

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЛАДИВОСТОКСКОГО ТОННЕЛЯ (ТОННЕЛЬ ИМ. ТОВ. СТАЛИНА) ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ – НОВЫЙ ПОДХОД К РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

М. Ю. Беленький, Г. П. Перервенко, Д. Н. Чумаченко, И. В. Александров, Ю. Е. Прокаев, М. И. Анциферов,  
АО «Московский метрострой»

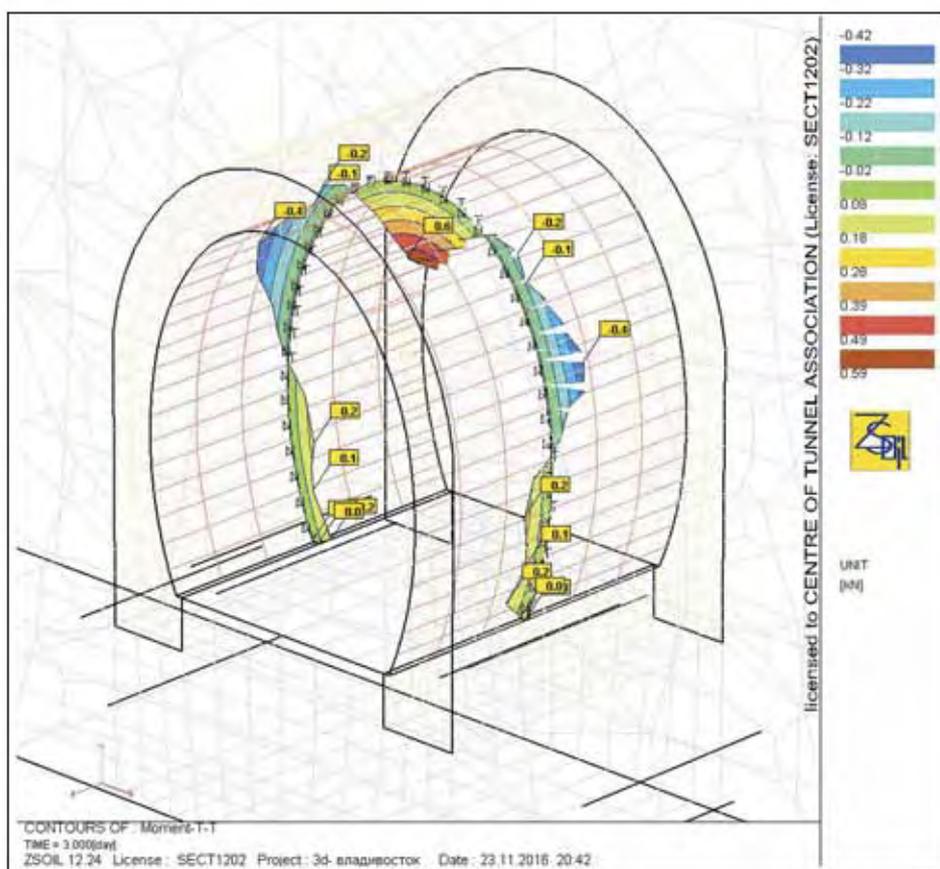


**В**ладивостокский железнодорожный тоннель расположен в пределах г. Владивостока Приморского края. Тоннель длиной 1380 м, однопутный, с сервисной дренажной штольней, введен в эксплуатацию в 1935 г. Над ним располагается плотная городская застройка и городские коммуникации.

Проведенные в начале 2000-х гг. обследования выявили неудовлетворительное техническое состояние тоннеля, что привело к значительному снижению эксплуатационной надежности сооружения с ростом затрат на его содержание. Это, в свою очередь, потребовало выполнения мероприятий по устранению имеющихся дефектов и причин их возникновения.

