

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Анализ эффективности гидроизоляции обделки тоннеля составом Кальматрон (заключительный)



**Новосибирск
2007г.**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по Договору №КМТ-19-07 «Анализ эффективности гидроизоляции обделки
Северомуйского тоннеля составом Кальматрон»

Генеральный директор,
к.т.н.

Руководитель работ,
к.т.н, доцент



В.Г. Трунёв

В.А.Гурский

Новосибирск
2007г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Натурные обследования участков тоннеля с внутренней гидроизоляцией обделки	
материалом проникающего действия кальматрон	5
1.1 Обводнение обделки Северомуйского тоннеля	5
1.2 Натурные исследования физико-механических свойств бетона обделки	6
1.3 Методика измерений прочности бетона и покрытия КАЛЬМАТРОН на сжатие	7
1.4 Методика измерений водонепроницаемости бетона обделки и гидроизолирующего покрытия КАЛЬМАТРОН.	7
1.5 Результаты натурных исследований	7
2 Натуральные обследования обводненности тоннеля в ноябре 2007 г.....	11
Заключение.....	19

ВВЕДЕНИЕ

Северомуйский тоннель Восточно-Сибирской железной дороги принят в постоянную эксплуатацию в декабре 2003 года.

Строительство тоннеля велось в сложных гидрогеологических условиях с поступлением в забой значительных объемов подземных вод. Отдельные выбросы (особенно в районе Ангароканского разлома) достигали катастрофических размеров, сопровождающихся гибелью людей и заполнением выработок на полное сечение. В последний год перед пуском тоннеля в эксплуатацию в отдельных наблюдательных скважинах в районе разлома гидростатическое давление достигало 1,5-1,8 атм, а ближе к порталам – не более 0,5 атм.

Обделка тоннеля подковообразного очертания выполнена из монолитного бетона и железобетона с маркой по водонепроницаемости W6, без гидроизоляции. Для осушения обделки проектом предусмотрено бурение водопонизительных и каптажных скважин из транспортно-дренажной штольни (ТДШ) и камер заобделочного дренажа (КЗД). Обводненность обделки в начале 2003 г. была значительной в виде сплошной сырости, капежа различной интенсивности, а также течей из трещин, холодных и деформационных швов. В этих условиях было принято решение в сочетании с бурением каптажных скважин применить в опытном порядке материалы проникающего действия в качестве активной гидроизоляции по внутренней поверхности обделки.

Целью настоящей научно-исследовательской работы является оценка эффективности гидроизоляционной защиты обделки Северомуйского тоннеля материалом проникающего действия КАЛЬМАТРОН.

Работа выполнена в соответствии с программой исследований по договору №КМТ-19-07 «Анализ эффективности гидроизоляции обделки Северо-Муйского тоннеля составом Кальматрон»

1 НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКОВ ТОННЕЛЯ С ВНУТРЕННЕЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИЕЙ ОБДЕЛКИ МАТЕРИАЛОМ ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ КАЛЬМАТРОН

1.1 Обводнение обделки Северомуйского тоннеля

Горный массив, вмещающий Северомуйский тоннель, представлен трещиноватыми и раздробленными сильно обводненными грунтами, в связи с чем практически на всем протяжении тоннельная обделка сильно обводнена.

По данным тоннелеобследовательской станции (ТОС) ВСЖД водопроявления на тоннельной обделке представлены, в основном, сплошными мокротами, капежом со свода, интенсивным капежом и струйными течами различного дебита из трещин, холодных и деформационных швов. Сезонных изменений водопритоков к тоннелю не наблюдается.

