



# САМАЯ СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ

Фирма «Херренкнехт АГ» является признанным лидером среди фирм-производителей тоннелепроходческих комплексов для строительства транспортных тоннелей и прокладки городских коммуникаций диаметром от 1.5 до 16 м во всем спектре инженерно-геологических и гидрогеологических условий. В производственную программу фирмы входит изготовление машин с активным пригрузом забоя (с гидропригрузом или грунтопригрузом), щитов с открытым забоем с экскаваторным или фрезерными рабочими органами, комплексов в щитовом или комбайновом исполнении (в том числе с грипперами) одинарного или двойного типов.



ТПМК для строительства сервисного тоннеля в Серебряном Бору, Москва



ТПМК для строительства метрополитена в г. Алматы, Казахстан



ТПМК для строительства Митинско-Строгинской линии, Москва



**HERRENKNECHT AG**  
D-77963 SCHWANAU

TEL (+49) 78 24/ 3 02-0  
FAX (+49) 78 24/ 34 03

[HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE](http://www.herrenknecht.de)

**ЗАО «ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЕЛЬСЕРВИС»**  
107497, Москва, Россия,  
ул. Бирюсинка, д. 4  
телефон: (+7) 495 462 38 78  
факс: (+7) 495 462 57 44

## Чредителн журналн

Тоннельная ассоциация России  
Московский метрополитен  
Московский метрострой  
Тосинжстрой

## Редакционный совет

Председатель совета  
А. Брежнев

## Заместители председателя:

В. Гаев, С. И. Свирский

## Члены совета:

П. Абрамчук, В. Н. Александров,  
В. М. Абрамсон, В. А. Бессолов,  
Г. Василевский, С. М. Воскресенский,  
А. Гарюгин, Б. А. Картозия,  
Ю. Е. Крук, В. Г. Лернер, С. Ф. Панкина,  
В. А. Плохих, Ю. П. Рахманинов,  
Н. Смирнов, Г. Я. Штерн

## Редакционная коллегия:

О. Т. Арефьев, Н. С. Булычев,  
И. М. Голицынский, С. Г. Гринько,  
А. Демешко, А. И. Долгов,  
Е. Г. Дубченко, О. В. Егоров,  
С. Г. Елгаев, А. В. Ершов,  
З. Н. Жданов, В. Н. Жуков,  
А. М. Жуков, Н. Н. Кулагин,  
В. В. Котов, В. Е. Меркин,  
Ю. А. Кошелев, К. П. Никифоров,  
А. Ю. Педчик, П. В. Пуголов,  
З. П. Самойлов, А. А. Севастьянов,  
Л. К. Тимофеев, Б. И. Федунец,  
Ю. А. Филонов, Ш. К. Эфендиев

## Главный редактор

С. Н. Власов

## Тоннельная ассоциация России

Тел.: (495) 208-8032, 208-8172  
Факс: (495) 207-3276  
www.tar-rus.ru  
e-mail: rus\_tunnel@mtu-net.ru

## Издатель

ООО «ТА Инжиниринг»  
Лицензия ИД № 04404  
Тел.: (495) 797-5851, 775-9934  
Факс: (495) 797-5851  
127051, Москва,  
Цветной бульвар, 17, оф. 215  
e-mail: metrotunnels@gmail.com

## Генеральный директор

О. С. Власов

## Редактор

Г. М. Сандул

## Компьютерный дизайн и верстка:

М. Б. Брилинг

## Фотограф

А. В. Попов

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов

журнала только с письменного

разрешения издательства

© ООО «ТА Инжиниринг», 2006

## Ленметрогипротранс — 60 лет

Нам — 60!	2
Н. И. Кулагин	
Научно-технические разработки и научная деятельность института за последнее время	4
К. П. Безродный	
Транспортные тоннели — объекты пристального внимания Ленметрогипротранса	8
А. И. Салан	
Архитекторы первой очереди Петербургского метрополитена и проект новой станции «Адмиралтейская»	10
А. С. Константинов	
Резервы снижения стоимости строительства. Проектирование метрополитенов в условиях рыночной экономики	12
Интервью с Н. И. Кулагиным	
Роль науки в технологических и конструктивных решениях Ленметрогипротранса	15
К. П. Безродный	
Применение специальных способов работ	18
А. Г. Мацегора	
Интерактивная система экспертного картирования подземного пространства	22
Е. А. Ломакин, С. Я. Нагорный	
Горно-экологический мониторинг на примере Большого Петлевого тоннеля СКЖД	24
М. О. Лебедев, В. В. Балыкин	
Геофизические исследования при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации транспортных тоннелей	28
Ю. С. Исаев	
Автоматика, сигнализация и связь автодорожных тоннелей	30
Н. К. Михалев, И. В. Кулыгин	
Опыт управления тепловым режимом транспортных тоннелей	34
С. Г. Гендлер	



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

Проект станции  
«Звенигородская»  
Санкт-Петербургского  
метрополитена, выполненный  
ОАО «Ленметрогипротранс»

# НАМ — 60!



**Н. И. Кулагин**,  
генеральный директор  
ОАО «Ленметрогипротранс»,  
д. т. н., заслуженный строитель  
Федерации, лауреат премии Совета министров СССР,  
почетный транспортный строитель

**«А годы лет  
наши годы, как птицы, летят...  
И некогда нам обернуться назад!»**

**К**ак быстро бежит время! Кажется, совсем недавно институт отмечал свое 50-летие, а вот уже подошел и следующий юбилей. Нам – 60! Что у нас за плечами?

За прошедшие шесть десятилетий коллектив выполнял проектную документацию для метрополитенов Ленинграда – Петербурга (более 100 км!), Новосибирска, Самары, Челябинска, Казани. Были разработаны генеральные схемы развития метро в городах СССР: Одессе, Перми, Челябинске, Донецке, Ленинграде.

По проектам Ленметрогипротранса построены и строятся железно- и автомобильные тоннели общей протяженностью около 150 км. Это железнодорожные тоннели на линиях Абакан – Тайшет, на Южном Урале, Дальнем Востоке, Северном Кавказе, Сибири, десять тоннелей Байкало-Амурской магистрали, в т. ч. уникальный Северомуйский длиной 15,3 км, самый длинный на территории бывшего СССР. Кроме транспортных, были запроектированы и сооружены по нашим проектам технологические железнодорожные тоннели на Кольском полуострове для вывоза добываемого «камня плодородия» – апатита, а также тоннель на полиметаллическом руднике вблизи г. Алмаык в 50 км от Ташкента.

Среди автомобильных институтом спроектированы тоннели под площадью Побе-

ды и под Морским каналом в Санкт-Петербурге, Магистинский и четыре тоннеля на обходе г. Сочи, Краснополянский на дороге Адлер – Красная Поляна. Институтом разрабатывалась документация Рокского автомобильного тоннеля (1-я стадия проектирования) под Главным Кавказским хребтом и тоннеля обхода поселка Мизур в Северной Осетии. Нашим коллективом выполнена проектная документация наклонных галерей для разгрузки ды в Североуральском руднике, в Хибинах, в Мурманске.

Сделано немало проектов и тоннелей транспортного назначения. Это коллективные проекты большого сечения в Ленинграде – Петербурге, два тоннеля под р. Невой для укладки трубопроводов Балтийской трубопроводной системы, гидротехнические тоннели Большого Ставропольского канала, на Коршуновском горно-обогатительном комбинате в Киргизии.

Разработаны проекты для возведения объектов науки: подземная лаборатория голографических систем в Гатчине под Петербургом и помехозащищенная от космического фона лаборатория института метрологии (г. Ломоносов). На Северном Кавказе с 1970-х гг. работает Нейтринная станция ФИАН СССР для изучения фундаментальной наукой космических частиц.

Коллектив Ленметрогипротранса участвовал в проектировании девяти железнодорожных тоннелей в Сирии, четырех в Алжире, в обследовании пешеходной транспортной железнодорожной магистрали в Корейской Народной Республике, оказывал помощь в прокладке метрополитенов в Калькутте (Индия), Алжире (Алжирская Республика). Для Будапешта (Венгрия) и Гаваны (Куба) были разработаны технико-экономические обоснования строительства метрополитена, оказывалась консультативная помощь при преодолении сложного участка на строительстве метро в Хельсинки (Финляндия).

Все годы существования института коллектив сумел внедрять в строительство новые эффективные конструктивные и технологические решения. К заслугам наших проектировщиков можно отнести:

- документацию для построенного методом погружных секций единственного в России Канонерского тоннеля под Морским каналом в Ленинграде (совместно с СКТБ Главмостостроя – ныне ЗАО «Институт Гипростроймост – Санкт-Петербург»);

- новые конструкции станций метрополитена: колонные, односводчатые с разжатием обделки на ходу; без боковых посадочных платформ; двухпутный пересадочный узел на две линии станции «Спортивная»;

- обделки перегонных тоннелей с обжатием в поезде; безмоментные облегченные и блочные;

- проекты первых отечественных механизированных щитов и механизмов за ними, позволивших достичь мировых рекордов проходки – до 1250 м в сутки;

- проекты механизированного щита диаметром 4,03 м и оборудования за ним для строительства в Ленинграде коллекторных тоннелей, а также шахтных комплексов с клетевым или поклетевым подъемами;

- внедрение на Ленинградском метрополитене впервые в мире автоматического вождения поездов и автоматизация всех технологических процессов; разработка и внедрение технологии низкотемпературного замораживания водоносных неустойчивых грунтов жидким и газообразным азотом и другое.

Будучи комплексным институтом и выполняя все разделы проектов метрополитенов и тоннелей – от изысканий до архитектуры, по мере роста объемов работ и расширения географии строящихся объектов институт в разные годы создал свои филиалы, впоследствии ставшие самостоятельными организациями: Бамтоннельпроект (Северобайкальск), Новосибирметропроект (Новосибирск), Комплексный отдел метро в Челябинске. Потребность удовлетворять возросшие пожелания заказчиков привлекла к открытию в институте научно-исследовательского отдела, силами которого ведутся работы по геотехническому мониторингу грунтового массива тоннельных конструкций как в период строительства, так и при эксплуатации. Разрабатываются проекты укрепления грунтов, проводится обследование действующих или недостроенных тоннелей с внесением предложений по ремонту и достройке. В институте в настоящее время трудятся семь кандидатов и три доктора технических наук. Совместные работы и тесная связь с Трансстроем, многими научно-исследовательскими институтами и профильными кафедрами высших учебных заведений позволяют Ленметрогипротрансу

квалифицированно решать поставленные задачи и возникающие проблемы. Участвуя в качестве члена Тоннельной ассоциации России в ее деятельности, институт выступал с докладами на конгрессе Международной тоннельной ассоциации в городах Штуттгарте, Вене, Вашингтоне, Сеуле, пропагандируя достижения отечественной науки и техники, в частности, ее ленинградской школы.

Приятно отметить в дни юбилея успехи, награды, общественное признание. «За выдающийся вклад в социально-экономическое развитие России» в мае 2006 г. институту вручена Главная общественная премия России в номинации «Строительство. Транспорт» – «Российский Национальный Олимп – 2006». За всем этим стоял огромный труд коллектива, со всеми сложностями, «штурмами» перед пусками объектов в эксплуатацию, горечью в связи с имевшимися ошибками, случившимися порой на стройках авариями, их ликвидацией и преодолением. Но это закаляло коллектив, заставляло мобилизовать все творческие и физические ресурсы и, извлекая уроки, идти дальше, смотреть в будущее нашей транспортной и тоннельной отрасли. И мечтать! А это значит – делать проекты будущих строек, таких как Архотский двухпутный железнодорожный тоннель длиной 22,4 км (проект 1985 г., начатый строительством, которое, к сожалению, прекращено), железнодорожный под Татарским проливом на о. Сахалин длиной 8,8 км (ТЭО 2002 г.), двухпутный железнодорожный тоннель под Беринговым проливом длиной 113 км от Чукотки до Аляски, концессию прокладки которого институт вместе с другими коллективами разработал в 1999 г. И совсем близкая и реальная в воплощении мечта – соорудить автодорожные тоннели под р. Невой в нашем родном городе Санкт-Петербурге, а также на обходе городов Сочи и Туапсе, проектированием которых институт занимается в настоящее время.

Я поздравляю своих коллег по институту, наших ветеранов, находящихся на заслуженном отдыхе, с большим праздником и желаю всем здоровья, а работающим – новых успехов в транспортном подземном строительстве.



Здание Ленметрогипротранса со встроенным в него вестибюлем станции «Владимирская»



# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ И НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНСТИТУТА ЗА ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ

К. П. Безродный, зам. генерального директора по науке, д. т. н., ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

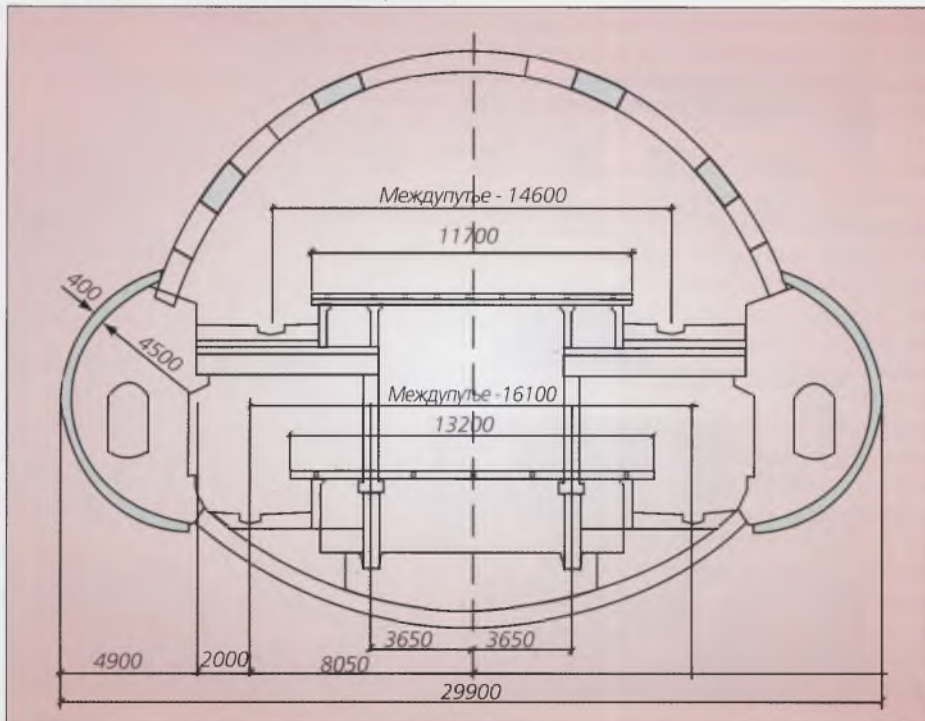


## Конструкции обделок и крепей

Принятая единая совместная взаимовлияющая система «массив – крепь – обделка» стимулировала разработку новых расчетных моделей и конструкций крепей и обделок.

Так, для инженерно-геологических условий строительства станций и перегонных тоннелей в кембрийских (протерозойских) глинах Санкт-Петербургского метрополитена в тесном содружестве с ЦНИИСом, Киевским автомобильным институтом и ЛИИЖТом (СПбГУПС) разработаны методы расчетов и конструкции обжатых в породе многослойных обделок.

Рис. 1. Поперечное сечение станции «Спортивная»



Это – обделки из гладких железобетонных блоков перегонных тоннелей и, конечно, одноводчатые станции, такие, например, как уникальная двухэтажная пересадочная «Спортивная» (рис. 1).

Разработана и возведена колонная станция «Крестовский остров» глубокого заложения полностью из железобетона, в том числе и колонно-прогонный комплекс.

Совместно с Тульским политехническим институтом ЦНИИСом созданы конструкции сейсмостойких многослойных обделок (рис. 2) и методы их расчетов. Они нашли широкое применение при строительстве железнодорожных и автомобильных тоннелей.

В результате проведенных теоретических лабораторных и натурных исследований разработаны методы расчетов при загрузке бетона в раннем возрасте, что реализовано в технологиях арочно- и набрызг-бетонной крепей. Первая получила широкое распространение при проходке тоннелей в неустойчивых и слабоустойчивых грунтах. Причем она является наружным слоем обделки и совместно с массивом практически полностью воспринимает горное давление, что учитывается при расчете внутреннего слоя конструкции.

Следует отметить и опережающую забой арочно-бетонную крепь (рис. 3), сооружаемую в предварительно прорезанной щели несколько выше собираемой впоследствии сборной обделки. Такое решение было реализовано, благодаря совместным исследованиям с Метростроем, ЛИИЖТом и Технологическим ин-

ститутом при проходке среднего тоннеля колонной ст. «Адмиралтейская». Это значительно снизило осадки поверхности, застроенной историческими зданиями XVIII и XIX вв.

## Специальные способы работ

Остановимся на следующих разработках:

- опережающие забой тоннеля экраны из труб;
- водопонижение;
- инъекционное закрепление грунтов.

Еще при строительстве тоннелей БАМ совместно с ЦНИИСом была разработана технология сооружения опережающих забой экранов из труб и способов проходки под ними (рис. 4). Были проведены исследования влияния их напряженного деформированного состояния. Такие экраны широко применяются и применяются при строительстве тоннелей в неустойчивых и слабоустойчивых грунтах, особенно, при врезке их с порталов.

Пожалуй, наиболее ярким примером использования водопонижения для обеспечения возможности проходки в водонасыщенных, совершенно неустойчивых четвертичных отложениях, является комплексное водопонижение с помощью вертикальных с поверхности и горизонтальных из подземных выработок скважин при проходке Северомуйского тоннеля в зоне Ангарского депрессии.

Значительные разработки и внедрение выполнены для инъекционного закрепления грунтов. Наиболее сложным объектом, который без искусственной стабилизации водонасыщенных дезинтегрированных грунтов тектонических разломов при гидростатическом давлении до 5 МПа невозможно было пройти, является Северомуйский тоннель. Здесь в результате комплекса научно-исследовательских работ, направленных на разработку технологий и методов, совместно с ЦНИИСом удалось создать способ инъекционного консолидирующего уплотнения и методы расчета технологических параметров и деформационных свойств закрепленного грунта. В развитие этого направления разработан способ уплотнения водонасыщенных грунтов с помощью камуфлетных взрывов и локального дренажа для снижения гидростатического давления на закрепленный грунт (рис. 5).

Инъекционное закрепление получило широкое распространение. Так, например, при строительстве станции «Адмиралтейская» для уменьшения влияния осадок поверхности на деформации старинных зданий исторического центра Санкт-Петербурга был использован метод компенсационного инъектирования в основание под их фундаменты, что в комплексе с опережающей забой щелевой крепью позволило в 3–4 раза сни-

осадки и тем самым провести работы, не нарушая нормальной эксплуатации этих зданий.

**технические мониторинги**

В институте разработана система геотехнического мониторинга, меняемая как на стадии проектирования, так и в период строительства и эксплуатации.

**Задачи мониторинга:**

• обеспечение безопасности строительства и эксплуатации;

• получение информации о напряженно-деформированном состоянии системы «массив – крепь – обделка», инженерно- и гидрогеологических условиях впереди забоя тоннеля, фактических физико-механических свойств грунтов для принятия своевременных превентивных мер недопущения развития негативных процессов;

• создание банка данных для оценки строительных рисков возможности аналогового проектирования.

Следует отметить, что изыскания, выполняемые на разных стадиях проектирования, не дают достаточно подробной информации об инженерно-геологических и гидрогеологических условиях трассе тоннеля, особенно при сувертикальных структурах.

Геотехнический мониторинг состоит из следующих этапов:

• уточнение инженерно- и гидрогеологических условий впереди забоя тоннеля методом сверхширокополосной (СШП) георадиолокации (рис. 6) на расстоянии до 100 м;

• определение напряженно-деформированного состояния массива и системы «массив – крепь» в призабойной зоне путем регистрации электромагнитной эмиссии;

• определение напряженно-деформированного состояния системы «массив – крепь» с помощью струнных датчиков (рис. 7) и по смещениям контура выработки;

• определение фактических деформационно-прочностных свойств массива на пройденной части тоннеля методом сейсмопрофилирования и по измеренным напряжениям в конструкциях;

• на основании полученных результатов проведение корректировки проектной документации в части изменения технологии проходки, конструкций крепей, применения спецспособов;

• оценка гидростатического давления, водопритоков, корректи-

ровка конструкций дренажных систем;

• наблюдения за сдвигами земной поверхности и сооружениями на ней, при необходимости принятие мер для сохранения их в нормальном эксплуатационном состоянии;

• перевод системы геотехмониторинга на режим эксплуатации тоннеля;

• составление банка данных по тоннелю.

Такие геотехнические мониторинги проводятся практически на всех вновь прокладываемых транспортных тоннелях, а также сопровождают эксплуатацию.

**Обследование тоннелей**

В последнее время в институте развито новое направление – обследование действующих, либо недостроенных тоннелей с разработкой предпроектных предложений по их завершению и приведению в безопасное эксплуатационное состояние.

В составе этих работ, благодаря новым методам исследований, впервые оценивается несущая способность обделки путем сравнения измеренных действующих напряжений в ней с измеренной прочностью бетона, из которого она выполнена. Кроме того, определяется степень деградации массива в приконтурной зоне с выявлением его деформационно-прочностных свойств, а также осуществляется расчет конструкций с учетом полученных данных.

Такие обследования проведены на Уфимском, Севанском, обходе г. Сочи автодорожных тоннелях, тоннелях Рагунской ГЭС, железнодорожных и других объектах.

На основании проведенных геотехнических мониторингов, обследований тоннелей развиваются экспериментально-теоретические методы исследований напряженно-деформированного состояния системы «массив – крепь – обделка», изучается влияние эксплуатационных нагрузок на изменение взаимодействия системы. Устанавливается степень деградации грунтов в приконтурной зоне и влияние ее на работу системы. На основании создания банка данных результатов геотехмониторингов и его пополнения создается основа оценки строительных рисков и аналогового проектирования.

