

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ

М.О. ЛЕБЕДЕВ, зам. генерального директора по НИР, к.т.н.,
ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

3 декабря 1946 года заместителем Министра путей сообщения СССР Гоциридзе был издан приказ организовать для проектирования строительства Ленинградского метрополитена контору «Метропроект» - «Ленметропроект».

19 июля 1977 года был организован Ленинградский государственный проектно-изыскательский институт транспортного строительства «Ленметрогипротранс».

В 1993 году в Санкт-Петербурге зарегистрировано преобразование «Ленметрогипротранса» в АО по изысканиям и проектированию подземных объектов транспортного строительства — научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт «Ленметрогипротранс».

За более чем 75-летнюю историю коллективом было спроектировано:

— метрополитен Ленинграда — Санкт-Петербурга — 124,8 км (72 станции);

— первый участок первой линии метрополитена Казани — 8,13 км (5 станций);

— участки Московского метрополитена: 5 станций Калининско-Солнцевской линии, 4 станции на Кожуховской линии, 4 станции на Большой Кольцевой линии;

— оказывалась помощь в проектировании метро в Самаре, Новосибирске, Красноярске, Челябинске, Екатеринбурге, Баку, Тбилиси, Алма-Ате, Киеве;

— разработаны генеральные схемы строительства метрополитена в Челябинске, Перми, Одессе, Донецке.

Зарубежным странам была оказана помощь в проектировании:

— первой линии метро (17 км с 17-ю станциями) в Калькутте в Индии;

— станции метро в городе Алжире;

— четвертой линии метро (5,4 км с 7-ю станциями) в Будапеште в Венгрии;

— метрополитена в Хельсинки в Финляндии;

— метрополитена в Минске в Белоруссии.

Развитие Петербургского метрополитена

Первый участок Петербургского (Ленинградского) метрополитена был открыт на Кировско-Выборгской линии в 1955 году. Участок состоял из 8 станций, которые впоследствии вошли в единый реестр объектов культурного наследия. Одна из них, станция «Автово» (рис. 1) в 2014 году, по версии влиятельного английского издательства Guardian, попала в список 12 красивейших станций мира.

В 2022 году у Ленметрогипротранса в Санкт-Петербурге было два значимых проекта.

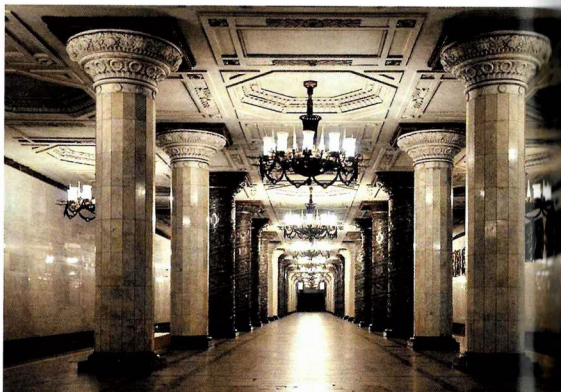


Рис. 1. Станция Санкт-Петербургского метрополитена «Автово»

Наиболее крупный проект — продление участка Невско-Василеостровской «зеленой» линии на север.

Начать движение от «Беговой» тоннеле-проходческий комплекс (ТПМК) «Надежда» сможет в 2023 году. ТПМК «Надежда» использовался для строительства «зелёной ветки» под дном Финского залива до станции «Беговая», с его помощью прокладывали также тоннели к станциям «Шушары», «Проспект Славы» и «Дунайский проспект» на юге города.

