

## **Гидроизоляция и защита от разрушения бетонной обделки Северомуйского тоннеля**

Комохов П.Г., академик РААСН, д.т.н., профессор, Петербургский государственный университет путей сообщения

Гидроизоляция в сооружениях любого назначения может выполняться как в процессе строительства, так и при ремонте и реконструкции сооружений. В каждом из этих случаев подход к выполнению гидроизоляционных работ должен быть различным. Нельзя при этом исключать, можно сказать, нулевую стадию в судьбе гидроизоляции – это профессионализм разработчиков проекта, а также высокую квалификацию технологов-бетонщиков, особенно на стадии подбора состава бетона и его укладки. Необходимо учитывать специфику и возможное в априори состояние конкретного сооружения в экстремальных условиях эксплуатации.

Разная гидрогеология, нагрузки, глубина заложения, изменения окружающей среды, качество строительных работ и другие факторы оказывают влияние на надежность в конечном варианте, к которому в идеале надо стремиться – сооружение должно работать без пропуска влаги, воды извне, т.е. отвечать проектному уровню эксплуатации.

Суть проблемы в целом состоит, к сожалению, в том, что на сегодня практически 75-80% сооружений, а подземных – и все 100%, после определенного периода эксплуатации, который намного меньше проектного срока службы, имеют отказ в гидроизоляционной системе. Не исключение в этом смысле представляет собой и Северомуйский тоннель, сданный в эксплуатацию несколько месяцев назад. Длина однопутного тоннеля 15 км, высота свода более 8 м, и строился он почти 20 лет.

Натурные обследования Северомуйского тоннеля сотрудниками тоннеле-обследовательской станции Восточно-Сибирской железной дороги в марте 2003 года показали, что течи через железобетонную обделку проявлялись фронтально практически по всей поверхности тоннеля. Струйные течи различного дебита имели место по трещинам бетона обделки, холодным и деформационным швам. Проводились мероприятия по отсечке подтапливания грунтовыми и поверхностными водами.

Незащищенность тоннеля от течи воды, а значит вероятность присутствия в ней агрессивных элементов, способны приводить его к медленному разрушению, существенно сокращая ресурс долговечности и риска.

Как уже указывалось, защита бетона от проникновения воды и паров влаги начинается на стадии его проектирования, т.е. подбором состава бетона, введением специальных добавок, использованием интенсивных технологий приготовления и укладки бетонных смесей с применением набрызг-бетона (торкретирования), механо-активации сырьевых смесей в турбулентных смесителях и других элементов интенсивных технологий. Для подобных тоннелей при их строительстве можно применить гидроизоляционную мембрану в 2-3 слоя из набрызг-бетона с армированием стальной фиброй.

Сопряжения в тоннеле, герметизация стыков, холодных и деформационных швов должны быть выполнены с использованием специальных материалов, которые чаще всего по своим свойствам и конструкции отличаются от материалов, используемых для защиты бетона. Это различные прокладки, инъекционные составы из проникающей гидроизоляции.

Все сопряжения в тоннеле, включая «холодные» швы и стыки, должны иметь не менее 2-х степеней защиты.

Защитные свойства бетона, его структура по своей технологии производства и риска должны базироваться на науке о поверхности. Поверхности, будь то поверхность элемента металла или минеральной дисперсии, с учетом реальных центров активности следует рассматривать как особое состояние структуры со своей химией. По реакционной энергетике и структурным свойствам активность поверхности в определенной мере альтернативна объемным системам кристаллов или их различным состояниям в коллоидных растворах (золь-гель) в системе «минеральная дисперсия – дисперсионная среда». Как известно в области размеров частиц от 50 до 100 мкм начинается изменение основных отличительных признаков коллоида – прекращение броуновского движения и резкое снижение величины свободной поверхностной энергии, что очень важно для проникающих диффузионных процессов, заполняющих поровое пространство и микродефекты в структуре бетона. В этой связи размеры частиц до 50 мкм следует отнести к верхней границе размеров наночастиц в системе «цемент – наполнитель – добавки – вода».

Кроме того, этот верхний предел дисперсности коллоидных частиц однородной связно-дисперсионной системы с жидкой дисперсионной средой устанавливается по соотношению действующих на частицы внешней силы (силы тяжести) и внутренней энергии (силы их сцепления и коэффициента диффузии) при контактном взаимодействии в процессе структурообразования водонепроницаемого бетона.

Такие технологические характеристики, как вид и расход цемента, водоцементное отношение, вид и количество добавок с их степенью полярности по кислотно-основным центрам, активности и дисперсности, а так же степень гидратации цемента во временной зависимости являются основополагающими параметрами современной наукоемкой технологии бетона. Это практически основные, первичные факторы, обуславливающие возможности управления свойствами бетонной смеси и бетона с высокими гидроизоляционными показателями.

