

УДК 622.831

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРЕПИ С ВМЕЩАЮЩИМ МАССИВОМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНОГО ТОННЕЛЯ ГОРНЫМ СПОСОБОМ С РАСКРЫТИЕМ СЕЧЕНИЯ ПО ЧАСТЯМ

Лебедев М. О., Безродный К. П.
(ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»,
г. Санкт-Петербург, Россия)

Наведені результати формування напружено-деформованого стану системи "масив, що містить кріплення" при будівництві автодорожнього тунелю на дорозі Адлер- "Альпіка-Сервіс".

Results of stress-strain state formation of the "support-enclosing mass" system during road tunnel construction on the Adler- "Alpica Service" highway are presented.

В состав объектов, обеспечивающих проведение зимней олимпиады 2014 года, включена «совмещенная (автомобильная и железная) дорога Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис». Ее строительство начато в 2009 году. По трассе этой дороги расположено 6 тоннельных комплексов [1]. В настоящей работе рассматривается строительство автомобильного туннеля тоннельного комплекса № 5.

Тоннель длиной 1372,17 м (от ПК380+85,1 до ПК394+57,27) сооружается в коренных породах порфиритовой свиты. По трассе туннеля массив представлен авгитовыми порфиритами блочной структуры, аргиллитами и песчаниками с прослоями алевролитов, углисто-глинистыми сланцами. Эти породы дополнительно раздроблены и ослаблены под влиянием большого количества тектонических нарушений и процессов выветривания. Наличие

Обеспечение 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 строительными конструкциями, горным массивом и дневной поверхностью на всех этапах строительства транспортных тоннелей.

Институтом ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» при участии УРАН ИПКОН РАН было разработано «Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей» [2], вошедшее в реестр обязательных нормативных документов Ростехнадзора.

Руководствуясь этим и другими нормативными документами, был разработан проект горно-экологического мониторинга сопровождения строительства и эксплуатации тоннеля.

В составе мониторинга выполняются исследования напряженно-деформированного состояния крепи.

Определение напряженно-деформированного состояния крепи выполнялось двумя способами – измерение напряжений путем установки закладных струнных датчиков и смещений внутреннего контура крепи. Датчиками было оснащено 22 опытных участка строящегося тоннеля (рис. 2).

Раскрытие сечения тоннеля осуществляется делением на уступы. Сначала разрабатывается калоттная часть, показанная на рис. 1, а затем штроссовая часть.

Разработка породы осуществляется проходческим комбайном Mitsui S200. Величина заходки составляет 0,75 – 1,25 м (в зависимости от устойчивости массива) с установкой одной рамы из двутавра № 35. После монтажа рамы по ее внешней стороне укладывается арматурная сетка (ячейка 10×10 мм) с опиранием на предыдущую раму. Наносится набрызгбетон, заполняя расстояние между рамой и контуром выработки. Затем осуществляется монтаж двух арматурных арок квадратного поперечного сечения по всему периметру (рис. 3). В сводовой части, дополнительно в каждой арматурной арке устанавливается два стержня $\varnothing 20$ мм на внутреннем контуре.