На завершающей стадии строительства Северомуйского тоннеля проводились полномасштабные водопонизительные мероприятия, однако очевидный эффект осушения обделки не достигался. Протяженность первого опытного участка тоннеля, где на поверхность обводненной обделки был нанесен состав КАЛЬМАТРОН, составляла 60 м. Перед нанесением состава КАЛЬМАТРОН свод и стены на этом участке были мокрыми, имелся интенсивный капеж, струйные течи отсутствовали. Практически через две недели стали проявляться сухие пятна на стенах, капеж со свода заметно снизился. Однако в своде стали проявляться пятна конденсата, тяготеющих к местам ранее интенсивного капежа. Далее процесс герметизации обделки прогрессировал и эффект был достигнут. Вместе с этим было отмечено, что нанесение на поверхность обделки слоя КАЛЬМАТРОН не останавливало поступление воды через трещины и холодные швы.

Учитывая полученный опыт, в октябре-ноябре 2001 г. принято решение о герметизации обделки на участке от ПК 24+00 до ПК 32+00 с расшивкой и чеканкой трещин и холодных швов составом КАЛЬМАТРОН. В этот же период произведено лечение участка обделки, где ранее в опытном порядке был применен состав "Акватрон", эффективность которого оказалась очень низкой, особенно в местах интенсивного капежа и сосредоточенных течей. После повторной зачистки обделки в этих местах и нанесения состава КАЛЬМАТРОН эффект осушения был достигнут. После выполненных работ поверхность обделки на этом участке пятнистая. На фоне шероховатой поверхности "Акватрона" выделяются более плотные и ровные участки КАЛЬМАТРОНа. Повторное обследование обводненности участка тоннеля от ПК 24+00 до ПК 32+00 работниками ТОС в марте-апреле 2002 г. показало, что площадь обводненных участков

обделки составляет не более 1-2 %, точечные выходы воды отсутствуют. Влажные пятна были обнаружены лишь на отдельных холодных и деформационных швах.

Вслед за указанным участком в ноябре-декабре 2001 г. состав КАЛЬМАТРОН был нанесен на обделку на ПК 16+00 ... ПК 18+20, где сооружена железобетонная обойма. Обводнение обделки этого участка было представлено множеством струйных течей, интенсивным сплошным капежем и мокрой поверхностью. После нанесения состава КАЛЬМАТРОН уже через месяц водопроявления на этом участке резко сократились, а к середине лета 2002 г. на поверхности обделки остались лишь мокрые пятна и отдельные капежи, где не удалось локализовать интенсивные струйные течи и собрать их в водоотводные трубки. Качественно на указанном участке обводнение снизилось на 80 – 90 %.

Обследование этого участка в период 24 – 26 марта 2003 г. не выявило усиления обводненности. К указанному периоду состав КАЛЬМАТРОН был нанесен на ПК 24+00 ... 32+00; 16+00 ... 18+20; 18+20 ... 24+00; 16+00 ... 10+90; 1+00 ... 0+00; 0+00 ... 2+40; 3+50 ... 7+30; 46+00 ... 38+00.

1.2 Натурные исследования физико-механических свойств бетона обделки

В целях качественной оценки влияния состава КАЛЬМАТРОН на физико-механические свойства бетона НИЛ Тоннели и метрополитены СГУПС совместно с ЗАО "СибЦНИИТС" произведены выборочные испытания прочности и водонепроницаемости покрытия бетона обделки.

Измерения производились в период 24 – 26 марта 2003 г в следующей последовательности. Первоначально измерялась прочность бетона и его водонепроницаемость на участках, не имеющих покрытия составом КАЛЬМАТРОН. Далее все измерения проводились на участках с покрытием КАЛЬМАТРОН. Поверхность покрытия выравнивалась абразивным камнем, металлической щеткой и определялась прочность покрытия. Затем на это же место устанавливался прибор АГАМА-2Р и определялась водонепроницаемость. Далее покрытие срубалось, поверхность зачищалась камнем, и измерялись прочность и водонепроницаемость бетона без покрытия. После выполненных измерений частично вырубался поверхностный слой бетона для определения факта проникновения солей КАЛЬМАТРОНа в тело обделки.