Сегодня в институте разработаны следующие методы натурных исследований:

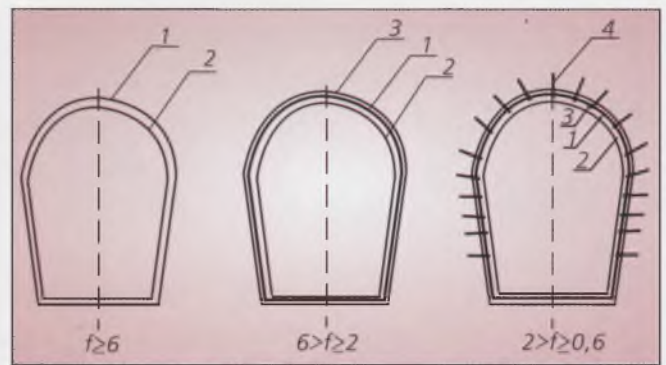


Рис. 2. Сейсмостойкие обделки: 1 – демфирующий антиадгезионный слой; 2 – внутренний слой обделки; 3 – наружный слой обделки; 4 – нагели (анкеры), армирующие грунт

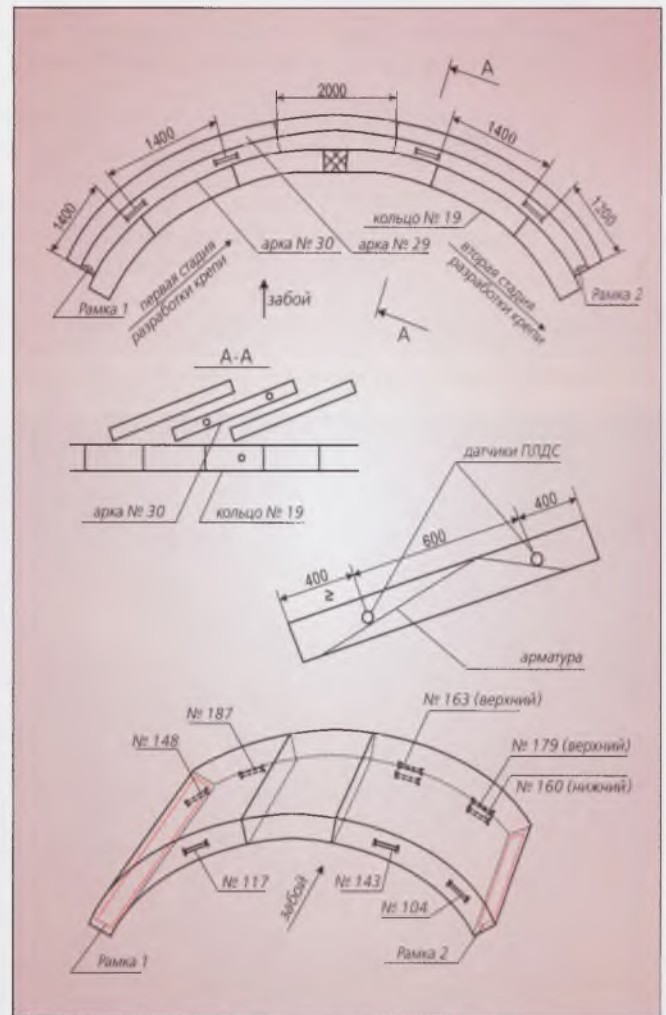


Рис. 3. Опережающая забой арочно-бетонная крепь с расположением датчиков

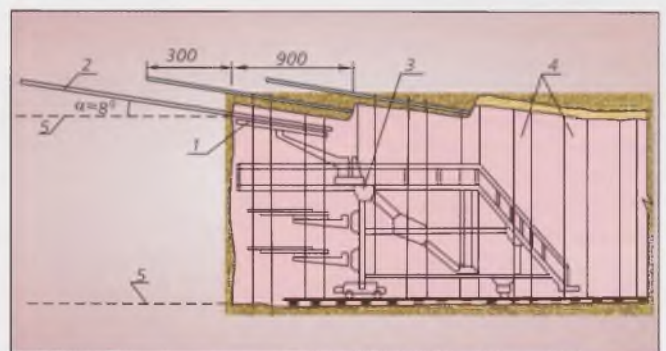


Рис. 4. Устройство наклонных перекрывающихся экранов из труб: 1 – буровой станок; 2 – трубы защитного экрана; 3 – буровая рама; 4 – арочно-бетонная крепь; 5 – контур выработки

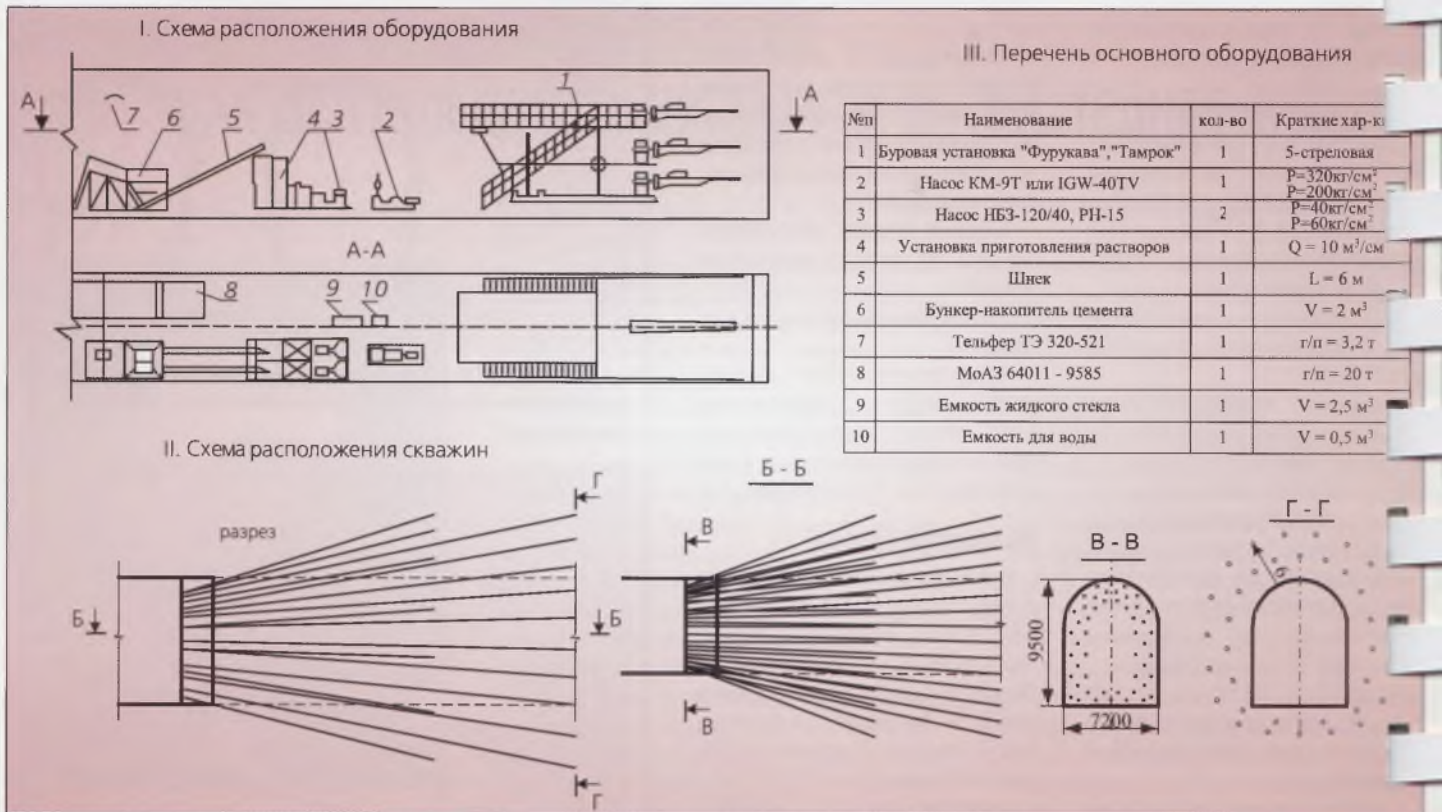


Рис. 5. Технологическая схема упрочнения грунтов инъекцией твердеющих составов в тоннеле



Рис. 6. СШП георадиолокация впереди забоя



Рис. 7. Датчик, установленный в своде арматурной арки при набрызг-бето

- сейсмоакустические;
- ультразвуковые;
- электроразведка;
- регистрация электромагнитной эмиссии;
- сверхширокополосное (СШП) георадиолокационное зондирование;
  - исследование гидростатического, внутрипластового давления с помощью струнных датчиков;
  - определение напряжений в эксплуатируемых конструкциях, в бетонных – методом частичной разгрузки, в стальных, чугунных – методом магнитострикции;
  - исследование напряженно-деформированного состояния крепей, обделок с помо-

щью струнных датчиков и по смещению контура выработки.

### Геоэкология и аэрология

На основании предложенных методов расчета процессов тепломассопереноса в выработках и горных породах разработаны методики:

- выбора параметров тепловой защиты тоннельных конструкций и обустройств от образования наледей, в том числе на основе частичного и полного подогрева наружного воздуха в калориферных установках;
- выбора параметров вентиляционного оборудования для проветривания автодорожных тоннелей;

- оценки негативного воздействия транспортных подземных объектов на атмосферный воздух и пути его минимизации.

Это позволило:

- предложить новые способы защиты поверхности тоннельных конструкций и обустройств от образования наледей (рис. 8);
- разработать не имеющие мировых аналогов схемы проветривания протяженных железнодорожных тоннелей ВСЖД – Бакальского и Северомуйского (рис. 9), основанные на полной или частичной рециркуляции воздуха и его подогреве до положительной температуры в зимний период;
- предложить оригинальные конструкции вентиляционных ворот, позволяющих

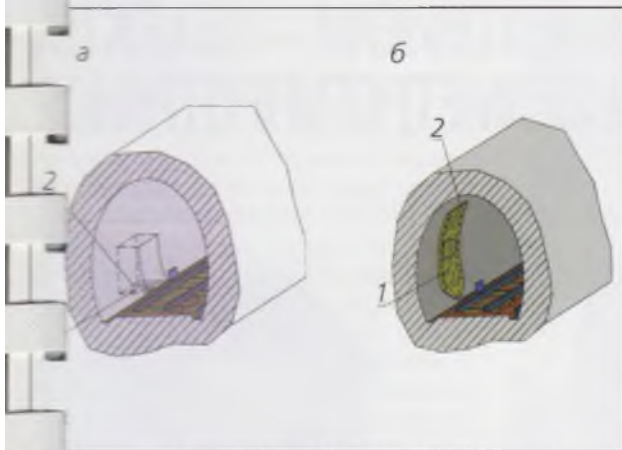


Рис. 8. Активная тепловая защита на основе греющего кабеля:  
а – поверхности стен выработки; б – поверхности почвы выработки;  
1 – греющий кабель; 2 – слой теплоизоляции

повысить устойчивость систем вентиляции железнодорожных тоннелей к воздействию естественных и эксплуатационных факторов. Одна из разработанных конструкций возведена на порталах Северомуйского тоннеля. Трехлетний опыт её

эксплуатации показал высокую эффективность функционирования вентиляционных ворот;

• составить проекты по оценке воздействий на окружающую среду и ведению экологических мониторингов при строи-

тельстве подземных сооружений.

Результаты научно-исследовательских работ прошли апробацию на Международных конференциях в Осло, Амстердаме, Вашингтоне, Люблине, Москве, Санкт-Петербурге и других городах.

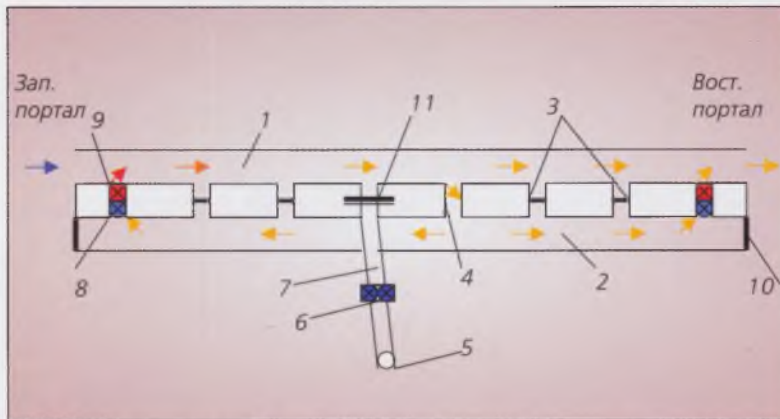


Рис. 9. Схема проветривания Байкальского железнодорожного тоннеля:

1 – транспортный тоннель, 2 – штольня, 3 – сбойки, 4 – рециркуляционная сбойка, 5 – ствол, 6 – вентиляторы главного проветривания, 7 – кроссинг, 8 – рециркуляционный вентилятор, 9 – калорифер, 10 – вентиляционные ворота в штольне, 11 – вентиляционные ворота в кроссинге

### Основные работы были проведены на следующих объектах в соответствии с вышеперечисленными направлениями

#### Исследование тоннелей

1. Действующие железнодорожные тоннели в КНДР.
2. Недостроенный Севанский автодорожный тоннель в Республике Армения.
3. Недостроенный автодорожный тоннель в г. Уфе.
4. Система тоннелей недостроенной Рагунской ГЭС на р. Вахш в Таджикистане.
5. Недостроенные тоннели автодорожного обхода г. Сочи.
6. Действующий Кипарисовский тоннель Дальневосточной железной дороги.
7. Действующий 4-й тоннель Северокавказской железной дороги.
8. Подводный тоннель под рекой Амур у г. Хабаровска.
9. Лысогорский тоннель Северокавказской железной дороги.
10. Крольский и Манский железнодорожные тоннели Красноярской железной дороги.
11. Краснополянский автодорожный тоннель.
12. Северомуйский железнодорожный тоннель.
13. Байкальский железнодорожный тоннель.
14. Коршуновский железнодорожный тоннель.

#### Гидротехнические мониторинги

1. При строительстве и эксплуатации Северомуйского железнодорожного тоннеля трассы БАМа.
2. При сооружении и эксплуатации перегонных тоннелей на новой трассе между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» Санкт-Петербургского метрополитена.
3. При прокладке Лагар-Аульского тоннеля Дальневосточной железной дороги.
4. При строительстве Большого Петлевого тоннеля Северокавказской железной дороги.
5. При проходке Мацестинского тоннеля автодорожного обхода г. Сочи.
6. При строительстве и эксплуатации перегонных и стационарных тоннелей Санкт-Петербургского метрополитена.
7. При эксплуатации 4-го тоннеля Северокавказской железной дороги.
8. При сооружении 3-го тоннеля автодорожного обхода г. Сочи.
9. При прокладке 1-го тоннеля Северокавказской железной дороги.

#### Инженерно-геологические изыскания по трассам

1. Между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» Санкт-Петербургского метрополитена.
2. Манского и Крольского тоннелей Красноярской ж. д.
3. Малого, Среднего и Большого Петлевых тоннелей, Большого и Малого Новороссийских тоннелей, 1-го и 4-го тоннелей Северокавказской железной дороги.
4. Автодорожных тоннелей на Красную Поляну.
5. Мацестинского, 1-го, 2-го, 3-го, 6-го тоннелей автодорожного обхода г. Сочи и ряд других объектов.

#### Инъекционные методы

1. Северомуйский железнодорожный тоннель трассы БАМа.
2. На Красногвардейской и Сенной площадях в районе вестибюлей станций «Новочеркасская» и «Садовая» Санкт-Петербургского метрополитена.
3. Компенсационное инъецирование при проходке ст. «Адмиралтейская» под домами № 5, 7, 9 на Малой Морской улице в г. Санкт-Петербурге.

#### Разработка рекомендаций по организации и совершенствованию вентиляции, составлению проектов ОВОС

1. Байкальский железнодорожный тоннель.
2. Кадарский железнодорожный тоннель.
3. Северомуйский железнодорожный тоннель.
4. Крольский и Манский железнодорожные тоннели.
5. Нанчульский железнодорожный тоннель.
6. Подводный тоннель под Амуром у г. Хабаровска.
7. Кузнецовский железнодорожный тоннель.
8. Лысогорский железнодорожный тоннель.
9. Санкт-Петербургский метрополитен.
10. Железнодорожные тоннели в КНДР.
11. Гимринский автодорожный тоннель.
12. Севанский автодорожный тоннель.
13. Автодорожный тоннель в комплексе защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений.
14. Краснополянский автодорожный тоннель.
15. Комплекс гидротехнических тоннелей Саяно-Шушенской ГЭС.
16. Орловский автодорожный тоннель.





# ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ – ОБЪЕКТЫ ПРИСТАЛЬНОГО ВНИМАНИЯ ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНСУ

А. И. Салан, главный инженер ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»



На территории России (на Дальнем Востоке, в Сибири, на Урале, Кавказе и Кольском полуострове) и за рубежом (в Индии и Алжире) построены и эксплуатируются более 40 железнодорожных, автодорожных, гидротехнических и коммунальных тоннелей общей протяженностью свыше 100 км, застроенных и эксплуатируемых Ленметрогипротрансом.

Учитывая опыт и с целью проведения единой технической политики в проектировании горных транспортных тоннелей, решением Госстроя СССР в 1983 г. институт был определен головным в этой области.

В процессе проектирования транспортных тоннелей возникали проблемы как технического, так и производственного характера, обусловленные отсутствием достаточной нормативной базы, сложностью проведения изысканий, опыта проектирования в различных климатических зонах, эпизодичностью проектирования – перерывы достигали 10 лет.

Распад Советского Союза, расстройство экономики России в высокой степени снизили технический потенциал транспортных строителей. Почти прекратилась прокладка железных и автомобильных дорог, произошел большой отток специалистов из отрасли.

Ленметрогипротранс чтобы выжить в трудные годы не потерял свой технический потенциал и даже, наперекор всему, открыл у себя научно-исследовательское отделение.

Бурное развитие транспорта в России пришлось на начало XXI в. и потребовало, в первую очередь, строительства новых железнодорожных и реконструкции железных дорог. Большой объем работ в этом направ-

...ни был начат на Юге России – Кавказе и в крупных городах, прежде всего, в Москве и Санкт-Петербурге.

...ромышленный рост автомобильного парка создавал необходимость прокладки новых магистралей в городах и с целью улучшения экологической обстановки проведения их подземно.

...настоящее время Ленметрогипротранс принимает участие в проектировании пяти строящихся и реконструируемых автомобильных тоннелей на Черноморском побережье Кавказа, четырех железнодорожных тоннелей Северо-Кавказской ж. д., трех автомобильных тоннелей в Санкт-Петербурге, в том числе Орловского под р. Невой.

...В России сооружено сравнительно мало автомобильных тоннелей и отсутствует опыт эксплуатации, особенно протяженных – свыше 1500 м. При проектировании Ленметрогипротранс использует накопленный мировой опыт строительства и эксплуатации транспортных тоннелей, как на автомобильных магистральных, так и в городах.

...Процесс проектирования осложняется главным отсутствием нормативных документов для городских транспортных тоннелей. Такие нормы существуют только для Москвы. В других городах необходимо составлять для каждого тоннеля технические условия проектирования, о чем заказчики обычно не имеют представления. Также необходимы нормы для эксплуатации транспортного сооружения и его технического оснащения.

...Создание нормативных документов – это прерогатива государственных органов. Проектированием транспортных тоннелей в России в настоящее время занимаются институты, преобразованные в акционерные общества, с частным капиталом преимущественно. Тоннели – дорогостоящее сооружение. Заказчиком на их строительство, в основном, является государство. Заказчики в первую очередь должны быть заинтересованы в создании норм проектирования, строительства и эксплуатации. Их отсутствие в настоящее время является сдерживающим фактом возведения подземных сооружений.

...В России имеется опыт сооружения тоннелей в самых сложных инженерно-геологических условиях. Прокладка их сегодня ведется с применением новейших машин и механизмов, созданных в мировом тоннелестроении. Необходимым условием безопасного и качественного строительства является безусловное выполнение нормативных документов и технологических карт, созданных для этих механизмов.

...При сооружении автомобильных и железнодорожных тоннелей рабочей документация разрабатывается подрядчиком или по его заказу проектными институтами. Такая система оправдывает себя при условии неизменности технических решений, принятых в утвержденном инженерном проекте. В России рабочая документация кардинально отличается от утвержденного проекта ввиду большого разрыва по времени между созданием проекта и его реализацией. Поэтому заказчиком рабочей документации должен выступать Заказ-



Открытие движения по Лагар-Аульскому тоннелю



Южный портал Лысогорского тоннеля

Краснополянский автомобильный тоннель



чик, и проектная организация должна соблюдать его интересы, а не подрядчика, что имеет место в настоящее время.

В России относительно мало автомобильных тоннелей, поэтому нет достаточного опыта их эксплуатации. В Ленметрогипротрансе создан отдел эксплуатации подземных сооружений, являющийся основным технологическим звеном, координирующим и увязывающим разделы проекта. В его задачи входит также создание инструкций по использованию технических средств, установленных в тоннеле, и по эксплуатации тоннеля в целом. Применяемое технологическое оборудование обеспечивает безопасную эксплуатацию и гарантирует безопасность находящихся в тоннеле людей в случае аварий.

Но стоимость постоянных обустройств составляет более 40 % от всего финансирования строительства. Создание оптимальных схем вентиляции, энергоснабжения и другого позволит значительно снизить стоимость производства работ. Необходима также разработка моделей технологических схем, на которых отрабатываются оптимальные решения и подбирается оборудование. Это в состоянии выполнить отраслевая наука.

Коллектив Ленметрогипротранса сегодня в состоянии решить все задачи, возникающие при проектировании и строительстве транспортных подземных сооружений. **МТ**

# АРХИТЕКТОРЫ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА И ПРОЕКТ НОВОЙ СТАНЦИИ «АДМИРАЛТЕЙСКАЯ»

А. С. Константинов, архитектор, Санкт-Петербург

3 декабря 2006 года исполняется 60 лет со дня образования Института по проектированию Ленинградского (Санкт-Петербургского) метрополитена – «Ленметропроект», теперь ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс».

Метрополитен Санкт-Петербурга – крупнейший после Москвы в России, насчитывающий около 60 станций и вестибюлей, сотни километров тоннелей и огромное количество технологических устройств и оборудования. Сформировавшийся комплекс зданий и сооружений метро стал неотъемлемой частью архитектурного облика северной столицы, основателем которой является, как считает знаменитый испанский художник Сальвадор Дали, лучший архитектор мира – Петр Алексеевич Романов (Петр Великий).

В последующие годы в Санкт-Петербурге были созданы замечательные сооружения и ансамбли по проектам архитекторов: Растрелли, Ринальди, Старова, Кваренги, Захарова, Росси, Стасова и многих, многих других зодчих.

При таком наследии понятно, что к проектированию Ленинградского (Санкт-Петербургского) метрополитена в конце 40-х – начале 50-х гг. прошлого века были привлечены ведущие архитекторы.

На художественное оформление станций первой очереди был объявлен Всесоюзный конкурс. В нем, кроме ленинградцев, участвовали мастера из Москвы, Киева, Свердловска, Тбилиси. На конкурс поступило 123 проекта. В результате творческого соревнования были отобраны проекты архитекторов: И. И. Фомина, Б. Н. Журавлева, В. В. Ганкевича (ст. «Площадь Восстания»); Г. И. Александрова, А. В. Жюка, А. И. Прибульского, при участии Д. С. Гольдгора (ст. «Владимирская», над которой теперь размещается здание Ленметрогипротранса); А. В. Васильева, Д. С. Гольдгора, С. Б. Сперанского (ст. «Нарвская»); М. К. Бенуа, А. И. Кубасова, Ф. Ф. Олейникова (ст. «Балтийская»); Е. А. Левинсона и А. А. Грушке (ст. «Автово»).

Любой художник должен был искать в архитектуре подземных объектов наиболее монументальный облик, соответствующий неповторимому облику города на Неве.

Перечисленным выше архитекторам, на мой взгляд, это удалось.

Добрая половина этих имен – выпускники Академии художеств (Института живописи, скульптуры и архитектуры им. И. Е. Репина) и Института гражданских инженеров (Инженерно-строительного института в Ленинграде).