Основные дефекты, препятствующие нормальной эксплуатации тоннеля:

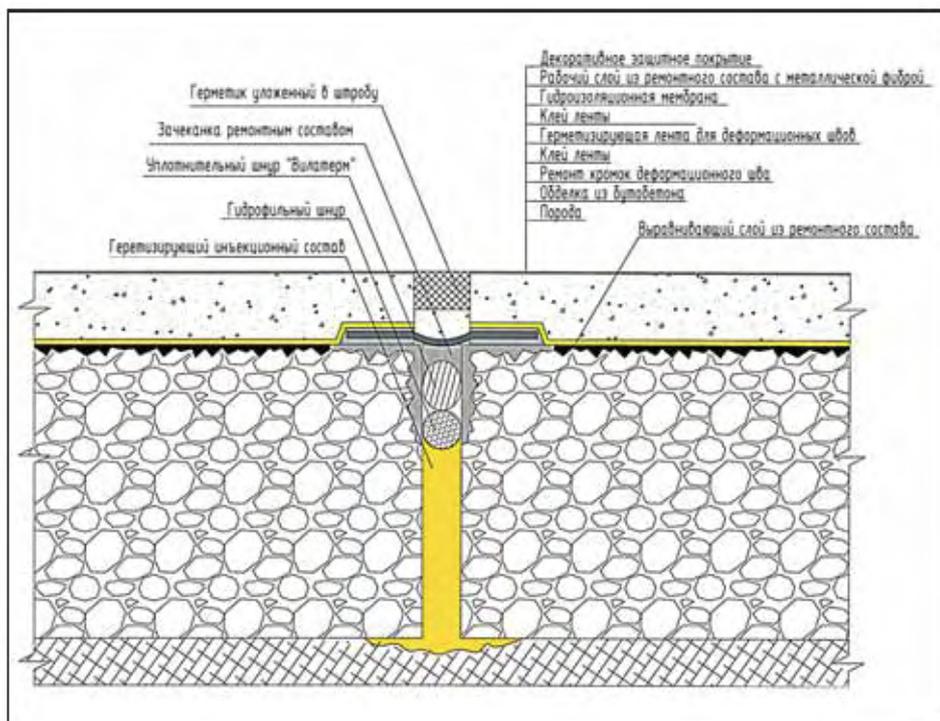




- снижение несущей способности обделки тоннеля и ее водонепроницаемости;
- разрушение швов между кольцами обделки, через которые идет активный водоприток в тоннель, а также происходят вывалы породы;
- частичные разрушения существующей обделки по длине тоннеля;
- неэффективная работа дренажных и водоотводных устройств;
- наличие негабаритных мест обделки;

- значительное образование в зимний период наледей на обделке тоннеля (за зимний период из тоннеля вырубается и вывозится в среднем 1800 м<sup>3</sup> льда).

Первоначальный проект реконструкции Владивостокского тоннеля предусматривал полное его закрытие на период выполнения работ, с переключением движения поездов в обход тоннеля в центральную часть города в районе Корабельной набережной и набережной им. Цесаревича и перепроходку тон-



неля традиционными способами. Данный проект не был согласован администрацией Приморского края из-за его высокой стоимости и больших организационных сложностей по устройству обхода тоннеля на период его реконструкции.

Основным условием было не прекращать эксплуатацию тоннеля на время проведения строительных работ, так как он выполняет важные транспортные функции по обслуживанию морского порта и городской инфраструктуры.

Получив отказ от администрации Приморского края на полное закрытие тоннеля на период его реконструкции, заказчик (Российские железные дороги) обратился в АО «Мосметрострой» с просьбой предложить альтернативные варианты приведения тоннеля в нормативное состояние с учетом следующих условий: обеспечить эксплуатацию тоннеля во время выполнения строительных работ, сохранить существующий габарит тоннеля, снизить стоимость и сроки работ по отношению к первоначальному проекту.

После проведения инженерного анализа фактического состояния тоннеля, специалистами Мосметростроя был предложен комплекс современных технологий и разработан проект, предусматривающий создание многослойной конструкции постоянной обделки тоннеля, в котором удалось применить самые передовые разработки, используемые в мировой практике подземного строительства и обеспечить решение поставленной задачи.

Все работы по модернизации тоннеля выполнялись в технологические «окна» без остановки движения поездов.

Для приведения тоннеля в безопасное для эксплуатации состояние было необходимо:

- закрепить грунтовый массив с ликвидацией пустот в заобделочном пространстве;
- остановить деградиционные процессы в существующей обделке тоннеля, которая выполнена из бутобетонной кладки;
- обеспечить подавление активных течей по всей длине тоннеля;
- устранить негабаритные места в обделке тоннеля;
- выполнить срубку штукатурного слоя по всей длине тоннеля для сохранения существующего габарита;
- обеспечить изоляцию стыков (деформационные швы) между полукольцами старой обделки;
- выполнить гидроизоляцию тоннеля, которая отсутствовала в старой конструкции;
- увеличить несущую способность существующей обделки за счет устройства дополнительного несущего слоя;
- обустроить инженерные системы и коммуникации в соответствии с современными требованиями;
- модернизировать верхнее строение пути с устройством бесстыковых рельс;
- привести в нормативное состояние штольню и восстановить работу дренажной



системы за счет бурения новых скважин из штольни и прочистки существующей дренажной системы.