1.3 Методика измерений прочности бетона и покрытия КАЛЬМАТРОН на сжатие

Измерения прочности производились неразрушающим методом при помощи склерометра "ОНИКС-2.4" производства НПП КАРАТ, г. Челябинск. Прибор зарегистрирован в реестре сертификации средств измерения за № 960080003, сертификат соответствия № 0000023 от 24.10.1996 г.

Прибор реализует метод отскока. В месте измерения выполнялась серия не менее десяти ударов, после чего автоматически вычислялось среднее значение прочности и коэффициент вариации. Результаты измерений представлены в разделе.

1.4 Методика измерений водонепроницаемости бетона обделки и гидроизолирующего покрытия КАЛЬМАТРОН.

При измерениях водонепроницаемости использован метод в соответствии с ГОСТ 127.05-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. (Приложение 4) с использованием "Методических рекомендаций по контролю проницаемости бетона в конструкциях и изделиях." ЦНИИС Минтрансстроя СССР, М., 1991 г.

В измерениях применялся рекомендуемый ГОСТом 12730.5-84 серийно выпускаемый прибор АГАМА-2Р (проект 2857 А, ТУ 35-1999-90, зав. № 379) и герметизирующая мастика по ГОСТ 14791-79, для герметизации прибора с измеряемой поверхностью.

Для измерений выбирались участки обделки:

- не подверженные непосредственному воздействию воды;
- поверхности достаточно ровные без видимых трещин с раковинами глубиной до 3 мм и диаметром до 6 мм, выступы до 1 мм.

Марку бетона и состава КАЛЬМАТРОН по водонепроницаемости (W) определяли по таблице 7 ГОСТ 12730.5-84 в соответствии с измеренными значениями сопротивления проникновению воздуха через измеряемую поверхность (m). Результаты измерений приведены в таблице 1.1.

1.5 Результаты натурных исследований

Средняя прочность бетона обделки, не обработанного КАЛЬМАТРОНОм, на обследованных участках составляет не менее 45 МПа, а водонепроницаемость не ниже W6.

Прочность на сжатие защитного покрытия КАЛЬМАТРОН в натуральных условиях в возрасте от двух месяцев и старше установлены в среднем от 27,4 до 39,8 МПа с коэффициентом вариации не более $v_{\max} = 15,8 \%$. Водонепроницаемость защитного покрытия КАЛЬМАТРОН установлена не ниже W 8 ... W 10. Полученные значения прочности и водонепроницаемости состава КАЛЬМАТРОН соответствуют показателям, указанным в ТУ 5745-001-47517383-00 "Кальматрон – состав цементный защитный проникающего действия".

Особо следует отметить результаты замеров водонепроницаемости бетона после снятия покрытия КАЛЬМАТРОН. Во всех случаях, где наносился КАЛЬМАТРОН, водонепроницаемость бетона выросла – минимум на две ступени без существенного нарастания прочности. В некоторых случаях при невысокой водонепроницаемости самого КАЛЬМАТРОНа $\leq W8$ водонепроницаемость бетона, покрытого им, была выше, что указывает на проникающее действие химически активной части состава КАЛЬМАТРОН в бетон отделки. Вскрытие поверхностного слоя бетона на этих участках подтвердило наличие в теле отделки кристаллов солей КАЛЬМАТРОНа, проросших в поры и микротрещины. Можно заключить, что это и обуславливает повышение воздухо- и водонепроницаемости бетона даже после снятия гидроизоляционного покрытия

Результаты измерений прочности и водонепроницаемости в привязке к участкам обследования приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Результаты натуральных измерений прочности и водонепроницаемости бетона отделки Северомуйского тоннеля и состава КАЛЬМАТРОН

