

Система геодинамической безопасности при эксплуатации транспортных тоннелей для реализации стратегических транспортных проектов России



Михаил ЛЕБЕДЕВ,
заместитель генерального
директора по
НИР ОАО НИПИ
«Ленметрогипротранс»,
к.т.н.

Вопросы по обеспечению безопасности при эксплуатации транспортных артерий актуальны во все времена. На виду всегда находятся задачи по обеспечению безопасности движения транспортных средств, водителей, пассажиров и пешеходов и связанные с этим состояние дорог, наличие разделительных полос, мест организованных пешеходных переходов. При этом в тени остаются вопросы, связанные с техническим состоянием искусственных инженерных сооружений, к которым относятся, в том числе и тоннели, – автодорожные и железнодорожные.

В тоннелях опять же присутствуют инженерные системы для обеспечения безопасности движения транспортных средств, но не менее важным фактором является техническое состояние несущих конструкций, – обделки тоннеля, от которого зависит в целом функционирование транспортного сооружения.

В настоящее время оценка технического состояния транспортных тоннелей осуществляется на основании инструкций и методических рекомендаций. Так, например, для автодорожных тоннелей такие работы выполняются на основании работы [1]. Состав работ по надзору включает визуальные осмотры и геодезическо-маркшейдерские наблюдения состояния конструкций автодорожных тоннелей с заданной периодичностью. Для железнодорожных тоннелей такие работы выполняются на основании инструкции [2], в соответствии с которой выполняются визуальные осмотры с заданной периодичностью. Контрольная нивелировка выполняется один раз в 5 лет.

К сожалению, при таком подходе, невозможно дать своевременную оценку технического состояния несущих конструкций, а тем более его прогнозировать, в силу наличия косвенных факторов, способствующих искажению реальной оценки результатов визуальных осмотров. Как, например – неверная оценка значимости выявленных нарушений, формальный подход к выполнению рутинных задач, возможность доступа при наличии противопожарных конструкций

(сплошных экранов по всей длине тоннеля, рис. 1), возможность визуального контроля на значительном расстоянии (размеры поперечного сечения, освещенность), наличие специалиста в области «работы» подземных сооружений (геотехника или геомеханика).

В случае обнаружения дефекта на внутренней поверхности обделки такой контроль не сможет сказать о причинно-следственных связях их возникновения. А это очень важный момент, поскольку если для одной категории нарушений их достаточно затереть ремонтным составом, то в других случаях это может означать необходимость разработки мероприятий по реконструкции сооружения, его усилению. Отсутствие своевременной правильной трактовки в изменении технического состояния сооружения, в последующем может отразиться в кратном увеличении затрат на приведение тоннеля в достаточное для эксплуатации техническое состояние.

Ключевым фактором при оценке технического состояния обделки тоннелей и соответственно безопасной эксплуатации является знание фактических параметров напряженно-деформированного состояния

несущих конструкций и вмещающего массива. Это осуществляется путем размещения в обделках специальной контрольно-измерительной аппаратуры.

Инновационной можно считать систему геодинамической безопасности на период эксплуатации, разработанной и реализованной при строительстве тоннелей совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис». Эта система собирает и обрабатывает информацию одновременно с девяти транспортных тоннелей – автодорожные тоннели № 1, 2 и 3 и железнодорожные тоннели № 1–6 общей протяженностью подземных выработок около 32,5 км (рис. 2).

Вся контрольно-измерительная аппаратура, размещенная в обделках «Олимпийских» тоннелей подключена к автоматизированной системе геодинамической безопасности, позволяющей контролировать напряженно-деформированное состояние обделки при эксплуатации в режиме реального времени.