Мне, выпускнику Института им. И. Е. Репина, посчастливилось учиться в мастерской профессоров И. И. Фомина и С. Б. Сперан-

ского, а работать с 1969 по 1986 г. в мастерской № 5 «ЛенНИИпроекта» под руководством заслуженного архитектора РСФСР Д. С. Гольдгора.

В первую очередь, это были люди, беззаветно любящие свою профессию и город, в котором им суждено было творить, а также прекрасные художники. Очень много интересного рассказывал мне о событиях того времени Д. С. Гольдгор.

Молодой творческий коллектив в составе А. В. Васильева, Д. С. Гольдгора, С. Б. Сперанского представил в жюри 3-го тура конкурса первой очереди строительства Ленинградского метрополитена (1950 г.) проект станции «Сталинская» («Нарвская»), названной так авторами в честь 70-летнего юбилея И. В. Сталина.

В этом проекте очень умело был использован прием синтеза архитектуры, монументальной живописи и скульптуры, что и понятно. Ведь С. Б. Сперанский и А. В. Васильев – выпускники Петербургской академической школы, а Д. С. Гольдгор (Института гражданских инженеров) – прекрасный художник.

В вестибюле станции над наклонным ходом размещалось скульптурное панно с фигурой вождя в центре, которая впоследствии была заменена фигурой рабочего со знаменем в руках, а на пилонах – скульптуры рабочих, строителей и животноводов. Есть даже скульптура архитектора Д. С. Гольдгора с моделью вестибюля ст. «Нарвская» в руках (рис. 1, 2, 3, 4).

В торце станции размещалось мозаичное панно по картине тогдашнего президента Академии художеств А. Герасимова «Сталин на трибуне».

Очень интересно решен прием освещения центрального нефа станции в виде единого светового дугообразного плафона с источниками освещения, расположенными по обеим сторонам на красном мозаичном фоне с золотыми (бронзовыми) растительными рельефами.

Подобный прием освещения был использован и на станциях «Площадь Восстания» и «Технологический институт».

В целом, станционный комплекс, задуманный авторами как ансамбль, производит сильное эмоциональное впечатление. Художественные приемы помогают раскрытию основной (помимо транспортной) цели – создать сооружение, достойное народа, победившего в такой трудной и долгой войне.



Рис. 1. Наземный вестибюль ст. «Нарвская», 1956 г.



Рис. 2. Скульптурное панно над наклонным ходом вестибюля ст. «Нарвская», 1955 г.



Рис. 3. Мозаичное панно в торце ст. «Нарвская»



Рис. 4. Скульптурные композиции на пилонах ст. «Нарвская» (крайний справа на скульптуру архитектор Д. С. Гольдгор)



Рис. 5. Согласованный вариант проекта ст. «Адмиралтейская»



Рис. 6. Мозаичное панно «Основание Адмиралтейства» в торце станции «Адмиралтейская»

И не случайно, что авторы этого комплекса и другие архитекторы первой очереди метрополитена, сданного в эксплуатацию в ноябре 1955 г., были удостоены государственных наград: С. Б. Сперанский – ордена Трудового Красного Знамени, а А. В. Васильев и С. Гольдгор – ордена «Знак Почета».

В программе пребывания иностранных делегаций в Ленинграде в те годы включалось посещение метрополитена. Их отзывы о Ленинградском метро были самые положительные, если не сказать восторженные.

Авторы-архитекторы первой очереди трудились в Ленпроекте, а в Ленметропроекте (АО НИПИИ «Ленметрогипротранс») являлись совместителями архитектурно-строительного отдела. В 1970 г. его возглавил архитектор А. С. Гецкин, который начал работать в Ленметропроекте в 1948 г. после демобилизации из армии.

В 1955 г. за разработку проектов станций первой очереди Ленинградского метрополитена он также был удостоен государственной награды – медали «За трудовую доблесть».

В настоящее время архитектурно-строительный отдел возглавляет В. Г. Хильченко – выпускник архитектурного факультета Инженерно-строительного института (бывшего Института гражданских инженеров).

Сейчас отдел трудится над созданием архитектурных проектов для пятой очереди Санкт-Петербургского метрополитена, так называемого Фрунзенского радиуса, и в том числе станции «Адмиралтейская». Её проектирование затянулось на десятилетие из-за трудностей в расселении зданий под строительство в центральной части Санкт-Петербурга. Станция должна была быть сдана в эксплуатацию еще в 1997 г. в составе четвёртой линии.

В архитектурном проекте ст. «Адмиралтейская» авторы А. С. Константинов, В. Г. Хильченко и художник-монументалист К. Быстров продолжают традиции первой очереди строительства, используя прием

синтеза архитектуры, монументальной живописи и скульптуры.

В 2004 г. КГА посчитало целесообразным принять к реализации имеющийся в Ленметрогипротрансе проект станции, как отвечающий архитектурным требованиям к сооружению, расположенному в центральной зоне Санкт-Петербурга вблизи (после выхода на поверхность) исторического памятника архитектуры – здания Адмиралтейства (Адмиралтейской коллегии).

В основу архитектурной концепции положена тема «Становление русского флота в эпоху Петра Великого, первые морские победы России на Балтийском море».

Станция колонно-прогонного типа. Декоративные металлические каннелюрованные колонны (полуколонны) черного цвета установлены в центральной части станции, что, по мнению авторов проекта, ассоциируется с матросской формой.

Капители и базы колонн – бронзовое литье. С трех сторон колонны, а также стены облицовываются полированным мрамором месторождения «Газган».

Для отделки полов применен полированный гранит в центральной части станции и бучардированный по краям платформы, с устройством выступающей полосы для незрячих пассажиров.

Колонны и стены композиционно объединены световым карнизом, в котором размещаются светильники для подсветки потолка отраженным светом.

В торце центрального нефа станции размещается мозаичное панно «Основание Адмиралтейства», где центром композиции является Петр Великий – автор проекта здания (1704 г.).

В шести нишах центрального нефа предусмотрены мраморные скамьи для отдыха пассажиров с памятными медалями над ними, посвященными важным морским событиям в период становления Российского флота.



Рис. 7. Памятные медали в центральном нефе ст. «Адмиралтейская»



Рис. 8. Вариант проекта ст. «Адмиралтейская» со стеклянным потолком

Путевые стены станции выполняются из панелей (для обеспечения бесперебойного движения поездов на действующей линии) с лицевой поверхностью из крупноформатных полированных мраморных плит цвета воды Балтийского моря (рис. 5, 6, 7, 8).

В архитектурно-строительном отделе ведётся проектирование и других станций Фрунзенского радиуса – «Звенигородской», «Волковской» и «Обводного канала».



# РЕЗЕРВЫ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Иногда название организации скорее вводит в заблуждение, чем характеризует ее рыночную «нишу» — некое ИЧП «РосСпецАтомВоен-Монтаж» может мирно заниматься кровельными работами на коттеджах. Обратная ситуация с Ленметрогипротрансом — далеко не только Санкт-Петербург и не только метрополитен являются полем деятельности этой организации. Росавтодор, ОАО «Российские железные дороги», субъекты Федерации, метрополитены многих городов как в России так и за рубежом — такова география её работ. Основная тема, которую освещает наше интервью с генеральным директором института «Ленметрогипротранс» Николаем Ивановичем Кулагиним — резервы снижения стоимости строительства метрополитенов.

## Экономия за счет проектирования?

*- Николай Иванович, одна из линий противостояния в сегодняшнем проектировании – конкуренция небольших и крупных проектных компаний за заказы и специалистов. Что происходит сегодня в кадровом составе Ленметрогипротранса?*

- Длительный период, еще в советское время, нас приучали к мысли о том, что за рубежом для проектирования или возведения больших объектов могут создаваться временные трудовые коллективы. Однако для решения сложных задач, таких как строительство метро, или другие объекты высокого уровня ответственности – атомная энергетика, гидротехника – набрать специалистов с улицы невозможно. Поэтому необходимо сохранять имеющийся кадровый потенциал. Действительно, за последние два десятка лет отрасль значительно изменилась. Когда

да начались перемены в государстве, мы вышли на максимальный темп строительства метро – осуществляли проходку до 20 км тоннелей, сдачу нескольких станций в пятилетку; а весь кадровый задел был направлен на сохранение и наращивание этих темпов. С падением объемов работ Метрострой многое потерял. Но наш институт внешне изменился мало: мы сохранили большую часть сотрудников. Если в начале перестройки у нас было 314 специалистов, то сегодня 240 – потери относительно невелики, особенно если сравнить их с уменьшением объемов. Ушли в основном пенсионеры, часть сотрудников перешла в строительные подразделения Метростроя. Сохранили соотношение зарплат по категориям – минимальная ставка молодого специалиста сейчас составляет 9900 р, при средней – 14200 р. Сегодня принимаем работу выпускников СПбГУПС, ГАСУ, Горноинститута. Однако около половины молодых

развивая, отработав у нас два-три года и по-  
сле квалификации, уходит в небольшие про-  
ектные компании. Как правило, их переманива-  
ет большей зарплатой, однако тем самым под-  
ключают возможности профессионального роста  
несмотря на овладение программами проек-  
тирования, инженерный уровень молодых со-  
трудников оставляет желать лучшего. Остаются,  
правильно, те, кого привели родители, способ-  
ные поддержать материально и подсказать, что  
нужно торопиться с принятием решений. Та-  
ким образом, мы сохранили профиль и струк-  
туру, но стали больше заниматься смежными  
работами, распырили «географию» заказов.

Основная проблема заключается в том, что  
в условиях рынка заказчик, в том числе госу-  
дарственный, стремится снизить стоимость  
на всех этапах работы. Однако экономия на  
проекте зачастую приводит к потерям на  
исполнительстве. Если мы сравним, какую долю  
в его стоимости занимает разработка и со-  
провождение проекта, то обнаружим, что  
у нас – минимум 10 %. У нас же этот показатель  
составляет порядка 1,5 %. Можно ли в этих ус-  
ловиях рассчитывать на привлечение квали-  
фицированных специалистов? Только регу-  
лярное обновление оргтехники необходимо  
делаться через каждые два-три года, а у нас по-  
рядка 150 ЭВМ. Таким

образом, дешевое про-  
тирование должно  
уходить в прошлое.

Следует отметить, что  
ли речь идет о выборе  
технологии, а также  
сложных и ответственных проектах, следует  
независимо разрабатывать несколько альтер-  
нативных вариантов. Например, сегодня стоит  
спрос о сооружении перехода через р. Неву, и  
рассматриваются варианты строительства моста  
и тоннеля, причем тоннель может быть по-  
строен из погружных секций или закрытым  
способом. Обсуждение и защита альтернатив-  
ных проектов позволит в комплексе выявить  
стоинства и недостатки каждого подхода и  
выбрать оптимальный по стоимости, надежно-  
сти и срокам. Правда, в этом случае получат  
определенные преимущества крупные транс-  
портные компании, которые освоили  
строительство и тем, и другим способами.

### Экономия за счет тоннелей?

*Одна из тенденций снижения расхо-  
дов на создание транспортной инфра-  
структуры – это выход тоннелей мет-  
ро ближе к поверхности, на поверх-  
ность или даже на эстакады. Известно,  
что едва ли не самое глубокое метро  
строилось в Ленинграде. Есть ли воз-  
можность радикально снизить стои-  
мость строительства, отказавшись  
от тоннелей глубокого заложения?*

Прежде всего, нужно подчеркнуть, что,  
несмотря на строительство и ремонт авто-  
мобильных дорог, наземный транспорт, на  
который надеялись еще недавно, не решает  
проблему современного пассажиропотока  
из-за постоянного увеличения количества  
автомобилей. Поэтому необходимо разви-  
вать скоростные системы пассажирского

транспорта. Вопрос в том, на каких остано-  
виться. Возможны различные варианты: про-  
кладка тоннелей глубокого и мелкого зало-  
жения, наземные и эстакадные решения. Что  
касается наземной прокладки линий, то она  
может рассматриваться лишь как временное  
решение: если линия проходит по поверхно-  
сти, то это приводит к нарушениям назем-  
ных транспортных потоков. Какие потери  
понесет в результате городская экономика –  
не описано ни в одном из нормативов.

Что касается эстакадных вариантов, они  
могут быть допустимыми, однако при детальном  
анализе стоимости строительства и эксплуата-  
ции по сравнению с другими проектами. Глав-  
ный вопрос, как увязаны эстакады с жилой за-  
стройкой. Даже если речь не идет об архитек-  
турных ансамблях, как, например, в «спальных  
районах», по эстакаде состав будет издавать  
шум, и защитить от него находящихся рядом  
со станциями метро жителей домов непросто.  
Трудно решается и проблема вибрации, пере-  
дающейся через грунт. Мер, связанных с ус-  
ройством бесстыкового пути с минимальными  
вибрациями, недостаточно, и, как показала ра-  
бота на «Размыве», такой путь стоит дороже  
обычного. Необходимо менять подвижной со-  
став, который будет создавать существенно

**В центральной части Санкт-Петербурга, в границах Обводного канала, нужно исполь-  
зовать только закрытый способ. На периферии возможно строительство в более вы-  
соких слоях, однако там, где часть тоннелей уже пройдена, целесообразно остано-  
виться на их глубоком заложении — «зарыть» миллиарды рублей в землю, пройдя но-  
вые тоннели, бессмысленно.**

меньшие вибрационные нагрузки. Однако эта  
задача решается трудно: вагоностроительные  
предприятия, работавшие на выпуск вагонов  
метрополитена, сегодня находятся в частных  
руках, а задача сложна технологически. Кроме  
того, эстакадные пути должны быть продолже-  
нием тоннельных, а в зимний период мы  
столкнемся с проблемой перепада температу-  
ры. Поэтому если не будет усовершенствована  
система проветривания вагонов, то резко увели-  
чится количество простудных заболеваний.  
Кроме того, планируя выход продолжения вет-  
ток с глубокого заложения на поверхность, нуж-  
но учитывать стоимость переходного участка –  
он должен быть достаточно длинным, чтобы  
обеспечить допустимый уклон. С подсчетом  
стоимости его строительства может оказаться,  
что дешевле оставлять тоннель на глубине.

Прокладка тоннелей глубокого заложения в  
залегающих под Санкт-Петербургом протеро-  
зойских глинах (ранее их называли кембрий-  
скими, затем лондонскими) уже хорошо отра-  
ботана: метростроители в нашем городе вели  
проходку по 800–900 м/мес, причем тоннель  
получался сухой, удобный в эксплуатации, на-  
дежный. Правда, чем глубже он залегает, тем  
большие потери мы несем на строительстве и  
последующей эксплуатации наклонных ходов –  
увеличиваются затраты на проходку, растет рас-  
ход электроэнергии. Тем не менее, вместе с пре-  
имуществами от заложения тоннелей в глинах,  
эти расходы могут оказаться несущественными.

Сегодня готовится проект продолжения  
Фрунзенской линии. Она была уже частично  
пройдена, но затем работы надолго оста-

новили. Сегодня их предполагается возобно-  
вить. Общее мнение о том, как именно должно  
сегодня строиться метро, заключается в следу-  
ющем. В центральной части города, в границах  
Обводного канала, нужно использовать только  
закрытый способ. На периферии возможно  
строительство в более высоких слоях, однако  
там, где часть тоннелей уже пройдена, целесоо-  
бразно остановиться на их глубоком заложении  
– «зарыть» миллиарды рублей в землю,  
пройдя новые тоннели, бессмысленно. Поэто-  
му каким образом будут пересмотрены проек-  
ты прокладки Красносельской и Калининской  
линий, покажет детальный подсчет.

Есть ряд проблем в утверждении новых  
проектов. В первую очередь – это ценообра-  
зование: индексно-базисный метод вроде не  
новый, но цены каждый год пересматривают-  
ся, а обоснованных сборников сегодня нет.  
Используются устаревшие в своей основе нор-  
мативы – например, не учтена производите-  
тельность современной техники, поэтому  
идет старый расчет нормативов труда. Та же  
проблема связана и с территориальными ин-  
дексами. Таким образом, пока не чувствуется  
осуществления разумной политики. Так изме-  
нился порядок утверждения проектно-смет-  
ной документации. Появились экологическая

экспертиза, обще-  
ственные слушания.  
В результате даже те  
проекты, что были  
утверждены ранее,  
должны перерабаты-  
ваться. Добавляет

проблем и реформа правительства – пока  
происходят изменения в составе Госстроя и  
Госгортехнадзора, эти ведомства не определи-  
лись с кругом своих полномочий. Еще острее  
стоит вопрос экспертизы автодорожных тон-  
нелей, потому что имеется определенный ан-  
тагонизм между Госстроем и Росавтодором, а  
проекты должны проходить экспертизу обоих  
ведомств. Таким образом, несмотря на то, что  
сегодня есть программа развития метрополи-  
тена и постепенно определяются перспекти-  
вы финансирования, приступить к работе над  
проектами пока невозможно. Это отражается  
и на состоянии Метростроя – в зависимости  
от принятых проектных решений, необходи-  
ма реконсервация имеющегося или приобре-  
тение нового проходческого оборудования.  
Таким образом, надо возрождать элементы  
планового подхода – тогда подрядчики не бу-  
дут приходить на ответственные объекты не-  
подготовленными.

### Экономия на механизмах?

*Сегодня проходческая техника, на-  
ходящаяся в распоряжении москвичей,  
позволяет строить тоннели диамет-  
ром более 10 м. Можно ли выиграть по  
финансам, совместив в таком широком  
тоннеле два полотна, и изменив плани-  
ровку станций, используя не централь-  
ную, а раздельные боковые платфор-  
мы?*

Так и поступают в некоторых странах.  
При строительстве метрополитена в Нью-  
Йорке, еще в начале XX века, на некото-

рых участках объединялись сразу четыре пути метро. Такой же способ применяют и французы, причем предлагают его всему миру. Но нужно учитывать, что чем больше диаметр щита, тем дороже выработка. Что же касается совмещения нескольких магистралей, например метрополитена и автомобильной, то две магистрали совпадают нечасто. Если мы строим два независимых тоннеля диаметром 5,5 м, то суммарно их сечение составит около 50 м<sup>2</sup>. Если один, с тем, чтобы совместить два пути, то выйдем на сечение порядка 60 м<sup>2</sup>, то есть проиграем по объему породы, которую необходимо извлечь. Сложнее станется и изделия тоннельной обделки.

Дорого стоят и сами щиты. В настоящее время в России используется преимущественно бывшая в употреблении техника. Впрочем, приобретать ее все равно нужно, потому что ориентироваться лишь на старые технологии, например замораживание грунта, нецелесообразно – заморозка нарушает структуру грунта, вызывает осадки. Но «изобретать велосипед», налаживая с нуля новое производство проходческой техники, тоже нерационально – выбор щитов, предлагаемых на рынке, весьма значителен. С учетом же того, что у большинства подрядчиков сегодня нет больших «свободных» средств на приобретение техники, и без бюджетной поддержки в техническом вооружении не обойтись, деньги целесообразно выделять централизованно, в увязке с принятыми проектными решениями.

**Периодически обсуждается возможность прокладки тоннелей из погруженных секций. Опыт разработки и сопровождения такого проекта был накоплен в Ленметрогипротрансе. Способны ли сегодня строители к выполнению таких проектов?**

Метод очень перспективный. Практика сооружения таких тоннелей в СССР была освоена еще до строительства Канонерского тоннеля. Но основная задача, которую решил наш институт на этом проекте – это проходка с помощью отечественных техники, материалов и изделий. Мы знакомы и с зарубежным опытом. Некоторые из транспортных проблем региона могут быть решены с помощью таких тоннелей. В частности, это автомобильные переходы под фарватером: его глубина должна составлять минимум 12, а местами 18 м – разницы вполне достаточно для вертикального размера секции. В частности, именно такой тоннель может быть построен в Орловском створе, однако необходимо определиться с выносом выходов. Другое «узкое место» транспортной инфраструктуры города – район моста Лейтенанта Шмидта, пропускная способность которого исчер-

пана. Если возвести там еще один мост, то он отнимет часть акватории у судов. Но затруднено и строительство тоннелей из-за глубокой причальной стенки. Какое бы решение не было принято, хочется, чтобы город мог выбирать из нескольких вариантов, а не из нескольких обещаний.

### Экономия на оргвопросах?

**Поможет ли концентрация усилий, например, создание аналога главка? На одной организации мощь госбюджета может быть сосредоточена весьма эффективно...**

На мой взгляд, должна сохраниться та схема, которая в основном сложилась в Советском Союзе, когда строительство метрополитенов вели территориальные тресты. Благодаря этому отработывались технологии, соответствующие геологическим

**Метро рассчитывается на 300 лет эксплуатации, и весьма существенным становится вопрос ответственности за результат. Поэтому на таких объектах, как метрополитен, управление строительством должны вести представители государства. Частичное сохранение госсектора целесообразно и в строительном комплексе, потому что наличие хотя бы четверти пакета акций организации под контролем государства позволяет защищать компанию от поглощения и ликвидации. А система лицензирования, призванная не допускать на рынок непрофессиональные компании, этой функции в настоящее время не выполняет.**

условиям регионов. При необходимости развертывания работ в новых районах, на базе крупных трестов создавались региональные участки, которые затем развертывались в самостоятельные организации – несколько тоннельных отрядов было организовано и на базе Ленметростроя.

При необходимости сконцентрировать усилия на каком-то одном из крупных объектов, могут быть объединены усилия ряда территориальных компаний. Так, на сооружение метрополитена в Казани прибыли метростроевцы Москвы, Самары, Новосибирска. Из Протвино был доставлен щит, стоявший на консервации еще со времен СССР. Мы разработали проекты и ведем сопровождение пяти станций из шести: хотя основа проекта закладывалась много лет назад, его пришлось полностью переделывать. Также нами запроектированы все инженерные системы.

**Сегодня есть два подхода к комплексным объектам. Один – это наличие генподрядчика или технического заказчика, контролирующего строительство и несущего ответственность за результат. Другой – раздача субподрядов: таким образом можно работать в условиях, когда единый генподрядчик отсутствует или нецелесообразен. Однако возможна ли практика дробления на субподряды и небольшие лоты таких объектов, как метрополитен?**

Метро рассчитывается на 300 лет эксплуатации, и весьма существенным становится вопрос ответственности за результат. Готова ли отвечать за результат фирма, которая возникла два-три года назад? До-

роги, тоннели, мосты имеют значение для регионов, и для страны в целом, и на особый период они должны иметь техническое и инженерное прикрытие. Поэтому на таких объектах, как метрополитен, равнение строительством должны вести представители государства. Частичное сохранение госсектора целесообразно в строительном комплексе, потому что наличие хотя бы четверти пакета акций организации под контролем государства позволяет защищать компанию от поглощения и ликвидации. Сегодня я могу не беспокоиться, что наше здание кто-то захочет пустить с молотка, потому что оно находится в оживленном районе города. Необходимо сохранять контроль над организациями, которые выполняют государственные задачи. Также требуется жесточайший отбор организаций для работы в этой

расши: система лицензирования, призванная не допускать на рынок непрофессиональные компании, этой функции в настоящее время не выполняет. Недавняя возникшая фирма, с новым послужным списком, получает сегодня лицензию с наименьшими хлопотами. Однако, на мой взгляд, именно к новым организациям нужно переходить с более жестким контролем: компания должна предоставлять весомые доказательства своей дееспособности.

