнительные меры для обеспечения более эффективной работы ТПМК.

Капитальные затраты при использовании ТПМК гораздо выше, чем при буровзрывном способе. Приобретение и монтаж ТПМК также требуют больших затрат времени, чем буровзрывное оборудование.

Выбор метода в основном зависит от спектра ожидаемых условий, протяженности тоннеля и сроков строительства. Чем разнообразнее геологические условия, меньше сроки строительства и протяженность тоннеля, тем выгоднее буровзрывной метод (рис. 34).

Цикл ТПМК
Работа ведётся в три смены продолжительностью 8 ч
1-я и 2-я смены: ТПМК проходит 2 м и автоматически удаляет разработанную породу. Крепление анкерами, торкретирование или стальное арочное крепление осуществляются из самой машины. Затем машина продвигается и ведёт разработку забоя. Этот цикл повторяется в течение смены.
3-я смена: ТПМК очищают, машина проходит техническое обслуживание и ремонтируется. Изношенные режущие элементы заменяются.

Несмотря на объём и тщательность изысканий, геология остается неизвестной и может преподнести сюрпризы вплоть до последнего метра проходки. Несмотря на эффективное оборудование, высокую степень

механизации, обоснованный выбор метода проходки, окончательный результат зависит прежде всего от людей. Ничто не может заменить опыт специалистов – геологов, взрывников или сменных рабочих.

Альтернатива для производства бетона

Строительство базисного тоннеля Готтард даёт миллионы тонн вынудой скальной породы – настоящую гору из-под Альп. Этот колоссальный объём имеет большую ценность как сырьё для строительства. Для этого нужна новаторская технология производства бетона.

Строительство протяжённых тоннелей под Альпами даёт огромный объём разработанной породы: 24 млн. т или 13,3 млн. м³ только из одного базисного тоннеля Готтард (рис. 35). В то же время карьерные разработки щебня в Центральной Швейцарии испытывают всё большие трудности. В такой ситуации порода из тоннеля является ценной альтернативой для производства бетона.

В современном тоннелестроении проходка всё в большей степени ведётся ТПМК. По сравнению с обычным щебнем Средней Швейцарии, порода, разработанная ТПМК, имеет очень тонкую гранулометрию и чётко выраженный скол. Ввиду этого, она не соответствует стандартам бетонного заполнителя и до последнего времени была неприемлема для производства высококачественного бетона. Вместо этого она использовалась для устройства насыпей или засыпки отходов на свалках.

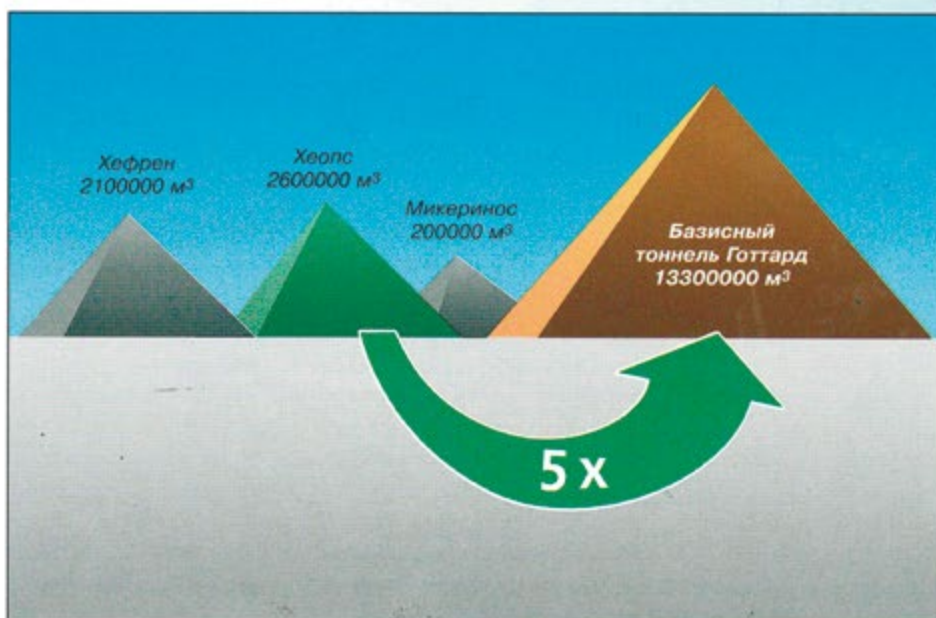


Рис. 35. Объем вынудой породы в сравнении с египетскими пирамидами в Гизе

Материалы для бетона
Сырьевые материалы , используемые для производства бетона: цемент, вода и различной крупности щебень.
Заполнитель : порода, вынудая из тоннеля, дробится, промывается и сортируется по форме и качеству, необходимым для утилизации.



Рис. 36. Файло. Завод по переработке породы

Для проекта AlpTransit Gotthard эта ситуация с самого начала была воспринята как неудовлетворительная. Обширная программа экспериментов была начата уже в 1993 г. После 4 лет сотрудничества с университетами,

исследовательскими институтами и производителями бетона, исследований в лабораториях и испытаний на стройплощадках окончательно было доказано, что буровая мелочь от ТПКМ действительно может исполь-

зоваться для производства высококачественного бетона. Но для этого нужны современные заводы для изготовления заполнителя и передовые технологии.

Переработка вынудит высококачественной породы дает почти 5 млн. т бетонного заполнителя. Переработка ведется по месту, на стройплощадках (рис. 36). Как побочный продукт, процесс переработки даёт около 0,8 млн. т чрезвычайно тонкого шлама, который можно использовать для производства кирпичей.

Разработанная избыточная порода предлагается сторонним клиентам. Основной упор делается на экологичность транспортировки. Порода, добытую в Эрстфельде и Амштеге, везут по железной дороге или на барже к соседнему озеру Ури для исправления береговой линии в дельте р. Реусс. Избыточный материал из Седруна используется для местных потребностей в гравии. Остальное складировается в долинах Валь Бугнеи и Валь да Клаус. Избыточный материал из Файдо и Бодио, который нельзя использовать для насыпей вдоль новой железнодорожной линии, подаётся ленточным транспортёром для

засыпки ближайших карьеров в Кавьенца и Буцца ди Бьяска.

Эти современные методы утилизации имеют двойную выгоду: существенно снижая затраты, они сохраняют ценные природные ресурсы.

Крепление и обделка – прочны и долговечны

Железная дорога, проходящая под горами, предъявляет более высокие требования к качеству материалов, чем для строительства наземной линии. Поэтому строительные материалы для нового железнодорожного участка Готтард должны быть долговечными.

Правильный выбор материалов для крепления, герметизации и обделки тоннеля является очень важным фактором обеспечения безопасности тоннельщиков в течение всего времени строительства, а также для уверенной эксплуатации тоннеля в течение 100 лет.

Зоны разломов и другие участки, затрудняющие строительство тоннеля, должны быть подготовлены до начала самой проходки. При проходке в скальных породах часто применяется инъецирование. Обычно это цементация, служащая для обеспечения устойчивости горного массива перед его разработкой, а также для снижения водопроницаемости породы.

Первичное крепление предотвращает обрушение кровли до установки постоянной крепи. В зависимости от геологических условий тоннелестроители применяют анкера, торкрет и стальную арочную крепь, которые могут комбинироваться в различных вариантах по количеству и прочности.

Первичное крепление находится в непосредственном контакте с породой, а поэтому подвержено наибольшему воздействию горного давления и грунтовых вод.

Система контроля и управления уровнем грунтовых вод в базисном тоннеле Готтард направляет грунтовые воды через поверхностный дренаж в дренажные трубы и при помощи гидроизолирующей пленки предотвращает непосредственное проникновение воды в тоннель. Эта система соответствует железнодорожным техническим требованиям и одновременно позволяет избежать нарастания давления грунтовых вод.

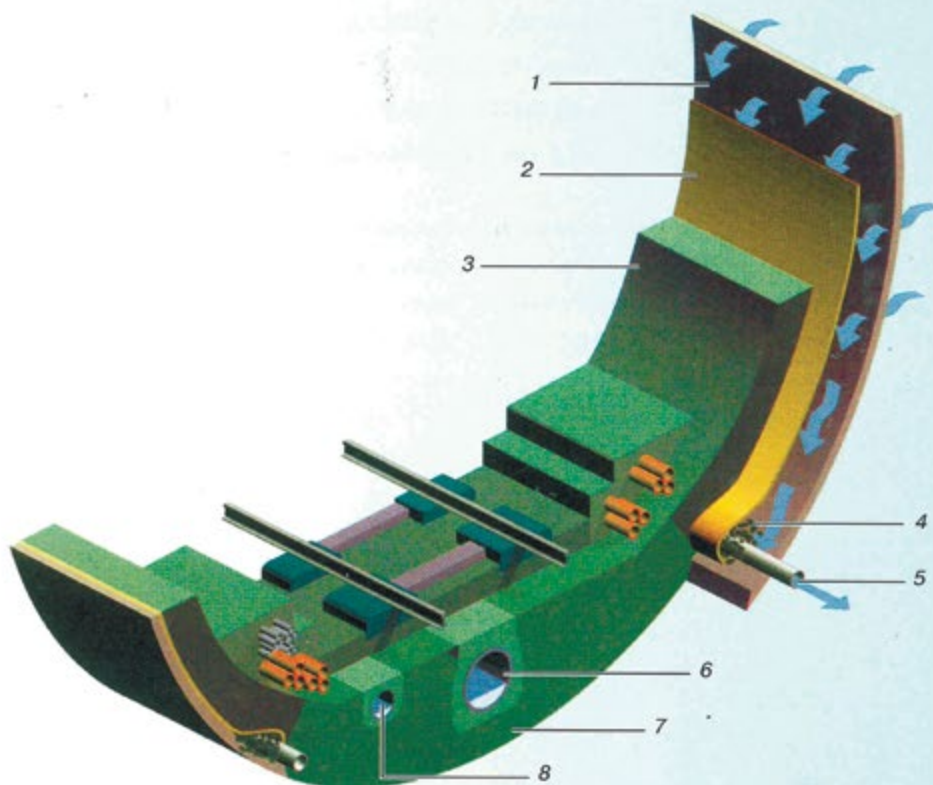


Рис. 37. Герметизация тоннеля:

1 – первичное крепление; 2 – герметизирующий слой; 3 – внутренняя обделка; 4 – дренажный щебень; 5 – арочный дренаж; 6 – коллектор диаметром 600 мм для сбора грунтовых вод; 7 – основание из монолитного бетона; 8 – коллектор диаметром 250 мм для тоннельной воды

Высокая скорость поездов требует гладкой внутренней бетонной обделки тоннеля. Первичное крепление рассчитано на работу только в ограниченный период времени, поэтому внутренняя обделка долж-

на обеспечить надёжное крепление тоннеля и иметь толщину не менее 30 см (рис. 37). В зонах, где внутренняя обделка подвержена высоким напряжениям, она имеет стальное армирование.

Проблемы

Давление горных пород. Создание полого пространства внутри горы вызывает смещение напряжений массива. Мощный перекрывающий слой слабой породы вызывает деформацию полости выработки. Для предотвращения деформаций проседания полого пространства в ходе строительства тоннеля применяют анкера, торкрет и стальную арочную крепь.

Агрессивные грунтовые воды. Грунтовые воды, содержащие хлориды и сульфаты, отрицательно воздействуют на долговечность и применимость строительных материалов. Бетон, контактирующий с водой, содержащей сульфаты, набухает, если не применять специальный цемент. Анкера корродируют от воздействия хлоридов, если не защищены надлежащим образом.

Агломерация. Вещество, растворённое в воде (например, углекислый кальций в дренажных трубах), распадается от химического воздействия и образует минеральные отложения. Со временем агломерация уменьшает сечение трубы и вызывает ее закупоривание.

Безопасность труда – наивысший приоритет

Безопасность всех участников строительства нового железнодорожного участка Готтард имеет наивысший приоритет. Для AlpTransit Gotthard AG безопасность работ постоянно в центре внимания. Меры по обеспечению безопасности работ, предусмотренные на стадии проектирования, при организации тендера и в рабочих контрактах, а также неукоснительное соблюдение требований техники безопасности, договорных и юридических положений, создают исключительную культуру безопасности строительства с минимумом ЧП на стройплощадках.

В конце XIX в. погибло много тоннельщиков при строительстве крупных Альпийских пересечений. Их убивало падающей породой,

внезапными прорывами воды в тоннель, либо калечило из-за неправильного пользования взрывчаткой. Другие умирали позже от силикоза:

коварной неизлечимой болезни лёгких, вызванной вдыханием кварцевой пыли.

К счастью, это всё в прошлом! Концепции проходки данного тоннеля, системы вентиляции и охлаждения, уделяют максимум внимания вопросам здравоохранения. Безопасность работ гарантируется включением уже на проектной стадии большого числа конструктивных, технических и организационных превентивных мер безопасности. Безопасность работ была и продолжает быть важным аспектом рабочих контрактов, заключённых AlpTransit Gotthard AG. Договорные и юридические условия приняты, прослеживаются и соблюдаются на стройплощадках в сотрудничестве со страховым фондом Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA).

Основными факторами сохранения здоровья и безопасности в тоннеле являются вентиляция (рис. 38) и оптимизация температурного режима.

Вентиляция снижает концентрацию загрязняющих веществ, выделяющихся при взрывных работах и при работе транспортных средств, используемых для удаления разработанной породы (рис. 39). Допустимые значения чётко определены законом. Концентрации пыли на рабочем месте могут быть еще более снижены посредством распыления



Рис. 38. Вентиляционные установки в Файло

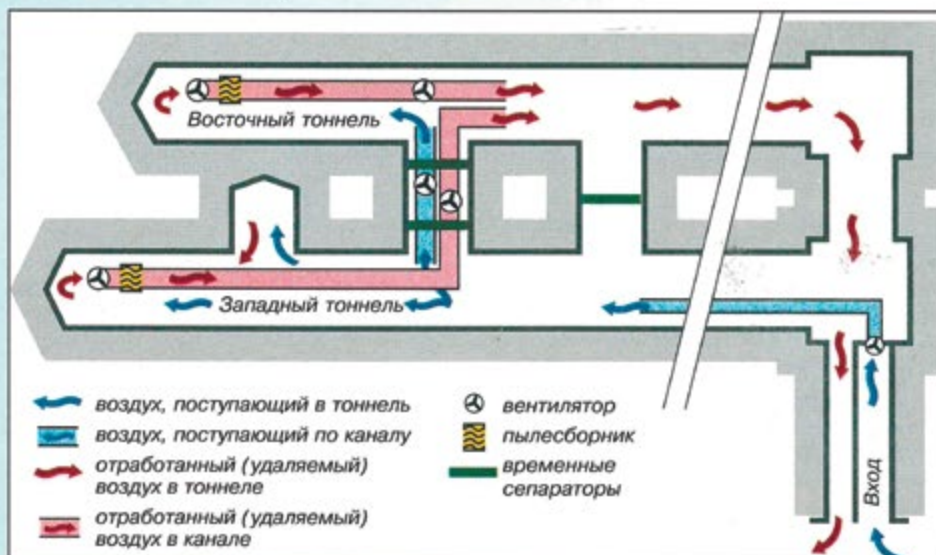


Рис. 39. Схема системы вентиляции тоннеля на стадии строительства

воды на разработанную породу. Сегодня уже нет таких лёгочных болезней, как силикоз.

