

ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ КРЫМА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

М. С. Плешко, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС

К. В. Абрамчук, АО «Дороги и Мосты»

И. Ю. Казинцев, Ростовский государственный университет путей сообщения



Республика Крым сегодня обладает достаточно развитой железнодорожной инфраструктурой, которая активно модернизируется. Уникальными объектами в ее составе являются тоннели Крыма, построенные в 1874–1878 гг. и находящиеся в непрерывной эксплуатации более 140 лет. Оценка технического состояния тоннелей показывает, что наиболее массовый характер имеют дефекты, связанные с водопроявлениями через «холодные» швы тоннельной обделки. Причиной этой ситуации является несовершенство применявшихся технологий по гидрозащите тоннелей с помощью дренажных штолен, обеспечивающих только частичное отведение подземных вод.

Мощным импульсом для развития железнодорожной транспортной инфраструктуры республики стало строительство Крымского моста. Для обеспечения подхода к железнодорожному мосту со стороны Керчи в 2017–2019 гг. реализован крупномасштабный проект по строительству тоннеля протяженностью 950 м. Проходка велась горным способом с двух порталов одновременно. Параллельно тоннелю пройдена сервисная штольня. Строительство осуществлялось в сложных инженерно-геологических условиях, характеризующихся высокой сейсмической активностью, наличием зон ослабления в виде трещин и прослоев грунта различного состава и свойств, а также грунтов, склонных к набуханию. Для гидрозащиты тоннеля применена современная система напыляемой гидроизоляции. Построенный тоннель станет важным элементом обновленной транспортной инфраструктуры Крыма.

Железная дорога Крыма соединяет основные его города: Севастополь, Симферополь, Евпаторию, Саки, Феодосию, Керчь, Джанкой, Красноперекопск, Армянск и пересекает весь полуостров. Развернутая длина путей составляет 1309,1 км, эксплуатационная длина – 629 км (однопутных – 503 км, двухпутных – 126 км). Электрифицировано 589 км или 45 % от развернутой длины путей [1].

История становления и развития железных дорог Крыма насчитывает почти 200

лет. Еще в 20-х гг. XIX в. англичане предложили Александру I соединить железнодорожной трассой Феодосию и Москву, первой на то время в царской России. По ряду причин проект отложили, и до открытия в 1840 г. Варшаво-Венской железной дороги единственной в стране была построена в 1836–1837 гг. Царскосельская железная дорога общего пользования с шириной колеи 1829 мм.

Первые же рельсовые пути, появившиеся в Крыму, не имели отношения к пассажир-

ским перевозкам, а предназначались для военных нужд. Они были построены силами британской армии, оккупировавшей Балаклаву во время Крымской войны. Протяженность путей составила около 23 км.

После Крымской войны начали появляться различные проекты строительства железной дороги, способной связать полуостров с Большой землей. Реализовать амбициозные планы удалось лишь в 1878 г., когда московским купцом и промышленником Петром Губониным был

Таблица 1

Обобщенная характеристика тоннелей участка Крымской железной дороги Симферополь – Севастополь