Таким образом, реальная возможность экономии при реализации таких объектов, как метрополитен, а также возведение сооружений транспортной инфраструктуры в целом, которую видит наш собеседник – это увеличение усилий на предпроектной стадии и развитие самой предпроектной стадии до достаточно детально проработанных проектов, доведенных до эскиза проектно-сметной документации, для того чтобы заказчик была возможность выбрать не «из двух обещаний», а из двух реальных альтернатив. Сверхнового в этом подходе нет: в СССР практика «зазеркаливания» разработок оправдала себя в системе ВПК, когда разработка важнейших «изделий» поручалась одновременно нескольким КБ, конкурировавшим за заказы. Безусловно, оппоненты подхода возражают, что «зазеркаливание» приводит к удорожанию предпроектной стадии. Однако, во-первых, нужно подсчитать экономию на этапе строительства и, во-вторых, «зазеркаливание» работы вызовет определенное снижение цен на услуги проектных организаций, потому что при увеличении общего объема заказов возрастет их прибыль.

# РОЛЬ НАУКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЯХ ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНСА

П. Безродный, зам. генерального директора по науке, д. т. н., ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

На заре проектирования первой очереди Ленинградского метрополитена был накоплен только опыт проектирования и строительства метро в г. Москве. Но ленинградские инженерно-геологические условия значительно отличаются от московских и в тот период недостаточно были изучены физико-механические характеристики водонасыщенных четвертичных отложений и кембрийских (протерозойских) глин, необходимые для расчета конструкций перегонных тоннелей, станций, шахтных объектов и эскалаторных тоннелей.

Для оказания научно-методической помощи был создан комитет научного содействия Ленметростроя, членами которого стали видные ученые – профессора Д. Д. Бизюкин, Н. Пассек, Н. А. Цитович и другие.

Расчеты обделки проводили на заданные нагрузки методом строительной механики, разработанным Б. Ф. Матэри, Б. П. Бодровым, С. Г. Поярковым и Л. И. Гореликом (метод Метрогипротранса). В определение нагрузок и в расчет тоннельных обделок внесли большой вклад С. С. Давыдов, Г. Г. Зурабов, О. Е. Бугаева, Б. Н. Виноградов, С. А. Орлов, К. В. Руппенейт.

При определении способов проходки, конструкций обделки при проектировании и строительстве первой очереди Ленинградского метрополитена большую роль сыграли работы В. Л. Маковского.

В разработке технологии, конструкции

и совершенно неустойчивых водонасыщенных четвертичных отложений при проходке шахтных стволов и эскалаторных тоннелей большую помощь оказали Н. Г. Трупаков и Я. А. Дорман.

Но уже в 50-е гг. прошлого столетия формируется Ленинградская научная школа тоннельщиков, основателем которой был А. Н. Пассек. Это – кафедра тоннелей и метрополитенов ЛИИЖТа под руководством Ю. А. Лиманова и Ленинградская лаборатория ЦНИИС.

Ю. А. Лимановым был разработан метод расчета осадок дневной поверхности при сооружении тоннелей и станций Ленинградского метрополитена, который нашел широкое применение. Им же была создана лаборатория и методология моделирования из эквивалентных материалов различных технологических процессов и конструкций, которая дала путевку в жизнь многим уникальным объектам метрополитена. Неоценимый вклад в проектирование и строительство тоннелей и метрополитенов внесли ученые кафедры: О. Е. Бугаева, А. А. Богородецкий, Д. М. Голицынский, Ю. С. Фролов, А. П. Ледаев, В. А. Подчекаев, В. В. Путьятин, А. Н. Коньков.

Ленинградская лаборатория ЦНИИС и ее первый руководитель Б. Н. Грейц осуществляла натурные исследования напряженно-деформированного состояния подземных конструкций. Здесь в разное время работали известные ученые-тоннельщики: В. А. Ногин, С. Н. Сильвестров, П. В. Степанов, С. Г. Манд-

риков. Результаты исследований этой лаборатории позволили широко внедрить новейшие, не имеющие аналогов в отечественном, да и в мировом тоннелестроении, уникальные конструкции станций и перегонных тоннелей.

Большой вклад в технологию искусственной стабилизации водонасыщенных тонкодисперсных грунтов с помощью замораживания и особенно низкотемпературного азотного внес С. Е. Дукаревич.

Уникальным достижением научной мысли стали многошарнирные, обжатые в грунт, обделки перегонных тоннелей и станций. Этому предшествовали большая исследовательская работа по созданию расчетов таких конструкций, стендовые, лабораторные, модельные и натурные исследования, выполненные О. Ю. Антоновым, Ю. Н. Айвазовым, С. Н. Сильвестровым, Н. И. Кулагиним, К. П. Безродным и кафедрой тоннелей и метрополитенов ЛИИЖТа.

В начале 70-х гг. прошлого столетия Н. С. Булычевым и Н. Н. Фотиевой были проведены исследования и определено новое научное направление – механика подземных сооружений. Здесь подземное сооружение и массив представлены как единая деформируемая взаимовлияющая система. На основании их теоретических исследований была разработана целая серия методов расчета крепей и обделок в гравитационном, тектоническом поле напряжений, на гидростатику и сейсмическое воздействие.

Строительство станции «Адмиралтейская»



Участок тоннеля в зоне «размыва»





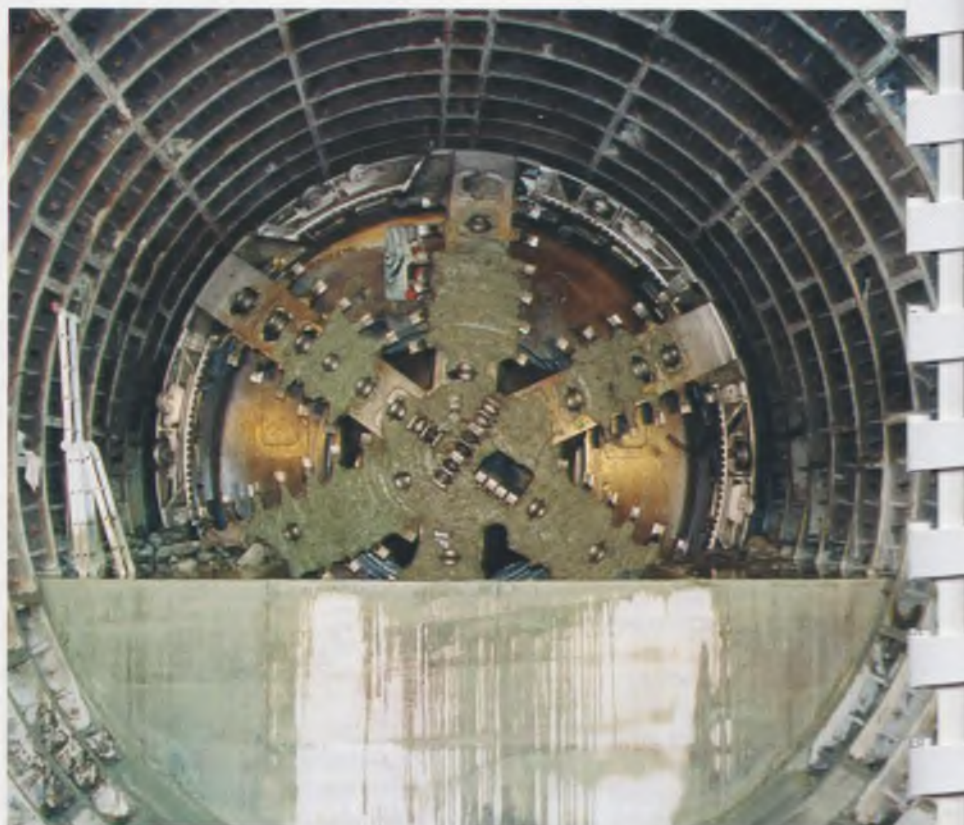
Все эти расчеты легли в основу проектирования тоннелей Байкало-Амурской железнодорожной магистрали.

Суровые климатические условия Крайнего Севера, большая удаленность от транспортных магистралей, ярко выраженный гористый рельеф представляли большую сложность при ведении изыскательских работ. Поэтому уже во время проходки и проведении дополнительных изысканий было обнаружено большое количество тектонических разломов земной коры протяженностью до нескольких сотен метров, что наиболее характерно для Северомуйского тоннеля.

Разломы представлены дезинтегрированными грунтами до песка и глины при гидротехническом давлении до 5 МПа. В то время отечественная отрасль тоннелестроения была не готова к сооружению тоннелей в таких условиях.

Благодаря неустанной работе С. Н. Власова, ученых ЦНИИСа – В. Е. Меркина, С. Н. Сильвестрова, Г. О. Смирновой, В. И. Матракова, приобретенному импортному буровому и инъекционному оборудованию, появилось понимание в технологии инъекционного закрепления грунтов. Поскольку на тот период никакой нормативной базы для проектирования и ведения инъекционных работ в таких условиях не было, приказом министра транспортного строительства СССР и министра путей сообщений СССР был организован Временный научно-технический коллектив, председателем которого был начальник Бамтоннельстроя В. А. Бессолов, заместитель по строительству – главный инженер Бамтоннельстроя Р. И. Касапов, по финансированию – заместитель начальника Дирекции строительства БАМ С. Ю. Петров, по проектированию – директор Бамтоннельпроекта А. И. Салан, по науке – зав. лабораторией строительства тоннелей БАМ ЦНИИСа К. П. Безродный. Для решения сложнейших проблем привлекался ряд ведущих в СССР научно-исследовательских организаций. На месте строительства была разработана новая технология консолидационного инъекционного уплотнения грунтов с рядом модификаций, с использованием для уплотнения камуфлетных взрывов и организацией локального дренажа для уменьшения гидростатического давления на закрепленный грунт. Были разработаны нормативные документы, технологические карты, руководство по ведению работ. Большие исследования были проведены по подбору составов твердеющих растворов для различных условий.

Строительство тоннелей БАМа вели при постоянном научном сопровождении для решения многих проблем, связанных со сложнейшими инженерно-геологическими, гидрогеологическими и природно-климатическими условиями. Следует отметить большую роль в части расчетов крепей и обделок Н. С. Булычева и Н. Н. Фотиевой, вентиляции тоннелей – С. Г. Гендлера, натуральных исследований при строительстве – А. Г. Мацегоры, В. Г. Трунева, А. Д. Басова, ученых института Земной коры СО АН СССР – Н. А. Логачева,



Завершение проходки на «размыве» щитом «Виктория»

В. П. Солоненко, О. В. Павлова, Е. В. Пиннекер, Л. Л. Шабынина и др.

Достаточно серьезной проблемой, которую решал институт, стало проектирование и строительство новых перегонных тоннелей Санкт-Петербургского метрополитена между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» в обход аварийных тоннелей «старой» трассы. Наибольшее количество вопросов было к выбору конструкции обделки. В их решение внесли свой вклад видные специалисты в подземном строительстве и механике грунтов – В. А. Ильичев, В. И. Шейнин, В. Е. Меркин, Н. П. Ваучский, Д. М. Голицынский, Ю. С. Фролов, А. Г. Протосеня, Г. Я. Гевирц и др. Во время строительства этих тоннелей был создан многоцелевой геотехнический мониторинг, не имеющий аналогов в отечественном тоннелестроении, который был адаптирован и на эксплуатацию тоннелей. В создании мониторинга, кроме ученых Ленметрогипротранса, приняли участие Ю. А. Норватов, А. В. Клементьев, Ю. А. Строкин, А. Я. Будин и др.

Следует остановиться и на проектировании и возведении колонной станции «Адмиралтейская», которая сооружалась под исторической частью города, застроенной старинными зданиями, имеющими историческую и архитектурную ценность. Для снижения осадок поверхности до минимума и сохранения этих зданий в нормальном эксплуатационном состоянии Метростроем, Санкт-Петербургским государственным университетом путей сообщения, Санкт-Петербургским государственным технологическим университетом – Ю. А. Филоновым, А. П. Ледяевым, Н. И. Кулагиным, В. Н. Александровым, В. Г. Ивановым и другими, была разрабо-

тана технология сооружения среднего тоннеля с опережающей забой арочной крепью. Кроме этого также для уменьшения осадок поверхности был создан и реализован метод компенсационного инъектирования в грунтовый массив под зданиями (А. Г. Мацегора, А. И. Осокиным и учеными института). Применение этих двух методов снизило осадки в 4 раза по сравнению с прогнозируемыми.

Новизна решаемых проблем, их многоплановый и комплексный характер все большей и большей степени требовали привлечения для научного сопровождения проектно-изыскательских работ научных кадров высокой квалификации, которые бы объединены в самостоятельную структурную единицу. В связи с этим в 1993 г. в Ленметрогипротрансе был образован научно-исследовательский отдел, а сам институт получил статус научно-исследовательского и проектно-изыскательского.

В настоящее время научно-исследовательский отдел включает три лаборатории:

- геомеханических исследований;
- геофизических исследований;
- геоэкологии и аэрологии.

В институте работают три доктора технических наук (Н. И. Кулагин, К. П. Безродный, С. Г. Гендлер) и шесть кандидатов (Ю. С. Исачев, А. Г. Мацегора, М. О. Лебедев, А. А. Лянц, Ю. Н. Титов, О. В. Евстифеева).

Тесные научные и производственные связи института «Ленметрогипротранс» с научными организациями, с кафедрами высших учебных заведений страны позволяют коллективу успешно решать возникающие проблемы, находить надежные технические решения и реализовывать их в проектно-документации.

Корпорация Нормет разрабатывает и производит самоходную технику на пневмоколесном ходу с дизельным приводом для использования в подземных условиях на горнорудных предприятиях, а также при строительстве подземных сооружений и тоннелей. Производство Корпорации Нормет расположено в средней Финляндии в г. Иисалми.

Благодаря надежности и качеству продукция пользуется заслуженным признанием у горняков и тоннелестроителей всех континентов на протяжении уже более 40 лет. Корпорация Нормет является признанным лидером в своем сегменте мирового рынка горных машин.

Производственная программа включает самоходные машины и производственные комплексы для механизированных работ по оборке кровли и креплению подземных выработок набрызгбетоном, а также подъемники, машины для перевозки и зарядки взрывчатых веществ, машины для перевозки людей, горной массы и других грузов в подземных условиях и при строительстве тоннелей.



Представитель в Российской Федерации:  
ООО «Интертехсервис», 119270, Москва, Фрунзенская наб., 50-509  
тел. (495) 242 00 13, (495) 248 19 34, факс (495) 242 04 23

# ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ РАБОТ

А. Г. Мацегора, старший научный сотрудник, к. т. н., ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

**В**озведение подземных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, как правило, сопряжено с невероятными трудностями, с которыми приходится сталкиваться и преодолевать их строителям. И зачастую без использования дополнительных специальных мероприятий ведение горнопроходческих работ невозможно. Их применяют для улучшения свойств сред, в которых осуществляется строительство подземных сооружений или подземных частей наземных объектов.

Среды, где требуется использование спецспособов, представлены, как правило, следующими разновидностями:

- трещиноватые обводненные горные породы с высокими напорами подземных вод;
- раздробленные до дресвы, песка и глины скальные породы обводненные, слабосвязанные, неустойчивые;
- гравий, галька, песок, супеси, суглинки обводненные, неустойчивые, зачастую обладающие тиксотропными свойствами;
- искусственные среды: каменная, кирпичная кладки, бетон, железобетон.

Идеи изменения свойств горных пород искусственным воздействием на них появились в начале XIX в. и с тех пор, развиваясь и совершенствуясь, вошли в повседневную практику проектирования, строительства, реконструкции и капитального ремонта сооружений различного функционального назначения – от жилых зданий до крупных подземных объектов типа горных транспортных тоннелей, подземных галерей, подземных машинных залов и плотин при возведении гидроэлектростанций.

К основным видам спецработ, разработанным ОАО «Ленметрогипротранс» в прошлом и применяемым при проектировании в настоящее время следует отнести: защитный экран из труб, замораживание грунтов, стабилизацию грунтов с применением инъекционных технологий, взрывоинъекционное упрочнение грунтов, укрепление их с использованием струйных технологий (Jet Grouting).

**Защитный экран из труб** используют в том случае, когда грунты представлены перемежающимися прослойками раздробленных до дресвы пород и содержащих средне- и крупнообломочные геологические разности. В этом случае целесообразно применять перфорированные трубы с последующей цементацией. Условием успешного использования этого метода стабилиза-

ции грунтов является низкая их обводненность с незначительными напорами подземных вод. Способ довольно широко применялся при строительстве тоннелей БАМа.

**Искусственное замораживание грунтов** требуется в том случае, когда проходку подземных выработок необходимо вести в диспергированных обводненных малопроницаемых грунтах с высокими значениями напоров подземных вод и обладающих пльвинными свойствами. В таких случаях применяют в зависимости от инженерно-геологических и технических условий либо низкотемпературное замораживание грунтов жидким азотом, либо рассольное. Первое используют также при возникновении аварийных ситуаций при строительстве, капитальном ремонте и реконструкции различных зданий и сооружений. Искусственное замораживание грунтов широко распространено при проектировании и проходке основных и вспомогательных выработок метрополитенов, а также тоннелей различного назначения.

**Инъекционное упрочнение грунтов** – наиболее представительный вид специальных способов работ, который пользовался и используется в настоящее время в практике проектирования нового строительства, ремонта и реконструкции эксплуатируемых зданий и сооружений.

Способы инъекционного упрочнения грунтов подразделяются:

- по воздействию на грунты: инъекции в режимах пропитки и гидроразрыва;
- по стадийности: одно- и многостадийная;
- по времени исполнения: заблаговременное, последующее;
- по применяемым инъекционным растворам: цементация, силикатизация (однорастворная, двухрастворная), см-лизация;
- по порядку обработки массива через инъекционные скважины: наступающими захватками, по манжетной технологии.

Следует отметить, что способ упрочнения грунтов наступающими захватками был основным при сооружении тоннелей БАМа, а манжетная технология не нашла там применения из-за трудностей, сопряженных с установкой манжетных колонн при высоких значениях напоров подземных вод. Но успешно была реализована при строительстве Краснополянского тоннеля на Кавказе для укрепления грун-

# CONDAT STAB

## укрепление грунтов и водонепроницаемость

Компания **CONDAT**, имеющая 15-летний опыт в области тоннелестроения и работ, связанных с закреплением грунтов, всегда играла активную роль в разработке специализированных продуктов для этой отрасли. Компанией разработан полный спектр продукции, соответствующей различным типам грунтов и применяемого оборудования, а также отвечающей требованиям экологии и безопасности.

Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

Компания **CONDAT** предлагает ускорители схватывания для растворов на силикатной основе, используемых для укрепления грунта путем нагнетания. Благодаря их высокой проникающей способности можно достичь максимального заполнения пустот и трещин в грунте, а следовательно, и максимальной водонепроницаемости. Нагнетание раствора в проницаемый грунт позволяет:

- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

### Области применения CONDAT Stab

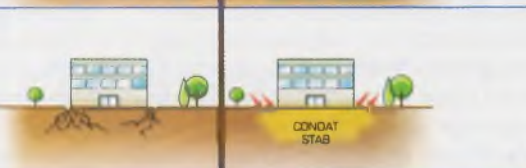
Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов



Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения



Ремонт и укрепление фундаментов



Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений



Укрепление насыпей



Работа тоннелепроходческого комплекса в предельно тяжелых условиях



Официальный представитель фирмы Condat Lubrificants в России

ООО «ТА Инжиниринг»

127051, Москва, Цветной бульвар, 17, оф. 215

тел.: (495) 797-5851, 775-9934

факс: (495) 797-5851

тов и в качестве противооползневых мероприятий, а также при капитальном ремонте и реконструкции зданий и сооружений в Санкт-Петербурге, в том числе на следующих крупных объектах:

- станция метро «Адмиралтейская» – глубинное инъекционное компенсационное уплотнение грунтов оснований под зданиями 5, 7 по ул. Малая Морская для снижения осадок земной поверхности;

- станция «Новочеркасская» – инъекционное укрепление грунтов вокруг вестибюля при производстве капитального ремонта;

- станция «Сенная площадь» – стабилизация неустойчивых грунтов, при ее капитальном ремонте.

При прокладке тоннелей Байкало-Амурской железнодорожной магистрали сотрудниками научных, проектных и строительных организаций разработан ряд новых технологий упрочнения грунтов на основе инъекционных, которые можно отнести к разряду комбинированных.

**Взрывоинъекционный способ** разработан и внедрен при сооружении Северомуйского железнодорожного тоннеля. Сущность способа заключается в уплотнении дисперсных грунтов энергией взрыва на первоначальном этапе с образованием искусственных полостей и трещин и с последующим заполнением их инъекционным раствором. Таким образом, в зоне его воздействия и энергии взрыва в грунтовом массиве создаются уплотненные до высокой степени зоны с заполненными затвердевшим раствором полостями и трещинами, что придает грунтовому массиву высокую устойчивость при проходке подземных выработок. Недостаток способа – затруднительное применение вблизи существующих зданий и сооружений.

**Инъекционный способ в комплексе с локальным дренажом подземных вод** – разработан и широко внедрен при сооружении тоннелей БАМа и метрополитена в г. Тбилиси (Грузия). Отличается он тем, что после выполнения работ по инъекционному упрочнению грунтов по периметру закрепленной зоны в массиве грунта бурят по определенной, заранее рассчитанной схеме, скважины локального дренажа, выполняют контролируемое снижение в закрепленной зоне напора подземных вод до допустимых его значений и только после этого дают разрешение на дальнейшую проходку подземной выработки. Контроль снижения напороземных вод осуществляют по показаниям манометра, установленного на устье контрольной скважины, пробуренной по центру выработки.

**Силикатно-цементно-хлоркальциевая технология (СЦХК-технология)** сочетает в себе цементацию и силикатизацию при использовании специально разработанных рецептур инъекционных растворов, позволяющих совместить стадии цементации и силикатизации неустойчивых обводненных грунтов, значительно сократив при этом без снижения качества работ сроки их выполнения с экономией материальных, энергетических и других ресур-

сов. Технология разработана, апробирована и внедрена при сооружении тоннелей БАМа, в частности, в строившихся выработках Северомуйского железнодорожного тоннеля и при прокладке метрополитена в г. Алматы (Казахстан).

Результаты и опыт промышленного применения инъекционных способов укрепления слабых грунтов в настоящее время используются при проектировании и возведении объектов народно-хозяйственного значения с помощью разработанных методик и руководств.

Для упрочнения дисперсных обводненных грунтов в промышленном и гражданском строительстве как в России, так и за рубежом все большее распространение получают **струйные технологии (Jet Grouting)**. Суть их заключается в том, что для предварительного разрушения дезинтегрированных грунтов и последующего перемешивания с вяжущим используется энергия высоконапорной струи. После твердения полученной в массиве грунта грунтоцементной смеси образуется новый материал – грунтобетон, обладающий высокими прочностными, деформационными и профильтрованными характеристиками. В зависимости от конкретных целей обработки грунтов применяются одно-, двух- и трёхкомпонентные струйные технологии. Кроме того, могут быть использованы специальные приёмы – как частичное предварительное смешение обрабатываемых грунтов, так и полное их замещение цементным раствором. При этом возможны следующие варианты введения вяжущего:

- с предварительным размывом, когда через пробуренную лидерную скважину грунт сначала размывается водой под высоким давлением, а затем следующим проходом также под высоким давлением в него вводится цементный раствор;

- без предварительного размыва – размыв грунта и его замещение осуществляются одновременно высоконапорной струей цементного раствора. Использование цементно-песчаных растворов для замещения грунтов недопустимо ввиду высокой абразивности зёрен кварца (быстро изнашиваются и выходят из строя раствороподающие шланги высокого давления, а также узлы гидромонитора).