Особую опасность в тоннелестроении представляет загазованность. Смесь метана и кислорода в определённой пропорции образует взрывчатый газ, называемый рудничным. Поскольку 4% метана в воздухе уже достаточно, чтобы вызвать взрыв, то рудничный газ является серьёзной опасностью при строительстве тоннеля. Здесь также единственной контрмерой является вентиляция, уменьшающая концентрацию метана до значе-

ния ниже 1%. Газовые датчики в забое тоннеля обеспечивают обнаружение газа и отслеживают его концентрацию.

Температура горных пород увеличивается с увеличением глубины заложения тоннеля. Базисный тоннель Готтард проходит на глубине более 2000 м. Поэтому ожидаемые температуры породы составляют около 45 °С. Дополнительно тепло образуется от работы мощного парка машин, используемых в строительстве тоннеля (рис. 40). Поэтому для охлаждения рабочего



Рис. 40. Строительные работы в Бодио

места должны быть приняты необходимые меры. Определённая часть тепла удаляется вентиляционной системой. Однако, чтобы снизить температуру до уровня, допускаемого страховым фондом Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA), дополнительно следует охлаждать забой тоннеля. Это осуществляется системой труб с циркулирующей водой, снимающей тепло с породы и машин. При использовании этого метода, воздух в тоннеле может быть охлажден до 28 °С.

В интересах максимальной безопасности AlpTransit Gotthard AG сотрудничает со страховым фондом SUVA и основными подрядчиками в рамках акций «Stop Risk» («Нет – риску!») на стройплощадках. Их цель – полная и интенсивная активизация всех участников проекта.

Все эти меры способствуют предельной минимизации ЧП, связанных с работой. Имеется ещё остаточный риск для здоровья и жизни тоннельщиков, однако соблюдение правил и мер безопасности обеспечивают максимально комфортные условия работы.



Вентиляционная система

Принудительная вентиляция. На большинстве участков, где работает AlpTransit Gotthard AG, применяются системы принудительной вентиляции. Свежий воздух забирается у порталов и у промежуточных выработок и подаётся по каналам к рабочим местам забоя. Загрязнения уносятся потоком воздуха через сечение тоннеля обратно к порталам либо автоматически, либо при помощи вентиляторов. В системе воздухообмена один из железнодорожных тоннелей служит для подачи свежего воздуха, а параллельный тоннель – для удаления отработанного воздуха.

Охрана окружающей среды

Экологические аспекты интегрированы в проекты AlpTransit Gotthard AG благодаря системе экоменеджмента, а также посредством трёхстадийного тестирования совместимости проектных решений с окружающими условиями. Последовательная реализация экологических мер на отдельных стройплощадках прослеживается экопредставителями на месте в рамках общей системы координации экологического мониторинга.

Меры по экологической защите были определены Федеральным правительством Швейцарии при утверждении проекта строительства тоннеля. Экопредставитель на каждой стройплощадке отвечает за соблюдение этих мер. Этот же человек должен обеспечить принятие необходимых мер при ЧП с возможными экологическими воздействиями. Последовательность мер определена в рамках общей системы координации.

Ответственные органы Федерального правительства Швейцарии и кантонов периодически приглашаются на экологические аудиты. Обеспечивается также регулярная информация для организаций экологической защиты. В течение всего периода

строительства применяется широкий спектр мер экологической защиты по отдельным стройплощадкам. Они включают, например, временное складирование верхнего слоя земли в качестве насыпей для шумозащиты. Все сооружения типа бетонных заводов, мастерских, складов и даже ленточных конвейеров обдуманно экранятся.

Загрязнение воздуха от строительной деятельности не превышает минимального уровня. Как основной принцип, вся транспортировка насыпных материалов осуществляется закрытым ленточным конвейером (рис. 41), по рельсам или при помощи воды. Для минимизации загрязнения

воздуха все транспортные средства на стройплощадках AlpTransit Gotthard AG должны – за немногими исключениями – иметь фильтры для улавливания частиц пыли из воздуха.

Вода с горы и из тоннеля загрязняется транспортом и работами на стройплощадке. Она очищается в соответствии с правовыми нормами, охлаждается и сливается в реки в соответствии со строгими правилами. Регулярный мониторинг обеспечивает оптимизацию очистных систем. По завершении строительства площадки на поверхности восстанавливаются до первоначального состояния. Поверхность земли вновь восстанавливает свою прежнюю сельскохозяйст-



Рис. 41. Закрытый ленточный конвейер в Седруне



Рис. 42. Инсла у Селруна. Возмещение урона окружающей среде

венную и экологическую функцию (рис. 42).

Ландшафт изменился на некоторых участках трассы из-за строительства новой железнодорожной линии. Для обеспечения гармонии наземных сооружений с ландшафтом группа консультантов по ландшафту и дизайну осуществляет соответствующий мониторинг. Строительство оказывает воздействие на ареалы обитания животных и на растительный мир. В некоторых случаях такое воздействие временное, но в других – более продолжительное и постоянно меняется. Там, где воздействия лишь временные, планируют меры по восстановлению ландшафта, в то время как для зон, использование которых постоянно меняется, предусматриваются определенные меры до начала строительства.

Законы экологической защиты требуют, чтобы сооружения, кото-

рые могут загрязнить окружающую среду, подвергались тестированию совместимости с окружающими условиями (UVP). Проекты нового железнодорожного участка Готтард проходят UVP в три стадии (рис. 43). Первая стадия осуществлялась в рамках отчёта по новому железнодорожному участку через Альпы в мае 1990 г. Вторая стадия оценивала концептуальные проекты. Третья стадия относится к проектам в том виде, как они представлены для тендера.



Рис. 43. Три стадии тестирования проектируемого объекта на совместимость с окружающими условиями

Экологическая политика AlpTransit Gotthard AG

- AlpTransit Gotthard AG, как генеральный подрядчик Нового железнодорожного участка через Альпы (NEAT), реализует трассу со спокойным рельефом, отдавая очень высокий приоритет экологическим аспектам.
- AlpTransit Gotthard AG проектирует и осуществляет обоснованные проектные решения, которые являются экологически и экономически совместимыми и имеют оптимальное соотношение «затраты-результат».
- AlpTransit Gotthard AG стремится уменьшить количество загрязняющих выбросов и прочих вредных воздействий на среду и сохранить природные ресурсы.
- AlpTransit Gotthard AG строго соблюдает законы и соглашения по защите окружающей среды и обеспечивает открытую информацию по экологическим вопросам.



Без страха перед любой опасностью

Значительная протяженность базисного тоннеля Готтард определяет исключительную необходимость обеспечения безопасности. Но даже при всех принятых мерах предосторожности остаётся остаточный риск.

Эксплуатация будущего базисного тоннеля Готтард не является абсолютно свободной от опасностей. Им следует противопоставить соответствующие меры безопасности. Жизненно важно сба-

лансированное сочетание конструктивных, технических и эксплуатационных мер. Например, анализ риска был осуществлён по необходимому количеству станций аварийной остановки и поперечных

галерей, а также по прочим компонентам проекта. Он показал, что риски в тоннелях новых линий существенно ниже, чем на существующих линиях Швейцарских железных дорог.



Рис. 44. Пожарно-спасательный поезд



Рис. 45. Спасательный вагон пожарно-спасательного поезда

Швейцарские железные дороги – в сотрудничестве с другими европейскими железнодорожными операторами и органами надзора – определили цели безопасности для работы своих новых транспортных сооружений. Планирование безопасности будет успешно детализировано как раз к моменту, когда новый железнодорожный участок Готтард начнёт работать, и будет учтён опыт произошедших ЧП в тоннелях, например пожара в тоннеле Ламанш.

Планируемые меры преследуют четыре цели. Основное внимание

уделяется предотвращению ЧП. Если же оно происходит, то приоритетами являются сдерживание опасного явления, самоспасение и спасение, приходящее извне. Для самоспасения предусмотрены соответствующие эвакуационные пути, аварийные станции и дорожки вдоль путей. Эффективное спасение извне требует хорошо организованных спасательных команд и операционно продуманной практической концепции спасения (рис. 44, 45, 46).

Происходит регулярный обмен опытом с проектными группами других крупных европейских тоннелей (Лёчберг, Бреннер, Мон-Дамбен, Земмеринг и Ламанш). В частности, такой обмен опытом подтвердил практичность тоннельной системы с двумя однопутными тоннелями и без сервисного тоннеля для протяжённого железнодорожного тоннеля под Альпами.

Если кто-то надеется на яркие впечатления при пересечении Альп поездом, то он будет разочарован. Благодаря мерам безопасности в тоннелях нового железнодорожного пересечения Готтард ЧП практически исключены.

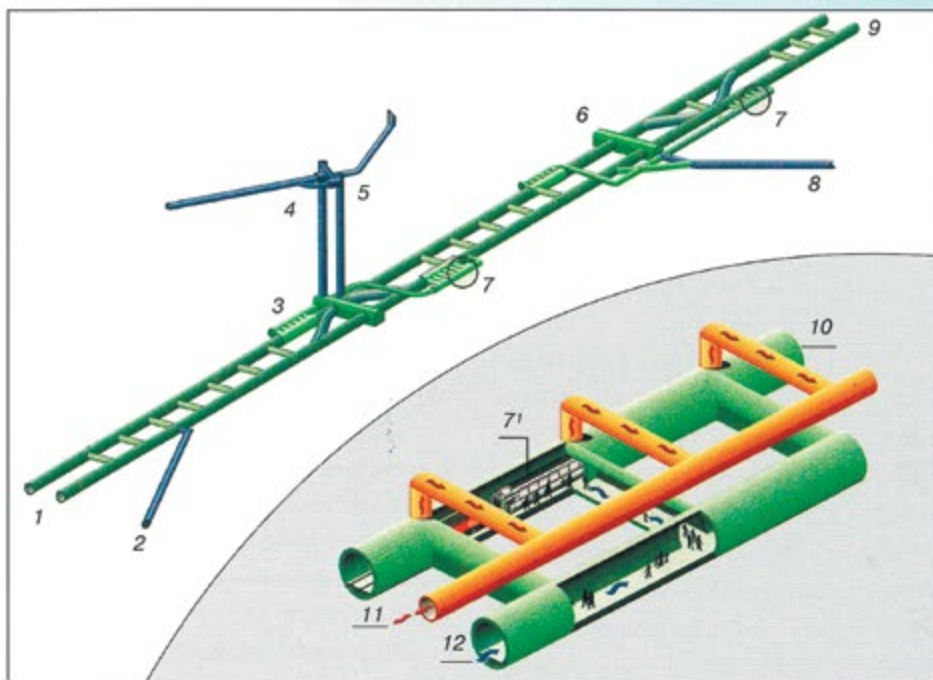


Рис. 46. Концепция безопасности базисного тоннеля Готтард:

1 – портал Эрстфельд; 2 – подходная штольня Амштег; 3 – многофункциональная станция Седрун; 4, 5 – шахты Седруна; 6 – многофункциональная станция Файдо; 7 – станция аварийной остановки; 7' – аварийная остановка поезда в тоннеле; 8 – подходная штольня Файдо; 9 – портал Бодио; 10 – основной тоннель; 11 – удаляемый воздух; 12 – тоннель свежего воздуха и эвакуационного назначения

Особые факторы риска нового железнодорожного участка Готтард

- Длина тоннелей (Готтард 57 км, Циммерберг 20 км, Ченери 16 км).
- Большой перекрывающий слой породы в некоторых местах (до 2300 м в базисном тоннеле Готтард), вызывающий чрезвычайное давление породы и обуславливающий климатические условия в тоннеле.
- Скорости до 250 км/ч.
- Интенсивность железнодорожного движения от умеренной до высокой, с большой долей грузовых поездов.
- Важное международное значение в качестве трансальпийской железнодорожной связи, требующее исключительно высоких стандартов надёжности и безопасности.

Центр «ТИМР»



продолжает подписку на свои издания
на **2006** год

За подробной информацией обращайтесь по адресу:

Россия, 129327, Москва, ул. Ленская, 2/21

Тел.: (095) 186 0283. Факс: (095) 470 2101

E-mail: center-timr@mtu-net.ru

Техника будущего

Концепция работы тоннеля основана на простых, чётко структурированных процессах и инфраструктуре, сведённой к самому существенному. Железнодорожное оборудование должно обеспечивать безопасную и долгосрочную работу.

Техническое оборудование в базисном тоннеле Готтард обеспечивает практически автоматическую работу при сведенном к минимуму человеческому участию. Минималистический принцип также применён к оборудованию, установленному в тоннеле: всё, что не является абсолютно необходимым в тоннеле, расположено за его пределами. В результате достигается высокая степень доступности и низкий уровень аварийности.

Элементы железнодорожной инфраструктуры можно сгруппировать в следующие основные категории:

коммутация данных, система энергетической информации;

– системы электрической тяги: контактная сеть, подстанции уровня 15 кВ/16,7 Гц;

– электрические системы: освещение, энергоснабжение 50 Гц, кабельные сети.

Верхнее строение пути также спроектировано в расчете на максимальную доступность обслуживания и минимальные затраты, а также на максимальное предотвращение ЧП. Для достижения этих целей придерживались трёх принципов:

– минимальное количество стрелок (переездов);

– максимальная прямолинейность;

– безбалластный путь в тоннеле для максимальной устойчивости (рис. 47).