Тоннель	Протяженность, м	Максимальная глубина заложения от шельги свода (грунтовые условия)	Особенности расположения в плане	Продольный профиль
1. Сухарный (рис. 1а)	329,5	30 м (переслаивание глин, песчаников, песков и известняков)	На кривой радиусом 528,24 м	Односкатный с уклоном в сторону ст. Инкерман I (южного портала), уменьшающимся от 19,46 (северный портал) до 7,57 ‰ (южный портал)
2. Графский (рис. 1б)	115,3	17 м (глинистые грунты, известняки)	На кривой радиусом 426 м	Односкатный с уклоном 9,2 ‰ в сторону ст. Инкерман I (южного портала)
3. Белый (рис. 1в)	451,4	58 м (мергелистые известняки)	На круговой кривой радиусом 424 м с переходной кривой длиной 50 м	Односкатный со средним уклоном 11,4 ‰ в сторону ст. Инкерман I (южного портала), разность отметок между порталами – 5,3 м
4. Цыганский (рис. 1г)	616,0	Около 90 м (меловидные мергели, мергелистые известняки, нуммулитовые известняки)	На сопрягающихся кривых радиусами 344 и 428 м	Односкатный со средним уклоном 11 ‰ в сторону ст. Инкерман I (южного портала)
5. Троицкий (рис. 1д)	300,5	46,5 м (известняки, чередующиеся с прослойками глин, песков)	В начале и в конце на кривых R = 312 м, средняя часть – на прямой вставке L = 210 м	Односкатный со средним уклоном 5,9 ‰ в сторону северного портала
6. Городской (рис. 1е)	227,5	17,5 м (известняки и известковые песчаники)	Со стороны северного портала на прямолинейном участке L = 173 м, далее – до южного портала – на кривой R = 300 м	Односкатный со средним уклоном 12,3 ‰ в сторону ст. Севастополь (южного портала)

построен участок от станции Лозовой (современная Харьковская область) до Севастополя протяженностью 665 км. Самым сложным оказался крымский участок от Севастополя до Мекензиевых гор – здесь было пройдено шесть тоннелей общей длиной около 2 км [2].

Сооружение тоннелей осуществлялось в период с 1874 по 1878 г., и сегодня эти

объекты являются самыми старыми на территории современной России, так как двухпутный Ковенский железнодорожный тоннель расположен на территории современной Литвы.

Все шесть тоннелей пройдены горным способом и первоначально закреплены каменной кладкой из местного известняка. Обделка сводчатой формы без обратного

свода запроектирована по габариту приближения строений 1873 г., соответствующему двухпутному габариту «1С» с междупутьем 3800 мм без учета уширений на кривых. Тоннели неглубокого заложения (17,5–90,0 м от земной поверхности до шельги свода), и имеют односкатный продольный профиль. Обобщенная характеристика тоннелей представлена в табл. 1.

Рис. 1. Порталы тоннелей участка Крымской железной дороги Симферополь – Севастополь