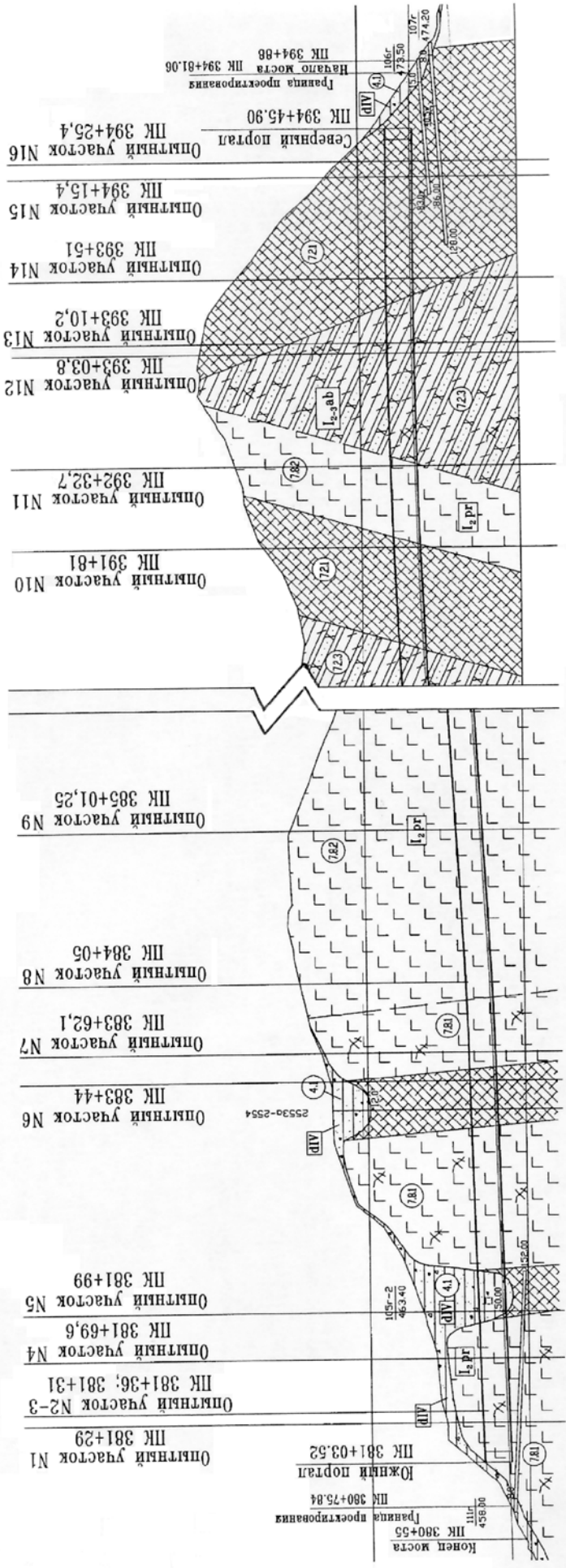


Рис. 2. Размещение опытных участков по трассе тоннеля

Затем набирается опалубка по внутреннему контуру крепи и межрамное пространство заполняется бетоном.