Главная особенность этой линии в том, что она станет продлением двухпутного участка метро, спроектированного ОАО «Ленметрогипротранс» в 2015 году и открытого в 2018 году к Чемпионату мира по футболу в РФ, со станцией «Беговая» (рис. 2) и станци-

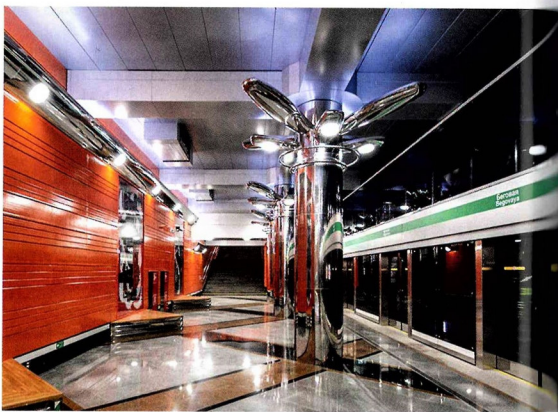


Рис. 2. Станция Санкт-Петербургского метрополитена «Беговая»



Рис. 3. Станции Санкт-Петербургского метрополитена «Театральная» и «Горный институт»

ей «Зенит» («Новокрестовская») — самой вместительной и пропускающей максимальный пассажиропоток в Петербургском метрополитене (до 60000 пасс./час). Именно эта технология позволила ускорить строительство тоннеля и запустить станции к ЧМ-2018 — на полтора года раньше в сравнении с технологиями прокладки двух однопутных тоннелей.

Новый проектируемый участок и новые станции Невско-Василеостровской линии предполагается создать еще более технологичными, комфортными и безопасными, отвечающими всем современным требованиям транспортной инфраструктуры. А для станционных комплексов мелкого заложения, строящихся на северо-западном участке Невско-Василеостровской линии метро и на юго-восточном продолжении Фрунзенского радиуса в районе Дунайского проспекта, разработаны принципиально новые объемно-планировочные решения и конструктивная схема, позволяющая реализовать максимально свободные и комфортные пространства для пассажиров в уровне подземных вестибюлей и посадочных платформ. Особенности такой конструктивной схемы является многоярусность сооружения, позволяющая оптимально эксплуатировать все подземное пространство, а также минимизация несущих опор, стен и колонн в пассажирской зоне.

Еще один крупный проект 2022 года Ленметрогипротранса включает в себя участок Лахтинско-Правобережной линии от станции «Спасская» до станции «Морской фасад». В этот участок входят две станции — «Большой проспект» («Горный институт») и «Театральная» (рис. 3), которая на первом пусковом этапе будет запускаться без выходов на поверхность, только «на проход».

Это участок глубокого заложения с двумя пилоными станциями, рассчитанными на восьмивагонный подвижной состав: «Театральная» и «Горный институт» («Большой проспект»). Особенностью этого участка является его расположение под историческими кварталами Адмиралтейского и Василеостровского районов Санкт-Петербурга. В зоне влияния подземных выработок расположены крупные исторические ансамбли, памятники архитектуры, в том числе Мариинский театр. Технические решения, принятые в проекте, позволяют сохранить историческую застройку в зоне влияния метрополитена. Спецификой данного участка также являются плотность застройки и необходимость интеграции наземных объектов метрополитена в существующую градостроительную ситуацию при максимальном сохранении исторического контекста.

Специалисты Ленметрогипротранса выполняют работы по научно-техническому сопровождению строительства объектов метрополитена, обследованию конструкций, геотехнический и горно-экологический мониторинг, расчет влияния подземных конструкций на строения дневной поверхности и т.д.

Развитие метрополитена глубокого заложения в центральной части Санкт-Петербурга и строительство новых участков метрополитена в спальных районах потребовали внедрения новых технологий, снижающих деформации дневной поверхности. Особенно актуальными эти требования стали для исторического центра города с наличием большого количества зданий и сооружений, представляющих культурную ценность и являющихся памятниками архитектуры.

Малоосадочные технологии строительства были реализованы при строительстве эска-



Рис. 6. Байкальский тоннель:
а) сечение тоннеля; б) инфраструктура на восточном портале

ный тоннель длиной 23,4 км под Главным Кавказским хребтом (строительство было начато в 1985 году, а затем остановлено);
— тоннель под Татарским проливом на острове Сахалин (длиной 12 км);
— тоннель под Беринговым проливом с Чукотки на Аляску (длиной 113 км);
— тоннель под Енисеем недалеко от порта Игарка (длиной 8,85 км);
— тоннель Высокоскоростной магистрали (ВСМ) Москва — Санкт-Петербург — Хельсинки под Невой (длиной 16,4 км).