Информация с контрольно-измерительной аппаратуры 9 (девяти) тоннелей в режиме реального вре-

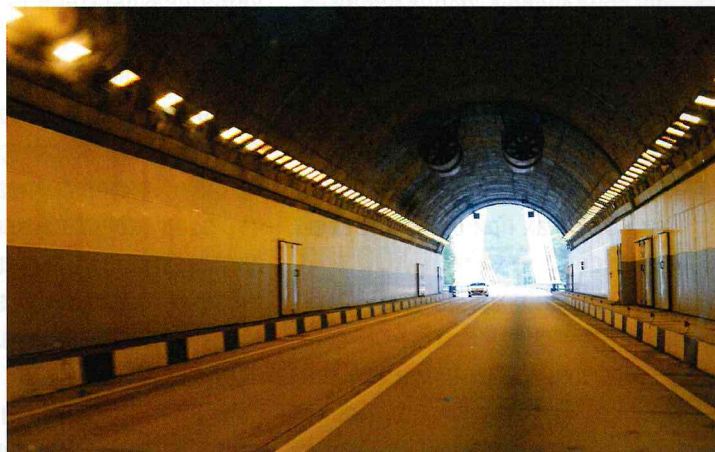


Рис. 1. Автодорожные тоннели на участке Адлер – Альпика-сервис: тоннель №1 слева и тоннель №2

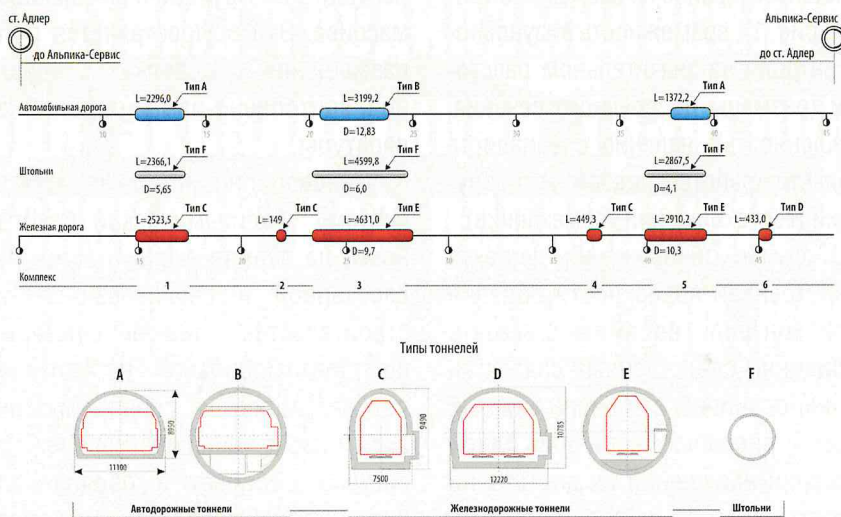


Рис. 2. Схема транспортных тоннелей на участке Адлер – Альпика-сервис

мени поступает на серверы мониторинга в здание диспетчерской по автомобильной дороге и в здание диспетчерской по железной дороге. После обработки поступающих данных информация визуализируется на отдельном АРМе, расположенном на столе перед диспетчером, осуществляющего контроль всех автоматизированных систем безопасной эксплуатации тоннелей.

Эта система включает в себя следующие подсистемы:

- контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) обделок – определение величин нормальных тангенциальных напряжений в обделке и их сопоставление с расчетными величинами и прочностными характеристиками материала обделки. Датчики были размещены в обделке при ее возведении, а в сборных обделках при ее изготовлении на заводе;

- оценка напряженно-деформированного состояния системы «обделка – массив» методом ЕЗМИ – регистрация вариаций излучения электромагнитных полей с целью контроля развития геодинамических

процессов во времени в зонах разупрочнений;

- сейсмомониторинг – позволяет фиксировать амплитудно-частотные характеристики сейсмособытий в различных частотных диапазонах – от 0 до 6000 Гц (природного и техногенного характера). Ускорения смещений, измеряемые трехкомпонентными акселерометрами, позволяют определить дополнительные величины напряжений в обделке в моменты сейсмособытий и суммировать их с показаниями датчиков НДС обделки. В моменты сейсмособытий на АРМ диспетчера выводятся результаты в баллах по шкале MSK-64.