Важнейшим компонентом железнодорожной инфраструктуры являются сооружения безопасности. Центр управления ведет наблюдение за стрелками (переездами), устанавливает их в нужном положении и даёт поездам разрешение на движение посредством путевых сигналов или дисплеев в кабине машиниста, где локомотивная сигнализация и автоматика гарантируют, что поезд не проследует за пределы, установленные для него центром управления (рис. 48, 49). AlpTransit Gotthard будет оснащён новой стандартизированной Европейской системой управления поездами (ETCS) второго уровня, которая одновременно также будет введена на других европейских железнодорожных сетях.

Системы безопасности и автоматика AlpTransit Gotthard имеют следующие характеристики:

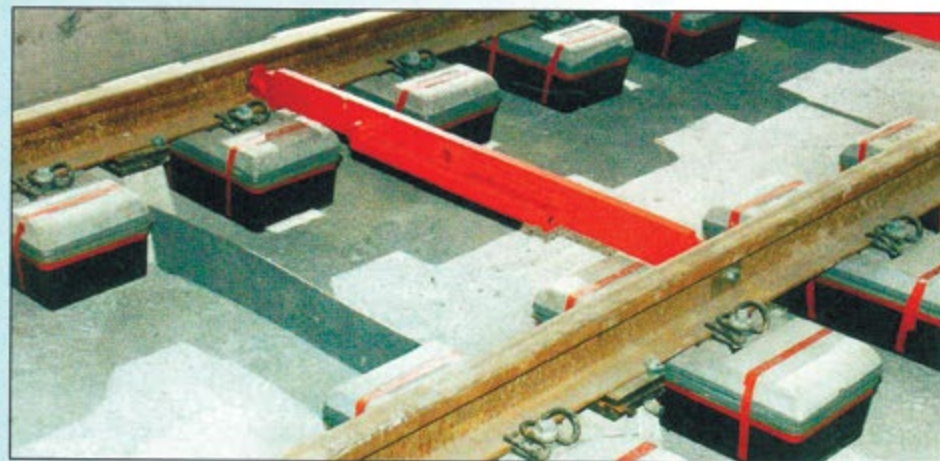


Рис. 47. Безбалластный путь

– верхнее строение: пути, стрелки (железнодорожные переезды), стрелочные механизмы, путевое полотно;

– системы безопасности и автоматика: сигнальные системы разблокировки путей, системы сигнализации и автоматика в кабине машиниста, светофоры, центры управления, системы мониторинга стрелок;

– телекоммуникационные системы: мобильное радио, передача и



Рис. 48. Центр управления тоннеля и кабина машиниста



– непрерывный мониторинг поездов на новых линиях посредством локомотивной сигнализации управления;

– минимум сбоев ввиду высокой доступности путевого и поездного оборудования;

– операционное взаимодействие с другими железными дорогами Европы благодаря стандартизированным сигнальным системам;

– упрощённая путевая инфраструктура благодаря передаче данных цифровой радиосвязью;

– централизованный операционный менеджмент и автоматизация железной дороги, осуществляемые дистанционным управлением из тоннельного центра управления, интегрированного в региональный операционный центр.

Тяговый ток для движения поездов подается

по контактной сети. Она является весьма важным компонентом системы, которая не может дублироваться. Её доступность оптимизируется благодаря:

– использованию опробованной технологии, принятой для условий тоннеля;

– подразделению контактной сети на секции по принципу: как можно меньше секций и столько, сколько нужно;

– достаточно большому расстоянию между верхом вагонов и

контактным проводом, чтобы снизить вероятность повреждения или короткого замыкания через поезд.

Тяговый ток подаётся от силовых станций через подстанции, где максимальное напряжение передающих линий снижается трансформаторами до 15 кВ контактного провода, а затем ток подается к подвеске. Подстанции проектируются так, чтобы в случае полной аварии одной из них линия всё же питалась за счет других.

Система энергоснабжения подаёт энергию к неподвижному путевому оборудованию, а также в центр мониторинга. Электроэнергия в основном используется для стрелок (переездов) и коммуникационных систем, а также для кондиционирования воздуха и освещения. Энергия распределяется по кабелям, которые обычно уложены вдоль пути в блоках или кабельных каналах. Они обладают достаточной надёжностью и доступностью, поскольку непосредственно влияют на безопасность.

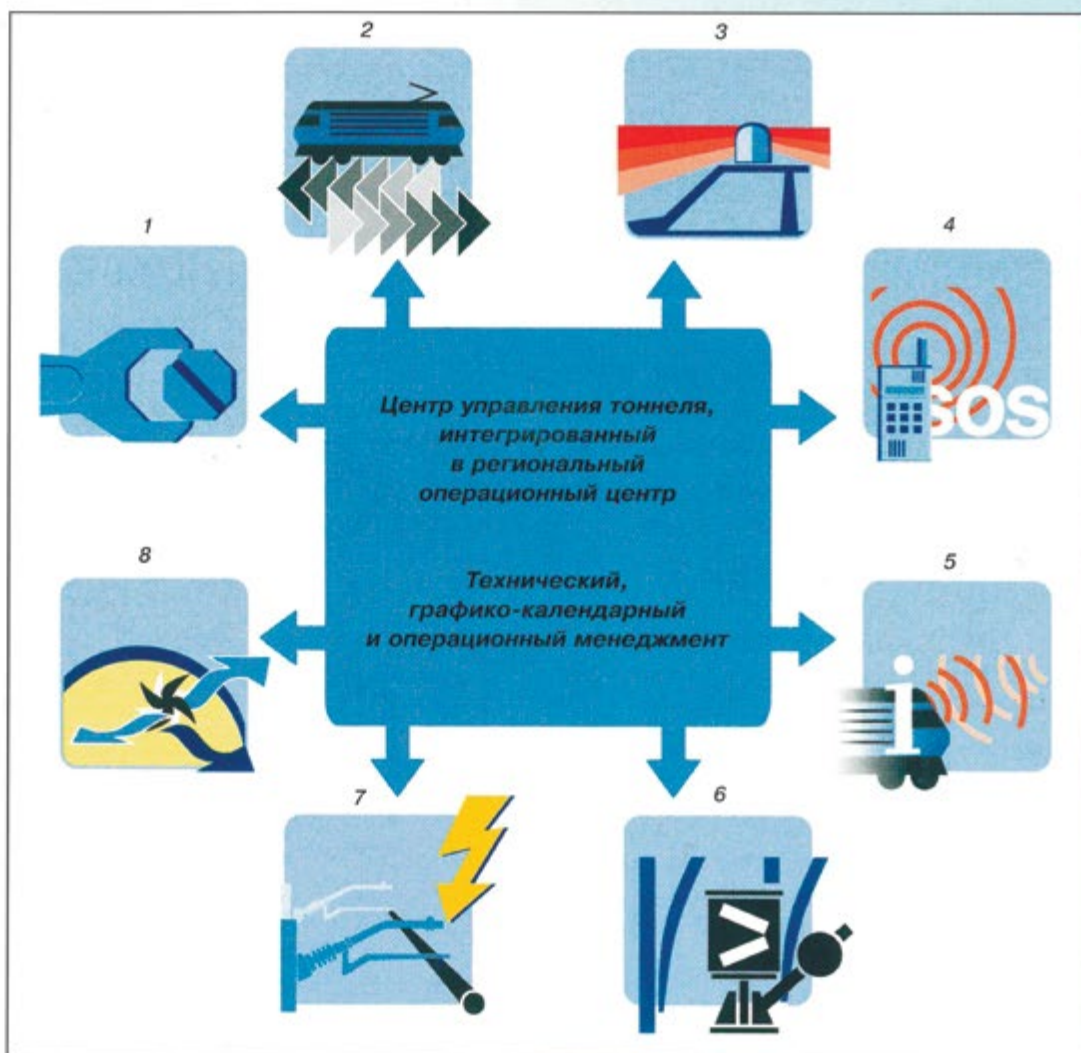


Рис. 49. Технический, графико-календарный и операционный менеджмент:

1 – служба строительства и ремонта; 2 – материально-техническое снабжение; 3 – полиция и служба спасения; 4 – служба чрезвычайных ситуаций; 5 – система управления поездом; 6 – управление стрелочными переводами; 7 – контактные линии и тяговое энергоснабжение; 8 – вентиляция и освещение

Содержание тоннелей: температура и влажность

Температура и влажность в тоннеле влияют на процесс старения сооружения. Оптимальные температура и влажность предотвращают сбои функционирования систем и тем самым уменьшают работы по содержанию тоннеля. Частота работ по содержанию влияет на пропускную способность тоннеля. Поэтому такие работы должны сводиться к минимуму.

Концепция содержания AlpTransit Gotthard совершенно отличается от таковых на существующих линиях Федеральных железных дорог Швейцарии:

- каждый участок пути или открыт для прохода поездов или закрыт для работ по содержанию, т.е. нет понятия «окон» для ремонта;

- на участках пути, которые закрыты, работа по содержанию осуществляется как скоординированная операция службами различных специальностей.

Эта концепция даёт резкое увеличение эффективности благодаря снижению затрат, а также повышению уровня безопасности из-за сокращения производственных ЧП. Упрощение инфраструктуры снижает объём работ по содержанию, капитальные затраты и частоту закрытия участков. **Разграничение движения поездов и деятельности по содержанию повышает уровень безопасности. Скорость и качество работ улучшаются благодаря отсутствию перерывов и помех от проходящих поездов.**

Другим важным элементом концепции содержания тоннелей являются превентивные конструктивные меры для управления температурой и влажностью воздуха в базисных тоннелях Готтард и Ченери. Повышение температуры внутри тоннеля является результатом многих взаимосвязанных факторов. Это происходит не только потому, что темпе-



Рис. 50. Обделка тоннеля в Бодно

ратура породы на большой глубине гораздо выше чем на поверхности, тепло добавляется ещё от работающих локомотивов. Если в тоннеле нет воздухообмена, то температура вскоре становится очень высокой. Необходимый воздухообмен создаётся поршневым эффектом самих поездов.

Важное решение, принятое на проектной стадии, касалось строи-

тельства базисного тоннеля Готтард с непрерывной внутренней обделкой из монолитного бетона (рис. 50). Такая обделка снижает аэродинамическое сопротивление, что уменьшает количество тепла, выделяемого поездами. Обделка также способствует естественной циркуляции воздуха в тоннеле, снижает влажность и ограничивает просачивание грунтовых вод в тоннель.

Оптимальные температура и влажность в тоннеле

Температура: 35 °С.
Относительная влажность: 70%.
Просачивание воды через тоннельную обделку: 35 г/с на 1 км.
Приведённые значения нельзя превышать, исключая короткие периоды времени и расстояния в тоннеле.

Путешествовать быстро, безопасно, комфортно

Сегодня мы путешествуем более комфортно, прибываем более пунктуально и, конечно, быстрее, чем в прошлом. Но при выборе способа путешествия эффективность не является единственным критерием. Всё большее значение приобретает также и безопасность. Высокоскоростное путешествие по железной дороге статистически является самым безопасным видом транспорта.

Шансы попасть в ЧП при путешествии чрезвычайно снизились в последнем столетии. Сегодня риск ЧП в поезде или самолёте очень низок – гораздо ниже, чем в автомобиле. Наиболее безопасен скоростной поезд: почти в 100 раз безопаснее, чем автомобиль!

Этому есть несколько причин. При проектировании и строительстве скоростных железнодорожных линий и подвижного состава предусмотрены тщательно продуманные меры для оптимизации безопасности и предотвращения ЧП. Скоростные линии спроектированы так, чтобы определённые причины ЧП были исключены с самого начала: нет пересечений в одном уровне, ограниченное количество стрелок и увеличенное расстояние между колеями по сравне-

нию с обычными линиями. Это снижает опасность столкновения с другими транспортными средствами, схода с рельсов или ЧП с поездами, идущими в противоположном направлении. Сами поезда оборудованы автоматической системой обеспечения безопасности: они не могут превышать максимально допустимую скорость или проскочить на стоп-сигнал.

Новые железнодорожные линии Швейцарии не только исключительно скоростные, но и смешанные, с пассажирским и грузовым движением. Однако благодаря оптимальному проектированию и всеобъемлющим мерам безопасности новые железнодорожные линии более надежны. В силу их международного значения очень важна бесперебойная работа новых линий.

В базисных тоннелях Готтард и Ченери определённые виды ЧП просто невозможны. Поезда, идущие в противоположных направлениях, не могут столкнуться, поскольку они движутся в двух отдельных однопутных тоннелях. Дополнительная многосторонняя безопасность обеспечивается пакетом технических мер высокого уровня. Даже если что-то произойдёт, пассажиры в тоннеле не останутся без помощи: для этого предусмотрены аварийные станции и соединительные галереи, обеспечивающие пути немедленного спасения, а также быструю и безопасную эвакуацию из тоннеля.

Пассажиры могут чувствовать себя в безопасности в скоростных поездах. Им гарантируется приятная и быстрая поездка с прибытием на место назначения точно в срок.

Железная дорога будущего – удобство и надёжность

Новые железнодорожные участки через Альпы – это связь Швейцарии с будущим. Они позволяют железным дорогам предоставить клиентам услуги в центре международной пассажирской и грузовой транспортной системы под лозунгом – «быстро, экономично, безопасно». Новые скоростные линии – это впечатляющая реинкарнация железных дорог Европы.

Более ста лет назад была построена первая трансальпийская железнодорожная система. Идея устройства тоннелей на самых высоких отметках, а также спиральных тоннелей на крутых трассах подъездных линий считалась революци-

онной. Проходка тоннелей Готтард, Лёчберг и Симплон знаменовала новую эру трансальпийского железнодорожного движения.

Сегодня эта система адаптируется к изменившимся требованиям пассажирского и грузового сооб-

щения. Модернизация системы – не менее захватывающий процесс, нежели первоначальное её строительство. Она основана на чётко определённых, простых и последовательных принципах проектирования в сочетании с современной техно-



Рис. 51. Проектная разработка конструкторской студии «Чисальпино» скоростного «наклонного» поезда

логией, стандартизированной по всей Европе. В результате новые линии достигают беспрецедентных уровней надёжности, безопасности и экономичности.