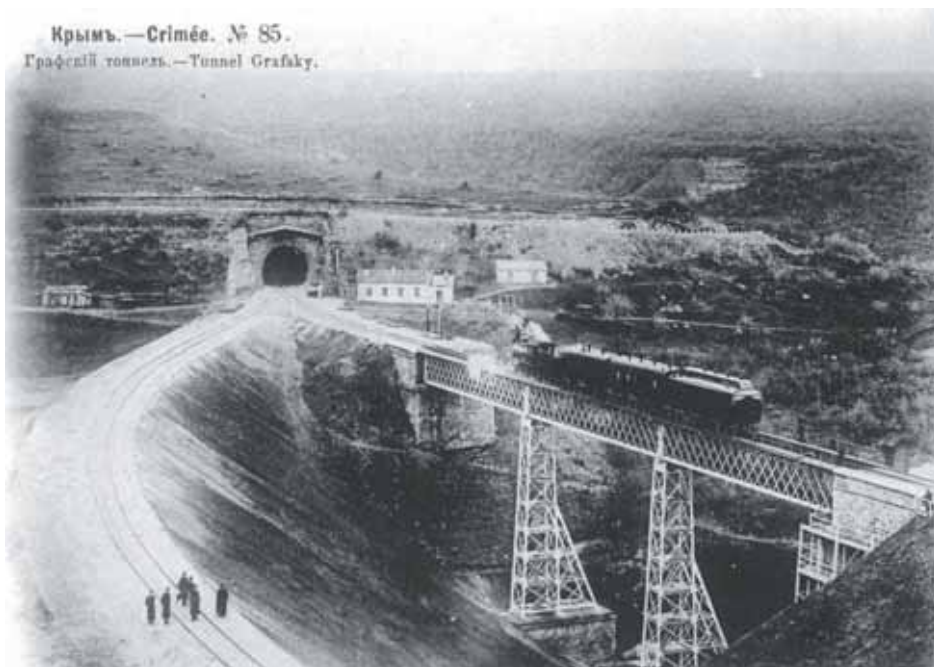


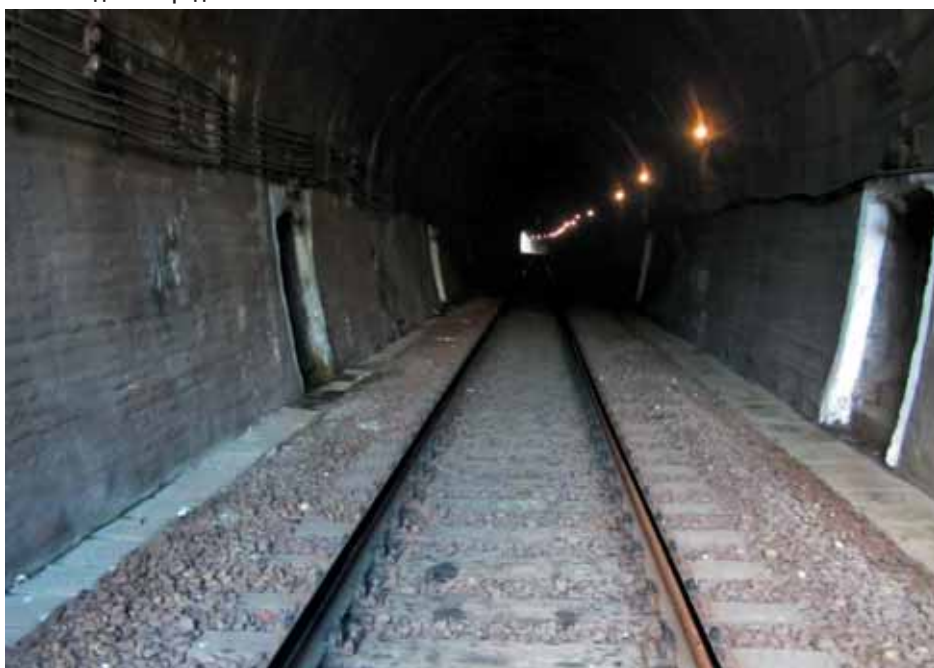
Рис. 2. Устройство насыпи (слева) для подхода к Графскому тоннелю при изменении плана линии пути (архивное фото)

Приведенный перечень составлен по направлению движения от Симферополя к Севастополю. Внешний вид порталов тоннелей представлен на рис. 1.

Тоннели Крыма имеют трудную и богатую на события историю эксплуатации.

В 1928 г. в связи с аварийным состоянием устоев моста через балку Маячная на участке между тоннелями Сухарный и Графский был изменен план линии железной дороги, в результате чего сформирован новый подход к тоннелю со стороны Симферополя, образованный высокой насыпью. По новому плану линии насыпь была отсыпана от старой насыпи с левой стороны на расстоянии 30–40 м, считая по ходу километража (рис. 2).

Рис. 3. Обделка Городского тоннеля



Во время Великой Отечественной войны произведено разрушение подрывами обоих порталов Сухарного тоннеля, северного портала Цыганского тоннеля, а также Троицкого тоннеля в четырех местах. Комплексное восстановление тоннелей осуществлялось в послевоенные годы.

В это же время выполнен капитальный ремонт сводов и порталных стен Графского тоннеля. Порталы были сложены из гранитного камня на цементном растворе, а каменная кладка сводов заменена на монолитный бетонный свод. Каменная кладка стен из инкерманского камня при этом была сохранена и находится в эксплуатации по настоящее время. В дальнейшем был построен железнодорожный мост на высоких

железобетонных опорах через балку Маячная, линия пути была восстановлена, а насыпь частично разобрана в месте прохождения новой автомобильной трассы Симферополь – Севастополь.