Дата испытания	Участок испытания. Пикет	Материалы, Б, К, Бк	Номер испытаний	Прочность, МПа	Коэффициент вариации, %	Сопротивление прониканию воздуха, m	Марка по водонепроницаемости	
							W	W _{ср}
25.03.03	32+40 Запад	Б	1	45,5	11,2	5,4	4	6
		Б	2	65,0	14,3	12,1	8	
		Б	3	57,6	5,1	12,2	8	
	31+90 Запад	К	1	47,9	9,8	15,5	10	12
		К	2	36,8	11,4	23,6	12	
		К	3	46,2	13,0	42,5	16	
		К	4	-	-	37,4	14	8
		Бк	5	71,2	8,9	12,6	8	
		Бк	6	-	-	10,6	8	
	2+10 Восток	К	1	31,1	12,8	42,3	16	14
		К	2	20,1	12,7	32,7	14	
		К	3	27,4	9,4	35,7	14	
26.03.03	23+90 Запад (слева)	К	1	37,6	10,5	26,0	12	12
		К	2	39,8	7,0	27,9	12	
		Бк	3	61,6	12,0	65,7	18	
	(справа)	К	4	38,3	8,5	44,0	16	16
		Бк	5	45,0	9,6	90,4	20	
	28+10 Запад	К	1	62,3	9,4	8,8	6	
		К	2	42,9	15,8	9,6	8	
	28+70 Запад	К	1	37,2	10,0	9,3	6	6
		К	2	36,8	10,4	6,6	6	
		Бк	3	61,6	7,6	30,4	14	

Б – бетон без покрытия составом КАЛЬМАТРОН; К – покрытие составом КАЛЬМАТРОН; Бк – бетон после снятия состава КАЛЬМАТРОН

По результатам проведенных натуральных обследований сделаны следующие выводы.

- 1 Бурение заобделочных водопонизительных и каптажных скважин в сочетании с нанесением на внутреннюю поверхность бетонной обделки состава КАЛЬМАТРОН позволило значительно снизить поступление подземных вод внутрь Северомуйского тоннеля. На участках, где нанесен состав КАЛЬМАТРОН, тоннельная обделка практически осушена. Имеются лишь отдельные мокрые пятна в местах холодных и деформационных швов.
- 2 Проведенными измерениями прочности покрытия КАЛЬМАТРОН установлено, что в натуральных условиях Северомуйского тоннеля она составляет не менее 30,0 МПа, что соответствует требованиям технических условий на этот материал. Заметного повышения прочности бетона под слоем КАЛЬМАТРОНа не установлено.
- 3 Проникающее действие солей КАЛЬМАТРОНа позволяет повысить водонепроницаемость бетона обделки на две ступени, а в отдельных случаях на четыре и более. При этом водонепроницаемость самого защитного слоя КАЛЬМАТРОН не превышает значений, установленных техническими условиями.
- 4 Защитный состав КАЛЬМАТРОН может быть рекомендован к применению при выполнении осушительных мероприятий в подземном транспортном строительстве, в том числе при чеканке обводняемых трещин, холодных швов и сосредоточенных течей.
- 5 Уплотняющие и гидроизолирующие свойства КАЛЬМАТРОНа позволяют использовать его при ремонте эксплуатируемых конструкций в целях повышения их морозостойкости и водонепроницаемости.

2 НАТУРАЛЬНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБВОДНЕННОСТИ ТОННЕЛЯ В НОЯБРЕ 2007 Г

Проведение натурного обследования обводненности обделки Северомуйского тоннеля вызвано необходимостью оценки эффективности гидроизоляционных свойств состава КАЛЬМАТРОН на участках его нанесения на поверхность обделки. Кроме этого, в некоторых изданиях, близких к сферам строительства (например, журнал «Сухой закон») появились статьи тенденциозного содержания с некорректной критикой результатов применения одних материалов проникающего действия и откровенной рекламой других без учета опыта и реальных условий их применения. Данные публикации далеки от научных и технических оценок эффективности применения множества имеющихся на строительном рынке материалов проникающего действия. В большинстве они отражают лишь коммерческие интересы по завоеванию рынков сбыта, вводя в заблуждение не всегда достаточно компетентных заказчиков.