Дополнительные новые линии, трассы которых обозначены в об-

щем плане AlpTransit, в будущем соединятся с базисными тоннелями под Циммербергом, Готтардом и Ченери. Изучаемые сейчас участки трассы между Лугано и Миланом либо Арт-Гольдау и Эрстфельдом замкнутся. Это сократит время по-

ездки между Цюрихом и Лугано до 1 ч, Цюрихом и Миланом – до 1,5 ч, а между Мюнхеном и Миланом – до 4 ч.

Самые быстрые трансевропейские магистрали пересекут Швейцарию, по которой пойдут составы, подобные знаменитым историческим поездам: Восточному экспрессу (Лондон – Париж – Лозанна – Стамбул) и Альберг-экспрессу (Альберг – Париж – Цюрих – Вена). Другие регулярные сообщения прошлого Гамбург – Штутгарт – Цюрих – Милан и прочие вновь станут реальностью. Но время поездки резко опередит неспешные скорости прелестного прошлого (рис. 51).

Железные дороги активно завоевывают новое положение на европейском транспортном рынке. Строительство нового железнодорожного участка Готтард закладывает основание для будущих железных дорог Швейцарии, а модернизация подъездных линий завершит строительный проект века.

Открытая информация для общественности

Новый железнодорожный участок Готтард – это наиболее экологически перспективный проект, осуществляемой когда-либо в Швейцарии. Соответственно велик и общественный интерес к нему. Как генеральный подрядчик, AlpTransit Gotthard AG стремится дать в любое время компетентную, полную и прозрачную информацию по работам, состоянию, этапам, проблемам и решениям строящейся железнодорожной линии.

Интернет – самое быстрое средство для обмена информацией. AlpTransit Gotthard AG поддерживает многосторонний многоязычный веб-сайт, который непрерывно обновляется. На сайте www.alptransit.ch можно найти последнюю информацию о состоянии работ, а также много интересных подробностей о строительстве нового железнодорожного участка Готтард.

Брошюры и проспекты дают полную историческую информацию в печатном виде. Несколько раз в год печатная информация о состоянии работ на отдельных стройплощадках рассылается местным жителям. Она может быть также получена через Интернет или непосредственно от секретариата AlpTransit Gotthard AG.

Посещение строительства позволяет получить информацию о

состоянии работ на месте. Интерес населения столь велик, что посещения анонсируются и на них записываются заранее. Стройплощадки в Амштег и Бодио имеют экскурсионные маршруты, оборудованные информационными щитами. Эти удобные маршруты позволяют посетителям осматривать стройплощадки без сопровождения. Дальнейшие подробности и

адреса контактов имеются на веб-сайте.

«Дни открытых дверей» устраиваются раз в год на всех стройплощадках. Специалисты дают компетентную информацию, есть возможность принять пищу. Дети, сопровождаемые взрослыми, могут в эти дни также посетить подземные выработки. Даты посещения публикуются в Интернете.

Центры для посетителей предлагают не только платные экскурсии с гидами по стройплощадкам, но и различные выставки. Аудиовизуальные средства, модели и натуральные объекты превращают строительство нового железнодорожного участка Готтард в незабываемое событие. Вход на выставки свободный. Время работы и контактные адреса находятся на вебсайте.

Документальные фильмы показывают процесс строительства нового железнодорожного участка Готтард и часто тяжёлую, проблемную работу под землей. В дальнейшем фильмы будут создаваться каждый год до открытия базисного тоннеля Готтард. Их можно приобрести или заказать в центрах для посетителей. Информация о заказах также находится на вебсайте.

Заключение

Для того чтобы приобрести всемирную известность, гора не обязательно должна быть самой высокой. Такой всемирноизвестной стала возвышающаяся в средней части великолепной южной Швейцарии гора Сен Готтард, в течение столетий в буквальном смысле стоящая на пути людей. Сегодня в глубине этого горного массива проделывается отверстие большой протяженности, что, конечно привлекает огромное общественное внимание.

Даже при взгляде со стороны Готтардский массив производит сильное впечатление.

Хотя для альпинистов эта часть массива не создает особых трудностей, для тоннельщиков это совершенно новый опыт – в основании массива четыре тоннелепроходческих комплекса Herrenknecht осуществляют проходку выработок. Их путь проходит через граниты, набравшие прочность за

миллионы лет, толщина массива над тоннелями превышает 2000 м, температура у портала достигает 50 °С.

По состоянию на конец августа 2005 г. лучшие результаты проходки ТПМК Herrenknecht приведены в таблице.

ТПМК	Длина пройденного участка, м	Лучший результат проходки, м	
		в день	в неделю
S-210	8314,22	29,66	167,87
S-211	9503,90	35,0	152,68
S-229	7861,40	34,80	187,70
S-230	7147,40	36,80	210,30

После завершения в 2014 г. Готтардский базовый тоннель, представляющий собой два ствола длиной по 57 км, станет самым длинным транспортным тоннелем в мире.



НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРЫХ ТОННЕЛЕЙ НА ТРАССЕ БАМ

И. Я. Дорман, С. В. Мазеин, А. Б. Лебедев, Тоннельная ассоциация России

Исходя из накопленного отечественного и зарубежного опыта строительства сверхпротяженных горных тоннелей, кратко изложим некоторые рекомендации, которые, по нашему мнению, будут полезны при проектировании и строительстве вторых тоннелей на трассе БАМ.

1. Главным условием для успешного строительства протяженных горных тоннелей в сложных инженерно-геологических и технологических условиях является разработка оптимальных организационно-технологических схем, как системы, обеспечивающей надежность и безопасность строительства с учетом состояния вмещающих горных пород, объемно-планировочных, конструктивных, и технологических решений. Образ организационно-технологических схем строительства подземных сооружений, как сложных систем интеллектуального уровня, основан на наглядных, наиболее информативных в виде графических представлений этих схем, диаграммах разворота фронта забоев в различных секциях тоннеля, а также в виде планов выполняемых строительных работ с использованием комплекса подходных горных выработок и показа размещения и последовательности работ, совмещаемых во времени.

2. Формирование или конкретное наполнение организационно-технологических схем строительства включает следующие этапы:

- разработка и формулировка функций схемы;
- создание структуры схемы с соответствующими подсистемами и связями между ними;
- выбор современных технологий проведения подземных горных выработок комплекса мероприятий, обеспечивающих надежность и безопасность подземного строительства на основе прогноза свойств поведения вмещающих горных пород и постоянного осуществления геомониторинга и сканирования пород георадарами как составной части процесса;
- организация бесперебойного функционирования организационно-технологической схемы, как системы, обеспечивающей надежность и безопасность подземного строительства на основе реализации технических новаций и достижений менеджмента;
- сочетание различных технологий подземного строительства с учетом избыточности этих технологий и технических приемов.

3. Проблема формирования организационно-технологических схем строительства подземных сооружений является весьма сложной и многофакторной, поскольку она обусловлена как дестабилизирующими строительство факторами, с одной стороны, так и факторами, обеспечивающими безопасность строительства (стабилизирующими) – с другой.

К дестабилизирующим факторам относятся: горно-геологические факторы; стесненность площадки строительства; климатические усло-

вия; недостатки или отсутствие эффективного оборудования и инструмента; нехватка средств и квалифицированного персонала; отсутствие своевременного контроля и надзора за соблюдением мер по безопасности подземного строительства.

Стабилизирующие факторы – это геомониторинг, способы предотвращения просадок поверхности, сканирование вмещающих горных пород георадарами, химическое упрочнение пород инъекциями укрепляющих растворов, искусственное замораживание пород, установка защитных экранов из труб, использование струйной цементации, применение щитовых проходческих комплексов с грунто- или пенопригрузом, проходка выработок на основе буровзрывных работ, применение Новоавстрийского способа проходки тоннелей с обеспечением геомониторинга и облегченных крепей из набрызг-бетона в сочетании с анкерным креплением и металлической сеткой и др.

4. Выбор организационно-технологических схем строительства подземных сооружений с учетом исследования и взаимодействия указанных факторов показывает возможность обеспечения безопасности строительства тоннелей и подземных сооружений различными способами посредством использования безопасных и безаварийных технологий подземного строительства в сочетании с комплексом мер по противопожарной защите, технике безопасности, охране труда и защите окружающей среды.

Современный опыт организации строительства тоннелей и подземных сооружений показывает, что безопасность строительства этих объектов обеспечивают следующие решения:

- детальные изыскания и тщательное определение свойств пород на трассе строительства тоннелей;
- оптимальное размещение тоннелей в толще вмещающих горных пород на основе анализа горно-геологических условий и стесненности строительной площадки;
- применение эффективной и безопасной организационно-технологической схемы строительства, отвечающей требованиям норм и правилам безопасности;
- использование различных сочетаний технологий подземного строительства одновременно с реализацией комплекса мер, обеспечивающих противопожарную безопасность, охрану труда и защиту окружающей среды;
- оптимальная конструкция обделок в совокупности с реализацией решений по упрочне-

нию вмещающих горных пород и предотвращению просадок поверхности;

- геомониторинг строительства подземного сооружения и близлежащих зданий и сооружений на основе математического моделирования.

5. Анализ опыта организации процесса подземного строительства показывает следующее:

- организация строительства крупных тоннелей и подземных сооружений обуславливает необходимость создания консорциумов для инвестирования строительства подземных объектов и консорциумов для строительных подразделений;

- экономическая эффективность тех или иных организационно-технологических схем строительства подземных объектов подтверждается только расчетами инвестиционных проектов строительства этих объектов;

- безопасность подземного строительства основана на использовании высоких технологий подземного строительства, нетрадиционных объемно-планировочных и конструкторских решений с учетом достижений строительной геотехнологии, организации освоения подземного пространства, свойств и состояния массива горных пород, требований экологической и промышленной безопасности;

- технические новшества в технологии механизированной проходки подземных горных выработок и сканирование горных пород сегодня используются не только для подготовки горно-геологических данных об участке строительства и сокращения сроков строительства подземных объектов, но одновременно и для снижения рисков и повышения надежности и безопасности подземного строительства;

- экологические аспекты, в том числе снижение шума и вибрации, уменьшение пожароопасности и водопритоков в тоннели и подземные сооружения, очистка откачиваемых из забоев вод возможны за счет реализации новых оригинальных технологий, конструкций и материалов обделок тоннелей;

- новые способы геомониторинга и укрепления вмещающих пород являются важными средствами предотвращения просадок поверхности и защиты окружающей среды при строительстве тоннелей и подземных сооружений.

6. Развитие строительства тоннелей и подземных сооружений диктует необходимость внедрения надежных и эффективных организационно-технологических схем и прогрессивных конструкторских технологических решений, обеспечивающих как использование всех резервов, так и надежность и безопасность подземного строительства на основе следующего:

- комплексы разведочных, сервисных, подходов и специальных тоннелей и вертикальных шахт, обеспечивающих своевременную разведку и определение свойств пород на трассе тоннелей,

- разбиение всей трассы на ряд участков для разворота фронта горных работ, проветривания забоев и своевременную эвакуацию людей из них в случае аварии, транспорт по-

роды из забоев и доставку материалов в забой; сооружение противопожарных систем;

- предотвращение осадков поверхности и упрочнение вмещающих пород посредством инъектирования укрепляющих растворов, устройства защитных экранов струйной цементацией или экранов из железобетонных или металлических труб;

- устройства специальных оболочек тоннелей и мембран для гидроизоляции и проветривания тоннелей;

- возведение конструкций обделок тоннелей из набрызг-бетона в сочетании с анкерной крепью и сеткой или из железобетонных водонепроницаемых блоков;

- применение буровых комплексов с надежной конструкцией промежуточной рамы для поддержания боковых пород в процессе движения комплекса;

- внедрение компьютерных автоматизированных систем для управления процессом строительства.

7. Транспортные тоннели в соответствии с Градостроительным комплексом РФ и № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», являются объектами повышенного уровня ответственности, и согласно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований», являющимся документом обязательного применения (Постановление Правительства РФ от 4 июля 2020 г. № 985), для указанных объектов «должно предусматриваться научное сопровождение (НТС) при проектировании, изготовлении и монтаже конструкций, а также мониторинг при их возведении и эксплуатации».

В соответствии с п. 12.4 данного ГОСТ 27751-2014, научно-техническое сопровождение должно выполняться независимой от исполнителей проекта организацией. НТС включает комплекс работ по анализу проектной документации и изучению процесса строительства с целью разработки рекомендаций по совершенствованию технических и организационных решений на основе апробированных прогрессивных технических решений, обеспечивающих при сохранении качества конечного продукта его экономическую эффективность.

8. Примером успешной организации научно-технического сопровождения работ при изысканиях, проектировании и строительстве может служить строительство в 2012–2023 гг. Большой кольцевой линии Московского метрополитена длиной более 70 км с 31 станцией. Здесь, на основе генерального договора по организации НТС, заключенного между АО «Мосинжпроект» и ТАР, было выполнено высококвалифицированными специалистами специализированных организаций, входящих в ТАР, более 150 научных и инженерно-технических разработок, способствовавших построить беспрецедентную по длине и сложности кольцевую линию метрополитена в сложнейших инженерно-геологических и геотехнических условиях застройки города Москвы.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МЕТРОПОЛИТЕНА

ACTUAL PROBLEMS OF FIRE SAFETY FOR SUBWAY ROLLING STOCK

В. С. Кудрявцев, Д. Е. Шабунина, ООО «Центр исследований опасных факторов пожара»
V. S. Kudriavtsev, D. E. Shabunina, CIOFP

Метрополитен является самым востребованным общественным транспортом, но при этом вопросу пожарной безопасности подвижных составов метрополитена уделяется недостаточное внимание. Целью работы является анализ пожарной опасности эксплуатируемых подвижных составов метрополитена и активных средств противопожарной защиты внутреннего пространства салона. В работе проведена статистика пожаров в метрополитене за 1984–1987 гг. и актуальная статистика за 2010–2023 гг. Проведен анализ методов повышения пожарной безопасности подвижных составов и активных систем обнаружения и тушения пожаров. Рассмотрены эксплуатируемые подвижные составы Московского и Петербургского метрополитенов, проанализированы пожарная нагрузка салонов и пиковая мощность пожара вагонов метрополитена.

Subway is the most popular public transportation, but the problem of fire safety of subway trains is not given enough attention. The goal of the paper is to analyze the fire hazard of operating subway train and active means of fire protection of the internal space of the cabin. In this paper statistics of fire in the subway for 1984–1987 and current statistics for 2010–2023 were conducted. The methods of increasing the fire safety of metro trains and active fire detection and extinguishing systems were analyzed. Operated Moscow and St. Petersburg metro trains were considered, the fire load of cabins and peak fire power of subway cars were analyzed.