Наибольшая сложность и ответственность в выборе материала и технологии производства работ относится к вторичному виду гидроизоляции, устраняющей водопроницаемость (течи) бетона при деградации его структуры. Наиболее надежным методом повышения непроницаемости бетона, защиты его от разрушения является пропитка структуры этого неоднородного с капиллярно-пористой структурой материала специальными глубоко-проникающими и отверждающими композициями. При этом природа и свойства проникающей композиции должны быть близкими по структуре и свойствам к цементному камню. Ярким примером применения и развития этих принципов является разработанный в России и запатентованный в США гидроизолирующий защитный состав «Кальматрон» (KALMATRON®). Патентовладельцем является компания “Structural Protection Enterprise” (США), а в России данная технология производства налажена группой предприятий «Кальматрон» (Новосибирск, Санкт-Петербург, Москва).

Защитная композиция имеет свойство функциональной проницаемости для обеспечения влажностного и температурного равновесия бетона конструкции с внешней средой и в то же время аддитивно обеспечивать конструктивную непроницаемость для агрессивной среды. Совместимость непроницаемой защитной композиции с защищаемым материалом из цементного бетона должна определяться равнозначными реологическими, упругопластическими свойствами. Подобное явление совместимости исключает концентрацию внутренних напряжений не в ущерб прочности и несущей способности бетона тоннеля.

Такая защитная композиция является надежным элементом структуры улучшенного качества и не зависит от начальных исходных характеристик модифицируемого защищаемого бетона.

Об этом убедительно свидетельствуют экспериментальные данные, представленные в табл. 1 и 2.

Таблица 1.

Номер партии «Кальматрона»	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут				Прочность при сжатии, МПа,	
	3	7	28	56	контрольные образцы	после испытаний на морозостойкость (F300)
1 партия	27.4	29.3	31.5	33.0	32.7	33.8
2 партия	27.2	29.0	31.3	32.6	32.3	34.0

Примечания:

- 1) Испытания проводились на образцах-кубиках размером 10×10×10 см из бетона класса В22,5.
- 2) Испытание на морозостойкость проводилось после насыщения бетонных кубиков в 5% растворе КС1 при -50<sup>0</sup>С до 8 циклов попеременного замораживания и оттаивания.
- 3) Наносимое на образцы защитное покрытие состояло из «Кальматрона» и цементно-песчаной смеси (состава 1:2) в равных долях по массе; количество воды затворения – 30% от общей массы. Смесь перемешивалась в течение 5 минут.
- 4) Защитное покрытие наносилось слоем 5 мм.

Результаты испытания образцов цилиндров (d=15 см) на воздухо- и водонепроницаемость бетона с защитным покрытием «Кальматрон»

Таблица 2.

Маркировка образцов	Показания на воздухопроницаемость (прибор АГАМА-2), с/см <sup>3</sup>	Показатель водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5-84
Контрольные образцы бетона		
1	4,7; 5,0; 4,9; 5,2; 5,4	4
2	5,0; 4,9; 4,6; 5,0; 5,2	4
3	4,8; 5,2; 5,2; 5,0; 4,8	4
Образцы с защитным покрытием		
4 «К»	5,6; 6,0; 6,4; 6,6; 6,0	10
5 «К»	7,2; 7,4; 6,6; 6,6; 6,0	10
6 «К»	6,2; 6,6; 6,6; 6,0; 6,8	10

Примечание: состав защитного покрытия указан в примечаниях к табл. 1.

Как следует из данных табл. 2, проникающее защитное покрытие «Кальматрон» повышает водонепроницаемость бетона с 4 до 10 атм., что превышает проектные требования к подземным тоннелям.

Таким образом, защитная композиция «Кальматрон» быстро адаптируется внутри структуры ремонтируемого бетона, повышая его прочность, водонепроницаемость и морозостойкость.

Покрытие и его свойства как защитной композиции должны быть равномерно распределены относительно площади или объема защищаемой конструкции при условии тщательно подготовленной по чистоте бетонной поверхности.

К отличительным свойствам состава «Кальматрон» относится простота технологии, высокая и эффективная проникающая способность по механизму диффузионной эстафетной реакции с кольматацией пор, залечивание микро- и макротрещины на поверхности бетона и внутри структурного объема конструкции по принципу осмотического смачивания капиллярно-пористого бетона.

Следует отметить, что на опытном участке обделки длиной 60 м Северомуйского тоннеля в августе 2001 года была произведена вторичная гидроизоляция обделки внутри тоннеля защитным составом проникающего действия «Кальматрон» в виде покрытия толщиной 1.5÷2 мм. Через две недели течь практически прекратилась, за исключением струйной течи через трещины и холодные швы обделки. После этого с октября по декабрь

2001 года были продолжены работы с применением «Кальматрона» по гидроизоляции опытных участков от ПК 24+00 до ПК 32+00 и ПК 16+00 до ПК 18+00.