В последнее время для повышения устойчивости и водонепроницаемости грунтовых плотин и дамб, а также насыпей различного назначения находит распространение ламинарная струйная цементация – формирование вертикальных и наклонных панелей из обработанного грунта шириной 2,5–4,5 м и толщиной 5–10 см.

Крайне редко используется суперструйная цементация с диаметром колонн закрепленного грунта до 5 м.

Прочность грунтоцемента или материала, получаемого в результате обработки (струйной цементации) грунта, зависит непосредственно как от его особенностей, так и от расхода цемента на закрепление.

Однокомпонентная струйная цементация характеризуется размывом, перемешивани-

ем и закреплением грунтов исключительной струей цементного раствора. В таком случае возможно достижение диаметра колонны в пределах 0,4–1,0 м. Как правило, цементный раствор применяется в соотношении  $V/D = 0,6–1,0$ .

При двухкомпонентной цементации процесс закрепления грунтов осуществляется с помощью двух струй. Различают, так называемые, воздушную систему, когда струя цементного раствора помещается внутрь струи сжатого воздуха и за счёт этого энергия струи существенно возрастает, а также водную, при которой с помощью отдельной струи воды при обработке грунтов удаётся использовать режим предварительного размыва. При двухкомпонентной струйной цементации возможно достижение диаметра колонны обработанного грунта в пределах 0,8–1,8 м. Как правило, используется соотношение  $V/D = 0,6–0,1$ , а при выполнении противофильтрационных завес в раствор дополнительно добавляется иногда бентонитовый порошок в пределах до 2 % от массы использованного цемента (при работах в песчаных грунтах, не содержащих глинистых частиц).

Трёхкомпонентная струйная цементация характеризуется размывом, перемешиванием и закреплением грунтов с помощью трёх струй. Струя воды помещается внутрь струи сжатого воздуха и подаётся через верхнее сопло, что позволяет не только увеличить энергию размыва, но и использовать известный эффект «лифта» для выноса на поверхность лёгких частиц размываемых грунтов. Струя цементного раствора подаётся через нижнее сопло и служит для перемешивания размываемых, как правило, тяжёлых частиц грунтов. При данной технологии возможно достижение диаметра колонны обработанного грунта в пределах 0,8–4,0 м.

По проектам ОАО «Ленметрогипротранс» успешно выполнены работы по стабилизации неустойчивых грунтов с использованием технологии Jet Grouting в Санкт-Петербурге на следующих объектах:

- на Сенной площади – укрепление грунтов в основании дорожных одежд под трамвайные пути;

- в подземном переходе на проспекте Стачек – устройство ограждения котлована грунтоцементными сваями;

- на сооружении свая № 215 на проспекте Александровской Фермы – сооружение ограждающей конструкции из грунтоцементных свай;

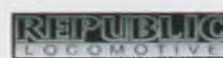
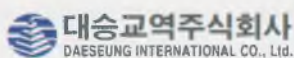
- при капитальном ремонте КНС «Рижская» – укрепление грунтов по струйной технологии.

В заключение следует отметить, что накопленный огромный опыт применения специальных способов работ позволяет решать самые разнообразные по назначению и сложности задачи в области проектирования, строительства, капитального ремонта и реконструкции объектов различного назначения в любых инженерно-геологических и геотехнических условиях.

# BALUM Inc.

## ГОРНО-ШАХТНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Эксклюзивный представитель в России и странах СНГ фирм:



Американская компания BALUM Incorporated на протяжении ряда лет занимается поставкой как новой так и бывшей в употреблении техники в Россию и страны СНГ. Опыт работы по всему миру и установившиеся связи с нашими партнерами позволяют нам предлагать технику широкого диапазона при кратчайших сроках доставки и по минимальным ценам. Наша компания является эксклюзивным дилером на поставки техники в Россию и страны СНГ многих заводов производителей из США, Канады, Австралии, Южной Кореи.

### Оборудование для укладки бетона и набрызг-бетонирования фирмы Blastcrete (США)



### Тоннельные экскаваторы фирмы Daeseung Int. Co., Ltd. (Корея)



### Оборудование для укладки бетона и набрызг-бетонирования фирмы Reed (США)



### Оборудование для укладки, доставки бетона и бетонирования фирмы Jacon (Австралия)



### Оборудование для работы в шахтах, подземных выработках, тоннелях фирмы Tracks&Wheels (Канада)



### Карьерные и шахтные локомотивы фирмы Republic Locomotive (США)



**BALUM INCORPORATED**

560 South Blvd., Troy, MI 48085 USA Tel: +1 (248) 703-5864 Fax: +1 (248) 879-3935

www.baluminc.com e-mail: info@baluminc.com

Президент Vitaly Ushin

# ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА ЭКСПЕРТНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Е. А. Ломакин, к. г.-м. н., НПФ «Водные ресурсы»  
С. Я. Нагорный, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»



Научно производственная фирма «Водные ресурсы», Петербургский метрополитен, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» и ЗАО ПСК «Метро-Контракт» представляют разработанную в сотрудничестве с фирмами «Элмаш-Алгоритм», ГУП «Трест ГРИИ», а также Комитетом по градостроительству и архитектуре Санкт-Петербурга интерактивную систему экспертного картирования подземного пространства (далее «система»).

**Э**та разработка предназначена для увеличения расчетной плотности, наглядности, достоверности представления и технологичности использования значимой инженерно-геологической информации, необходимой для проектирования и строительства подземных и наземных сооружений, картирования, экспертизы и контроля нормативных условий его использования, а также любых других воздействий на геологическую среду.

Строение «системы», порядок применения, полученные на ее основе результаты и преимущества по сравнению с традиционными подходами можно представить в следующем виде.

**Информационный блок (изыскания)** работает на основе целенаправленного обобщения архивной информации, знаний экспертов, исполнительной документации, результатов изысканий и наблюдений. Он служит для целенаправленного накопления, многоуровневой проверки качественных и количественных характеристик, редактирования и нормативной выдачи информации о геологическом, инженерно-геологическом и гидрогеологи-

ческом строении конкретного региона с последующим увеличением ее расчетной плотности и наглядности представления для практического решения конкретных задач (проблем).

Его использование позволяет построить экспертные и предметно ориентированные базы решений, описывающие на адаптированных, детальных пространственных сетках распределение основных инженерно-геологических элементов и их физико-механических (гидрогеологических) характеристик (параметров).

Преимущества по отношению к общепринятым сейчас подходам непосредственно связаны с решаемыми на основе блока задачами:

- возможностью промышленной коррекции, восполнения и учета всей значимой информации и знаний, необходимых для решения конкретных инженерных задач (проблем);
- принципиальным увеличением расчетной плотности и наглядности представления значимых данных;
- практической возможности построения экспертных моделей и баз решений;

информационно-технологической основы для использования прикладного блока, ориентированного на оказание услуг по проектированию, строительству, контролю, экспертизе и специализированному картированию.

**Прикладной блок (проектирование)**

Работает на основе сформированных в информационном блоке предметно и структурно ориентированных экспертных моделей и баз решений. Он предназначен для решения конкретных инженерных задач, связанных с:

- оказанием уполномоченным городским и федеральным контролирующим органам информационно-методических и производственных услуг по обоснованию и контролю выполнения изыскательскими, проектными и строительными организациями условий нормативного использования подземного пространства;

- предоставлением информационно-методических и производственных услуг по проведению изыскательских и проектных работ (с авторским надзором), ориентированных на подземное и наземное строительство, а также любое другое воздействие на геологическую среду;

- информационно-методическим обеспечением и непосредственным проведением экспертиз проектов и технических решений, связанных с использованием подземного пространства региона;

- построением специализированных карт районирования подземного пространства по условиям наземного и подземного строительства, а также любым другим воздействиям на геологическую среду.

Его использование позволяет представлять в распоряжение соответствующих органов и организаций доступный инструмент решения прикладных задач (проблем), позволяющих им повысить уровень инженерных, организационных и управленческих решений по обеспечению нормативных условий использования подземного пространства.

Преимущества по отношению к общепринятым сейчас подходам:

- увязанное с особенностями решения конкретных задач и специфическими требованиями используемых для этого методов, многократное увеличение плотности и наглядности представления исходной, промежуточной и расчетной информации;
- возможность интерактивного, количественного применения при поэтапной интерпретации и представлении конечных результатов, решения конкретных инженерных задач (проблем), громадного объема наглядно организованной фактографической и картографической информации, накопленной в информационном блоке «системы» и постоянно действующей модели инженерно-геологического строения подземного пространства (ПДМ-ИГ);

- возможность кардинальным образом решать вопросы использования информации, практически задействовав техно-

логию накопления и непрерывного обмена между различными организациями региона, всего объема оцифрованных решений конкретных инженерных задач (проблем) в специализированных базах решений, знаний и ПДМ-ИГ, допускающих их дальнейшее непосредственное применение в схожих ситуациях.

Принцип работы экспертов с «системой» чрезвычайно прост: вся значимая для выполнения конкретной задачи исходная информация, знания специалистов и их опыт целенаправленно трансформируются к уровню, позволяющему им и ответственным лицам адекватно решать проблемы нормативного использования подземного пространства.

При полномасштабном развертывании «системы» последовательно решаются четыре задачи.

1. Отбраковка, восполнение и приведение исходной информации по результатам бурения и опробования скважин, исполнительной документации, а также условиям строительства инженерных сооружений к единому стандарту, учитывающему основные особенности решаемой инженерной задачи.

2. Увеличение плотности значимой расчетной информации, необходимой для построения детальной модели инженерно-геологического строения подземного пространства.

3. Интеллектуальное интерактивное его картирование.

4. Построение расчетных моделей, предназначенных для проектирования наземных и подземных сооружений (воздействий), специализированного картирования подземного пространства, экспертизы и контроля нормативных условий его использования (снятие «организационного барьера»).

Непосредственно на объектах Санкт-Петербургского региона «система» использовалась в 1996–2006 гг. для решения следующих задач.

1. Опытная эксплуатация и инженерно-геологическое обоснование условий восстановления сквозного движения на участке «Лесная» – «Площадь Мужества» и реконструкции перегонных тоннелей в районе станций «Деятелино» и «Рыбацкое».

2. Опробование «системы» на примере инженерно-геологического картирования подземного пространства в пределах типового участка на Васильевском острове.

3. Обоснование геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий для рабочего проектирования свайных полей и нулевых циклов реконструкции наземных вестибюлей станций метрополитена «Площадь Ленина-2», «Удельная», «Пионерская», «Чкаловская», «Политехническая», «Фрунзенская», «Пролетарская», «Василеостровская».

4. Инженерно-геологическое обоснование условий эксплуатации перегонных тоннелей на участке «Проспект Просвещения» – «Парнас» и реконструкции наклон-

ного хода станции метрополитена «Пролетарская».

5. Анализ инженерно-геологических условий строительства наклонного хода в районе ст. «Адмиралтейская».

6. Учет технологических особенностей сооружения наклонных ходов при реконструкции наземных вестибюлей станций «Площадь Ленина-2», «Удельная», «Чкаловская», «Политехническая», «Фрунзенская», «Пролетарская», «Василеостровская», «Пионерская», «Ломоносовская».

7. Инженерно-геологическое строение подземного пространства в районах Орловского тоннеля и проектируемого под рекой Смоленкой (Западный скоростной диаметр).

8. Инженерно-геологическое обоснование условий обводнения объектов, привлекающих к пешеходному переходу, вестибюлю, машинному залу и наклонному ходу ст. «Невский проспект-1», с разработкой рекомендаций по предотвращению обводнения этих сооружений метрополитена.

За счет использования «системы» удалось:

- в 5–7 раз повысить существующий сейчас уровень геологической обоснованности инженерных решений. Стоимость задействованных в «системе» знаний и архивных данных в десятки раз превышает затраты на стандартные изыскания;

- в несколько раз, по сравнению со стандартными подходами, уменьшить сроки и стоимость проведения изысканий, сориентировав их на обоснование достоверности ранее построенных расчетных, а не концептуальных (предварительных), при использовании стандартного подхода, моделей строения подземного пространства;

- за счет накопления данных по схожим ситуациям или объектам реализовать подход, связанный с возможностью многократного использования построенных моделей для решения широкого круга разноплановых задач;

- создать информационные и методические предпосылки для планирования исследований по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций при эксплуатации наземных и подземных инженерных сооружений;

- доказать, что в случае отказа от применения накопленных в «системе» знаний и архивных данных, эффективность инженерно-геологических (гидрогеологических) изысканий и наблюдений на подземных и наземных объектах будет крайне низкой, причем значимого повышения достоверности изысканий нельзя добиться только за счет наращивания их объемов;

- использовать постоянно растущий в «системе» объем знаний и данных о строении подземного пространства для оперативного прогнозирования аварийных и конфликтных ситуаций, идентификация которых невозможна только на основе мониторинговых наблюдений и инженерных изысканий.





# ГОРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШОГО ПЕТЛЕВОГО ТОННЕЛЯ СКЖД

**М. О. Лебедев**, заведующий лабораторией, к. т. н., ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»  
**В. В. Балыкин**, главный инженер ЗАО «Южная горно-строительная компания»

**О**беспечение безопасности проходческих работ, обоснованное внедрение современных технологий, снижение стоимости строительства, сохранности наземных зданий и сооружений уже давно во всем мире достигается ведением так называемого мониторинга за конструкциями, горным массивом и дневной поверхностью на всех этапах прокладки транспортных тоннелей.

В настоящее время наибольший объем работ по строительству железнодорожных тоннелей РФ составляет реконструкция существующих магистралей. При этом в зависимости от ландшафта местности, возможности временного прекращения движения на рассматриваемом участке, перспективного развития магистрали (увеличение пропускной способности) и других факторов, принимается решение о сооружении тоннелей по новой трассе или перепроходке существующей.

Значительное увеличение транспортного потока, изменение нормативных габаритов приближения строений, внедрение современного подвижного состава, моральный и физический износ железнодорожных тоннелей, построенных в конце XIX – начале XX в., привели к необходимости реконструкции на рубеже XXI в. существующих тоннелей на Северном Кавказе. Одним из таких является Большой Петлевой на участке Армавир – Туапсе Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД).

Капитальный ремонт предусматривал на одной части его длины перепроходку с сохранением существующей оси и строительство на остальном отрезке нового тоннеля (рис. 1). Для организации работ на

данном участке проектом предусматривалось сооружение двух технологических штолен – северной длиной 285 м и южной – 30 м.

В целом, инженерно-геологические условия строительства можно считать сложными. По трассе проектируемый тоннель пересекает породы от относительно устойчивых с коэффициентом крепости по Протодюкову  $f = 2-3$  до пород слабой устойчивости  $f = 1,2-2,0$  и совершенно неустойчивых  $f = 0,8-1,0$  (тектонические зоны), (рис. 2).

Кроме того, новый тоннель расположен в зоне влияния на существующий. При этом расстояние между ними составляет от 0 м (сопряжение со стороны северного портала) до 40–50 м. Особого внимания заслуживал участок, вкрест которого на поверхности проходит железнодорожный путь.

Технология строительства тоннеля предусматривала механизированную разработку грунта комбайном АТМ 75 уступным способом с дополнительными мероприятиями по укреплению свода. Длина по новой трассе однопутного тоннеля – 1011 м.

При реконструкции Большого Петлевого тоннеля СКЖД институтом «Ленметрогипротранс» был проведен горно-экологический мониторинг, который решал следующие задачи:

- оценка сейсмического воздействия техногенных взрывов на обделку действующего тоннеля;
- осуществление инженерно- и гидрогеологического прогноза впереди забоя тоннеля георадиолокационным методом;
- проведение наблюдений за осадками дневной поверхности под участком железной дороги, попадающим на мульду оседания над трассой тоннеля;

- расчет крепи с определением изменения смещений контура выработки во времени и максимальных их величин с учетом застывания бетона в раннем возрасте;

- определение напряженно-деформированного состояния горных пород, крепи и обделок действующего и сооружаемого тоннелей в натуральных условиях по смещениям контура выработки и напряжениям в конструкциях, особенно в зонах их совместного взаимодействия;

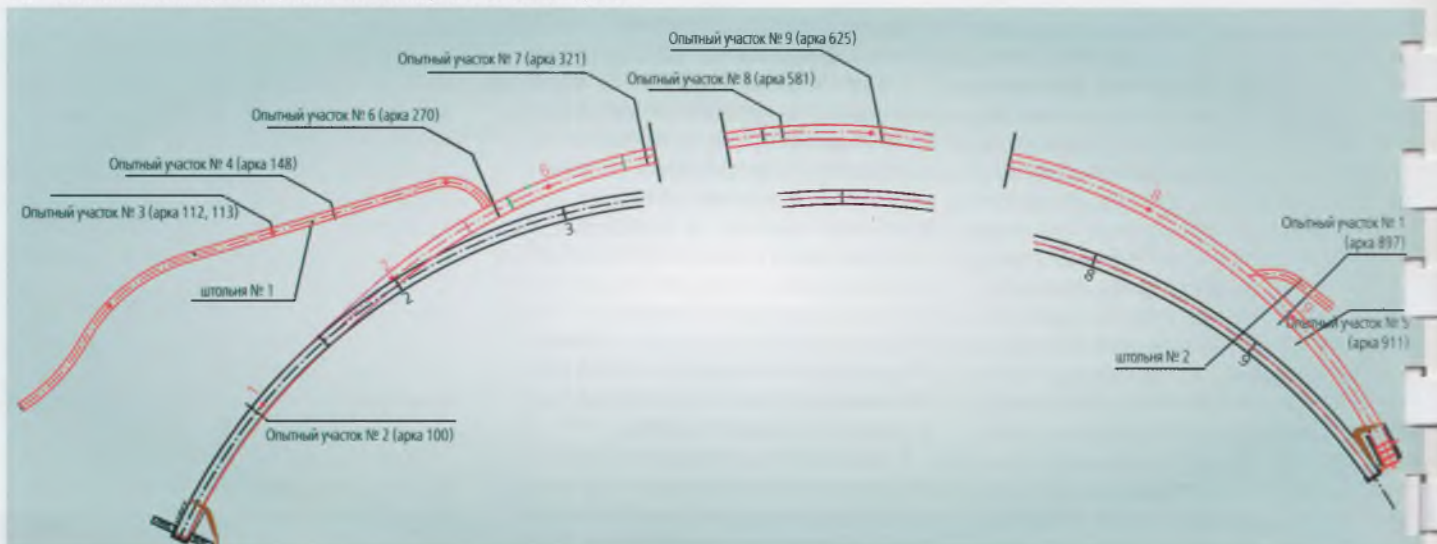
- оценка устойчивости горного массива в призабойной зоне тоннеля методом регистрации электромагнитной эмиссии.

При проходке участка трассы штольни № 1 с применением БВР была выполнена оценка сейсмического воздействия техногенных взрывов на крепь и обделку действующего тоннеля с помощью современной сейсмостанции. Выявлено, что произведенные взрывы как минимум на порядок ниже установленного критического уровня и не оказывают существенного воздействия на обделку действующего тоннеля.

Для определения инженерно- и гидрогеологических условий перед забоем был использован метод сверхширокополосной георадиолокации. Зондирование осуществлялось на глубину 70 м. По всем проведенным этапам прогноза инженерно- и гидрогеологических условий впереди забоев при проходке штольни тоннеля построены инженерно-геологические карты, на которых были обозначены выделенные участки геологических неоднородностей, их особенности и местоположение в горном массиве (зоны тектонически нарушенных пород и повышенной обводненности).

При сооружении тоннеля выполнялись режимные наблюдения за деформациями

Рис. 1. План тоннеля с размещением опытных участков по его трассе



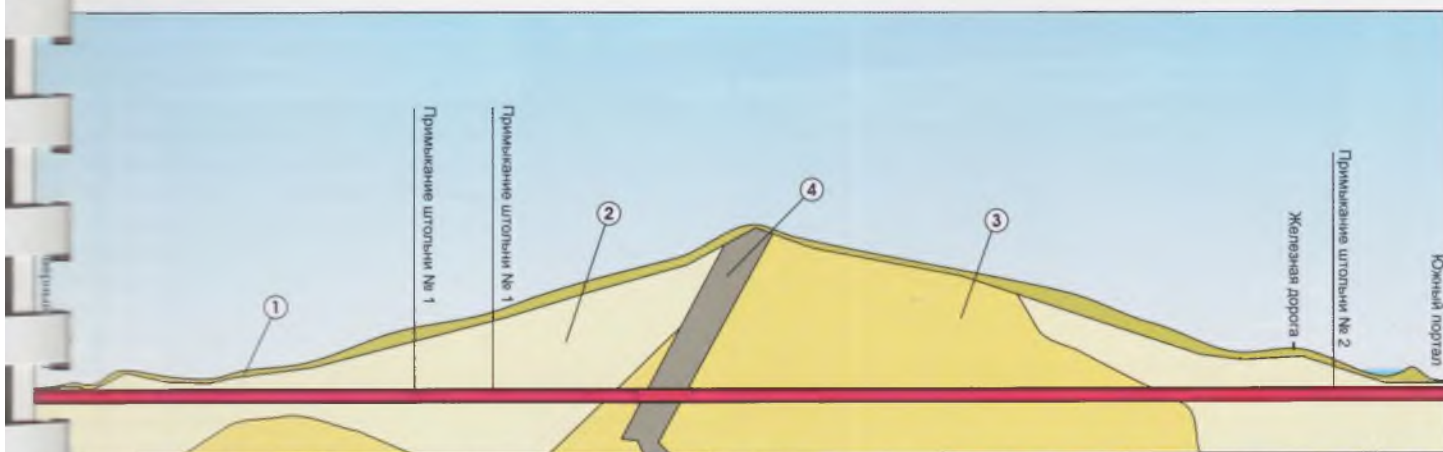


Рис. 2. Продольный разрез тоннеля: 1 – сулинки с дрсевой и щебнем до 30 %, твердые и полутвердые – делювий; 2 – аргиллиты, глинистые сланцы с прослоями песчаника, сильнотрещиноватые, малопрочные; 3 – то же трещиноватые, средней прочности; 4 – то же сильнотрещиноватые до раздробленных, малопрочные (тектонические зоны)

поверхности на участке железной дороги, попадающей в мутьду оседания. Было разбито пять профилейных реперных линий, которые располагались вдоль и поперек железнодорожного полотна. После проходки калотты максимальные оседания поверхности не превышали 33 мм. Разработка нижнего эта вызвала дополнительные деформации – до 60 мм. Максимальное оседание поверхности при строительстве БПТ достигало 100 мм, при этом деформации распределены на участке длиной около 100 м вдоль железнодорожного полотна.