Метрополитен является самым востребованным общественным транспортом и обладает наибольшей пропускной и провозной способностями. Например, Московский метрополитен ежедневно перевозит более 7,5 млн человек [1]. При этом, вопросу пожарной безопасности подвижных составов метрополитена уделяется недостаточное внимание.

Потолки, вентиляционные решетки, диффузоры и воздуховоды вентиляционных установок, каркасы сидений и спинок диванов, ящики аккумуляторных батарей, огнезадерживающие перегородки между аппаратным отсеком, кабиной управления и пассажирским салоном должны изготавливаться из негорючих материалов. В качестве облицовки стен, покрытий полов, обивки сидений и спинок диванов должны применяться негорючие материалы в соответствии с НПБ 109-96 «Вагоны метрополитена. Требования пожарной безопасности» [2]. Вагон подвижного состава необходимо оснащать извещателями пожарными внутри салона электропоезда и внутри корпуса электрооборудования, расположенного в подвагонном пространстве. Электрооборудование дополнительно оснащается порошковым тушением с возможностью управления с пульта машиниста [2].

На сегодняшний день на всех моделях электропоездов, эксплуатируемых метрополитеном, во внутреннем пространстве салона отсутствует система тушения и локализации пожара, несмотря на уязвимость салона электропоезда от поджогов и наличия большей части имеющейся пожарной нагрузки состава внутри салона вагона [3].

Целью работы является анализ пожарной опасности эксплуатируемых подвижных составов метрополитена и активных средств противопожарной защиты внутреннего пространства салона.

Анализ статистики пожаров подвижного состава

Согласно статистике пожаров в Московском метрополитене за 1984–1987 гг. [4], 49 % пожаров приходилось на подвижной состав, что свидетельствует о высокой пожарной опасности вагонов, которая определяется большим

количеством пожарной нагрузки и насыщенностью расположенного электрооборудования внутри подвижного состава (рис. 1).

Согласно статистике за 1981–1987 гг., проведенной в исследовании [5], 68,5 % пожаров электроподвижного состава возникают в подвагонном пространстве, что связано с сосредоточением основного оборудования в нем (рис. 2).

Вагоны серии «Е», активно эксплуатируемые до 1990 г., имели следующий конструктив: внутреннее оборудование (облицовка, сидения, двери, пол) выполнялось из легкогорючих материалов [4]. Пассажирские сиденья изготавливались из металлического каркаса, спинки и подушки – из дерева с набивкой из пенополиуретана, обтянутой винилискожей. Потолки и стены подвижного состава были из бумажно-слоистого пластика толщиной 3 мм. Прокладки и иные крепежные детали выполнялись из резины, пенополиуретана и древесины. Таким образом, основная часть материалов, из которых изготавливались вагоны электропоезда серии «Е», являлись токсичными, горючими, с высокой дымообразующей способностью и быстро распространяющимися пламя. Из-за высокой пожарной нагрузки в эксплуатируемых подвижных составах до 1990 г. началась разработка требований к обеспечению пожарной безопасности вагонов метрополитенов.

Для повышения уровня пожарной безопасности подвижных составов принимались следующие меры [6]:

- повышение надежности электротехнических узлов подвагонного оборудования;
- совершенствование электрических схем и их защиты на вагонах;
- применение в электрических схемах кабелей с оболочкой, не распространяющих горение;



Рис. 1. Статистика пожаров в Московском метрополитене за 1984–1987 гг. [4]

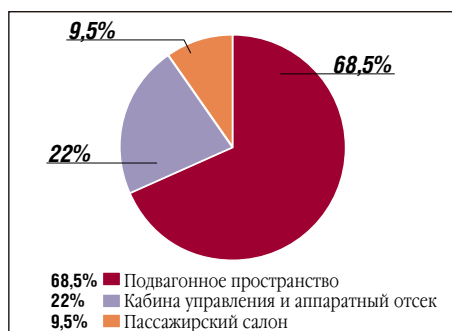


Рис. 2. Статистика мест возгорания в подвижном составе за 1981–1987 гг. [5]

- уменьшение пожарной нагрузки в конструкции вагонов;
- применение малоопасных по токсичности и дымообразованию отделочных материалов для салонов вагонов;
- применение систем обнаружения пожара;
- применение систем активной противопожарной защиты (автоматических систем тушения пожаров).

Данные мероприятия по повышению уровня пожарной безопасности подвижных составов вошли в нормативный документ НПБ 109-96 [2]. Таким образом, вагоны электропоезда метрополитена были модернизированы [7]:

- электрические кабели заменены на кабели с оболочкой, не распространяющие горение;
- потолки, вентиляционные решетки, диффузоры и воздуховоды вентиляционных установок, каркасы и обивка сидений, облицовка стен, покрытие полов стали выполняться из негорючих и слабогорючих материалов;
- перегородки между аппаратным отсеком, кабиной управления и пассажирским салоном стали выполняться из негорючих материалов;
- в салонах вагонов установили извещатели пожарные;
- разработана и применена автоматическая система обнаружения и тушения пожаров (АСОТП) «Игла».

На рис. 3 представлена актуальная статистика возникновения задымлений или пожаров в Московском и Петербургском метрополитенах за 2010–2023 гг. Согласно открытым источникам, получено процентное соотношение мест возникновения задымлений и пожаров за 2010–2023 гг. (рис. 4).

Как видно из рис. 2 и 4, количество пожаров, приходящихся на подвижной состав за 2010–2023 гг., уменьшилось по сравнению с количеством пожаров, приходящихся на подвижной состав за 1981–1987 гг., что связано с внедрением мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности подвижных составов [3].

На рис. 5 произведен анализ эксплуатируемых подвижных составов в Московском метрополитене. Получено, что 24,7% составляют составы «старого» образца (81-714, 81-717 и их подмодели), что приводит к высокой пожарной опасности подвижных составов, вызванной естественным износом оборудования.

При анализе подвижных составов Московского метрополитена (см. рис. 5) выявлено, что процент поездов со сроком эксплуатации, превышающим срок службы (30 лет), составляет 24,7% (подвижные составы, относящиеся к «старым» образцам); процент поездов со сроком эксплуатации 10–20 лет – 29,7% (подвижные составы «Русич», 81-760, 81-761), процент поездов со сроком эксплуатации менее 10 лет – 45,6% (подвижные составы серии «Москва»).

На рис. 6 произведен анализ эксплуатируемых подвижных составов в Петербургском метрополитене. Получено, что 62% составляют составы «старого» образца (Ем-501, Ема-502,

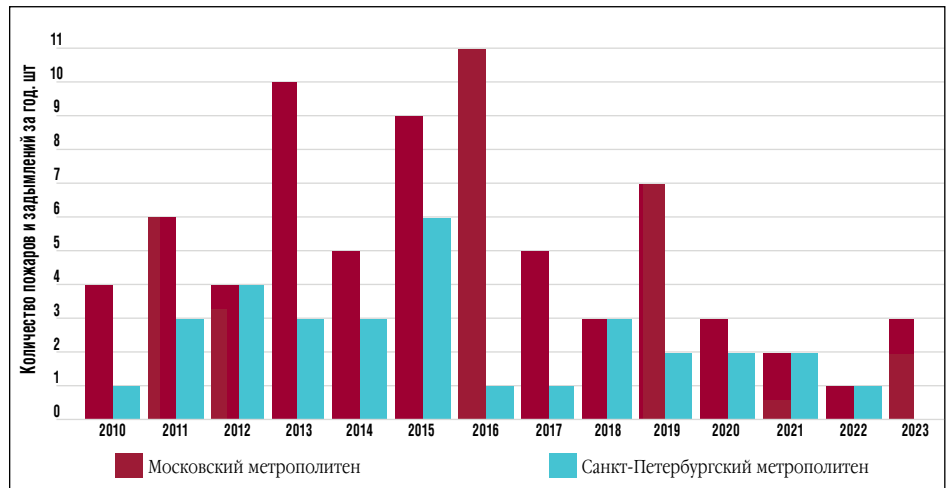


Рис. 3. Статистика задымлений или пожаров в Московском и Петербургском метрополитенах за 2010–2023 гг.

81-540, 81-541, 81-714, 81-717), что приводит к высокой пожарной опасности подвижных составов, вызванной естественным износом оборудования.

При анализе подвижных составов Петербургского метрополитена выявлено (рис. 6), что процент поездов со сроком эксплуатации, превышающим срок службы (30 лет), составляет 62% (подвижные составы, относящиеся к «старым» образцам); оставшиеся 38% подвижных составов (81-722 – 81-724, «Нева» и «Балтиец») эксплуатируются менее 10 лет.

Активные системы противопожарной защиты

Новые составы серии «Москва» имеют сниженную пожарную нагрузку, внутреннее пространство салона выполняется из труднотлеющих и негорючих материалов [3]. В вагонах предусмотрена активная система противопожарной защиты [10]:

- установка в вагонах извещателей пожарных тепловых, в том числе в закрытых отсеках с оборудованием;
- установка модулей порошкового пожаротушения в закрытых отсеках с оборудованием;
- получение машинистом данных о состоянии каждого извещателя пожарного теплового и о состоянии и наличии всех огнетушителей в вагоне;
- подача звукового сигнала и отображение номера вагона при нештатных ситуациях;
- автоматическое снятие напряжения с вагона и локализация места задымления.

Для защиты подвагонных электротехнических отсеков и аппаратных отсеков головных вагонов метрополитена разработана АСОТП «Игла», состоящая из следующих основных элементов [7]:

- тепловые извещатели;
- колбы огнетушителей самосрабатывающих порошковых.

Позднее система АСОТП «Игла» получила модификацию и позволила осуществить принудительный дистанционный пуск средств тушения из кабины машиниста. В настоящее время в метрополитенах стран СНГ (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Нижний Новгород,

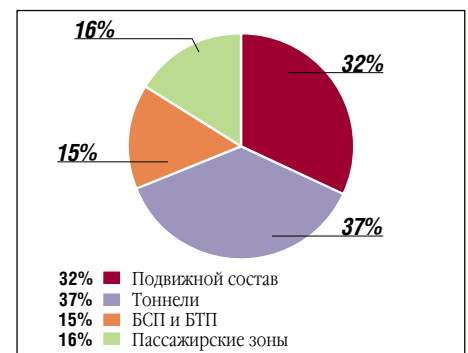


Рис. 4. Распределение мест возникновения задымлений и пожаров за 2010–2023 гг.

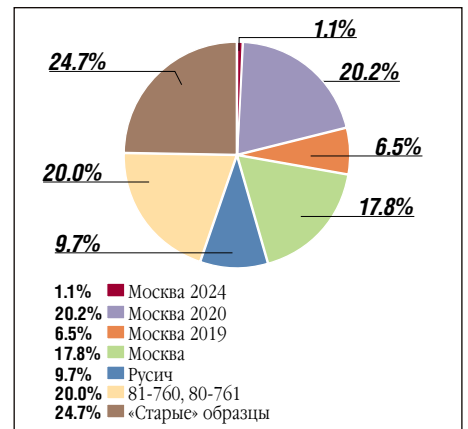


Рис. 5. Эксплуатируемые подвижные составы Московского метрополитена [8]

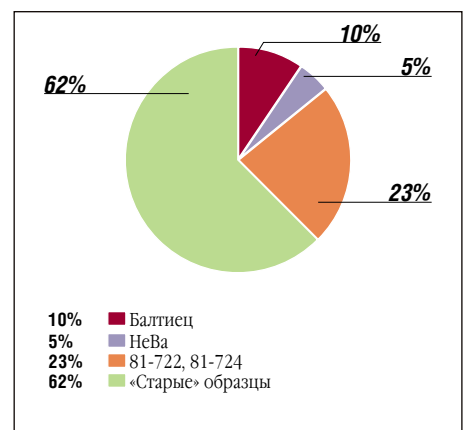


Рис. 6. Эксплуатируемые подвижные составы Петербургского метрополитена [9]

Баку, Минск) электроподвижной состав оснащен АСОТП «Игла», которая защищает электропоезда от технологических пожаров [11].

Источником пожара могут быть не только технологические неисправности подвижного оборудования, но и применение в салоне источника загорания (террористические акты), что приводит к угрозе неконтролируемого пожара в салоне электропоезда [12, 13]. При этом, в салонах подвижных составов отсутствует активная система защиты от пожара [14].

Для защиты салона подвижного состава необходимо устанавливать систему пожаротушения, отвечающую следующим принципам [6]:

- принцип «не навреди пассажирам»;
- высокая эффективность при тушении пожаров классов А и В;
- устойчивость огнетушащего вещества к низким температурам при отстое электропоездов в электродепо или во время движения на открытых участках линий.

В исследовании [6] предложен вариант оснащения вагонов электропоездов системой пожаротушения тонкораспыленной водой с размещением модулей под пассажирскими сиденьями. Подача тонкораспыленной воды осуществляется по принципу «снизу-сбоку-вверх».

Применение модульных средств тушения тонкораспыленной водой затруднено в связи с ограничением объема огнетушащего вещества, невозможностью перераспределения воды между установками при пожаре, порчи имущества граждан и подвижного состава при ложном срабатывании, наличии баллона под давлением в пассажирской зоне и необходимостью постоянного контроля исправности системы, наличия воды в емкостях и проверки давления вытесняющего газа. Отдельным вопросом применения тонкораспыленной водой как средство тушения пожара в салоне подвижного состава является эффективность системы при эксплуатации поездов в часы пиковой загруженности с высокой плотностью пассажиров в салоне вагона.

Пожарная нагрузка подвижного состава и моделирование пожара

Пожарная опасность вагонов определяется пожарной нагрузкой, характеристикой газа и тепловыделением, токсичностью и скоростью распространения пламени материалов. При этом, большая часть пожарной нагрузки вагона находится внутри салона электропоезда [3].

Пожарная нагрузка вагонов зависит от серии электропоезда [11]. Снижение пожарной нагрузки с 50 кг/м² в условной древесине (вагоны серии «Е») происходило постепенно по мере модернизации подвижного состава и достигло 30 кг/м² в условной древесине (вагоны серии «Москва») [3].