Главной миссией функционирования системы геодинамической безопасности является заблаговременное информирование владельца сооружений (эксплуатирующей организации) об актуальных и прогнозных угрозах безопасной эксплуатации для тоннелей и раннее предупреждение чрезвычайных (аварийных) ситуаций, связанных с изменением геодинамической и гидрогеологической ситуации во

вмещающем массиве. Это дает возможность заранее разработать мероприятия по приведению сооружений в безопасное состояние.

Полученные на сегодняшний день результаты позволяют отметить, что усилия в обделке через девять лет (семь лет эксплуатации тоннеля) значительно увеличились по сравнению с величинами усилий, которые сформировались через один год после ее возведения. Среди причин такого изменения – перераспределение напряженного состояния между крепью и обделкой, вибродинамическое влияние движения поездов на работу системы «обделка – крепь – вмещающий массив». Но самое главное, что система мониторинга позволяет знать о таких изменениях и прогнозировать изменение напряженно-деформированного состояния конструкций.

До 2030 года в России должны быть реализованы два национальных проекта: «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и «Железнодорожный транспорт и транзит». По информации Минтранса РФ второй нацпроект в рамках Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры будет разбит на три Федеральных проекта.

Под «призмой» законодательной базы РФ, в частности, «ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОДЕКС РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ» от 29.12.2004 № 190-ФЗ и Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», система геодинамической безопасности при эксплуатации транспортных тоннелей принимает характер обязательного элемента, направленного на обеспечение тех-

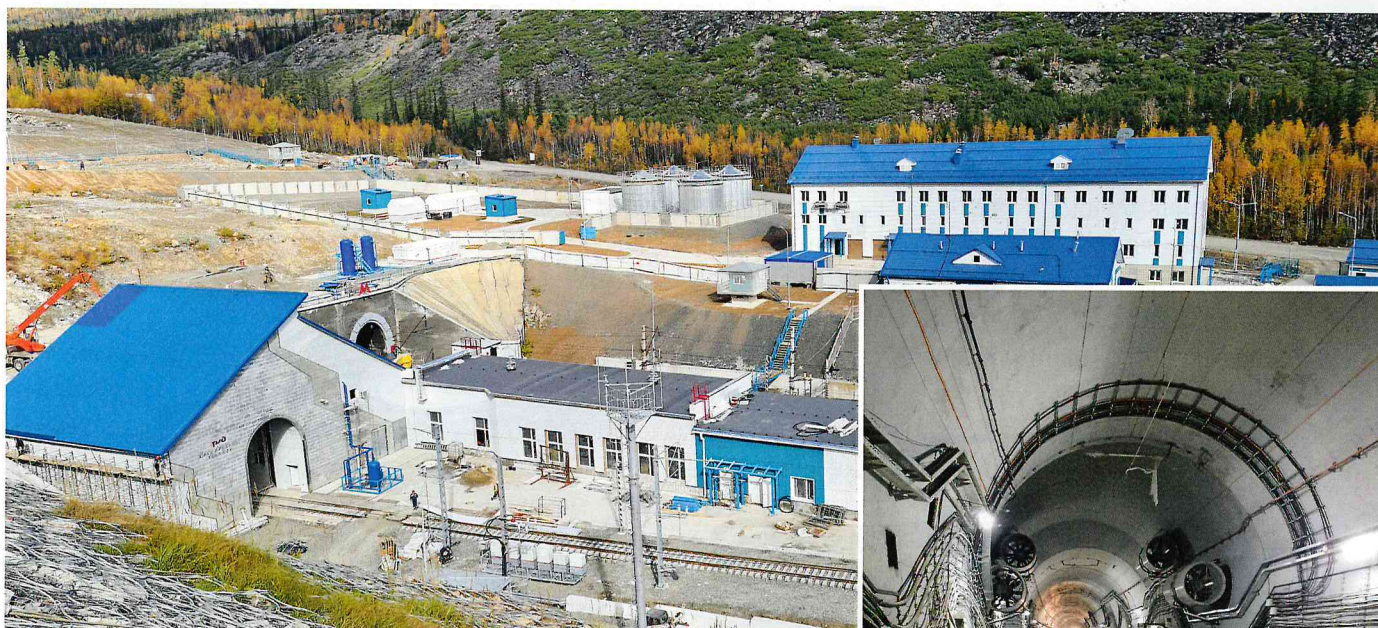


Рис. 3. Байкальский тоннель: диспетчерский пункт на дальнем плане со стороны Восточного портала – слева и сечение тоннеля