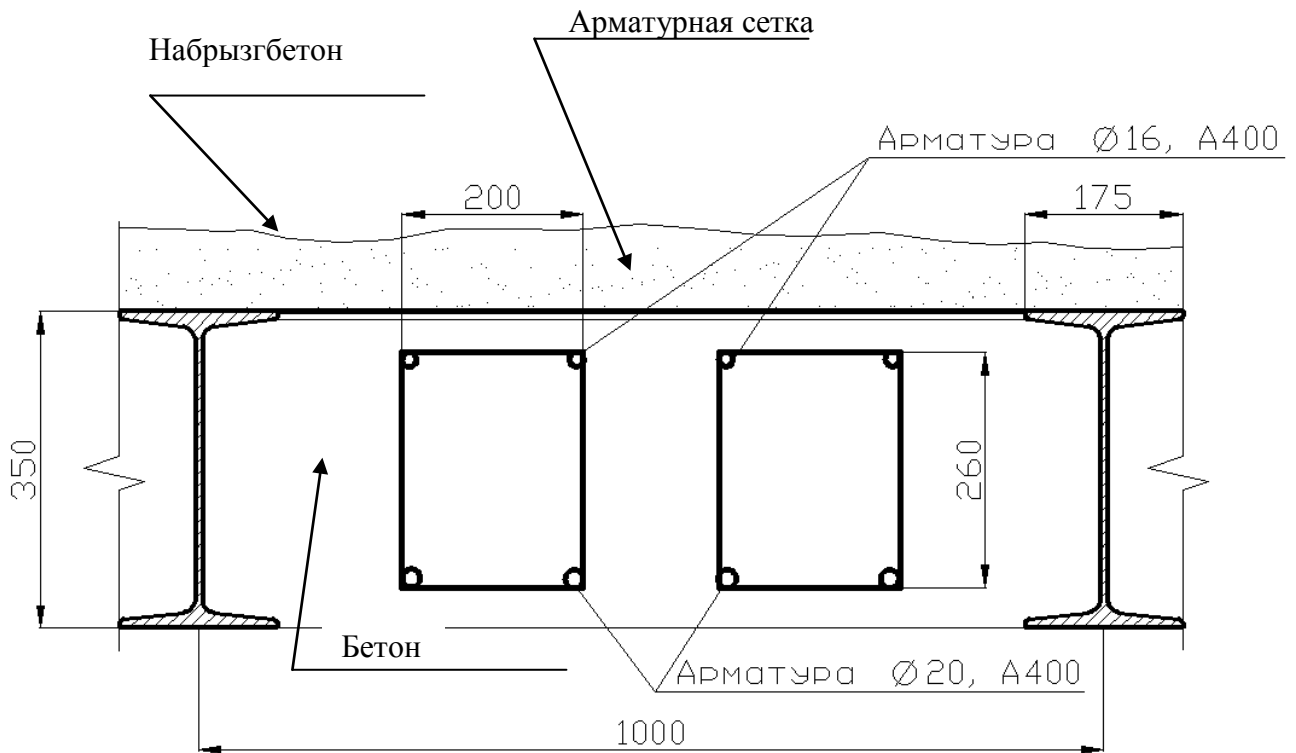


Рис. 3. Конструкция крепи

Разработка штроссовой части осуществляется с большим отставанием от забоя калоттной части – около 400 метров.

При разработке калоттной и штроссовой частей обратному своду придается циркульное очертание и с отставанием от забоя на 3-5 метров осуществляется бетонирование с армированием дорожной сеткой 100×100 мм.

Установка датчиков в крепь и обделку (рис. 4) осуществляется при их возведении. Датчики устанавливаются на внешнем и внутреннем контурах для определения изгибающих моментов.

По результатам измерения относительные деформации в местах установки датчиков пересчитываются в нормальные тангенциальные напряжения. Напряжения вычисляют по специальной методике с учетом загрузки бетона в раннем возрасте и его ползучести. По результатам наблюдений строятся графики нормальных тангенциальных напряжений в бетоне в поперечных сечениях крепи (рис. 5).