Городской железнодорожный тоннель до Великой Отечественной войны эксплуатировался под два пути, в войну один путь был разобран. В июне 1953 г. силами Киевметропроекта был разработан новый проект оздоровления Городского тоннеля, предусматривавший устройство новой несущей железобетонной обделки, покрытой торкретбетоном, по всей протяженности тоннеля (рис. 3). В 1953–1954 гг. проект был успешно реализован.

В 1960 г. выполнен капитальный ремонт обделки Цыганского тоннеля и уложен новый одноколейный путь на деревянных шпалах, а на подходах к нему – на железобетонных.

Активные ремонтные работы в тоннелях осуществлялись и в дальнейшем. Так Южный портал Троицкого тоннеля попадает в зону влияния оползневых процессов, обусловленных особенностями грунтов: известняк имеет прослойки глины и при обводнении наблюдается сползание блоков известняка по глине. Для защиты этого участка тоннеля построены подпорные стенки, сооружены подземные дренажные штольни, а для отвода надтоннельных вод – нагорные каналы.

Новый этап эксплуатации крымских тоннелей начался после вступления республики в состав Российской Федерации в 2014 г. Существенные различия в нормативной базе России и Украины вызвали необходимость проведения комплексного обследования тоннелей, которое было проведено в 2015 г. силами ученых и специалистов Ростовского государственного университета путей сообщения. Его результаты показали, что, несмотря на недостаточное финансирование объектов в украинский период и почтенный возраст тоннелей, сотрудникам ПЧ ИССО ФГУП «Крымская железная дорога» удалось обеспечить в целом работоспособное состояние тоннелей с отдельными аварийными участками.

Статистическая оценка выявленных при обследовании дефектов (табл. 2) показала, что наиболее массовый характер имеют дефекты, связанные с водопроявлениями через «холодные» швы тоннельной обделки.

Основной причиной такой ситуации является несовершенство применявшихся технологий по гидрозащите тоннелей с помощью дренажных штолен, которые обеспечивают только частичное отведение подземных вод от тоннельной обделки [3].

Мощным импульсом для развития железнодорожной транспортной инфраструктуры республики стало строительство Крымского моста. Для обеспечения подхода к железнодорожному мосту со стороны Керчи в 2017–2019 гг. реализован крупномас-

Таблица 2

Сводная оценка дефектов обделки тоннелей Крыма

Описание дефекта	Категория критичности	Удельная доля в общем числе выявленных дефектов, %
Дефекты, снижающие несущую способность		
1. Сквозные трещины в бетоне обделки с признаками ее деформации на длине тоннеля 10 м и более	A	2,7
2. Прочность бетона обделки на 40 % и более ниже проектной	A	13,6
3. Оконтуренный дугообразной трещиной участок возможного вывала с выдвиганием бетона внутрь тоннеля на 10 мм и более)	B	0,8
4. Выдавливание внутрь тоннеля кладки обделки с возможностью вывала	B	0,1
5. Деформация обратного свода на участке тоннеля, локальные разрушения	B	3,5
6. Косые и дугообразные трещины, увеличивающиеся в размерах	C	0,9
7. Вывал бетона несквозной с образованием полости в пределах толщины обделки	C	11,1
8. Внутренние неоднородности в бетоне обделки размером не менее 0,5 толщины обделки	C	6,8
9. Отклонения фактической толщины обделки от проектной на 10 % и более	C	2,4
10. Поперечные трещины в холодных и деформационных швах, раскрытием более 0,2 мм, в том числе увеличивающиеся, при наличии обводнения	D	18,7
11. Деструктивный бетон обделки – размороженный или выщелоченный, разбирающийся вручную, глубиной более 20 мм	D	5,8
12. Отслоение покрытий бетона обделки или выработки (торкрет, набрызг-бетон)	D	4
13. Раковины и каверны на поверхности обделки глубиной более 20 мм	D	29,6
Дефекты, связанные с водопровращениями		
1. Течи с выносом грунта из-за обделки	B	4,8
2. Течи, с возможностью попадания воды на тоннельные коммуникации	B	16,1
3. Участки сырости и отдельного капежа	D	79,1