ногенной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Учитывая большую роль развития Восточного полигона железных дорог, в который входит самый протяженный и сложный Северомуйский тоннель, анализ работы автоматизированной системы геодинамической безопасности на тоннелях Северного Кавказа является весьма актуальным для реализации такой системы на тоннелях БАМа и Транссиба, а в последующем на всей территории РФ.

Уже при проектировании Байкальского тоннеля в 2014 году в состав сводных Технических условий, согласованных с Департаментом капитального строительства ОАО «РЖД», вошел раздел «Автоматизированные системы (АСУ ТП, система геодинамической безопасности)». Сервера этих систем размещаются в Иркутске в здании ИВЦ, в диспетчерском пункте ПЧ-24 в г.Северобайкальск и резервном диспетчерском пункте в здании на Восточном портале тоннеля.

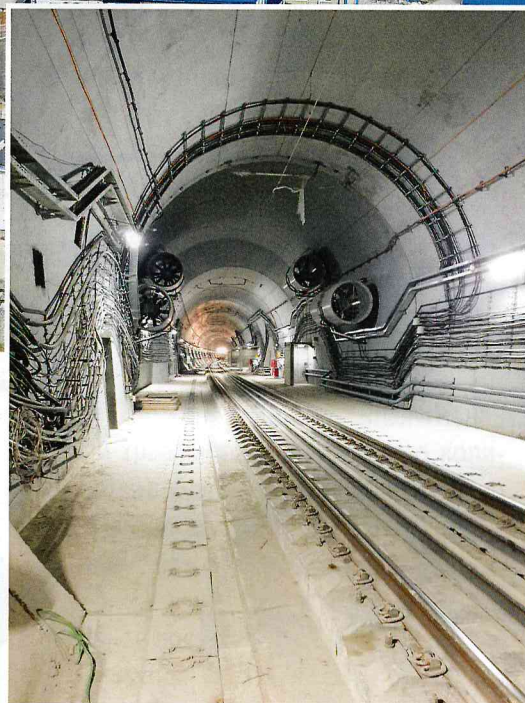
Этими Техническими условиями предусматривается возможность

последующей интеграции системы геодинамической безопасности с аналогичными системами Мысовых, Коршуновских и Обходных Северомуйских тоннелей.

В 2020 году строительство Байкальского тоннеля было закончено (рис. 3). Автоматизированные системы, в том числе система геодинамической безопасности, принимаются в эксплуатацию в 2021 году.

Реализованная современная автоматизированная система геодинамической безопасности имеет практическую и научную ценность, среди которых возможность прогноза технического состояния обделки, оценка воздействия на несущие конструкции сейсмических событий природного и техногенного характера, получение новых научных результатов по взаимодействию несущих конструкций подземных сооружений с вмещающим массивом в условиях эксплуатации.

Для безопасной эксплуатации транспортных тоннелей и прогноза



состояния системы «обделка – вмещающий массив» является целесообразным создание аналитического центра по обработке и анализу базы данных систем геодинамической безопасности и геотехнического мониторинга, выполняемого на эксплуатируемых транспортных тоннелях, с целью усовершенствования и оптимизации методологических и технических средств, а также обеспечения безопасной эксплуатации тоннелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДМ 218.3.003-2010 «Методические рекомендации по содержанию автотрассовых тоннелей».
2. Инструкция по содержанию искусственных сооружений, утверждённая МПС РФ № ЦП-628 от 28.12.1998.