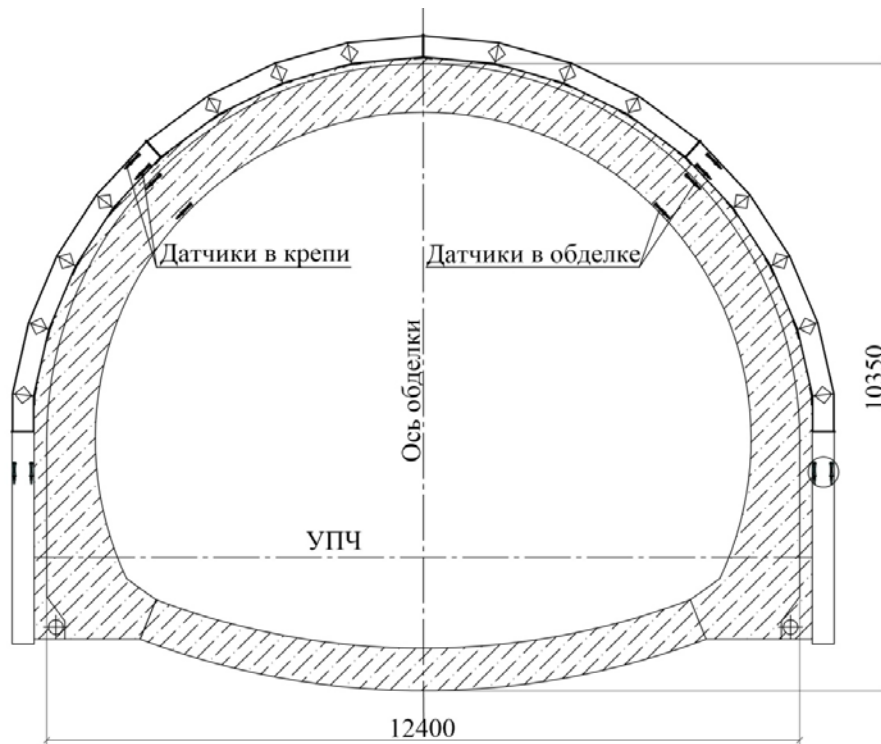


Рис. 4. Расположение датчиков в крепи и обделке тоннеля

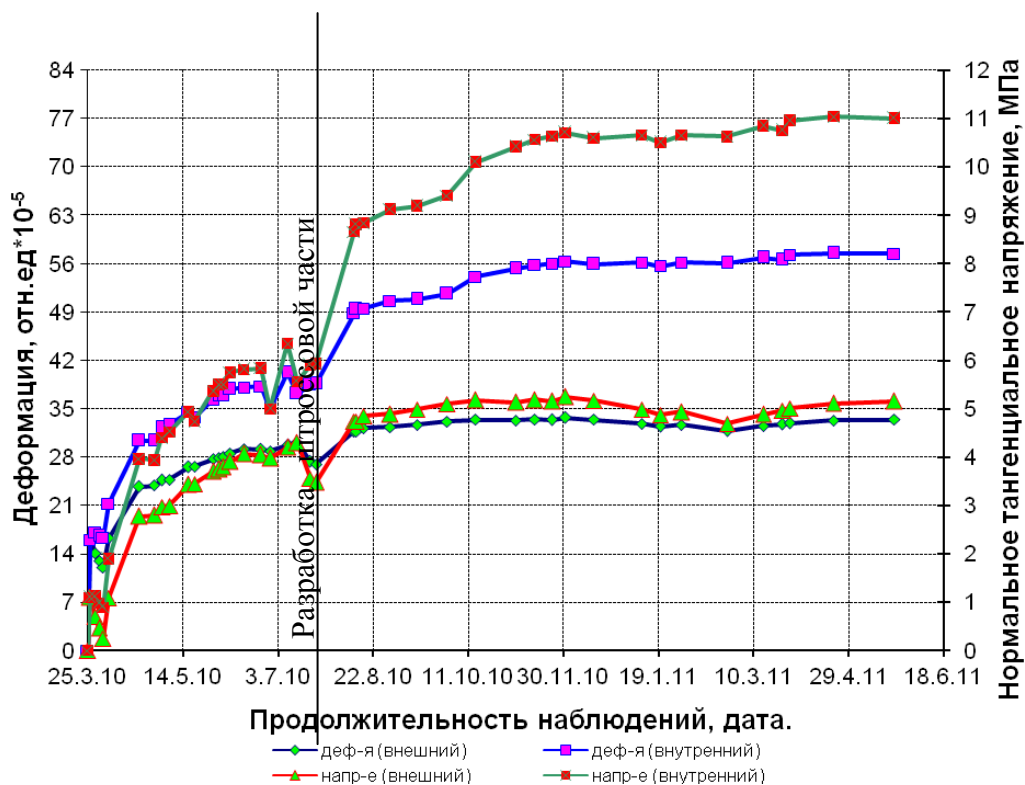


Рис. 5. Характерный график формирования нормальных тангенциальных напряжений в бетоне калоттной части крепи

Изучение формирования напряженно-деформированного состояния крепи 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-трех недель после возведения крепи, имеет большую интенсивность; второй, в течение еще 30-40 дней, характеризуется снижением скорости роста напряжений; третий – установившейся скорости роста; четвертый увеличением напряженного состояния при проходке штроссовой части и пятый – затуханием роста напряженного состояния или установившейся скорости роста (в зависимости от инженерно-геологических условий).

Сжимающие нормальные тангенциальные напряжения в бетоне калоттной части по опытным участкам составили от 3 МПа до 27 МПа, а в штроссовой части от 1 МПа до 11 МПа.

На достаточно протяженном участке тоннеля со стороны северного портала зафиксированы значительные растягивающие напряжения (до 7 МПа) на внутреннем контуре с нагорной стороны. Такое распределение напряжений указывает на существенную величину бокового давления с нагорной стороны при достаточном отпоре с противоположной стороны, что было подтверждено распределением величин деформаций внутреннего контура крепи.

Полученные величины сжимающих нормальных тангенциальных напряжений в конструкциях крепи на всех опытных участках не превышают предела прочности бетона. Но, как показала практика, устойчивость временной крепи нарушалась в виде значительных смещений внутрь тоннеля.

Измерения смещений внутреннего контура крепи выполнялись на пройденных участках тоннеля по пяти точкам калоттной части и 4 точкам штроссовой части при помощи тахеометра, с шагом по трассе тоннеля 5 метров. Наибольшие деформации были зафиксированы при проходке со стороны северного портала (рис. 6). После раскрытия калоттной части деформации на отдельных участках достигали 150-200 мм, а после проходки штроссовой части увеличивались до 350 мм.