Рис. 4. Новый железнодорожный тоннель на 66 км железнодорожного подхода к транспортному переходу через Керченский пролив



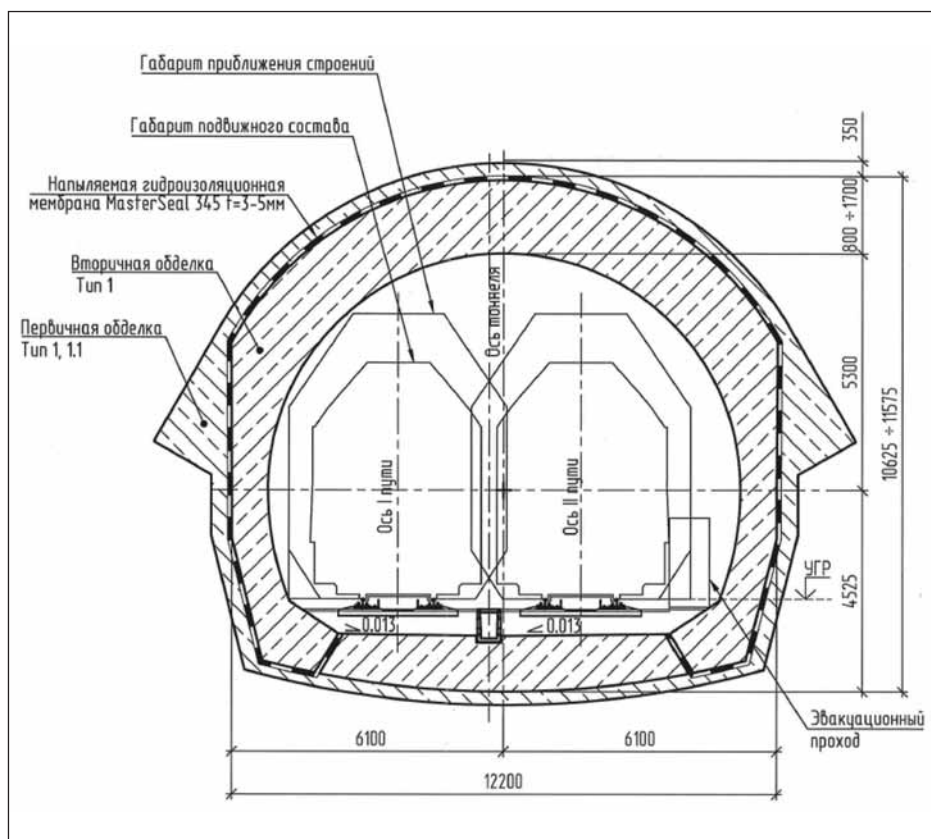


Рис. 5. Сечение железнодорожного тоннеля на 66 км железнодорожного подхода к транспортному переходу через Керченский пролив

штабный проект по сооружению двухпутного тоннеля протяженностью 950 м (рис. 4). Строительство новых железнодорожных тоннелей такой протяженности не велось в России со времен зимней Олимпиады в г. Сочи 2014 г.

Условия строительства были весьма сложными и характеризовались высокой сейсмической активностью, наличием зон ослабления в виде трещин и прослоев грунта различного состава и свойств, а также грунтов, склонных к набуханию.

Организационно-технологическая схема работ предусматривала строительство тоннеля горным способом одновременно с двух порталов с применением комбайнов избирательного действия Sandvik MT-360. Для безопасного раскрытия сечения двухпутного тоннеля в сложных инженерно-геологических условиях принят метод нижнего уступа.