В исследовании [15] проведено моделирование возгорания вагонов моделей 81-557 и 81-558 с пожарной нагрузкой 28,17 кг/м² в условной древесине, по результатам которого получена

пиковая мощность пожара 12,3 МВт, полное время выгорания составило 2500 с. В исследовании [16] проведено моделирование пожара, произошедшего в середине электроподвижного состава с бесшовными переходами. По результатам моделирования получено, что критическая температура (70 °С) достигается в двух центральных вагонах через 150 секунд с момента начала пожара. Предельно допустимое значение по потере видимости в головном и в хвостовом вагонах достигнуты на 300 секунде с момента начала пожара.

Заключение

Количество пожаров в метрополитене, происходящих на подвижной состав, уменьшается с течением времени, что связано с модернизацией электропоездов и внедрением решений, направленных на повышение уровня пожарной безопасности подвижных составов.

При анализе подвижных составов выявлено, что процент поездов со сроком эксплуатации, превышающим срок службы (30 лет), составляет 24,7 % в Московском метрополитене и 62 % в Петербургском метрополитене.

Для защиты подвагонных электротехнических отсеков и аппаратных отсеков головных вагонов метрополитена применяется автоматическая система обнаружения и тушения пожара «Игла». На данный момент салоны вагонов электропоезда не оборудованы комплексной системой тушения и локализации пожара, что приводит к увеличению риска неконтролируемого горения и распространения опасных факторов пожара по всему подвижному составу.

Несмотря на снижение пожарной нагрузки с 50 кг/м² в условной древесине до 30 кг/м², пиковая мощность пожара составляет 12,3 МВт, а время достижения опасных факторов пожара предельно допустимых значений составляет 150 секунд. Таким образом, для защиты салонов подвижного состава от распространения опасных факторов пожара и его локализации необходимо устанавливать систему пожаротушения.

Ключевые слова

Подвижной состав, метрополитен, активные системы пожарной безопасности, статистика пожаров, пожарная нагрузка вагонов.

Train, subway, active fire safety systems, statistics of fires, fire load of train.

Список литературы

1. Статистика. Пассажиропоток в метро Москвы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rus-metro.ru/russia/moscow/statisticheskiedannye.htm> (дата обращения: 13.05.2024).
2. НПБ 109-96. «Вагоны метрополитена. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70670130/?ysclid=lx8gfnbg6966358940> (дата обращения: 11.05.2024).
3. Прохоров В. П. Проблема обеспечения пожарной безопасности пассажирских перевозок

в метрополитенах России // Системы безопасности. 2021. № 6. С. 103–106.

4. Беляцкий В. П. Пожарная безопасность метрополитенов. Москва: М.: Транспорт, 1994. 102 с.
5. Беляцкий В. П. Пожарная опасность электроподвижного состава метрополитенов // Пожарная опасность подвижного состава метрополитенов и железных дорог. 1990. С. 4–8.
6. Прохоров В. П. Пожарная безопасность пассажирских перевозок на электроподвижном составе Московского метрополитена // Пожарная безопасность. 2010. С. 50–58.
7. Прохоров В. П., Вагнер Е. С. Проблема обеспечения пожарной безопасности пассажирских перевозок в тоннелях Московского метрополитена // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2017. № 11–12(226–227). С. 36–42.
8. Москва, Метрополитен – Статистика подвижного состава – Городской электротранспорт [Электронный ресурс]. URL: <https://transphoto.org/show.php?cid=1&t=3> (дата обращения: 10.05.2024).
9. Санкт-Петербург, Метрополитен – Статистика подвижного состава – Городской электротранспорт [Электронный ресурс]. URL: <https://transphoto.org/show.php?cid=2&t=3> (дата обращения: 11.05.2024).
10. Новые поезда метро оснащены самым современным оборудованием, которое гарантирует безопасность ваших поездок [Электронный ресурс]. URL: https://t.mos.ru/mostrans/all_news/114490 (дата обращения: 11.05.2024).
11. Прохоров В. П., Вагнер Е. С. Пожарная безопасность линейных объектов метрополитена. Часть 1. Проблемы и задачи // Системы безопасности. 2018. № 5. С. 176–178.
12. Прохоров В. П. Пожарная автоматика электропоездов и тоннелей метрополитенов // Системы безопасности. 2019. № 2. С. 112–113.
13. Прохоров В. П. Пожарная безопасность пассажирских перевозок на метрополитене. Проблемы и решения // Системы безопасности. 2014. № 6. С. 126–128.
14. Прохоров В. П. О проблемах противопожарной защиты электроподвижного состава Московского метрополитена // Международная ассоциация метро. 2014. № 2. С. 29–31.
15. Данилов А. И., Маслак В. А., Вагин А. В., Сиваков И. А. Численное моделирование пожара в вагоне метрополитена // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2017. № 26(10). С. 27–35. DOI:10.18322/PVB.2017.26.10.27-35.
16. Zhang B., Lu S. Numerical simulation and analysis of compartment fire in subway train // Applied Mechanics and Materials. 2012. № 166–169. С. 2726–2730. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.166-169.2726.

Для связи с авторами

Кудрявцев Вадим Сергеевич
vadim@ciofp.ru
Шабунина Дарья Евгеньевна
shabunina@ciofp.ru



В ДЕКАБРЕ 2023 г. СЕТЬ МЕТРО КНР ПРИРОСЛА НА 300 КМ

IN DECEMBER 2023, CHINA'S METRO NETWORK EXPANDED BY 300 KILOMETRES



Продление линии 2 в г. Хэфэй

Китайские мегаполисы занимают 9 из 10 первых мест по протяженности городских линий в мире (<https://tur-gid.net/kitaj/metro-k>). Метрополитен действует в 47 городах КНР: 273 линии, 5261 станция. Только в городах Китая работают системы метро с протяженностью линий свыше 500 км. Из 27 городов мира, имеющих протяженность линий более 200 км, 17 находятся в КНР, 5 из них входят в десятку самых загруженных в мире. При этом развитие метро в стране продолжается.

В декабре 2023 г. в 14 городах Китая было завершено 19 проектов и введено в эксплуатацию более 300 км новых линий метро и продолжений действующих линий метрополитена. В результате к началу 2024 г. на китайские города приходилось 9 из 10 крупнейших в мире сетей.

В Чунцине появилась еще одна новая линия: открылся для движения первый 29-километровый участок линии 18 от Фухуалу в центре города до южного района Тяоденган. 18,7 км и 12 станций проложены в тоннеле и 7 станций – над землей. Надземные участки в южной части линии включают два перехода через реку Янцзы, в частности, вантовый мост Лицзятуо длиной 1306 м. Линия обслуживается шестивагонными поездами типа Аs производства CRRC Чунцин с шириной кузова 3 м. Они могут двигаться со скоростью до 100 км/ч, а их максимальная вместимость составляет 2322 пассажира.

К концу 2023 г. сеть городских железных дорог Чунцина достигла 538 км, обогнав Нанкин, Ухань и Ханчжоу.

26 декабря 2023 г. состоялось торжественное открытие линии 2 метро Наньтуна, представляющей собой L-образный маршрут, соединяющий северный и восточный районы

города. Линия длиной 20,9 км, соединяющая Синфу и Сяньфэн, полностью проходит под землей и имеет 17 станций. Строительные работы начались в октябре 2018 г. Благодаря вводу этой линии общая протяженность городской сети Наньтуна достигла 60,1 км с 45 станциями.

CRRC Puzhen поставила для линии 221 шестивагонный состав типа В2 для движения с максимальной скоростью 80 км/ч, а время в пути составляет 35 минут.

Пекин снова на пике – сеть Пекинского метро расширилась еще больше: 30 декабря 2023 г. были открыты три продолжения действующих линий, благодаря чему общая протяженность маршрутов в китайской столице достигла 836 км, превывсив 801-километровую сеть метро в Шанхае и став крупнейшей в Китае. Несмотря на это, в настоящее время уже ведется строительство новых линий, а опубликованная в начале 2022 г. схема развития транспортной инфраструктуры Пекина предусматривает, что в 2025 г. общая протяженность метрополитена достигнет 1000 км.

Самым коротким из недавно открытых участков стало 900-метровое одностанционное удлинение линии 11, длина которой составляла 4,2 км с 4 станциями. Однако запланированное продление линии на 23,8 км позволит добавить еще 17 станций. В настоящее время линия обслуживается четырехвагонными поездами типа А, но станции были запроектированы для обращения шестивагонных составов.

В тот же день было открыто 3,4-километровое юго-западное продолжение С-образной линии 16 от Юйшучжуан до Ваньпинчэн, добавив три станции. Линия 16 протянулась на 48,6 км через западные пригороды, обслужив

живая 30 станций; здесь обращаются 35 восьмивагонных поездов типа А производства CRRC Changchun и 29 – CRRC Qingdao Sifang.

Компания Beijing MTR Corp также открыла 26,2-километровый северный участок линии 17 от Гонгрентиючанг до Вэйлайкэсюэчэнбэй (будущий наукоград на севере), который был торжественно открыт 30 декабря. Он еще не соединен с южным участком линии протяженностью 15,8 км, хотя открытие центрального участка протяженностью 9 км ожидается в 2024 г. После завершения строительства длина линии с севера на юг составит 49,7 км с 21 станцией. К концу декабря 2023 г. CRRC Qingdao Sifang и CRRC Changchun поставили для использования на этой линии 68 восьмивагонных поездов типа А.

Столица провинции Аньхой город Хэфэй удлинит две линии своего метрополитена, открыв 26 декабря 2023 г. дополнительные участки линий 2 и 3 на станции Саньшибу линии 2. Строительство обеих линий велось с сентября 2020 г., а общая протяженность сети в г. Хэфэй составляет более 200 км со 154 станциями.

Линия 2 была продлена на юго-восток на 14,5 км от Саньшибу до Куожэнь, добавив 11 станций. Центральный участок протяженностью 27,8 км этой восточно-западной линии между Нанганом и Саньшибу был открыт ровно шесть лет назад и обслуживал 8 станций, а западный участок от Нангана до Заолина намечен к продлению.

Линия 3 была продлена на юг на 9,5 км от Синфуба до Шэн Эртонг Йиюань Синьцю. Вскоре ожидается открытие еще одного участка протяженностью 1,8 км со станцией в Гуяни.

CRRC Puzhen поставила для обеих линий шестивагонные поезда типа В, которые раз-

вивают максимальную скорость 80 км/ч. В настоящее время парк состоит из 28 поездов для линии 2 протяженностью 42,3 км и 45 поездов для линии 3 протяженностью 48,5 км.

26 декабря также было открыто короткое одностанционное продление линии 3 метро в Харбине.

В Гуанчжоу были открыты одновременно две линии – 5 и 7, в результате общая протяженность городской сети метро здесь достигла 653 маршруто-километров.

Восточно-западная линия 5 была продлена на восток от Вэньчун до Нового порта Хуанпу, добавив 9,8 км и 6 станций. В результате общая протяженность этой линии достигла 41,7 км. Компания Guangzhou Metro Corp закупила у CRRC Guangdong еще 14 6-вагонных составов в дополнение к 62 поездам, используемым с момента открытия линии в 2009 г. Благодаря тому что скорость движения поездов достигает 90 км/ч, время в пути до конечной остановки на удлинненной линии 5 теперь составляет 70 минут.

Линия 7, которая ранее связывала южный пригород Мейди Дадао с Южным мегацентром высшего образования через станцию высокоскоростной железной дороги Гуанчжоу Нан, была продлена на север через реку Жемчужную до Яншаня, добавив 19,9 км и 10 станций, а также еще одну станцию, которая пока что не открыта. Для работы на этом участке закуплено 19 шестивагонных поездов типа В. Время в пути между конечными станциями составляет 80 минут, а средняя интервал движения поездов – 5 минут 20 секунд.

27 декабря 2023 г. было открыто 8-километровое восточное продолжение линии 8 метрополитена в Шэньчжэне, соединившее Яньтяньлу и Сяомэйшу. С открытием продолжения линии 8 общая протяженность сети городских железных дорог Шэньчжэня составила 567,1 км с 393 станциями, включая трамвайную сеть Лонгхуа.

Изолированный южный участок линии 7 Нанкинского метрополитена был открыт 28 декабря 2023 г., ровно через год после открытия 12,6-километрового северного участка. Южный участок имеет длину 10,7 км и 9 станций.

Для работы на линии 7 предусмотрены 53 шестивагонных поезда типа В без машиниста, оборудованных для полностью автоматической работы на скорости до 80 км/ч. Благодаря последним вводам общая протяженность сети метрополитена Нанкина достигла 459,7 км при 217 станциях.

30 декабря 2023 г. открылись линия 19 Уханьского метрополитена и продолжение линии 5, в итоге общая протяженность 12 линий сети городских железных дорог достигла 486 км с 300 станциями. Линия 19, рассчитанная на скорость движения 120 км/ч, проходит с севера на юг, имеет протяженностью 23,3 км и всего 7 станций. Хотя максимальная скорость движения в настоящее время ограничена 120 км/ч, большая часть маршрута рассчитана на 140 км/ч. Обращаются шестивагонные поезда типа А.

Одновременно в Ухане было официально открыто южное продление на 2,6 км линии 5, в результате чего общая длина линии составит 37,7 км с 27 станциями.

28 декабря 2023 г. метрополитен Тяньцзиня преодолел рубеж в 300 км: был открыт первый участок восточно-западной линии 11, в результате чего общая протяженность сети из 10 линий достигла 309,9 км. Восточная часть линии 11 протянулась на 13,7 км в юго-восточной части города и обслуживает 11 станций. В целом линия 11 имеет протяженность по плану 22,6 км. Ожидается, что западный участок будет открыт поэтапно: в сентябре 2024 г. он продлится от Дунцзяндао до Шуйшаньгуньюаньсилу, обслуживая еще 10 станций. За этим последует продление до Вэньцзелу, добавив еще три станции.

28 декабря 2023 г. состоялось официальное открытие пригородной линии метрополитена, соединяющей города Чжэнчжоу и Сюйчан в провинции Хэнань. Линия Чжэнсую протяженностью 67,1 км проходит на юг от Чаньань Лу Бэй в районе аэропорта Чжэнчжоу до Сючандуна, обслуживая 16 станций на участке длиной 33,4 км в черте города Чжэнчжоу и 11 станций на участке 33,7 км в Сючане. Рассчитанная на скорость движения 120 км/ч, линия изначально планировалась как обычная железная дорога, но была переопределена в линию метро 17 при пересмотре плана городского транспорта Чжэнчжоу в 2016 г. Планы были вновь пересмотрены в 2019 г., когда было решено, что линия должна быть построена как пригородное метро, находящееся в совместном владении двух городов.