В результате все работы по модернизации Владивостокского тоннеля были выполнены в период с августа 2016 г. по май 2019 г. со значительным сокращением сроков (на 1,5 года) и стоимости работ (в 2 раза) относительно первоначального проекта.

Объект является памятником исторического наследия, поэтому также была проведена реставрация порталов тоннеля с сохранением их исторического облика.

В проекте успешно реализованы следующие современные технологии:

- использованы различные методы и составы для инъектирования как заобделочного пространства, так и в тело старой обделки;
- выполнена гидроизоляция швов старой обделки с применением набухающего полиуретанового профиля;
- выполнена напыляемая гидроизоляция всего тоннеля с двухсторонней адгезией;
- сооружен дополнительный внутренний слой жесткого деформационного материала с использованием полимерной и металлической фибры, наносимого методом мокрого набрызга;
- применены химические анкера, связывающие все слои конструкции обделки и грунтового массива.

Примененные технические решения позволили получить принципиально новую многослойную обделку тоннеля, состоящую из старых и новых конструктивных элементов, с высокими техническими и эксплуата-

ционными характеристиками, в которой все слои включены в работу конструкции.

Для оценки несущей способности обделки тоннеля, с учетом совместной работы вновь сооружаемого рабочего слоя с существующей обделкой ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» выполнило численное моделирование в объемной постановке методом конечных элементов (МКЭ) на базе геотехнической программы Z\_Soil 3D.

В процессе работы были использованы следующие инновационные технологии и материалы:

- для заполнения пустот за обделкой тоннеля и закрепления грунтового массива наряду с нагнетанием цементно-песчаного и цементно-силикатного растворов применялось инъектирование раствора на основе микроцемента MasterRoc MP 650 (BASF);
- для водоподавления активных течей и создания противодиффузионной завесы выполнено инъектирование обделки и заобделочного массива полиуретановыми смолами Аквидур ТС-Н и Аквидур ТТ (НПО СТРИМ);
- для изоляции стыков деформационных швов использовался герметизирующий профиль «Плуг» (НПО СТРИМ), набухающий при контакте с водой на основе гидрофильного полиуретана и герметизирующая лента для деформационных швов MasterSeal 930 (BASF);
- для гидроизоляции тоннеля применены полимерные мембраны, наносимые методом напыления и обладающие двухсторонней адгезией MasterSeal 345 (BASF) и Стрим-флекс Н (НПО СТРИМ);
- для устройства дополнительного рабочего слоя обделки применен специальный со-

став на основе тиксотропной быстротвердеющей сухой растворной смеси, с компенсацией усадки, армированный полимерной и металлической фиброй Ремстрим ТМ10 (НПО СТРИМ). Рабочий слой выполнен методом «мокрого» набрызга по арматурной сетке, связанной с существующей обделкой при помощи химических анкеров.

Комплекс выполненных работ, описанный выше, показал свою эффективность – были обеспечены все необходимые параметры по приведению конструкций тоннеля до нормативного состояния.

Достигнутые положительные результаты дают возможность в дальнейшем распространить эту технологию при модернизации других многочисленных тоннелей, расположенных на огромной сети железных дорог России и за рубежом, многие из которых имеют значительный возраст с момента постройки и также требуют модернизации под современные требования и условия эксплуатации.

Данный проект стал победителем Международного конкурса «Лучший реализованный проект года 2019», проводимым Мировой тоннельной ассоциацией, в номинации «Лучший проект года, включая реновацию с бюджетом до 50 млн евро».

#### Для связи с авторами

Бельский Михаил Юрьевич  
bmy@metrostroy.com  
Перервенко Гордей Павлович  
Чумаченко Денис Николаевич  
Александров Игорь Валентинович  
Прокаев Юрий Егорович  
Анциферов Михаил Иванович