В 2021 году введен в эксплуатацию второй Байкальский тоннель (рис. 6). Основную часть работ по проектированию инженерных систем объекта выполнил «Ленметрогипротранс». Тоннель рассчитан на 9-балльное землетрясение. А внутри, за автоматическими термоворотами, даже при минус 60 градусах сохраняется тепло, а значит, инженерные сети и строительные конструкции будут находиться в гарантированном нормативном состоянии. Автоматизированная система контролирует сразу 16 параметров. Реализованная при его строительстве современная автоматизированная система геодинамической безопасности имеет практическую и научную ценность.

Большой вклад внес коллектив «Ленметрогипротранса» в подготовку транспортной инфраструктуры для проведения зимних Олимпийских игр-2014 в Сочи. Все 12 тоннелей в Красной Поляне — железнодорожных и автомобильных — построены по проектам института. Среди них — строительство тоннельных комплексов № 1–3 (рис. 7) современной (автомобильная и железная) дороги «Адлер» — «горноклиматический курорт «Альпика-Сервис». При этом технические

- помехозащитная лаборатория в Ломоносове;
- подземная лаборатория географических систем ЛИЯФ АН СССР в Гатчине.
- Зарубежным странам была оказана помощь в проектировании тоннелей:
- 5 тоннелей общей длиной 4,4 км на железнодорожной линии Камышли — Алеппо — Латакия в Сирийской Арабской Республике;
- 9 железнодорожных тоннелей в Алжире;
- обследование железнодорожных тоннелей (134 тоннеля общей длиной 60, 1 км) в Северной Корее и основные положения по их реконструкции.
- Были выполнены перспективные разработки строительства крупных железнодорожных тоннелей:
- Архотский двухпутный железнодорож-

Схема организации строительных работ

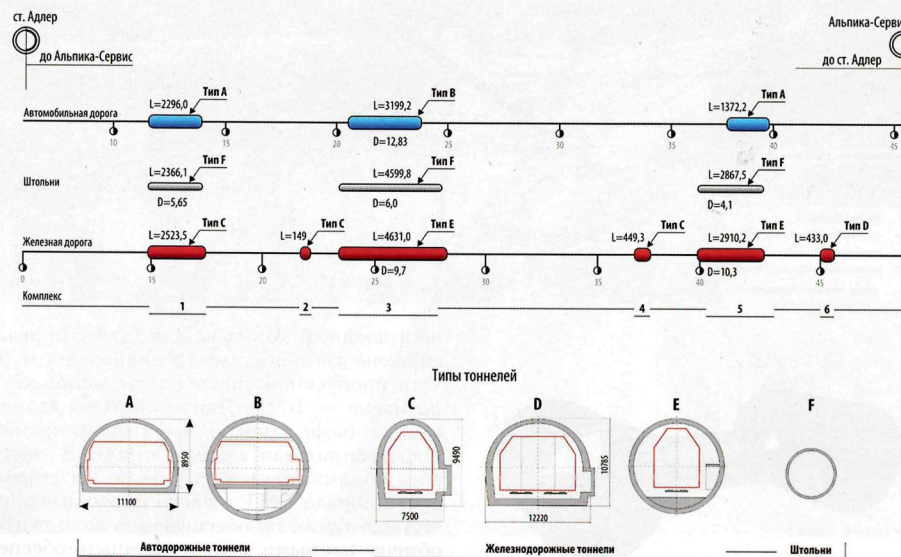


Рис. 7. Схема транспортных тоннелей на участке «Адлер» — «Альпика-Сервис»

и проектные решения включали самые современные и передовые технологии мира. Проект строительства тоннелей на современной дороге признан лучшим проектом года в конкурсе, который Всемирная тоннельная ассоциация провела в Гонконге.

Свои предложения по строительству тоннельной трассы от Ставрополя до Сочи (рис. 8) институт внес крупнейшему заказчику скоростных трасс России — ГК «Автодор».