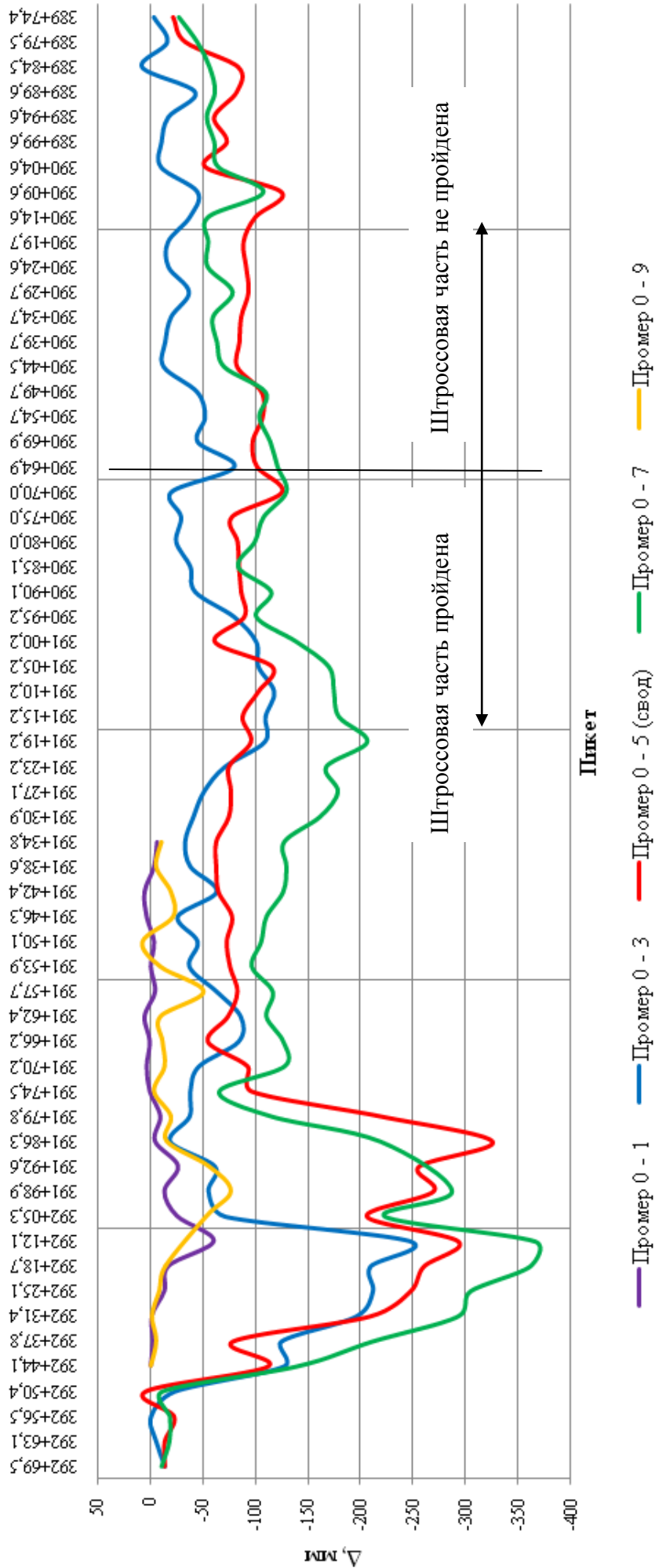


Рис. 6. График смещения внутреннего контура крепи по длине тоннеля

Проведенные исследования формирования напряженно-деформированного состояния системы «крепь - массив» по трассе автомобильного тоннеля позволили получить фактическую картину работы крепи с массивом в различных литологических разностях.

Практика проходки рассматриваемого тоннеля с креплением аркобетоном свидетельствует о значительном влиянии геологического строения массива на устойчивость тоннеля. Особенности геологического строения таковы, что представленный углисто-глинистыми сланцами массив является слоистым и при попадании воды в такой массив происходит снижение сцепления между слоями пород (грунта), что в сочетании с ползучестью грунтов приводит к смещению значительных грунтовых масс и соответственно дополнительной пригрузке временной крепи. Это сказалось на дополнительных смещениях контура, которое потребовало конструктивных изменений крепи в виде дополнительного устройства анкерного крепления боков тоннеля, а на одном из интервалов тоннеля выполнение перекрепления перед возведением постоянной обделки.

Применение спецспособов обеспечило устойчивость призабойной зоны и безопасность собственно проходческих работ, а незначительная устойчивость массива в целом (на отдельных интервалах тоннеля) повлияла на формирование больших величин напряженно-деформированного состояния крепи.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Гридасов В.В., Молчанов В.С. Проектирование тоннелей совмещенной дороги «Адлер - горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» // Метро и Тоннели. 2010. № 4. – С. 20 – 23.
2. Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей / К.П. Безродный, С.Г. Гендлер, Ю.С. Исаев, М.О. Лебедев, М.А. Иофис, А.В. Гришин, Н.А. Милетенко, И.Л. Никифорова. – М.: УРАН ИПКОН РАН, НИПИИ «Ленметрогипротранс», 2009. – 68 с.