Оценка устойчивости выработки в призащитной зоне и на пройденных участках выполнялась путем регистрации естественных импульсов электромагнитного поля земли (ЕИЭМПЗ) аппаратурой «Ангел».

По результатам оценки геодинамической живности массива при проходке были установлены участки с аномальными (относительно фоновых величин) зонами ЕИЭМПЗ. После окончания строительства остается участок пониженной устойчивости горного массива в зоне тектонического разлома в средней части тоннеля. Измерениями ЕИЭМПЗ в существующем тоннеле до проходки по новой трассе и после было получено, что на участках, где целик между тоннелями составлял до 8 м, а также в районе тектонического разлома, напряженное состояние приконтурного вмещающего массива (целик между тоннелями) увеличилось в два раза.

Наиболее объемный материал по результатам мониторинга был собран по напряженно-деформированному состоянию крепи. Оно определялось на опытных участках строящегося тоннеля и по существующей трассе. Всего по трассе тоннеля и Северной штольни было оборудовано девять опытных участков. Определение напряженно-деформированного состояния крепи выполнялось двумя способами – измерение напряжений путем установки струнных датчиков смещений внутреннего контура крепи.

Пере проходка существующей трассы и сооружение сложных участков тоннеля (портальные, в районе сопряжений, глубиной заложения до 40 м, тектоническом участке) осуществлялись с возведением тяжелых рам-

ных крепей из двутавров с заполнением бетоном межрамного пространства.

По опытному участку при перекреплении тоннеля со стороны Северного портала отмечаются незначительные величины напряжений. Возведение постоянной обделки не повлияло на изменение напряженно-деформированного состояния крепи. Максимальная величина напряжений сжатия составила 8 МПа, растяжения – 4 МПа. При эксплуатации данного участка тоннеля напряженно-деформированное состояние остается неизменным. Судя по незначительным его величинам, в дальнейшем следует пересмотреть принципы проектирования крепей и обделок на реконструируемых участках.

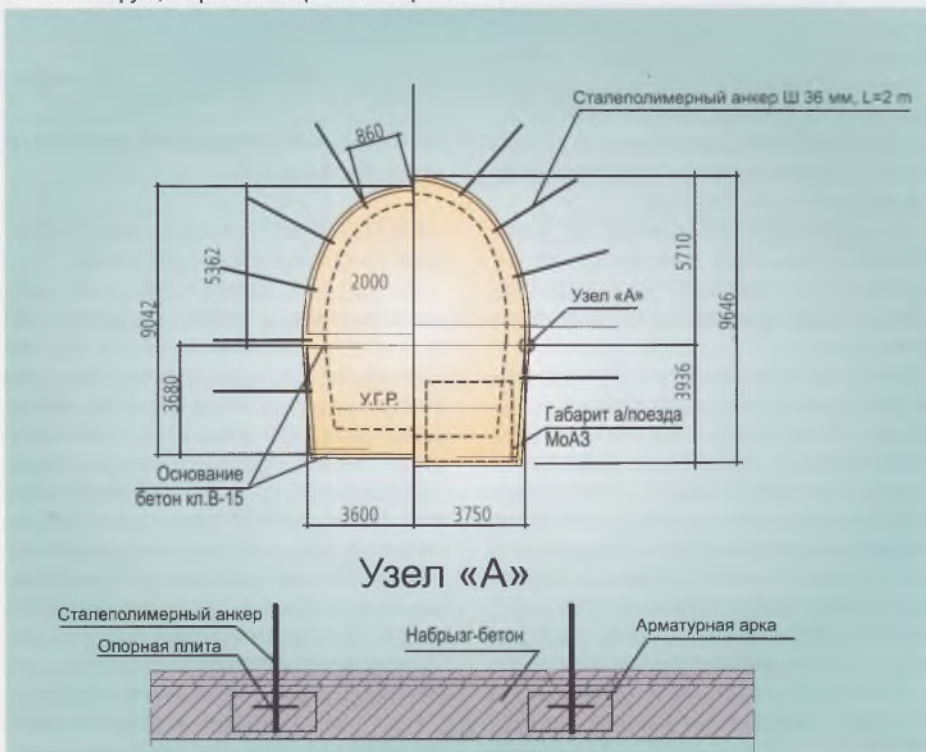
Полученные величины нормальных тангенциальных напряжений в конструкциях аркобетонной крепи БПТ даже в районе сопряжений оказались значительно ниже предела прочности бетона. Но, как показала практика, даже при достаточно незначительных напряжениях в поперечных сечениях

крепи, устанавливаемой при разработке уступа (штроссы), устойчивость временной крепи нарушалась в виде значительных горизонтальных смещений внутрь тоннеля, о чем будет сказано ниже.

Для снижения стоимости строительства, уменьшения материалоемкости крепи, увеличения производительности труда на средней части тоннеля была внедрена передовая технология крепления – применение набрызг-бетона. Сложность состояла в том, что данный вид крепи нашел широкое применение в прочных породах, а трасса данного тоннеля представлена грунтами с незначительной прочностью. Отсутствие опыта работ с набрызг-бетоном в таких условиях с раскрытием большого поперечного сечения выработки предопределяло значительные трудности в обеспечении устойчивости тоннеля.

Для отработки данной технологии и уточнения работы такой конструкции в заданных инженерно-геологических условиях при со-

Рис. 3. Конструкция временной крепи из набрызг-бетона



оружении Северной штольни было решено применить крепь из набрызг-бетона.

По результатам натуральных исследований формирования ее напряженно-деформированного состояния в штольне, расчета крепей методами механики сплошной среды и работы конструктивных элементов крепи из аркобетона были даны рекомендации по временному креплению тоннеля набрызг-бетоном.

В соответствии с разработанной технологией данная крепь возводится вслед за забоем после каждой заходки таким образом, чтобы максимальное отставание последней арматурной арки от забоя при разработке последующей заходки было не более 1 м. Арки изготавливаются из арматуры 14А-III (рис. 3).

До установки арматурных арок по контуру бурятся шурупы под сталеполлимерные анкеры, которые затем соединяются с аркой. Сталеполлимерный анкер представляет собой арматурный стержень 25 А-III, он вводится в шуруп диаметром 36 мм с предварительно заведенными в него полимерными ампулами. Интенсивным вращением арматурного стержня при его подаче в шуруп, ампулы разрываются и их содержимое перемешивается, создавая быстро твердеющую массу.

Нанесение набрызг-бетона осуществляется австрийской машиной «Путцмастер», при этом ускоритель схватывания – «жидкое стекло» соединяется с основной смесью в сопле. Набрызг-бетон наносится несколькими слоями до проектной толщины за один проходческий цикл, после чего начинается разработка следующей заходки.

Калоттная часть тоннеля проходится на всю длину, после чего начинают разработку нижнего уступа (штроссы). Длина заходки аналогична проходке калотты, т. е. 1 м.

Натурные исследования заключались в определении (на участках с различными инженерно-геологическими условиями) нормальных тангенциальных напряжений по периметру крепи путем заложения в конструкцию струнных датчиков и определением смещений контура. Данные элементы исследований позволяют получить полную картину взаимодействия и совместной работы системы «крепь – массив».

По результатам наблюдений строились графики нормальных тангенциальных напряжений в поперечных сечениях арматурных арок (рис. 4) и смещений контура разработки (рис. 5).

Изучение формирования напряженно-деформированного состояния временной крепи из набрызг-бетона позволило выявить особенности его развития в соответствии с порядком разработки забоя (деления на уступы). Качественно процесс формирования напряженно-деформированного состояния разделен на пять этапов: первый – в течение двух недель после установки арки, имеет самую высокую интенсивность; второй – в течение еще 40 дней, характеризуется снижением скорости роста напряжений; третий – установившейся скоростью роста; четвертый – увеличением напряженного состояния при

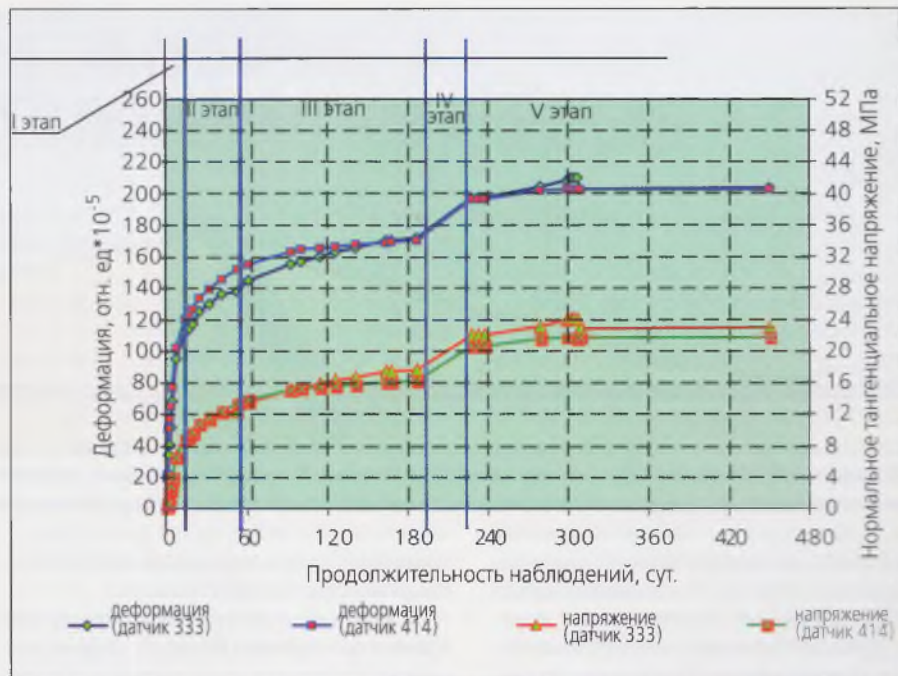


Рис. 4. Кривые развития деформаций и нормальных тангенциальных напряжений в полусводе одноиз опытных участков

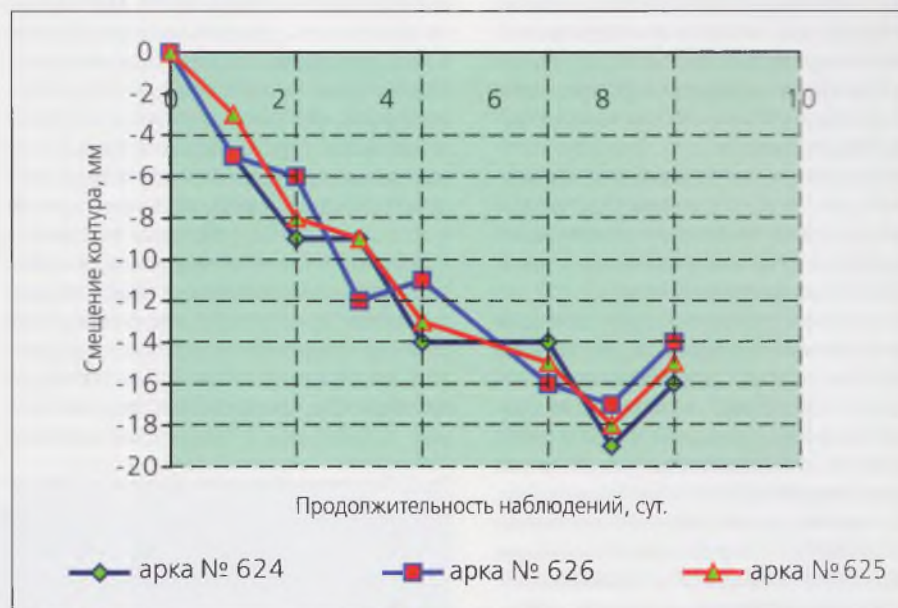


Рис. 5. Горизонтальные смещения контура на границе калотты и штроссы при разработке уступа (на высоте +2 м от УГР)

проходке нижнего уступа и пятый – затуханием роста напряженного состояния.

Рассматривая развитие смещений внутреннего контура крепи при проходке, следует отметить, что при разработке калотты и до начала проходки штроссы смещения контура не превышали 5 мм. Более интенсивно они происходили только при сооружении нижнего уступа. (Величины смещений для участка с относительно устойчивыми грунтами представлены на рис. 5). Смещения контура на том же уровне (на высоте +2 м от УГР) в зоне влияния тектонического разлома больше в 4–5 раз. Они начинают происходить до подхода забоя уступа к рассматриваемому сечению и в момент его разработки. Затем, с отходом забоя, затухают.

Практика проходки рассматриваемого тоннеля не только протяженной части,

но и припортальных участков с креплением аркобетоном свидетельствует о значительном влиянии геологического строения массива на устойчивость сооружения. Особенности геологического строения таковы, что представленный аргиллитом массив является слоистым и при попадании в него воды происходит снижение сцепления между слоями пород (грунта). Это приводит к смещению значительных грунтовых масс и, соответственно, дополнительной пригрузке временной крепи. Подобные явления сильно проявились при проходке участков рассматриваемого тоннеля на припортальных участках и в логах (уменьшение расстояния между контуром крепи и поверхностью при изменении рельефа местности). Это сказалось на дополнительных смещениях контура, которое

требовало конструктивных изменений для бетонной крепи в виде установки расстрелов перед разработкой нижнего уступа (рис. 6). Отсюда следует, что кроме основных деформативных характеристик массива – модуля деформации и коэффициента Пуассона, необходимо учитывать и напластования и параметры контакта между слоями грунта.

Для определения величин усилий, возникших в расстрелах, последние оснащаются датчиками (см. рис. 6). Абсолютные величины напряжений и соответственно усилий в расстрелах определялись методом разницы и измерениями до, в процессе и после разработки нижнего уступа. Установлено, что в момент разработки уступа, под расстрелом, нормальная сила в последнем составляет 75 т и продолжает расти дальше. В этом величину нормальных тангенциальных напряжений в стойках крепи, подводимых при разработке уступа, остаются незначительными (рис. 7). Учитывая весьма неупорядоченное распределение напряжений в поперечных сечениях расстрелов, было предложено изменить узлы крепления расстрелов.

Определение физико-механических характеристик массива – модуля деформации, коэффициента Пуассона, а также бокового давления является важной задачей для прогнозирования совместной работы системы «обделка – грунтовый массив». Однако показатели указанных параметров, закладываемые в ПОС по данным изысканий, не всегда соответствуют фактическим.

Физико-механические характеристики обделываемого массива можно уточнить расчетным путем по известным параметрам напряженного состояния крепи, решив задачу механики сплошной среды, либо сейсмоакустической на пройденных участках тоннеля.

Указанный метод основан на исследовании взаимодействия подземных конструкций и окружающего грунтового массива как элементов единой деформируемой системы и базируется на аналитических решениях, соответствующих плоским контактным задачам теории упругости для кольца произвольной формы (с одной осью симметрии), подкрепляющего отверстие в линейно-деформируемой среде, моделирующей грунтовой массив. Суть расчета состоит в том, что для известных параметров напряженного состояния крепи (распределение напряжений по периметру крепи) подобрать физико-механические параметры массива.

При проходке тоннеля выполнены исследования по определению фактических физико-механических характеристик массива методами сейсмоакустики. В соответствии с полученными результатами, вокруг тоннеля образуется зона разуплотненных грунтов толщиной 5–8 м, в пределах которой модуль деформации в 2–3 раза ниже, чем массива в естественном состоянии.

По результатам выполненных расчетов усилий в крепи методами механики сплошной среды на основании определенных сейсмическими исследованиями физико-механических



Рис. 6. Установка расстрелов для предотвращения горизонтальных смещений крепи при разработке уступа (на высоте +2 м от УГР)

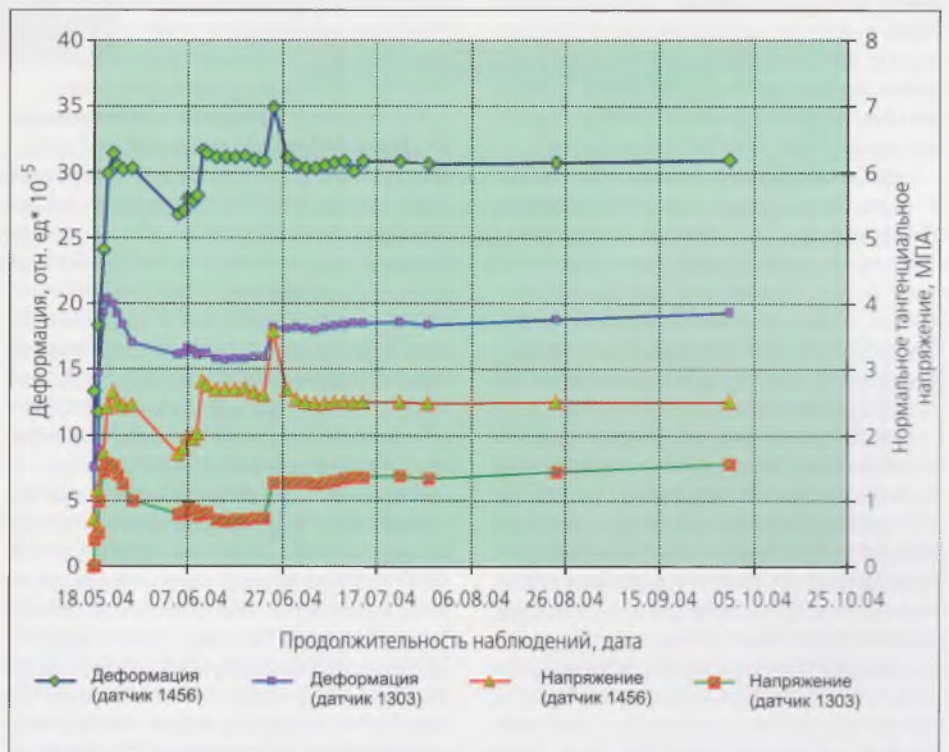


Рис. 7. Кривые развития деформаций и нормальных тангенциальных напряжений в стойке арки № 911

характеристик массива и натурных исследований по определению нормальной силы в расстрелах временного крепления, были разработаны рекомендации по конструкции и расположению анкеров крепи, устанавливаемых перед проходкой нижнего уступа.

Таким образом, в процессе натурных исследований и математических расчетов получены материалы, отражающие реальную работу конструкции временной крепи и массива в рассматриваемых условиях с последующей возможностью обоснованного подхода к ее корректировке.

Представленная и осуществляемая на

практике схема, когда результаты натурных исследований, выполняемых в составе горно-экологического мониторинга, являются основой для последующей корректировки технологии сооружения и конструкций крепи тоннелей, зарекомендовала себя при проектировании и сооружении многих транспортных тоннелей.

Составление банка данных на основании проведенных исследований даёт путь к оценке проектных строительных рисков, что, в свою очередь, позволяет выполнять правильную оценку их страхования.

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Ю. С. Исаев, начальник отдела, к. т. н., ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

Геофизические методы в соответствии с нормативно-методическими документами и требованиями широко применяются на стадии предпроектных и проектных работ для капитального строительства. При этом они стали важным и неотъемлемым элементом общего комплекса инженерно-геологических изысканий для проектирования объектов, начиная от сбора исходных данных и подготовки технико-экономических обоснований и кончая техническим или рабочим проектированием.

При проведении инженерно-геофизических изысканий для проектирования транспортных тоннелей в Ленметрогипротрансе применяются следующие геофизические методы:

- сейсморазведка МПВ на дневной поверхности вдоль или поперек предполагаемых трасс тоннелей. С помощью сейсморазведки, прежде всего, уточняется литогеологический и/или геоструктурный разрез между буровыми скважинами и оцениваются деформационно-прочностные свойства горных пород;

- электроразведка с поверхности земли в различных модификациях (электропрофилирование СГ и другими установками, ВЭЗ, метод естественного электрического поля и др.). С помощью электроразведки, прежде всего, оцениваются инженерно-геологические и гидрогеологические условия и состояние горного массива, в частности, его обводненность и трещиноватость;

- сверхширокополосная георадиолокация с поверхности земли (СШП-геозондирование). С помощью этого метода получают информацию о литологическом строении массива, его обводненности, трещиноватости, особенно на труднодоступных участках и местах (например, по рельефу), где, выполнять сейсморазведку практически невозможно;

- профилирование с регистрацией и контролем поля естественного (не наведенного!) электромагнитного излучения (эмиссии) горного массива (метод ЕЭМИ). Этот метод основан на изучении аномального поведения и изменения магнитной составляющей естественного электромагнитного излучения горных пород в местах изменения геомеханических напряжений в результате микроразрывов или микросдвижения пород по контактам блоков (поверхностям скольжения), например, в зонах разломов и в других тектонически-напряженных участках. Аномалии устанавливают по параметрам ЕЭМИ в пунктах измерений на профилях наблюдений, проложенных на поверхности вдоль предполагаемых трасс тоннелей. С помощью метода ЕЭМИ оценивается геодинамическое (напряженно-деформированное) состояние или активность горного массива по

трассе будущего тоннеля и определяются природные геoaктивные зоны, потенциально опасные по вывалам и проявлению неустойчивости пород в процессе проходки.

Вышеуказанные методы геофизических исследований применяются в качестве изыскательских не только с поверхности, но и из существующих тоннелей, если новый тоннель проектируется, например, рядом или параллельно со старым, который уже не обеспечивает нужную пропускную способность. Методика геофизических наблюдений из тоннелей аналогична той, что и на поверхности, за исключением некоторых особенностей.

В последнее время геофизические методы находят все большее распространение уже на стадии строительства или реконструкции транспортных тоннелей, а также в период их эксплуатации, но с иными целями и с решением уже несколько другого круга задач.

Так, например, **на стадии строительства (реконструкции) тоннелей** геофизические методы применяются для повышения безопасности горно-проходческих работ путем оперативного, опережающего и более детального, чем на стадии изысканий, прогноза возможных негативных изменений геологической, горно-технической и гидрогеологической ситуации в горном массиве впереди забоя (например, внезапное вскрытие забоем сильно обводненной и трещиноватой локальной зоны или зоны с неустойчивыми породами, приводящее к завалам выработки).

В частности, для более детальной оценки трещиноватости и обводненности горного массива впереди забоя используется метод СШП-георадиозондирования. Этим же методом выявляются полости за обделкой, т. е. оцениваются условия контакта обделки с массивом и качество тампонажных работ, при этом контролируется толщина обделки, определяются размеры вывалов, разуплотнений, пустот и пр. С помощью СШП-зондирования можно осуществлять контроль заполнения пустот и зон разуплотнений, образующихся после вывалов пород, а также опережающего забой инъекционного закрепления грунтов зон разломов и эффективность цементации массива за обделкой.

Для опережающего прогноза подхода проходческого забоя к опасным по геодинамическим проявлениям активным тектоническим нарушениям и зонам используется метод ЕЭМИ, в том числе и для выявления и прогноза участков, склонных или опасных по горным ударам, как это было при строительстве Северомуйского тоннеля.