«Южный кластер» предусматривает строительство альтернативной автодороги в обход населенных пунктов побережья общей протяженностью 152,3 километра и позволит ликвидировать сезонные дорожные заторы на въезде на курорты Краснодарского края. Благодаря строительству альтернативного маршрута снизится аварийность и смертность в 4 и более раз за счёт выведения почти 50% транзитного трафика из населенных пунктов.

В рамках ТЭО, разработанного госкомпанией «Автодор», удалось снизить стоимость строительства отдельных участков до 30%.

Предполагается, что с завершением проекта «Южный кластер» он вместе с другими проектами ГК «Автодор» — «Юго-западная хорда» и «Меридиан» — свяжет автодорогами Урал с крупнейшими портами Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов и новыми регионами России.

Проект строительства «Южного кластера» предусматривает возведение нескольких тоннелей и развязок-обходов городов Сочи, Адлер, Туапсе и Горячий Ключ — села Агой.

Цифровизация и импортозамещение

На протяжении нескольких десятилетий в Ленметрогипротрансе ведется работа по цифровизации и комплексной автоматизации проектных работ, разрабатывается программное обеспечение для решения специализированных задач подземного строительства. С 2016 года в институте внедряются технологии информационного моделирования. Сегодня институт представляет заказчику и компьютерную версию проекта.



Рис. 6. Байкальский тоннель:
а) сечение тоннеля; б) инфраструктура на восточном портале

ный тоннель длиной 23,4 км под Главным Кавказским хребтом (строительство было начато в 1985 году, а затем остановлено);
— тоннель под Татарским проливом на острове Сахалин (длиной 12 км);
— тоннель под Беринговым проливом с Чукотки на Аляску (длиной 113 км);
— тоннель под Енисеем недалеко от порта Игарка (длиной 8,85 км);
— тоннель Высокоскоростной магистрали (ВСМ) Москва — Санкт-Петербург — Хельсинки под Невой (длиной 16,4 км).

В 2021 году введен в эксплуатацию второй Байкальский тоннель (рис. 6). Основную часть работ по проектированию инженерных систем объекта выполнил «Ленметрогипротранс». Тоннель рассчитан на 9-балльное землетрясение. А внутри, за автоматическими термоворотами, даже при минус 60 градусах сохраняется тепло, а значит, инженерные сети и строительные конструкции будут находиться в гарантированном нормативном состоянии. Автоматизированная система контролирует сразу 16 параметров. Реализованная при его строительстве современная автоматизированная система геодинамической безопасности имеет практическую и научную ценность.

Большой вклад внес коллектив «Ленметрогипротранса» в подготовку транспортной инфраструктуры для проведения зимних Олимпийских игр-2014 в Сочи. Все 12 тоннелей в Красной Поляне — железнодорожных и автомобильных — построены по проектам института. Среди них — строительство тоннельных комплексов № 1–3 (рис. 7) современной (автомобильная и железная) дороги «Адлер» — «горноклиматический курорт «Альпика-Сервис». При этом технические

- помехозащитная лаборатория в Ломоносове;
- подземная лаборатория географических систем ЛИЯФ АН СССР в Гатчине.
- Зарубежным странам была оказана помощь в проектировании тоннелей:
- 5 тоннелей общей длиной 4,4 км на железнодорожной линии Камышли — Алеппо — Латакия в Сирийской Арабской Республике;
- 9 железнодорожных тоннелей в Алжире;
- обследование железнодорожных тоннелей (134 тоннеля общей длиной 60, 1 км) в Северной Корее и основные положения по их реконструкции.
- Были выполнены перспективные разработки строительства крупных железнодорожных тоннелей:
- Архотский двухпутный железнодорож-