Результаты обследования обводненности обделки тоннеля

Обследование проводилось 14-15 ноября 2007 года при пешем проходе по тоннелю и привязкой к участкам, где в период с 2001 по 2002 гг на поверхность обделки был нанесен КАЛЬМАТРОН. На всех осмотренных участках визуально и простукиванием обделки не обнаружено отслоений и шелушения покрытия. Все поступления воды через обделку, в основном, в виде редкого капежа и слабых течей происходят через трещины, холодные и деформационные швы. На большей части площадей поверхности обделки, покрытой составом КАЛЬМАТРОН, водопроявления отсутствуют, о чем можно судить по однородному (темно-серому) цвету угольной пыли, покрывающей сплошным слоем тоннельную обделку. В местах водопроявлений намокшая пыль выделяется темным пятном.

Течи и капежи, обнаруженные в местах трещин, холодных и деформационных швов подтверждают недостаточную эффективность применения чеканочных материалов на усадочном цементном вяжущем, каковыми являются все известные неорганические материалы проникающего действия. Исключение составляют стабилизировавшиеся (не дышащие) трещины. В сейсмических условиях заложения Северомуйского тоннеля вероятность расстройств чеканки трещин и швов хрупким материалом достаточно высока, что и подтвердилось при эксплуатации тоннеля в течение 4-5 лет.

По сведениям эксплуатационников в первый год эксплуатации тоннеля отмечено несколько случаев отслоения покрытия КАЛЬМАТРОН, однако в местах отслоения обделка до настоящего времени остается сухой. Следует отметить, что при выполнении работ по нанесению состава КАЛЬМАТРОН в 2001-2002 годов имелись случаи нарушения технологии приготовления рабочей

смеси КАЛЬМАТРОН. Растворную смесь приготавливали в растворомешалке в объеме, превышающем расход, и не всегда четко контролировали водоцементное отношение. Это отрицательно сказалось на прочности покрытия, однако проникающее действие солей химически активной части осталось неизменным, чем и объясняется гидроизолирующий эффект даже после отслоения самого покрытия КАЛЬМАТРОН.

На приведенных ниже фотографиях иллюстрируется нынешнее состояние тоннельной обделки на участках с покрытием составом КАЛЬМАТРОН.



Рис. 2.1 Следы протечек из вертикального холодного шва и горизонтальных трещин, заделанных составом КАЛЬМАТРОН.

На рисунке 2.1 черные пятна - увлажненная пыль в местах некачественной чеканки шва и трещин. Поступление воды здесь столь незначительное, что лишь обозначает источник увлажнением отделки, течи и капеж отсутствует.



Рис.2.2 Поперечная трещина в своде, герметизированная составом КАЛЬМАТРОН. Течи и капеж отсутствуют.

На рис. 2.2 видны светлые участки покрытия КАЛЬМАТРОН на общем фоне осевшей на поверхности отделки угольной пыли.



Рис. 2.3 Слабое поступление воды из поперечной трещины в основании свода ниши.