Линия Чжэнсую оборудована для полностью автоматизированной работы по стандарту GoA4, и на ней обращается парк из 20 четырехвагонных поездов типа В с возможностью расширения до шести вагонов в будущем. Поезда следуют каждые 10 минут в пиковое время и каждые 15 минут в непиковое.

В самом г. Чжэнчжоу 20 декабря 2023 г. открылась линия 10 метро длиной 67,1 км. Она оборудована полностью автоматизированной системой GoA4. Обращается 15 шестивагонных поездов типа В без машиниста, скорости движения – до 100 км/ч.

Общая протяженность сети городских железных дорог Чжэнчжоу составляет 344,8 км – 10-я по величине в Китае.

Линия 3 протяженностью 43 км (29 станций) в Гуйяне была открыта 16 декабря 2023 г. Большая часть трассы проходит под землей, за исключением короткого надземного участка в северной части. Рассчитанная на скорость движения 100 км/ч, она обслуживается парком из 44 поездов типа В2, поставляемых компанией CRRC Puzhen. Эти шестивагонные составы с алюминиевыми кузовами и четырьмя силовыми установками имеют длину 120 м и ширину 2880 мм, вмещаю до 2062 пассажиров. Первоначально поезда будут ходить каждые 6 минут в пиковое время и каждые 9 минут в непиковое время и по выходным. С открытием линии 3 сеть Гуйяна достигла 118,4 км с 83 станциями. Утвержденные транспортные планы города предусматривают к 2035 г. расширение сети до 19 линий общей протяженностью 586 км с 496 станциями.

Источник: Toma Vačić. China: Metro networks grow in 14 cities // Railway Gazette International, 2024, February. <https://www.railwaygazette.com/china-metro-networks-grow-in-14-cities/65961.article>

Материал подготовлен В. В. Косминым,
Российская академия транспорта



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЕВРОПЕЙСКИХ МЕТРОПОЛИТЕНОВ: МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS OF EUROPEAN METROS: METHODOLOGY AND RESULTS

Д. С. Коныхов, д. т. н., Москва
D. S. Konyukhov, D. Sci (Techn), Moscow

Описывается проведенный группой итальянских и португальских исследователей (Castagna Luigi, Lobo Antonio, Coppola Pierluigi, Couto Antonio) анализ эксплуатационно-технической эффективности европейских метрополитенов, результаты которого опубликованы в журнале «Research in Transportation Business & Management» (2024, № 53; см. поз. 1 в списке литературы).

An analysis of the operational and technical efficiency of European metros carried out by a group of Italian and Portuguese researchers (Castagna Luigi, Lobo Antonio, Coppola Pierluigi, Couto Antonio), the results of which are published in the journal Research in Transportation Business & Management (2024, no. 53; see item. 1 in the list of references), is described.

Современная сеть подземного рельсового транспорта в мире насчитывает более 210 метрополитенов. Естественно, возникает вопрос о сравнительной эффективности их работы. Однако соответствующее сравнение имеет свои особенности и трудности, поскольку транспортные компании обычно работают на конкретных местных рынках на условиях концессии без какой-либо конкуренции на рынке, что может привести к снижению их эффективности. Поэтому для регулирующих органов и заинтересованных сторон важно измерять и отслеживать эффективность работы конкретной местной транспортной компании, сравнивая ее с другими компаниями, работающими в том же секторе. Оценка эффективности также важна для определения способности транспортных компаний приспособиться к изменениям в обществе или в сети с течением времени, учитывая, что городские условия, в которых работают эти компании, очень динамичны. Кроме того, компании, эксплуатирующие сети метрополитена, несут высокие эксплуатационные расходы, которые не полностью покрываются доходами от оплаты проезда, поскольку в большинстве случаев тарифы устанавливаются государственными и местными органами с целью создания привлекательной и всеохватывающей сети общественного транспорта, в том числе для групп населения с низким уровнем дохода. Поэтому возникает необходимость понять, каков оптимальный уровень выделяемых компаниям субсидий, в том числе с учетом внешних условий (обстановки и рынка).

Анализ эффективности позволяет провести различие между факторами, связанными с неэффективностью транспортных компаний (внутренние факторы), и критическими факторами, связанными с рынком (внешние факторы). Кроме того, он помогает определить справедливые уровни субсидий на расходы по эксплуатации перевозок, которые не полностью покрываются доходами, в том

числе в различных городских условиях. Поэтому указанные факторы являются базовыми инструментами при оценке эффективности работы систем метрополитена. Несмотря на то, что различные городские транспортные компании преследуют разные цели, наиболее существенным является оценка производительности и технической эффективности метрополитенов. В этой области уже давно ведутся многочисленные исследования [2, 3, 4, 5].

Поскольку метрополитен ориентирован на пассажирские перевозки, проведение сравнительного анализа эффективности отдельных компаний сопряжено с необходимостью учета различий в социальных условиях, в которых они работают. В связи с этим представляет интерес исследование [1], выполненное группой итальянских ученых из Миланского политехнического университета и португальских ученых из Университета Порту, цель которого состояла в сравнении эффективности достаточно представительной группы европейских метрополитенов. При этом потребовалась разработка метода сравнительного анализа их технической эффективности.

При проведении сравнительного анализа эффективности работы европейских метрополитенов следует иметь в виду, что транспортная компания обычно публикует в своих годовых отчетах и бухгалтерских документах только агрегированные данные о доходах и расходах, из которых невозможно выделить расходы и доходы, связанные только с работой метро. При предварительной оценке отчетов о доходах и расходах были выявлены различные критерии отчетности и разные уровни детализации и агрегирования данных, причем даже между компаниями в одной стране. Кроме того, анализ эффективности распределения ресурсов предполагает поведенческое допущение о минимизации затрат или максимизации прибыли, что может быть сомнительным в случае государственных компаний-операторов метро, для которых приоритетом обычно

является предоставление услуг.

В отличие от этого, большинство операторов метрополитена обычно публикуют такие данные как размер сети и парка, численность рабочей силы и произведенная продукция (вагоно-километры, пассажиро-километры и т. д.).

Исследование было проведено в отношении работы метрополитенов с целью подготовки инструментов сопоставительного анализа, использующих открытые данные, чтобы облегчить включение в анализ таких систем, которые в противном случае не были бы рассмотрены, а также обновление этого сопоставительного анализа с течением времени. В этом контексте анализ эффективности был проведен путем оценки производственной функции. Поскольку подробные данные о потреблении и требованиях к обслуживанию отсутствуют, необходимо было найти косвенные показатели, и хорошим вариантом здесь может стать использование вагоно-километров для характеристики использования парка и инфраструктуры, а также косвенное определение потребления энергии для движения поездов.

Исследование эффективности предусматривалось в два этапа.

На первом этапе оценки эффективности в качестве результирующей переменной рассматривают количество перевезенных пассажиров в год, но на эту оценку влияют несколько факторов, которые не поддаются контролю в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Поэтому указанные первые оценки эффективности определяются как валовая эффективность – влияние внешних факторов следует статистически контролировать и удалять для расчета чистого показателя эффективности компаний. На втором этапе проводится регрессия для оценки чистой эффективности исходя из того, что компания может вести проверку напрямую, устраняя влияние факторов, которые не поддаются контролю в краткосрочной и в среднесрочной перспективе.

В описываемом исследовании проведен уни-

фицированный сравнительный анализ эффективности европейских систем метрополитена в условиях ограниченности данных и одновременно рассматривается влияние внешних факторов на эффективность работы компаний, делая различие между социально-экономическими факторами городских районов, в которых работают системы метрополитена, и факторами, которые компании не могут контролировать в краткосрочной перспективе. Примененный для анализа стохастический пограничный метод позволил оценить эффективность и проверить гипотезы о входных коэффициентах.

Поскольку степень технической эффективности может быть измерена только по отношению к «передовому опыту», необходимо построить границу эффективности [2], которая может быть либо производственной, либо затратной. Производственная граница представляет собой максимальный объем выпуска, достижимый при каждом уровне затрат, и, следовательно, отражает текущее состояние технологии в отрасли. Другими словами, производственная граница определяет максимальный объем работы, которая может быть выполнена при определенном наборе вводимых ресурсов с учетом существующей технологии, доступной для рассматриваемых компаний. Существующие подходы к определению производственных границ можно разделить на параметрические и непараметрические, а также на детерминированные и стохастические. Наиболее широко используемыми методами являются детерминированный непараметрический анализ объема данных (DEA) и стохастический пограничный подход (SFA), которые способны решить проблему сложности измерения эффективности железных дорог [6].

Для оценки эффективности европейских систем метрополитена первым шагом стал сбор данных о работе метрополитенов и о социально-экономических факторах окружающей городской среды. Собранные данные позволили создать базу данных, включающую 25 городов и 328 наблюдений на основе данных длительных наблюдений, охватывающих период с 2000 по 2020 г. Рассматривались Барселона, Берлин, Бильбао, Брешиа, Брюссель, Бухарест, Будапешт, Варшава, Вена, Глазго, Гамбург, Лозанна, Лиссабон, Лондон, Мадрид, Милан, Мюнхен, Осло, Париж, Порту, Прага, Рим, Тулуза, Турин и Хельсинки и соответствующие метрополитены – те, по которым удалось найти общедоступные данные в официальных источниках, таких как годовые отчеты компаний или органов власти.

Собранные переменные, характеризующие системы метрополитена, – это длина сети (NL), число станций (NS), число составов (NT), число вагонов (NC) и число сотрудников (NE), которые были взяты из официальных отчетов, опубликованных компаниями общественного транспорта или транспортными органами. Были собраны данные по двум дополнитель-

Таблица 1

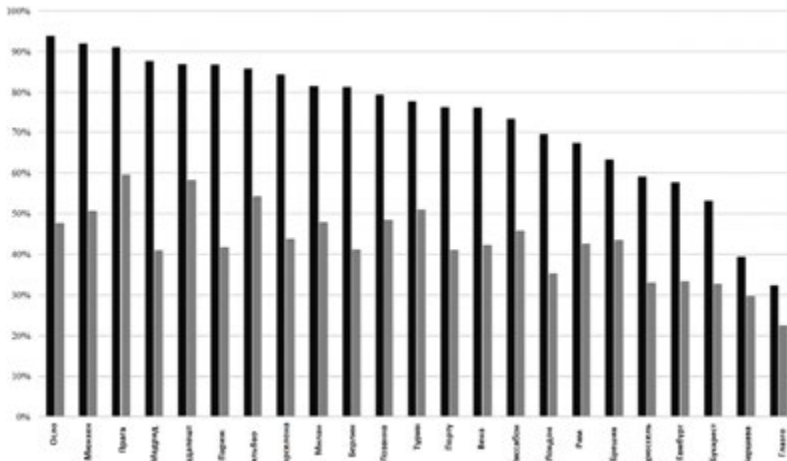
Средние значения переменных, характеризующих отдельные метрополитены: длина сети (NL), число станций (NS), число составов (NT), число вагонов (NC) и число сотрудников (NE)

Метрополитен	Годы	NL	NS	NT	NC	NE
Барселона	2000-2019	97	126	148	734	3323
Берлин	2002-2020	147	172	259	1294	5267
Бильбао	2001-2019	40	37	42	179	674
Брешиа	2013-2018	13	17	18	54	131
Брюссель	2006-2019	40	69	75	320	1792
Бухарест	2008-2019	69	51	71	308	4192
Будапешт	2000-2011	31	40	73	339	1671
Варшава	2015-2019	29	28	75	450	2441
Вена	2013-2016, 2013-2019	30	106	135	332	4127
Гамбург	2003-2019	102	90	233	300	2905
Глазго	2012-2019	11	15	14	41	277
Лозанна	2015-2019	14	29	38	76	386
Лиссабон	2000-2019	33	49	110	335	1605
Лондон	2002-2006, 2010-2019	405	271	607	4174	17,343
Мадрид	2000-2019	260	272	411	2037	6539
Милан	2000-2005, 2012-2019	33	96	169	361	2904
Мюнхен	2003-2011, 2019	91	94	99	595	2470
Осло	2015-2019	35	101	115	345	614
Париж	2000-2011, 2013-2019	213	300	701	3573	12,131
Порту	2003-2018	56	68	79	238	387
Прага	2002-2011, 2013-2019	59	56	144	713	2762
Рим	2001-2011, 2013-2019	43	55	85	512	2503
Тулуза	2016-2019	27	38	116	232	840
Турин	2006, 2008-2019	11	19	23	56	176
Хельсинки	2001-2020	25	18	32	129	277

Таблица 2

Средние значения величин вагоно-километров (CARKM) и пассажирооборота в год (PASS) и их стандартные отклонения

Метрополитен	CARKM		PASS	
	тыс.	станд. откл.	тыс.	станд. откл.
Барселона	77 467,4	12 392,7	362 120,0	32 070,3
Берлин	125 616,7	6 133,5	516 536,7	42 445,7
Бильбао	13 003,3	3 466,2	32 613,0	9 412,0
Брешиа	5 051,7	661,3	15 924,7	2 203,3
Брюссель	23 997,4	7 062,7	135 471,4	11 709,9
Будапешт	29 766,6	532,6	294 293,0	22 013,9
Бухарест	36 320,9	3 162,7	175 452,3	4 190,0
Варшава	36 034,5	1 097,9	135 416,0	3 904,9
Вена	82 733,3	3 150,5	445 266,7	13 302,0
Гамбург	30 752,6	7 334,3	206 960,6	29 629,9
Глазго	3 525,0	133,9	12 462,5	776,3
Лиссабон	22 940,2	2 779,1	169 918,7	15 397,9
Лозанна	3 576,4	316,1	43 062,0	2 513,2
Лондон	530 333,6	40 437,2	1 194 393,1	158 219,1
Мадрид	169 293,7	26 727,6	613 696,5	43 992,7
Милан	56 343,6	5 200,2	324 525,8	21 764,4
Мюнхен	62 423,3	3 324,3	350 444,4	34 975,4
Осло	42 460,0	4 505,3	112 000,0	11 291,6
Париж	237 931,7	17 414,4	1 431 457,9	110 231,3
Порту	17 991,9	5 732,6	46 301,2	10 202,2
Прага	51 253,4	6 373,1	500 266,6	61 405,3
Рим	37 373,0	6 417,2	269 740,5	53 693,5
Тулуза	-	-	111 975,0	4 273,5
Турин	9 570,8	1 857,3	36 727,1	11 302,3
Хельсинки	-	-	62 166,7	10 995,3



Средние показатели валовой (■) и чистой (▨) эффективности

ным переменным, касающимся предложения и спроса: вагоно-километры (CARKM) и пассажирооборот в год (PASS). Сводная статистика систем метрополитена, включенных в базу данных, представлена в табл. 1 и 2.