Схема организации строительных работ

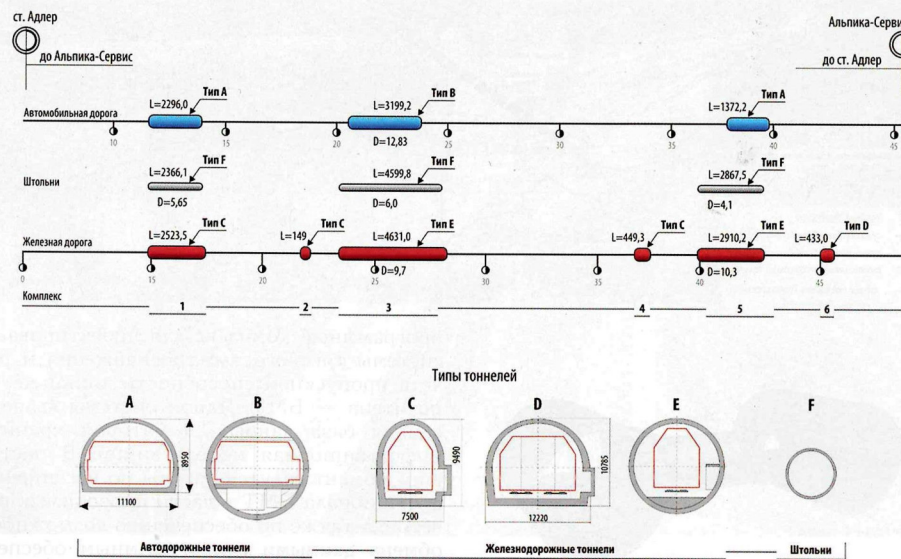


Рис. 7. Схема транспортных тоннелей на участке «Адлер» — «Альпика-Сервис»

и проектные решения включали самые современные и передовые технологии мира. Проект строительства тоннелей на современной дороге признан лучшим проектом года в конкурсе, который Всемирная тоннельная ассоциация провела в Гонконге.

Свои предложения по строительству тоннельной трассы от Ставрополя до Сочи (рис. 8) институт внес крупнейшему заказчику скоростных трасс России — ГК «Автодор».

«Южный кластер» предусматривает строительство альтернативной автодороги в обход населенных пунктов побережья общей протяженностью 152,3 километра и позволит ликвидировать сезонные дорожные заторы на въезде на курорты Краснодарского края. Благодаря строительству альтернативного маршрута снизится аварийность и смертность в 4 и более раз за счёт выведения почти 50% транзитного трафика из населенных пунктов.

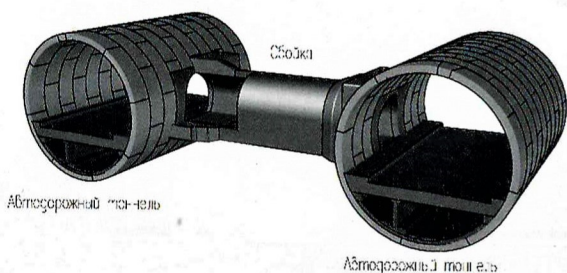
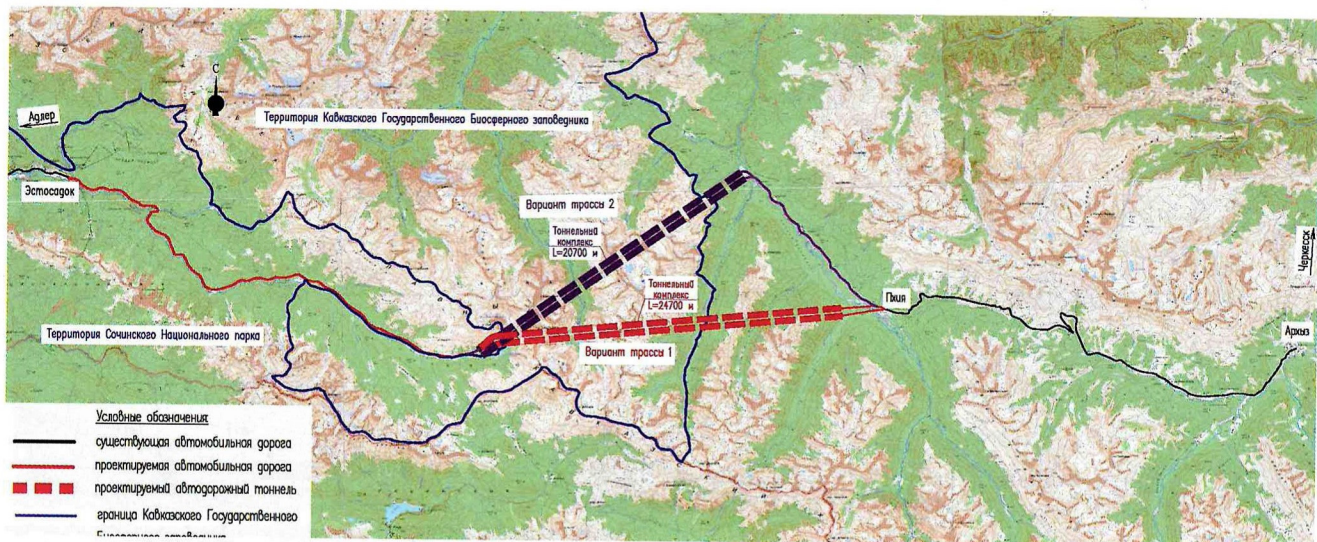
В рамках ТЭО, разработанного госкомпанией «Автодор», удалось снизить стоимость строительства отдельных участков до 30%.