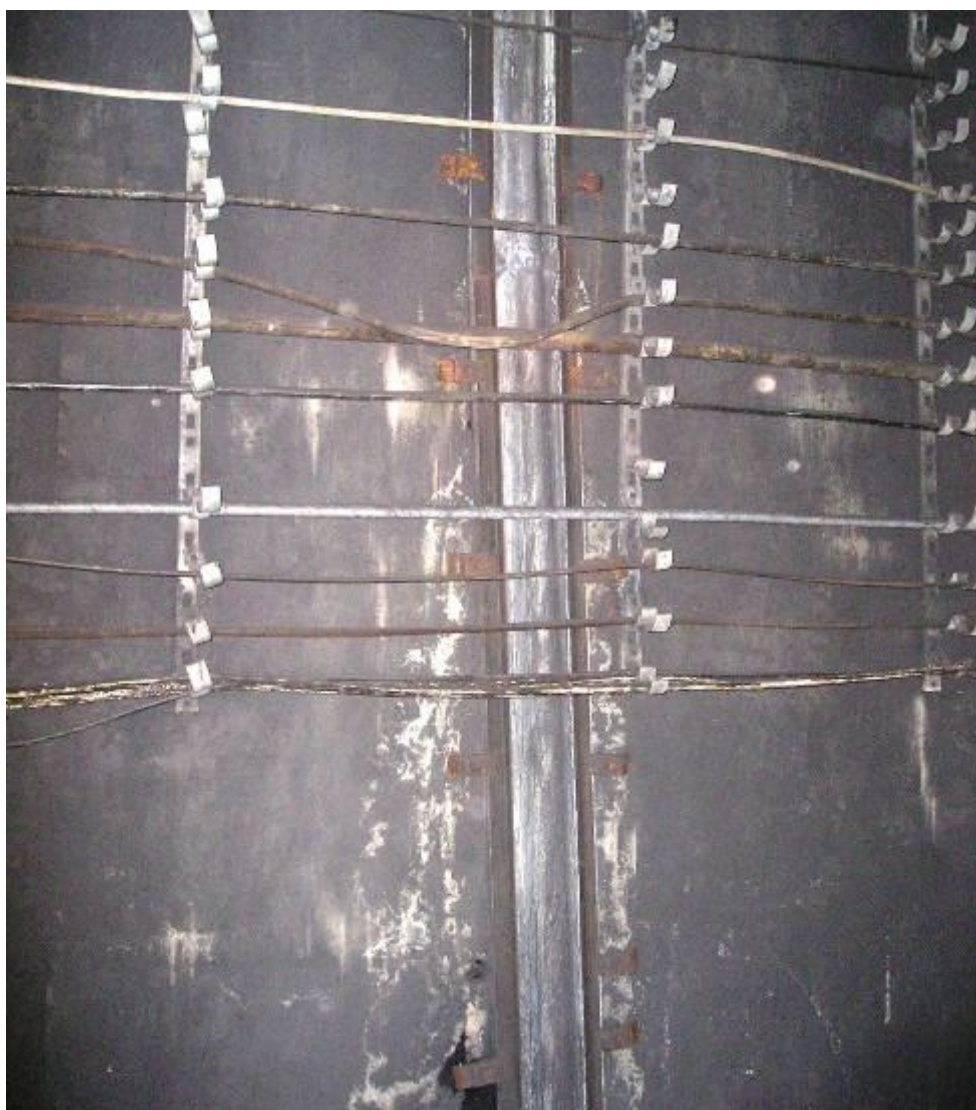


Рис. 2.4 Деформационный шов закрыт водоотводным желобом.

Участки обделки, примыкающие к деформационным швам, покрыты составом КАЛЬМАТРОН. Обделка сухая.

Здесь и далее при осмотре не обнаружено обводнения в виде течей и капелей через тело обделки в пределах заходки бетонирования. Как отмечалось выше, все водопроявления тяготеют к трещинам, деформационным и холодным швам. Остальные площади поверхности обделки, покрытые составом КАЛЬМАТРОН, являются сухими, что подтверждает эффективность примененного гидроизоляционного материала проникающего действия КАЛЬМАТРОН. Состояние покрытия КАЛЬМАТРОН на обследованных участках обделки хорошее (Рис. 2.5). Для сравнения, на месте выполнения измерений прочности и водонепроницаемости покрытия на ПК 23+90 в марте 2003 г. (Рис. 2.6) состояние покрытия обделки остаётся неизменным. Обводнение отсутствует. Исключение составляет сильное загрязнение поверхности угольной пылью.

Хорошее подтверждение эффективности гидроизоляционного покрытия дают наблюдения



Рис. 2.5 Состояние покрытия КАЛЬМАТРОН после очистки поверхности обделки от пыли.



Рис. 2.6 Место испытания покрытия КАЛЬМАТРОН на прочность и водонепроницаемость в марте 2003 г. (фото от 15.11.2007 г).