В случае если сооружение нового тоннеля идет параллельно со старым и при этом бу-

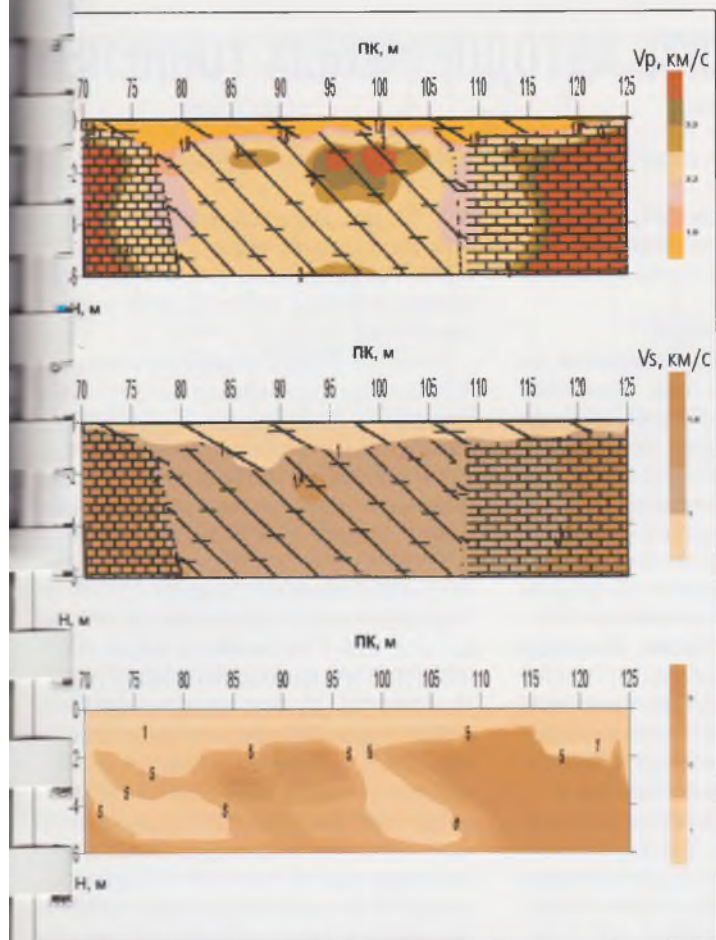
ровзрывным способом, то для контроля действий взрывов на конструкции и обделке старого тоннеля для обеспечения его сохранности используется сейсмический метод, позволяющий оценить превышение скорости смещения частиц грунта относительно некоторого критериального, полученного расчетным путем, значения для данных конкретных геологических условий. При превышении этого порога уменьшаются вес зарядов ВВ. Контроль за фактическими значениями скорости смещений частиц осуществляется на каждом цикле взрыва с помощью специально разработанного такой цели прибора-индикатора величины смещений частиц грунта от действия взрыва.

В процессе стандартных изыскательских работ детально изучить состояние и свойства горного массива, особенно в ближайшей к тоннелю зоне при субвертикальных структурах, практически невозможно. Поэтому в процессе проходки проводятся дополнительные геофизические исследования, уточняющие данные стандартных изысканий, позволяет своевременно скорректировать, например, технологию работ и расчеты крепей. На рис. 1 показаны результаты детального изучения упругих и деформационно-прочностных параметров грунтов вокруг тоннеля с помощью сейсмического профилирования с томографической обработкой данных. По данным сейсмотомографии уточнены свойства грунтов и выделены разуплотненные зоны, требующие локального (но уже не повсеместного!) укрепления грунтов.

На рис. 2 представлены данные геофизического контроля геодинамической активности и обводненности горного массива на стадии строительства, проводимого с целью обеспечения, прежде всего, безопасности горных работ.

Проведение такого контроля вызвано тем, что транспортные тоннели, как правило, сооружаются и эксплуатируются в особо сложных геологических, гидрогеологических и сейсмологических условиях, т. е. в условиях постоянно меняющихся во времени активных геомеханических и геодинамических процессов в горном массиве, обусловленных сначала (перед началом строительства) естественными (природными) причинами, а затем (во время строительства и эксплуатации) – ими же и техногенными совместно. Поэтому такой контроль позволяет следить за подобными изменениями и предусматривать меры по обеспечению безопасности работ, например, по усилению временной крепи в наиболее геодинамически опасных зонах.

**На стадии эксплуатации тоннелей** используется единая система геотехнического



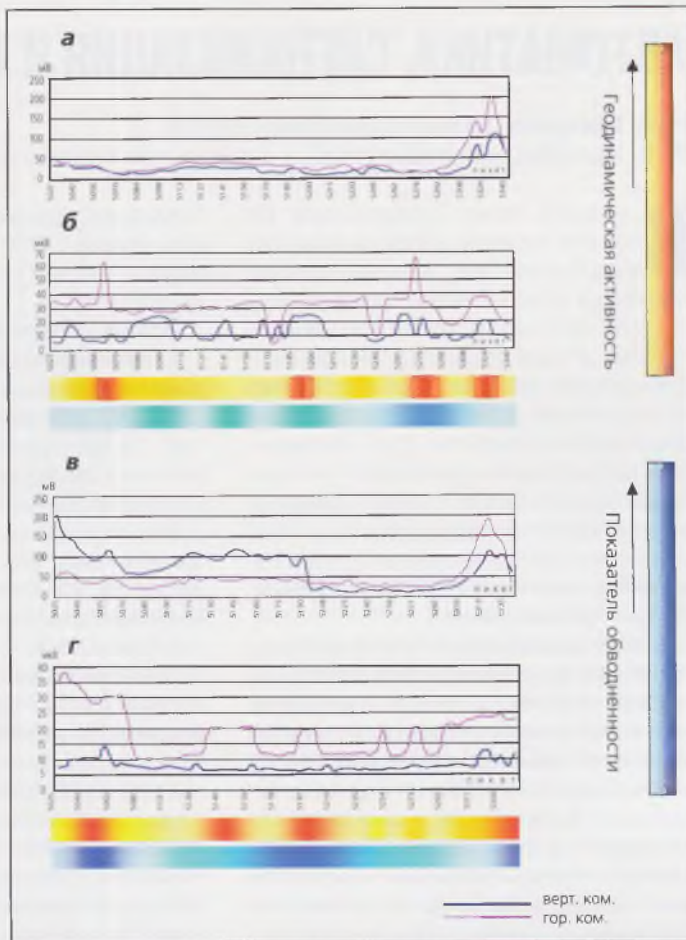
1. Уточнение упругих и деформационно-прочностных свойств грунтовым методом сейсмической томографии в процессе проходки тоннеля:

- а – томографический разрез по скоростям продольных волн ( $V_p$ );
- б – то же по скоростям поперечных волн ( $V_s$ ); в – томографический разрез, отражающий характер изменения модуля упругости ( $E_d$ )

мониторинга, в которую кроме геофизических методов контроля, входят методы контроля напряжений в конструкциях обделки от статических воздействий и гидростатического давления на обделку тоннеля. Как правило, вся тема является стационарной и постоянно существующей. Характерным примером применения геофизических методов в системе мониторинга является Северомуйский тоннель. Здесь непрерывный контроль состояния основных конструкций от воздействия дальних и ближних землетрясений и вибрационного воздействия от проходящих составов (оценка прочности бетона и запаса несущей способности обделок; оценка напряжений в обделке в момент сейсмического воздействия и пр.) осуществляется с помощью сейсмических данных. Отличительной особенностью такого мониторинга от имеющихся в мировой практике аналогичных систем является то, что на Северомуйском тоннеле впервые сейсмические параметры воздействия землетрясений на обделку переводятся в параметры мгновенных деформаций и напряжений для сравнения предельно-допустимыми для данной конструкции. Это дает возможность оперативно выявлять и контролировать зоны и участки наиболее склонные к потере своих прочностных свойств, а также разрушению и к потере устойчивости, что позволяет опе-

ративно принять меры по устранению негативных последствий сейсмического воздействия. На 15-километровом участке Северомуйского тоннеля для этого установлены 32 трехкомпонентных сейсмоприемника, что в режиме телеметрии создает соответствующую геоинформационную базу, обеспечивающую необходимый уровень контроля состояния работы системы «горный массив – тоннель» практически на всем его протяжении. Эффективным методом контроля напряженного состояния горного массива и оценки его устойчивости в процессе проходки Северомуйского тоннеля стал метод ЕЭМИ. Как правило, источники этого излучения концентрируются в зонах опорного давления или в местах пересечения выработками тектонических разломов, или тектонически-напряженных зон. Поэтому в 12-ти наиболее геодинамически опасных зонах размещены стационарные системы приема ЕЭМИ, подключенные, как и сейсмические, в режиме телеметрии. Установленные на стадии строительства тоннеля количественные критерии оценки напряженного состояния и устойчивости массива по методу ЕЭМИ позволяют наряду с сейсмическими критериями более надежно давать и эту оценку, тем более что пункты сейсмического контроля и методом ЕЭМИ совмещены. Информация от сейсмических и датчиков ЕЭМИ по оптоволоконному кабелю, органи-

зованному в системе АСУ ТП СМТ, поступает в диспетчерский пункт, где ведется обработка и интерпретация геофизической информации. Метод ЕЭМИ используется также при оценке активности (устойчивости) потенциально опасных оползневых дислокаций, находящихся в районе тоннельных сооружений. Накопленный опыт применения геофизических методов дает основание для обоснованного включения их в состав комплексного горно-технического мониторинга промышленной и экологической безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей наряду с давно опробованными и широко применяемыми (геодезическо-маркшейдерская съемка, гидростатические наблюдения, контроль деформаций конструкций, инженерно-экологических наблюдения и пр.). Комплекс геофизических методов был использован институтом при обследовании, изысканиях и проведении геотехнических мониторингов на следующих объектах: железнодорожные тоннели в КНДР, Севанский автомобильный в Республике Армения, автомобильный в г. Уфе, тоннели Рогунской ГЭС в Таджикистане, на Северо-Кавказской железной дороге, тоннели автомобильного обхода г. Сочи, железнодорожные на линии Абакан – Тайшет; автомобильные на Красную Поляну и ряд других объектов.



2. Мониторинг геодинамической активности и обводненности горного массива при строительстве тоннеля: а – результаты электрофилирования; б – результаты регистрации поля ЕЭМИ, октябрь 2005 г.; в – результаты измерений методом токов промышленной частоты; г – результаты регистрации поля ЕЭМИ, ноябрь 2005 г.

# АВТОМАТИКА, СИГНАЛИЗАЦИЯ И СВЯЗЬ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

**Н. К. Михалев**, главный инженер проекта,

**И. В. Культин**, начальник отдела автоматики, телемеханики и связи, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

**В** настоящее время Правительством РФ большое внимание уделяется развитию транспортной сети, в частности, автомобильных дорог. Особенно острой проблема несоответствия возрастающих автомобильных потоков ограниченному возможностям действующей транспортной сети стоит на Черноморском побережье. В этой связи Дирекцией строительства дорог «Черноморье» осуществляется строительство автомобильной дороги обхода г. Сочи, в ближайшее время планируется начать сооружение обхода г. Туапсе, ведутся проектные проработки прокладки автодороги-дублера магистрали Адлер – Красная Поляна.

В этих проектах, включая уже действующую новую трассу Адлер – Красная Поляна, НИПИИ «Ленметрогипротранс» выполняет весь комплекс проектно-исследовательских работ в части строительства тоннелей. Особое место в разработке проектно-сметной документации занимает раздел автоматики, сигнализации и связи. Напряженные автомобильные потоки, современные требования к их регулированию, проблемы возможного проявления терроризма ставят жесткие требования к оснащению тоннелей средствами автоматики, сигнализации и связи. Однако работа осложняется устаревшими требованиями к набору этих систем в нормативной документации и, в частности, в СНиП 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные». Учитывая вышесказанное, институтом совместно с ДСД «Черноморье» и МУП «Мосты и тоннели» разработаны подробные технические требования, которые базируются как на опыте проектирования АСС последних лет, так и на их эксплуатации. В соответствии с этими требованиями подготавливается инженерно-сметная документация на оснащение устройствами АСС

ближайшего пускового комплекса на автодороге обхода г. Сочи – тоннелей № 3 и 1. На рис. 1 показан южный портал строящегося тоннеля № 3.

Перечень систем следующий.

**1. Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) функционирования тоннелей** (рис. 2) предназначена для автоматизированного и автоматического управления комплексом постоянных технологических устройств тоннелей (комплексов систем функционирования, жизнеобеспечения и безопасности) в эксплуатационном режиме функционирования с обеспечением:

- непрерывного контроля ситуации в транспортной зоне тоннелей;
- непрерывной диагностики (контроля) исправности, работоспособности и текущего состояния исполнительных устройств (оборудования) технологических систем;
- дистанционного управления исполнительными устройствами (оборудованием) технологических систем непосредственно с автоматизированных рабочих мест на центральном диспетчерском пункте.

Телеизмерению подлежат: температура и влажность воздуха, скорость и направление воздушного потока, содержание CO в атмосфере тоннеля. Устройства удаленного ввода-вывода (контроллеры) Momentum фирмы «Шнайдер-Электрик» устанавливаются в непосредственной близости от ящиков управления объектами: в камерах транспортной части тоннеля, в аппаратных АСУ ТП и АСС. Контроллеры позволяют принимать до 32-х сигналов телеконтроля, до 16-ти сигналов телеизмерения и передавать до 32-х сигналов телеуправления.

Информация собирается в дублированном коммутаторе, размещенном в шкафу

АСУ ТП (рис. 3), расположенном в аппаратной Инженерного корпуса, и передается в АРМ, находящийся на рабочем месте диспетчера в Центре диспетчерского управления (ЦДУ).

Протокол обмена между контроллером Momentum и системой верхнего уровня – MODBUS TCP. Оптическая локальная сеть поддерживает протокол Ethernet. Магистральная локальная сеть выполнена по схеме «кольцо» на одномодовом оптоволоконном кабеле марки ОКЛК-Н-01-6-8-10/10,0,36/0,22–3,5/18-7,0. Кабели прокладываются по обеим сторонам тоннеля.

Газоанализаторы окиси углерода (CO) типа МПЛ-19М-1 и двуокиси азота (NO<sub>2</sub>) МПЛ-19М-5 устанавливаются в обогреваемых гермошкафах. Датчики радиационной обстановки размещаются в середине тоннеля в каждом транспортном отсеке. Для измерения температуры и влажности предназначены датчики типа ИРТВ-5215 с преобразователем ИПТВ-056/206, которые имеют диапазон измерения от 0 до 100 °С. У датчиков влажности диапазон измерения от 5 до 95%. Выходным их сигналом является токовой – 4–20 мА.

Гермошкафы соединяются между собой по кольцевой магистрали RS-485.

Управление технологическими системами и дорожным движением в тоннелях обхода г. Сочи предполагается осуществлять из Инженерного корпуса Мацестинского тоннеля, для чего необходимо будет провести модернизацию технических средств в ЦДУ. На рис. 4 показан комплекс имеющихся в настоящее время технических средств ЦДУ.

**2. Связь, громкоговорящее оповещение (ГГО), электрочасы и радиосвязь**

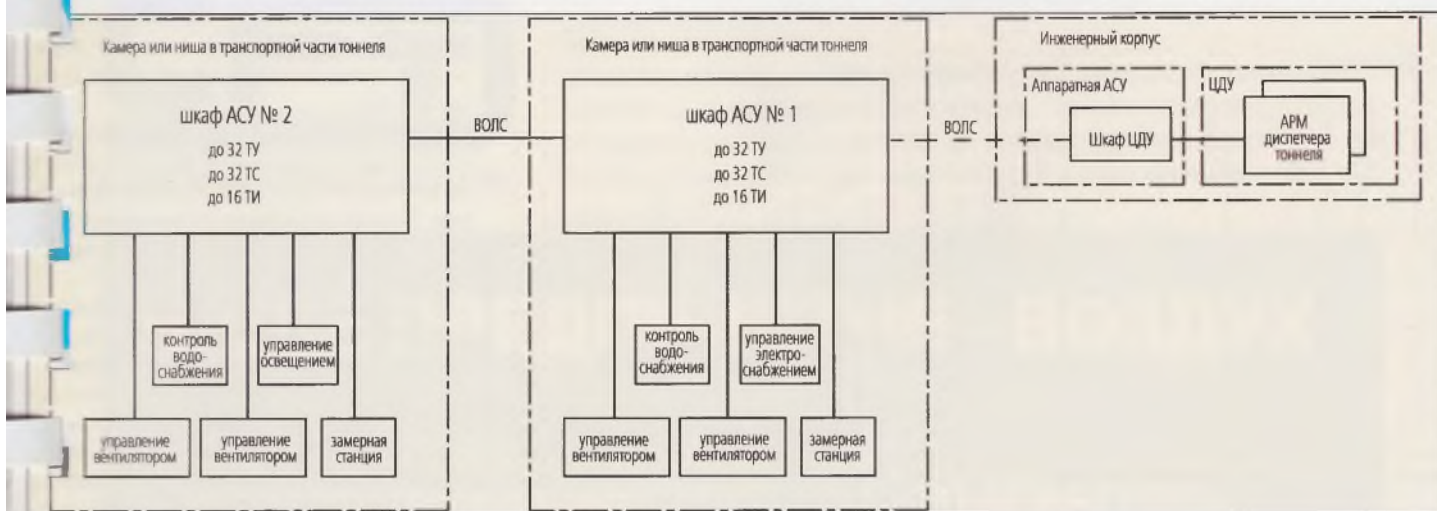
Система телефонной связи предусмотрена для переговоров обслуживающего персонала, находящегося в транспортных зонах тоннелей и притоннельных сооружениях, а также в экстренных случаях для контроля и оптимального управления процессами и средствами специальных подразделений (МЧС, пожарных, милицийских, медицинских и т. д.).

Телефонная связь организована на базе цифровой станции HiPath 3750. Она устанавливается в помещении аппаратной АСУ ТП, расположенной в Инженерном корпусе. Телефонная станция предоставляет абонентам связь как с диспетчерами и дежурными, так и их между собой. Пульты связи (системные телефонные аппараты) находятся у диспетчера в ЦДУ и у руководителей подразделений.

На постах, в транспортных отсеках и в притоннельных сооружениях предусматриваются телефонные аппараты водозащитного исполнения с возможностью прямого выхода (без набора номера) к диспетчеру.

Рис. 1. Южный портал строящегося тоннеля № 3





2. Структурная схема АСУ ТП

Кроме того, аппаратура позволяет, при необходимости, переадресовывать вызовы на пультах других руководителей.

Для абонентская сеть в тоннеле имеет большую протяженность, то для более устойчивой связи применяется цифровая система уплотнения компании «Эрикссон» (E1612), которая значительно снижает уровень помех, вносимых силовыми кабельными линиями.

В качестве коммутационных устройств в тоннеле используются клеммы ВАГО с зажимом CAGE CLAMP, обеспечивающие надежный виброустойчивый контакт. Клеммы устанавливаются на DIN-рейке в корпусе коробки INLINE Terminal, имеющей прочный стальной цельносварный корпус, степень защиты от воздействия окружающей среды – IP67 (пылевлагонепроницаемые) и систему заземления.

Для организации связи между пожарными подразделениями (ПС), находящихся в различных зонах транспортных отсеков, а также штатным автомобилем, располагаемым передпортальной площадке у въезда в тоннель, на правой стороне транспортной зоны устанавливаются розетки на пикетах пожарных постов.

Громкоговорящее оповещение предусматривается для передачи из ЦДУ экстренных

сообщений при возникновении пожара и прочих внештатных ситуаций, а также для персонала, находящегося в транспортных зонах автотоннеля, технологических и служебных помещениях, и является составной частью системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).

Организация громкоговорящего оповещения предусмотрена на базе аппаратуры фирмы JEDIA CO, LTD, Ю. Корея, имеющей сертификат пожарной безопасности. Предлагаемая система позволяет принимать аварийный сигнал от пожарной станции и транслировать его в заданные зоны с приоритетом над другими режимами работы. Сигнал оповещения может передаваться как автоматически, при срабатывании аварийных реле системы пожарной сигнализации, так и вручную. При возникновении аварийной ситуации (поступления сигнала с пульта пожарной сигнализации на аварийный вход комплекса аппаратуры) автоматически запускается на воспроизведение цифровой источник речевых сообщений, в результате чего происходит трансляция аварийных сообщений (специальных текстов), заранее записанных в цифровом источнике. После прекращения поступления сигнала от пульта пожарной сигнализации возможна подача экстренной речевой информации дежурным

охраны с аварийной панели через микрофон-тангенту в одну из выделенных зон оповещения или в несколько одновременно. Кроме того, в систему включен «удаленный» микрофонный пульт с селектором зон оповещения, с помощью которого возможна трансляция технологической, поисковой или иной информации (от начальника караула охраны).

Система ГТО подключается к телефонной станции, что позволяет выполнить трансляцию сообщения в заданную зону с помощью любого телефонного аппарата путем набора определенного кода. Кроме того, система JEDIA дает возможность через блок сопряжения подключиться к центральной системе оповещения сигналами ГО и ЧС.

Электрочасы предусмотрены для информации обслуживающего персонала о текущем времени. Все служебно-технологические помещения оборудуются вторичными стрелочными часами SLIM. А.30.210, управление которыми производится от первичных цифровых электрочасов ETC 14 R.

Для внешней синхронизации используется приемник сигналов GPS 3048A, обеспечивающий точность синхронизации  $\pm 10$  м/с от всемирного эталона времени.

3. **Теленаблюдение** предназначено для передачи видеoinформации диспет-

Рис. 3. Шкаф АСУ ТП



Рис. 4. Комплекс технических средств ЦДУ





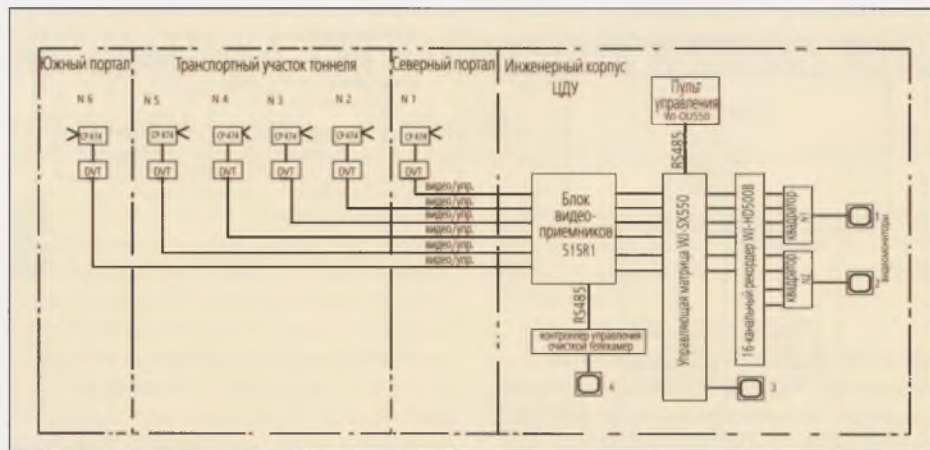


Рис. 5. Схема организации теленаблюдения

черу в ЦДУ из транспортных отсеков тоннеля, припортальных участков и других необходимых зон видеоконтроля. Схема организации теленаблюдения приведена на рис. 5.

Для передачи видеoinформации диспетчеру предусматриваются устройства теленаблюдения, разработанные на базе цветных телевизионных установок четвертого поколения, с матрицами на приборах с зарядовой связью (ФПЗС), работающей при нижнем пороге освещенности – 0,1 лк, верхнем – 70 тыс. лк и экранном цветном мониторе 21 дюйм по диагонали.