Предполагается, что с завершением проекта «Южный кластер» он вместе с другими проектами ГК «Автодор» — «Юго-западная хорда» и «Меридиан» — свяжет автодорогами Урал с крупнейшими портами Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов и новыми регионами России.

Проект строительства «Южного кластера» предусматривает возведение нескольких тоннелей и развязок-обходов городов Сочи, Адлер, Туапсе и Горячий Ключ — села Агой.

Цифровизация и импортозамещение

На протяжении нескольких десятилетий в Ленметрогипротрансе ведется работа по цифровизации и комплексной автоматизации проектных работ, разрабатывается программное обеспечение для решения специализированных задач подземного строительства. С 2016 года в институте внедряются технологии информационного моделирования. Сегодня институт представляет заказчику и компьютерную версию проекта.



программный комплекс для проектирования системы тягового электроснабжения и расчета пропускной способности линий метрополитена — БМТ. Ядром системы является единая база данных, в которой хранится информационная модель линии. В настоящий момент ведутся работы по расширению функционала БМТ в части проводимых расчетов, а также по обеспечению возможности обмена данными с программным обеспечением для информационного моделирования через открытые форматы данных.

Для решения задач подземного строительства программистами института разработаны дополнительные модули к используемым программным продуктам Autodesk. В качестве примера можно привести модуль для Civil3D.

Выводы

Сегодня «Ленметрогипротранс» по праву занимает почетное место в авангарде отрасли, участвует в проектировании метрополитенов Москвы и Санкт-Петербурга, транспортных тоннелей, а к его специалистам обращаются при реализации наиболее сложных проектов.

«Ленметрогипротранс» по праву заслужил звание новаторской и постоянно развивающейся научной и проектной школы, высшим приоритетом деятельности которого является обеспечение высокого качества выпускаемой технической документации. Многие специалисты Ленметрогипротранса награждены правительственными орденами и медалями, становились лауреатами Государственных премий.

Рис. 8. Продление автомобильной дороги А-149 Адлер — Красная поляна от села Эстосадок до поселка Пхия: а) варианты трассы; б) сечение тоннеля

За последние годы реализовано несколько объектов с частичным применением BIM-технологий на различных стадиях проекта. Например, при проектировании Некрасовской линии Московского метрополитена создана информационная модель двухпутного перегонного тоннеля с водоотливной установкой в жестком основании пути с привязкой элементов модели к ПОС (4D-модель). При строительстве Невско-Василеостровской линии Петербургского метрополитена специалистами института применялись технологии лазерного сканирования для поиска участков с нарушением габарита в тоннеле и определения фактического плана и профиля трассы.

В современных условиях на передний план выходит необходимость создания отечественного программного обеспечения, призванного заменить импортные BIM-продукты. ОАО «Ленметрогипротранс» разработан