Вторая категория собранных данных касается социально-экономических характеристик городов, в которых функционируют системы метрополитена: общая площадь территории метрополии (AREA), общая численность населения метрополии (POP), коэффициент зависимости от возраста (DEPDEM), средний размер домохозяйства (AHS), уровень безработицы (UR), плотность населения (PD), количество зарегистрированных автомобилей на 1000 жителей (CREG), валовой внутренний продукт на душу населения (GDP) и цена на дизельное топливо (GAS).

Описание модели

Валовая эффективность

На первом этапе моделирования была проведена оценка валовой эффективности для учета факторов, не поддающихся краткосрочному и среднесрочному контролю со стороны руководства компаний, с использованием регрессии стохастической границы на основе производственной функции Кобба – Дугласа. Методология стохастической границы позволяет провести различие между эффективным и неэффективным производствами и оценить степень неэффективности [2]. В отличие от детерминированных, стохастические производственные границы показывают, что некоторые фирмы не выходят на свои производственные границы, и неэффективность не может быть полностью объяснена измеряемыми переменными. Для описываемого исследования был выбран метод стохастической границы, поскольку он позволяет оценить техническую эффективность и проверить гипотезу о коэффициентах затрат.

Поскольку в описываемом исследовании в качестве выходной величины используется количество пассажиров, перевезенных за год, то есть переменная спроса, уместно говорить об эффективности, а не о результативности.

Чистая эффективность

Чтобы уяснить, как повседневное управление влияет на производство, используется чистая эффективность с учетом факторов, связанных с долгосрочными (стратегическими) управленческими решениями и социально-экономическим контекстом. Исходя из результатов валовой эффективности на первом этапе, применена экспоненциальная множественная регрессия.

Применение модели и результаты

Валовая эффективность

На первом этапе рассчитывается валовая стоимость эффективности путем регрессии показателя перевезенных пассажиров в год (PASS) на показатели, отражающие годовое потребление ресурсов для производства этого продукта.

Чистая эффективность

Результаты показывают, что если не принимать во внимание долгосрочные ограничения, наиболее эффективными системами являются метрополитены Праги, Будапешта и Бильбао, и в целом небольшие сети имеют более высокие показатели чистой эффективности, чем крупные.

Результаты модели стохастической границы, использованной для оценки валовой эффективности, показывают, что увеличение числа сотрудников (NE) положительно влияет на спрос: это можно объяснить тем, что наличие большего числа сотрудников позволяет повысить уровень качества обслуживания метрополитена и обслуживания клиентов, тем самым улучшая впечатления пользователей. Также положительное влияние на спрос оказывает переменная NETW (износ сети), возможная интерпретация которой заключается в том, что более высокое значение NETW подразумевает большее количество поездов, курсирующих по сети, а значит, более высокий уровень сервиса и привлекательности для пользователей, которые могут воспользоваться преимуществами более высокой частоты обслуживания. Наконец, FLEETW (износ подвижного состава) оказывает негативное

влияние на спрос: более высокий износ в этом случае может привести к снижению уровня обслуживания из-за увеличения потребности во внеочередном техническом обслуживании, перебоям в обслуживании и снижению уровня комфорта и впечатлений пользователей.

Что касается оценок модели чистой эффективности, то длина сети (NL) имеет небольшой отрицательный коэффициент, отражающий тот факт, что увеличение длины сети при сохранении всех остальных переменных (т.е. NS, NC) неизменными не дает никаких преимуществ в отношении эффективности. Это приведет к снижению частоты и, следовательно, к снижению привлекательности услуги. Коэффициент для числа станций положителен, так как сети с большим числом станций должны быть более эффективными в привлечении большего числа пользователей, поскольку они увеличивают доступность сети. Количество вагонов имеет отрицательный коэффициент. Это можно объяснить тем, что их увеличение в составе парка и, соответственно, числа поездов при неизменности других переменных может привести к перегрузке сети с последующим снижением частоты обращения поездов и скорости. Более того, увеличение числа вагонов без изменения других переменных может привести к нехватке персонала для их обслуживания. Обе ситуации приводят к снижению привлекательности услуги и, как следствие, к сокращению числа пассажиров. Если сосредоточиться на факторах, связанных с социально-экономической средой, то соответствующая ей переменная имеет положительный коэффициент. Причина может заключаться в том, что, поскольку эта переменная связана с эффективностью, а эффективность зависит от спроса, наличие различных систем, которые обычно дополняют друг друга и способствуют мультимодальности и доступности различных частей города, повышает привлекательность всей сети общественного транспорта, включая метро.

Коэффициент плотности населения столичного региона (PD) слабо отрицательный. Увеличение численности населения в районе может привести к росту спроса, который может превысить пропускную способность службы, что приведет к переполненности транспортных средств и заторам. Когда вместо PD вводятся переменные AREA и POP, обе они оказываются статистически незначимыми. Системы метрополитена – это высокочастотные транспортные системы, предназначенные для городских районов с высокой плотностью населения, и поэтому для эффективности важна плотность населения, а не абсолютный размер городской территории.

Результаты показывают, что другие введенные социально-экономические переменные не являются статистически значимыми. Это может быть обусловлено двумя основными причинами. Первая связана с ограничениями базы данных или ненаблюдаемыми внешними факторами, которые не связаны с собранными

ми переменными, но всё же могут оказывать важное влияние на эффективность. Вторая причина заключается в том, что европейские метрополитены в целом хорошо приспособлены к социально-экономической среде.

Переменные DEPDEM, AHS, UR и ВВП не являются статистически значимыми.

В описываемом исследовании средние значения валовой эффективности находятся в диапазоне от 32 до 94 %, при этом все компании имеют показатели выше 50 %, за исключением Варшавы и Глазго, где средние значения составляют 39 и 32 % соответственно. Осло, Мюнхен и Прага занимают три первых места по валовой эффективности, достигая 94, 92 и 91 % соответственно. На рисунке представлены средние показатели валовой и чистой эффективности, полученные в ходе данного анализа.

Ключевые слова

Валовая эффективность, внешние факторы, долгосрочные факторы, Европа, метрополитен, производственная эффективность, стохастические границы, чистая эффективность.

Europe, externalities, gross efficiency, long-run factors, metro, net efficiency, productive efficiency, stochastic frontiers.

Список литературы

1. Castagna Luigi, Lobo Antynio, Coppola Pierluigi, Couto Antynio. Benchmarking the efficiency of European metros from a production perspective // *Research in Transportation Business & Management* 53 (2024) 101102. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101102>.
2. Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E., & Rietveld, P. (2005). Efficiency of urban public transit: A meta analysis. *Transportation*, 32(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11116-004-0939-4>.
3. Holmgren, J. (2013). The efficiency of public transport operations – An evaluation using – stochastic frontier analysis. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.023>.
4. Link, H. (2019). The impact of including service quality into efficiency analysis: The case of franchising regional rail passenger serves in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 284–300. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.11.019>.
5. Mallikarjun, S., Lewis, H. F., & Sexton, T. R. (2014). Operational performance of U.S. public rail transit and implications for public policy. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(1), 74–88. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2013.08.001>.
6. Makovsek, D., Benezech, V., & Perkins, S. (2015). Efficiency in Railway operations and infrastructure management, *International transport forum discussion papers*. 2015/12. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5jrvmhmx7k-en>.

Для связи с автором

Конюхов Дмитрий Сергеевич
gidrotehnik@inbox.ru



13 августа 2024 г. исполнилось 100 лет со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, профессора Михаила Абрамовича Иофиса.

М. А. Иофис – это поистине уникальный человек, проработавший больше 70 лет. Он был авиамехаником на фронте, работал на шахтах Подмосквовного бассейна сначала участковым и главным маркшейдером, а потом главным инженером шахты, был заведующим лабораторией и заместителем директора по научной работе Украинского филиала ВНИМИ в г. Донецке.

С 1978 г. и до самой смерти М. А. Иофис работал в Институте проблем комплексного освоения недр Российской академии наук в качестве ведущего, а затем главного научного сотрудника. Здесь свою научную деятельность М. А. Иофис посвятил созданию и развитию школы инженерной геомеханики. Наряду с работами по исследованию сдвижения массивов горных пород и управлению деформационными процессами, борьбе с внезапными выбросами угля и газа на шахтах, Михаил Абрамович большое внимание уделял решению проблем освоения подземного пространства г. Москвы. Он также активно занимался популяризацией этой сферы строительства, давал интервью прессе, написал несколько разделов о подземной Москве в книге «Москва. Наука и культура в зеркале веков».



Михаил Абрамович Иофис
(13.08.1924 – 19.06.2021)

Михаил Абрамович стоял у истоков создания Тоннельной ассоциации России и с 1991 г. являлся ее членом. М. А. Иофис активно сотрудничал с Госгортехнадзором, а потом и с Ростехнадзором, осуществляя прогноз обрушений в тоннелях метрополитена. Он возглавлял экспертную комиссию по расследованию аварии на ул. Б. Дмитровка при проходке коллекторного тоннеля глубокого заложения.

Михаил Абрамович провел работы по геомеханическому обеспечению строительства Лефортовского тоннеля в центре Москвы, что позволило добиться сохранения природной зоны и исторических зданий, выступал консультантом по Северомуйскому тоннелю на БАМе, разрабатывал нормативную базу маркшейдерско-геодезического обеспечения безопасного строительства тоннелей третьего транспортного кольца и других крупных объектов.

Им создано огромное количество утвержденных руководств и нормативных документов по наблюдениям за сдвигами земной поверхности и за расположенными на ней объектами, по обеспечению длительной стабилизации грунтового массива, по геомеханическому обеспечению строительства и эксплуатации подземных сооружений в Москве и др. Он подготовил руководства по геомеханическому и комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей.

М. А. Иофис – автор ряда правил и регламентов по системе определения характеристик тоннельных строений метрополитена и прилегающих грунтов и прогнозирования их состояния. Перечислить все созданные им документы просто невозможно. При этом он шел в ногу со временем и использовал в своих работах автоматизированные методы расчета ожидаемых сдвижений и деформаций с использованием ГИС технологии.

Его работоспособность и широта взглядов поражала всех, кто с ним работал. Михаил Абрамович написал десятки монографий и учебников, опубликовал сотни научных статей. Ученые и производственники очень высоко ценили полученные им результаты. Он был удостоен премий Совмина СССР и Правительства Российской Федерации, награжден многими орденами и медалями, почетными грамотами Российской академии наук и Академии горных наук. Дважды (в 2004 и 2015 гг.) М. А. Иофис награждался знаками отличия за безупречную службу городу Москве.

Друзья, ученики и коллеги всегда будут с особой теплотой вспоминать этого необыкновенного человека!

Правление Тоннельной ассоциации России

ПАМЯТИ ЮРИЯ СТЕПАНОВИЧА ФРОЛОВА



Не дожив день до своего 85-летия в августе 2024 г. скончался доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета путей сообщения (ЛИИЖТ) Юрий Степанович Фролов.

После окончания в 1961 г. факультета «Мосты и тоннели» Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта (НИИЖТа) Юрий Степанович начал свою трудовую деятельность на строительстве первого пускового участка первой линии Бакинского метрополитена. В 1965 г. перешел на научно-педагогическую работу на кафедру мостов и тоннелей НИИЖТа. Закончив аспирантуру на кафедре тоннелей и метрополитенов ЛИИЖТа, защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертации.

Профессор Ю. С. Фролов являлся одним из ведущих ученых страны в области строительства и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов.

Научные и практические разработки, выполненные Юрием Степановичем в первые годы научной деятельности, позволили решить ряд проблем, связанных с эксплуатационной надежностью тоннелей на трассе Трансси-

бирской магистрали, а также со строительством тоннелей на Байкало-Амурской магистрали.

Результаты его научных исследований использованы при внедрении новых конструкций односводчатых и колонных станций на линиях метрополитена в Санкт-Петербурге, в том числе при проектировании и строительстве уникальной двухъярусной объединенной пересадочной станции «Спортивная».

Комплекс экспериментально-теоретических и натурных исследований, выполненных под руководством Ю. С. Фролова, позволил внедрить в производство технологию опережающей крепи с целью минимизации осадок земной поверхности при проходке тоннелей в плотно застроенных районах города. Эта работа отмечена дипломом и почетным знаком Федерального агентства по строительству «За внедрение передовых технологий при освоении подземного пространства».

Практическая значимость работ по обоснованию рациональных методов проходки горных транспортных тоннелей подтверждена при внедрении их результатов на таких уникальных объектах, как тоннели на автомагистралях «Обход г. Сочи» и «Дублер Курортного проспекта». Руководитель работы получил звание лауреата конкурса Тоннельной ассоциации «Инженер года – 2015» в номинации «Строительство городских и горных автомобильных и железнодорожных тоннелей».

Ю. С. Фролов являлся высококвалифицированным педагогом, воспитавшим несколько поколений грамотных инженеров-тоннельщиков; руководил работой аспирантов и соискателей (шесть человек защитили кандидатские диссертации); опубликовал в печати более 150 научно-методических трудов, в том числе две монографии, четыре учебника.

Как авторитетный ученый и признанный специалист в области подземного строительства Юрий Степанович являлся почетным членом Тоннельной ассоциации России, участвовал в работе экспертных комиссий по вопросам тоннель- и метростроения.

Долголетняя активная и плодотворная научно-педагогическая деятельность профессора Ю. С. Фролова отмечена знаками «Изобретатель СССР», знаком Министерства транспорта «XXX лет Байкало-Амурской магистрали», знаком ОАО РЖД «Почетный железнодорожник», правительственной наградой «Заслуженный строитель Российской Федерации».

Тоннельная ассоциация России, коллектив СПГУПС и редакция журнала «Метро и тоннели» выражают глубокое соболезнование родным и друзьям Юрия Степановича в связи с тяжелой утратой.

Правление Тоннельной ассоциации России