Гидроизоляция «Кальматроном» обеспечила так же положительные результаты по устранению течи в тоннели на этих участках от ПК 24+00 до ПК 32+00. Любопытные данные получены в том же году по применению состава «Кальматрон» на ПК 16+00 до ПК 18+00, где даже при недостаточно подготовленной бетонной поверхности после нанесения покрытия «Кальматрон» оводнение тоннеля было снижено на 80-90%. И в 2003 году на этом участке не выявлено усиления оводнения тоннеля.

С октября 2002 года по май 2003 года работа по гидроизоляции тоннеля «Кальматроном» была продолжена. Защитное покрытие нанесено почти на четырех километрах обделки.

Работы по водоподавлению и гидроизоляции тоннеля проводились специалистами ООО «Краснояркметрострой» и ООО «Кальматронстрой» в следующей последовательности: заобделочное водоподавление, затем гидроизоляция внутренней поверхности обделки. Применена следующая технология ведения гидроизоляционных работ «Кальматроном»:

- разделка трещин и холодных швов штроборезом с последующей их чеканкой «Кальматроном»;
- зачистка поверхности обделки гидромонитором с рабочим давлением 150÷200 Бар;
- нанесение «Кальматрона» на поверхность обделки пистолетами-распылителями за два подхода толщиной 1.5÷2 мм каждого слоя.

Для подтверждения убедительности выше приведенных данных в заключении следует так же отметить, что для гидроизоляции специальных объектов только по Санкт-Петербургу и Ленобласти в 2002 году было использовано 280 тонн смеси «Кальматрон», а в 2003 году – более 400 тонн. Рекламаций по применению смесей «Кальматрон» нам не известно.

Приведем перечень некоторых других объектов, на которых в последние годы успешно применялся «Кальматрон» для устройства гидроизоляции:

1998 год – гидроизоляция и защита от газовой коррозии канализационного коллектора в Новосибирске, ликвидация протечек грунтовых вод кабельного коллектора станции метро «Измайловский Парк» в Москве.

2000-2003 годы – гидроизоляция каналов тяговых подстанций на Октябрьской железной дороге; восстановление и ремонт железобетонных конструкций в варочных цехах Балахнинского ЦБК.

2001 год – гидроизоляция подземного перехода «Лахта» в Санкт-Петербурге.

2003 год – гидроизоляция железнодорожного тоннеля около Адлера, Тарманчуканского тоннеля на Дальневосточной железной дороге.

Данный перечень можно продолжить.

Все вышеизложенное позволяет констатировать, что состав «Кальматрон» в виде сухой строительной смеси в соответствующем водном и наполненном растворе является высокоэффективным гидроизолирующим материалом, относящимся к проникающей гидроизоляции. При этом необходимо учитывать и обеспечивать следующие требования к поверхности защищаемого бетона:

- поверхность бетона перед нанесением покрытия должна быть влажной одни-двое суток;
- защитное покрытие должно твердеть при влажных условиях в течение 2-4 дней.

Гидроизоляционный эффект от применения данного материала достигается за счет коагуляции пор, микро- и макротрещин бетона водонепроницаемыми фазовыми составами, образующимися в результате реакции активных химических компонентов в структуре цементного бетона в присутствии воды затворения. Проникающее покрытие «Кальматрон» как в чистом виде, так и в композиции с обычным цементно-песчаным раствором (состав «Кальматрон-Эконом») эффективно и надежно защищает бетонную обделку тоннелей и других сооружений, существенно повышая ресурс их долговечности.

## Список литературы

1. Комохов П.Г., Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Вагапов Р.Ф. «Долговечность бетона и железобетона». Уфа, «Белая Река»; 1998 г., с. 216.
2. Шилин А.А. «Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте. Гидроизоляционные материалы – XXI век». «AquaSTOP». Сборник докладов. 1-я Международная научно-техническая конференция. ПГУПС, АНЦ «Современные технологии сухих смесей в строительстве». «АЛИТ», Санкт-Петербург, 2001, с. 24-29.
3. Комохов П.Г. «Структура водонепроницаемого бетона». Там же, с. 72-76.
4. Комохов П.Г. «Нанотехнология и структура бетона-консерванта для надежного захоронения радиоактивных отходов». Труды Международной научно-технической конференции «Наука и технология силикатных материалов – настоящее и будущее». РХТУ им. Менделеева Д.И. К 70-летию кафедры ХТС. Москва, 2003, с. 33-38.

Для цитирования:

Комохов П.Г. Гидроизоляция и защита от разрушения бетонной обделки Северомуйского тоннеля // Строительная газета. 2004. № 9, 30 января 2004. С. 2.