Для надежного теленаблюдения на прямых участках в транспортных отсеках телекамеры устанавливаются с шагом не более 100 м.

Кроме видеонаблюдения за транспортной ситуацией, предлагаемая расстановка и тип телекамер позволяют, по мере необходимости, наблюдать за состоянием обделки тоннеля (трещины, течи и т. д.).

В транспортных отсеках устанавливаются телекамеры для наблюдения за транспорт-

ной обстановкой, а также по две камеры для припортальных зон.

Видеоизображения со всех телекамер каждого транспортного отсека через видеотрансмиттеры по оптическому кабелю передаются на регистратор и с него на АРМ ТН диспетчера и на два дополнительных монитора. Все оборудование (два АРМ и мониторы) размещается на столах в помещении ЦДУ Инженерного корпуса.

Управление панорамированием и вращением производится по тому же оптическому волокну, по которому передается видеосигнал.

**4. Заградительная сигнализация.** Устройства заградительной сигнализации предназначены для ограждения въезда автотранспорта в тоннели при аварийных ситуациях, а также регулирования автомобильных потоков.

На въездах в тоннели устанавливаются автоматические шлагбаумы, светофоры и световые информационные табло «В туннеле авария». На рис. 6 показан южный портал Мацестинского тоннеля, оснащенный устройствами заградительной сигнализации.

Управление такими устройствами осуществляется с АРМа в ЦДУ. В случае воз-

никновения пожара в тоннелях, устройства заградительной сигнализации переходят в режим перекрытия движения автоматически.

В качестве оборудования заградительной сигнализации предполагается использовать шлагбаумы ВР56 с горизонтальным поворотом стрелы, светофоры со светодиодными матрицами и светодиодные информационные табло.

**5. Охранно-пожарная сигнализация** предназначена для своевременного обнаружения несанкционированного проникновения в охраняемые служебные и технологические помещения тоннелей и Инженерного корпуса, а так же обнаружения возгорания в защищаемых сооружениях путем передачи сигналов от охранных и пожарных извещателей в ЦДУ.

Устройства охранно-пожарной сигнализации спроектированы на базе аппаратуры фирмы Securiton. В качестве приемных станций охранно-пожарной сигнализации используются установленные в помещении ЦДУ Инженерного корпуса: АРМ ОПС, главный дистанционный прибор индикации и управления МС 734, групповой РИМ и также главный дистанционный прибор индикации и управления МС 734, размещенный на посту охраны Инженерного корпуса и прибор индикации и управления ИСМ, имеющийся на посту охраны у портала тоннеля.

К каждому прибору МСУ 211 подсоединены по два кольцевых шлейфа SecurLine длиной до 1500 м каждый для подключения адресных устройств пожарной и охранной сигнализации.

В помещениях Инженерного корпуса и притоннельных сооружениях устанавливаются адресные дымовые пожарные извещатели SSD 531, на путях эвакуации в Инженерном корпусе – ручные извещатели ИР 513-30, в туннеле на пожарных постах (ниши, камеры, начало и конец разворотных площадок) ИР 513-32 в уличном исполнении.

Оба тоннеля включены в зону ответственности диспетчера эксплуатируемого в настоящее время Мацестинского тоннеля. В связи с существующим Центром диспетчерского управления будет дооборудован соответствующими АРМа и мониторами теленаблюдения, устройствами связи и ГТО. Для связи ЦДУ с АСС тоннелей проектируется транспортная сеть на базе волоконно-оптической линии (ВОЛС).

В свете требований антитеррористических мероприятий, в объеме проектирования АСС тоннелей № 3 и 1 разрабатывается проект на оснащение средствами теленаблюдения мостов и эстакад с обеспечением видеоконтроля как верхней части объекта, так и подмостового пространства с передачей информации диспетчеру в режиме реального времени.

Совместно с МУП «Мосты и тоннели» готовятся структура управления эксплуатацией мостов и тоннелей, а также регламент обслуживающих процессов.

Рис. 6. Южный портал Мацестинского тоннеля





compactfiltertechnik

**Все из одних рук:**

Проветривание и обеспыливание в тоннелестроении и горном деле (осевые вентиляторы, обеспыливатели сухого и мокрого принципа действия, гибкие вентиляционные трубы, инжиниринг для вентиляции и обеспыливания)

## НАШЕ ПРЕДПРИЯТИЕ - ВОЗДУХ

### ОБЕСПЫЛИВАНИЕ



compactfiltertechnik



[www.cft-gmbh.de](http://www.cft-gmbh.de)

### ВЫРАБОТКА

**Korfmann**  
Luftechnik GmbH



[www.korfmann.com](http://www.korfmann.com)

### СБЫТ ЧЕРЕЗ ФИРМУ

**CFT GmbH**  
compactfiltertechnik

Beisenstraße 39 - 41

D-45964 Gladbeck

Tel. +49 2043 4811-0

Fax +49 2043 481120

E-Mail [mail@cft-gmbh.de](mailto:mail@cft-gmbh.de)

Internet [www.cft-gmbh.de](http://www.cft-gmbh.de)

### НАПРАВЛЕНИЕ



**Schauenburg**  
Tunnel Ventilation GmbH



[www.tunnel-ventilation.de](http://www.tunnel-ventilation.de)

# ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

С. Г. Гендлер, д. т. н., профессор



За шестидесятилетний период в институте «Ленметрогипротранс» накоплен банк данных по основным факторам, определяющим безопасность эксплуатации транспортных тоннелей. Одним из этих факторов является тепловой режим, который характеризуется термодинамическими параметрами воздуха, температурой пород и бетонной обделки, температурами и расходами шахтной воды, а также воды, используемой для различных технологических целей (бурение, пожарное водоснабжение и т. п.). Было установлено, что тепловой режим оказывает влияние на проветривание тоннельных выработок, запыленность воздуха, образование тумана и наледей, надежность работы противопожарного водоснабжения, защитное заземление электрооборудования, интенсивность коррозии тоннельных конструкций и т. п. Во многих случаях эти процессы оказываются взаимосвязанными. Так, в районах с суровой зимой при системах проветривания, использующих шахтные стволы, негативное влияние на вентиляцию оказывает обмерзание их устьевых частей при резком охлаждении сравнительно теплого и влажного воздуха исходящей струи, сопровождающемся обильной конденсацией водяных паров. В тоннелях, пройденных в мерзлых горных породах, поверхность крепи нередко столь интенсивно зарастает снежной «шубой» (кристаллизация водяных паров при охлаждении воздуха), что это существенно увеличивает аэродинамическое сопротивление и затрудняет проветривание выработок. При отрицательной температуре тоннельного воздуха система пожарного водоснабжения в штатных ситуациях, как правило, не заполняется водой. Она подается в неё лишь в случае возникновения аварийной ситуации. При заполнении трубопровода может произойти замерзание воды и выход системы пожарного водоснабжения из строя, что исклю-

чит возможность ликвидации или минимизации последствий аварии.

Особую опасность для эксплуатации железнодорожных тоннелей, особенно в районах с суровым климатом, представляет образование наледей. Этот негативный процесс, как правило, связан с сочетанием двух неблагоприятных факторов: сравнительно низкой температурой тоннельного воздуха и высокой обводненностью тоннелей. Например, по имеющимся данным, количество водонасыщенных тоннелей на восточных дорогах страны составляет более 90 %. Мероприятия по снижению поступления воды в выработки, направленные на осуществление дренажных работ или гидроизоляцию обделки, не позволяют добиться полного отсутствия воды в тоннелях. Кроме того, при реализации этих мер возникают дополнительные проблемы, связанные с необходимостью тепловой защиты самих дренажных устройств (например, их теплоизоляции).

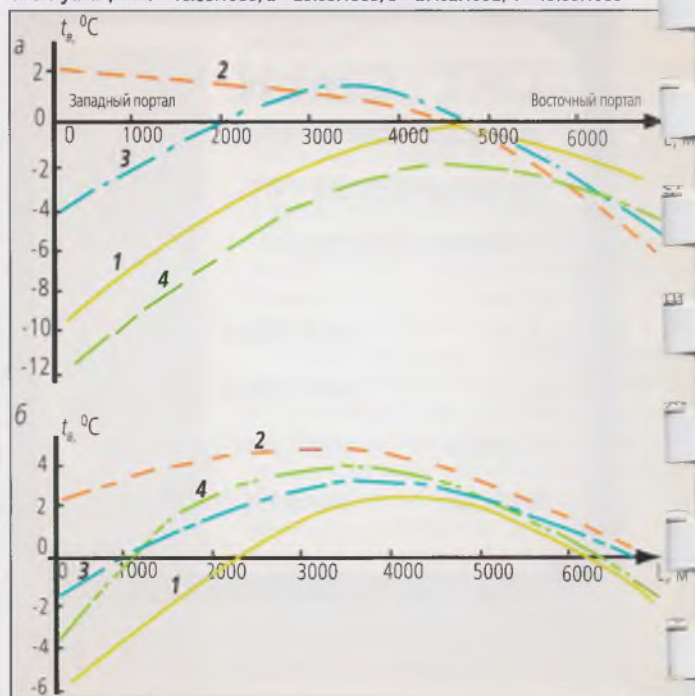
Наледей, образующиеся в тоннельных выработках, угрожают безопасности обслуживающего персонала (сосульки на своде), приводят к выходу из строя контактной электросети (обмерзание контактного провода), препятствуют движению транспортных средств (уменьшение габаритов вследствие появления льдообразований на стенках тоннеля), способствуют разрушению обделки. В большинстве случаев образующиеся налееди убирают механическим способом. Это требует не только привлечения дополнительных людских ресурсов для выполнения работ по скалыванию льда и его последующей транспортировке, но и временного закрытия тоннеля для их проведения. Например, в Козинском тоннеле в один из зимних периодов для вывоза 1000 м<sup>3</sup> сколотого льда со среднего участка потребовалось 69 «окон» общей продолжительностью 200 ч (т. е. на борьбу с наледами пришлось закрыть перегон почти на треть месяца). Ежедневно на его скалывании трудилось по четыре-пять человек. Аналогичные явления наблюдались и на Крольском тоннеле, где поступаю-

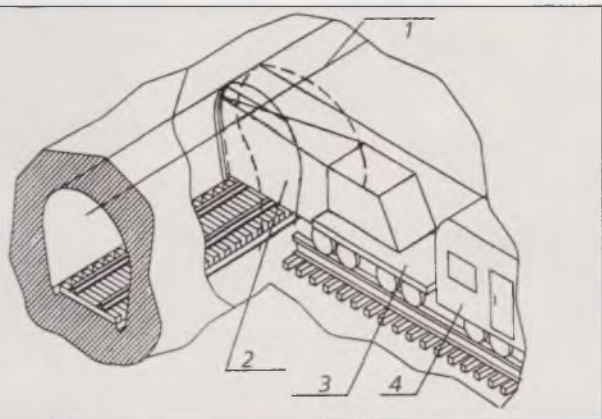
щая из-за обделки вода, попадая на путь, вращалась в мощную действующую наледь. Ежесуточный объем скалываемого льда на этом участке достигал 50–60 м<sup>3</sup>, а для его вывоза требовались ежедневные «окна» продолжительностью до 4-х часов. Следует отметить, что с похожими проблемами сталкиваются железных дорогах Севера Японии, а также и Швейцарии.

В институте на основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что механизм образования наледей включает две стадии. Первая – возникновение в бетонной обделке тоннелей трещин за счет термических деформаций, вызванных годовой, месячной и суточной амплитудой изменения температуры атмосферного воздуха, поступающего в тоннель в результате естественной или искусственной вентиляции, а также поршневого действия транспортных средств. Вторая стадия – собственно развитие налееди – обусловлена проникновением в трещины воды в выработку. Попадая в неё температура воздуха ниже 0 °С, вода замерзает и создает скопления льда. При температуре воздуха –30 °С и времени его воздействия на бетонную обделку 720 ч процесс образования наледей будет носить затухающий характер только при дебитах воды ниже 20 л/ч. В остальных случаях следует ожидать непрерывный их рост.

Анализ условий образования наледей позволил разработать мероприятия по их локализации и устранению. По способу воз-

Рис. 1. Распределение температур воздуха (а) и пород (б) в законтурном пространстве на глубине 1,5 м по длине тоннеля в различные периоды эксплуатации: 1 – 16.03.1988; 2 – 23.03.1989; 3 – 27.02.1992; 4 – 19.03.1993





2. Принципиальная конструкция односторчатого вентиляционного затвора на Байкальском тоннеле: 1 – контактный провод; 2 – полотно затвора; 3 – опорная тележка; 4 – привод

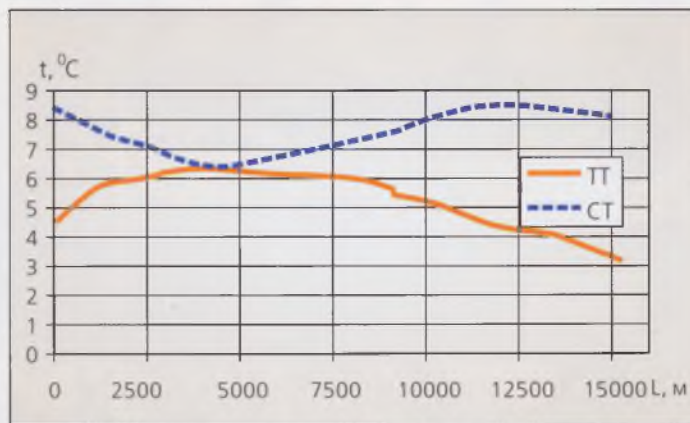


Рис. 3. Распределение температур воздуха по длине выработок Северомуйского тоннеля

я и применяемым техническим решениями они подразделяются на четыре группы:

- первая – реализует принцип уменьшения влияния на процесс образования наледей чистого воздуха, который основан на использовании чисто вентиляционных способов, создающих в тоннеле требуемый температурный режим [а. с. № 1716164]. Применение этой группы целесообразно при малой обводненности тоннеля (дебит воды не превышает 5 л/ч);

- вторая – связана с использованием пассивной тепловой защиты поверхности тоннельных конструкций, по которой движется талая вода, от влияния одного наружного воздуха;

- третья – использует греющие системы различной конструкции (активная тепловая защита). Разработанные новые конструкции систем [а. с. № 1728225], ранее эксплуатируемые в водоотводных лотках, успешно внедрены нами на Байкальском, Нанхчульском, Медногорском и Новороссийском железнодорожных тоннелях;

- четвертая группа – основана на полном или частичном подогреве поступающего в тоннель наружного воздуха, гарантирующем создание в нем положительного теплового режима.

Из-за невозможности полного исключения поступления в тоннель холодного наружного воздуха вследствие влияния поршневых эффектов система поддержания положительного теплового режима должна строиться на «компенсационном принципе» [а. с. № 1090886]. То есть количество подаваемой теплоты в интервале между поездами должно быть не меньше количества холода, вносимого в него транспортными средствами. Для выполнения данного соотношения необходимо выполнить, по крайней мере, два условия. Первое связано с подачей в тоннель после прохождения по нему транспортного средства подогретого воздуха в объеме, достаточном для заполнения участка тоннеля длиной, равной расстоянию, на которое проваляется холодный наружный воздух от поршневого эффекта, к моменту подхода следующего транспортного средства. Второе же условие должно определять величину подогрева наружного воздуха, обеспечивающую за

интервал времени между следующими друг за другом транспортными средствами полную или частичную компенсацию холода, передаваемого ими породам.

На основе вышесформулированных принципов предложен энергосберегающий способ регулирования теплового режима железнодорожных тоннелей, реализуемый с помощью рециркуляционной схемы вентиляции [а. с. № 1627723]. Эффективность предложенного способа была подтверждена результатами почти десятилетнего опыта его испытаний на Байкальском тоннеле (рис. 1).

На характер распределения температур воздуха и бетонной отделки оказали влияние режимы работы калориферов у порталов тоннеля, которые определялись их мощностью и порядком включения в работу рециркуляционных контуров у восточного (западного) порталов при соответствующем направлении действия естественной тяги. При штатных режимах работы системы подогрева наружного воздуха его температура практически по всей длине тоннеля (за исключением областей вблизи порталов) имеет положительное значение (кривые 2, 3). Однако в случае нарушения работоспособности системы температура воздуха достаточно быстро принимает отрицательное значение с минимальной величиной вблизи западного портала (кривая 4), а ее распределение по длине тоннеля практически не отличается от распределения при нерегулируемом тепловом режиме (кривая 1). В отличие от температуры воздуха температура отделки тоннеля гораздо меньше подвержена периодическим нарушениям работоспособности системы регулирования теплового режима. Так, начиная с 1989 г. (начало функционирования системы регулирования с подогревом воздуха), температура отделки практически по всей длине тоннеля имеет положительное значение.

Снижение энергетических затрат на подогрев холодного наружного воздуха связано с ограничением его поступления в тоннель за счет естественной тяги и поршневого эффекта воздуха. Наиболее результативным техническим решением при этом следует считать установку вентиляционных затворов. При участии сотрудников института «Ленметрогипротранс» предложены ориги-

нальные конструкции вентиляционных затворов, которые были смонтированы на Байкальском и Северомуйском тоннелях [пат. № 20113559, 20229872]. Опытные испытания вентиляционных ворот на Байкальском тоннеле (рис. 2) показали, что расход воздуха в нем может быть снижен на 70 %.

В свою очередь, установка вентиляционных ворот на порталах Северомуйского тоннеля позволила гарантировать положительный тепловой режим в транспортном (ТТ) и сервисном (СТ) тоннелях при минимальных энергетических затратах на подогрев воздуха (рис. 3).

Положительные результаты испытаний рециркуляционных схем вентиляции с подогревом воздуха на Байкальском и Северомуйском тоннелях дали основание для разработки рекомендаций по использованию этих схем на других железнодорожных тоннелях России.

Повышение уровня безопасности движения в ряде случаев может быть достигнуто в результате обеспечения заданной влажности воздуха. Например, при эксплуатации Лысогорского тоннеля, где вследствие влияния атмосферного воздуха, имеющего высокую влажность, и интенсивных влагообменных процессов влажность воздуха в тоннеле повышается практически до 100 %, что приводит к конденсации влаги на поверхности отделки. Следствием этого является появление тумана, коррозии тоннельных конструкций и нарушения работы системы СЦБ. Выполненные оценки показали, что отмеченные негативные последствия могут быть минимизированы при условии обеспечения конечного значения относительной влажности воздуха 90 % и её приращения по длине тоннеля в пределах 5–10 %. Обоснованные параметры влажностного режима дали возможность специалистам института «Ленметрогипротранс» рассчитать необходимое для проветривания тоннеля количество воздуха и выбрать рациональные режимы его вентиляции.

Таким образом, имеющийся в институте «Ленметрогипротранс» опыт управления тепловым режимом позволяет при проектировании новых транспортных тоннелей и реконструкции действующих не только обеспечить возможность повышения безопасности движения, но и снизить эксплуатационные расходы.



ДИСКИ, РЕЗЦЫ И ОСНАСТКА  
РЕЖУЩИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ ТПК  
РЕЖУЩИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ МИКРОТОННЕЛЬНЫХ МАШИН  
ЗАМЕНЯЕМЫЕ РЕЖУЩИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ БУРОШНЕКОВЫХ МАШИН  
ТОННЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ЗАЩИТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ  
ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ  
СИСТЕМЫ ПРОДАВЛИВАНИЯ ТРУБ

Представительство в России ПАЛМИЕРИ СПА ООО «Торговый Дом «Развитие»  
192007 Россия Санкт-Петербург ул. Днепропетровская, 14  
Тел.: (812) 909-81-29 Тел./Факс: (812) 766-47-58 e-mail: tdrazvitie@mail.ru

## ССТ специальная строительная техника

ПРОДАЕТСЯ специальное строительное оборудование:

**Буровые установки:**

Raptor TWS 1400 (2002) 199 000 Евро

IPC Drill 830 L (2006) 283 000 Евро

IPC Drill 830 BV (2005) 199 000 Евро

**Цементировочные насосы**

высокого давления:

Tecniwell TW 400/S (2002) 177 000 Евро

Tecniwell TW 351 (2003) 191 000 Евро

Tecniwell TW 352 (2006) 250 000 Евро

**Миксерные станции:**

Tecniwell TWM 20 (2003) 86 000 Евро

Coughi LL 500 A (1999) 38 000 Евро

**Иньекционный комплекс**

IPC GI ET 4 (2006) 54 000 Евро

**Малогабаритные буровые станки**

СБГ2, СБГ ПМ2 "Стерх"

**Буровые насосы** НБ1, НБ3

**Растворосмесители**

PM750, PM1500, CO46B

Тел./факс: (342) 219-61-03, 219-63-61, 293-14-05 www.cct.perm.ru e-mail: cct@perm.ru

www.novtehstroy.ru

www.novtehstroy.ru

**БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ  
БЕЗУСАДОЧНЫЕ  
СУХИЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ,  
ГЕРМЕТИКИ, ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ,  
АНТИКОРЫ**

**НОВТЕХСТРОЙ**

тел./факс: (495) 933-27-54, 937-65-68  
info@novtehstroy.ru  
www.novtehstroy.ru

# WIRTH

**NFM**  
TECHNOLOGIES  
WIRTH GROUP

## ТПК для всех типов грунтов

**ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГРУНТОПРИГРУЗОМ.  
ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГИДРОПРИГРУЗОМ.  
У НАС ЕСТЬ ВСЕ!**

Крупнейший в мире тоннелепроходческий комплекс с гидротонновым пригрузом диаметром 14,87 м и массой 100 т успешно завершил проходку тоннеля длиной 7,5 км под голландским массивом Грене Харт за 20 месяцев. Наилучшая скорость проходки – 500 м в месяц.



Штаб-квартира в Эр-келенце, Германия (200 тыс. м<sup>2</sup>)



Завод НФМ в Ле Крезе, Франция (38 тыс. м<sup>2</sup>)



Метро в Барселоне. Самый большой ТПК в мире с двумя способами проходки, как с открытым забоем, так и с гидротонновым пригрузом. Диаметр – 12 м.



Завершение проходки ж/д тоннеля под Ла Маншем длиной 2x4,7 км. Применялись два ТПК диаметром 8,16 м. Лучшая скорость проходки – 930 м в месяц.



Успешное завершение проекта Вал Виола, Италия. Длина тоннеля 18 км. Применялся телескопический ТПК диаметром 3,6 м. Среднемесячная скорость проходки – 1000 м.

Wirth Maschinen – und Bohrgerate-Fabrik GmbH

Генеральный представитель в России М. М. Орданский:  
тел.: (495) 998-82-22, тел/факс: (495) 252-19-48, e-mail: polinordan@mail.ru



**ВСЕГДА**

**НА ШАГ ВПЕРЕДИ**

Проект – Крольский тоннель, Россия: машина сконструирована досрочно



**LOVAT Inc.**

*Ловат Инк. представлен в России*

«Интерторг Инк.»: 123056, Москва, Грузинский пер., 3, оф. 63  
тел.: (495) 250-0367, 254-2008, 254-6924, 254-3162  
факс: (495) 253-9771