Проходка калотты осуществлялась под защитой опережающего экрана из труб заходками по 1 м. В качестве временной крепи использована комбинированная конструкция из арматурных рам, рам из двутавровых балок, межрамного армирования и набрызг-бетонного покрытия. Ядро штроссы тоннеля проходило заходками по 3 м, далее с отставанием от забоя ядра не менее 9 м в шахматном порядке разрабатывались боковые штроссы. Параллельно тоннелю пройдена сервисная штольня.

Монолитная железобетонная обделка двухпутного тоннеля возводилась 12-метровыми заходками из бетона В30 W8 F150

(рис. 5). Для гидроизоляции использована напыляемая мембрана MasterSeal 345 на основе этиленвинилацетатного полимера. Сооружение рассчитано на сейсмичность 9 баллов.

Высокий профессионализм строителей и применение самых современных технологий позволили сдать объект в запланированные сроки, несмотря на многочисленные трудности. Тоннель станет важным элементом обновленной железнодорожной инфраструктуры Крыма, отвечающей всем мировым стандартам.

Задача ближайшего будущего – обеспечить эффективную загрузку железных дорог республики в условиях действия международных санкций. Для увеличения объема грузоперевозок необходимо развитие транзитного потенциала полуострова за счет наращивания экспорта угля, газа, мазута и других нефтепродуктов через морские порты Крыма. Активно расширяется география пассажирских поездов дальнего следования, курсирующих в Крым и обратно. На правительственном уровне также принято решение о более эффективном использовании железной дороги между Севастополем и Симферополем путем интенсификации пригородного сообщения и запуска аэроэкспресса. Предварительный объем инвестиций оценивается в 8 млрд руб. [4].

С учетом принятых решений в 2020 г. по заданию ФГУП «Крымские железные дороги» начато проектирование объекта «Обход Инкерманского Свято-Климентов-

ского пещерного монастыря (на перегоне Мекензиевы Горы Инкерман II на 1529–1531 км)».

Строительство обходной ветки обусловлено расположением вблизи существующей железнодорожной линии Инкерманского Свято-Климентовского пещерного монастыря, представляющего собой памятник культурно-исторического наследия. Возле монастыря находился водный источник, по преданию открытый чудесным образом святым Климентом для облегчения участи каторжан. Источник пересох в 1970-х годах (возможно, в связи с проводившимися строительными работами), а питающие его подземные воды постепенно затопили карьер по добыче инкерманского камня, находящийся по другую сторону Монастырской скалы.

Трасса обхода запроектирована с кривыми радиусом 350 м и включает два однопутных железнодорожных тоннеля протяженностью 64 и 560 м. Инженерно-геологический разрез по трассе тоннелей представлен преимущественно известняками органического морского происхождения. Проходка тоннелей будет осуществляться способом нижнего уступа с использованием проходческих комбайнов избирательного действия.

Реализация намеченных планов и разрабатываемых проектов должна обеспечить устойчивое развитие Крыма на долгосрочную перспективу.

Ключевые слова

Транспортная инфраструктура, тоннель, проходка, обделка, дефект, работоспособность, долговечность, гидрозащита.

Список литературы

1. Постановление Совета министров Республики Крым от 29.12.2018 № 690 (ред. от 13.11.2019) «Об утверждении Государственной программы Республики Крым «Развитие транспортного комплекса Республики Крым» и признании утратившими силу некоторых постановлений Совета министров Республики Крым».
2. История строительства железной дороги в Крыму. <https://crimeanblog.blogspot.com/2011/07/istoriya-zheleznoy-dorogi.html>. Дата обращения 22.11.2020.
3. Пleshko M. C., Пleshko M. B., Войнов И. В. Оценка технического состояния железнодорожных тоннелей с большим сроком эксплуатации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 1. С. 34–40.
4. Правительство поручило развивать сеть железных дорог в Крыму. Российская газета. <https://rg.ru/2020/07/28/reg-ufo/v-sevastopole-smogut-zapustit-gorodskie-elektrichki.html>. Дата обращения 22.11.2020.

Для связи с автором

Пleshko Михаил Степанович
pleshko.ms@misis.ru