Северобайкальской тоннельно-обследовательской станции (ТОС). На рисунках 2.7 и 2.8 приведены карты обводненности обделки тоннеля на участках с покрытием составом КАЛЬМАТРОН. По картам обводненности видно, что на этих участках отсутствуют площадные водопроявления (сырость, капеж, рассредоточенные течи), а действующие течи зафиксированы в трещинах, деформационных и холодных швах (См. рис.2.7 и 2.8). На рассматриваемых участках исключение составляет участок ПКПК 42+10 – 43+40 (См. рис.2.8), где имеются сырые пятна на обделке за счет сосредоточенных течей из свода, не устраненных при нанесении КАЛЬМАТРОНа. Часть этих течей локализована в трубки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного обследования обводненности Северомуйского тоннеля, анализа натуральных измерений физико-механических характеристик гидроизоляционного покрытия обделки составом КАЛЬМАТРОН и материалов регулярных обследований тоннельно-обследовательской станции можно сделать следующее заключение.

Применение материала проникающего действия КАЛЬМАТРОН в качестве активного гидроизоляционного покрытия внутренней поверхности обделки позволило достичь положительного эффекта при осушении тоннеля. Благодаря нанесенному покрытию и, в связи с этим, повышения плотности и водонепроницаемости бетона исключены поступления подземных вод через тело обделки, исключены капези и сырость на ее поверхности. По результатам многолетних наблюдений на участках с покрытием составом КАЛЬМАТРОН усиления обводненности не наблюдалось, что положительно характеризует эффективность гидроизоляционных свойств материала.

Наряду с положительными результатами следует отметить отрицательный опыт по использованию состава КАЛЬМАТРОН при герметизации крупных трещин, холодных и деформационных швов. Являясь усадочным материалом, КАЛЬМАТРОН не позволил ликвидировать в них течи и капези, которые продолжают действовать в течение всего срока эксплуатации. Герметизация усадочных и мелких, раскрытием менее 0,2 мм, не «дышащих» трещин обеспечена полностью при нанесении состава КАЛЬМАТРОН на поверхность обделки, при этом разделка трещин не требуется.

Опыт выполнения гидроизоляционных работ в тоннеле при нанесении на бетон обделки состава КАЛЬМАТРОН показал, что имевшие место нарушения в технологии приготовления растворной смеси (нарушение водоцементного отношения, размолаживание смеси) явилось причиной отдельных случаев отслоения покрытия при эксплуатации тоннеля. Однако и в этом случае на участках отслоившегося покрытия водонепроницаемость бетона не снизилась и вода через обделку в тоннель не поступала, что указывает на эффективность проникающего действия химически активной части состава КАЛЬМАТРОН и образования плотного герметичного слоя бетона, прилегающего к покрытию.

Высокая сейсмичность района расположения Северомуйского тоннеля может являться дополнительной причиной расстройств герметизирующего заполнения трещин, холодных и деформационных швов, выполненного составом КАЛЬМАТРОН. Колебания грунтового массива совместно с обделкой, усадка материала и меняющееся во времени раскрытие трещин не позволили обеспечить герметичность заделки. Для достижения герметичной заделки указанных дефектов следует рекомендовать пластичные полимерные материалы, полимеризующиеся в присутствии воды, например Аквидур, Сикадур и т.д. Не один из существующих на современном

строительном рынке материалов неорганического происхождения (КАЛЬМАТРОН, ПЕНЕТРОН, ГИДРОТЕКС, ЛАХТА и др.) не в состоянии по своим физико-механическим параметрам обеспечить надежную герметичную заделку указанных дефектов.

Более чем пятилетний опыт эксплуатации Северомуйского тоннеля позволяет положительно оценивать применение материала проникающего действия КАЛЬМАТРОН при осушении тоннельной обделки и рекомендовать его использование для решения аналогичных задач в других подземных сооружениях.