

## Специфика обследования состояния железобетонных конструкций в условиях агрессивного воздействия воды

*К.т.н., доцент С.Н. Ветров\*;  
инженер С.В. Яковлев,*

*ЗАО «Управление специальных строительных работ»*

Среди различных факторов, негативно влияющих на прочность и долговечность железобетонных конструкций, особенное место занимает, несомненно, вода. Воздействие воды – атмосферной, грунтовой, техногенной – настолько многогранно и всеобъемлюще, что делает настоятельно необходимым обратиться к этой проблеме, тем более что при обследовании специалисты практически всегда сталкиваются с ней.

В качестве примеров, на которых явно видна негативная роль воды в образовании дефектов и повреждений строительных конструкций, следует привести два. Первый из них касается ответственного подземного сооружения – тоннеля – в условиях воздействия грунтовых вод, а второй – конструкции перекрытия промышленного здания под воздействием техногенной воды.

### *Нефтепроводный тоннель на юге России, сооружён в 1965-1967 гг.*

Длина тоннеля 3300м.

Диаметр внутренний 5,3м.

Глубина заложения – более 300м.

Разность отметок порталов – 70м.

Материал обделки:

- на участках порталов – чугунные тубинги производства различных ленинградских заводов;
- остальная часть – сборные железобетонные блоки;
- камера сбойки – чугунные тубинги.

Со стороны северного портала проходка велась щитом, со стороны южного портала – буровзрывным методом.

Внутренность тоннеля на высоту более половины заполнена песчано-гравийной смесью, в которой проложены продуктопроводы различного диаметра. По поверхности засыпки проложены два продуктопровода большого диаметра.

В течение всего периода эксплуатации внутри тоннеля поддерживается относительно однородный температурно-влажностный режим. Вентиляция действует постоянно в принудительном режиме.

Среди различных факторов, негативно влияющих на эксплуатационные свойства материала обделки, выявленных за период наблюдения, мы выделим только один, наиболее ярко проявившийся, каковым является грунтовая вода.

Интенсивность действия этого фактора чётко проявляется по участкам тоннеля:

- участок, прилегающий к северному portalу, имеющий длину около 1000 метров.
- участок, прилегающий к южному portalу, длиной 600...700 метров.
- средний участок тоннеля.

Первый участок характеризуется относительно сильным проявлением воздействия воды на строительные конструкции.

Второй участок – зона относительно более слабых проявлений воздействия воды.

Третий участок – зона относительно слабых проявлений воздействия воды.

Внешним и наиболее массовым признаком проникновения грунтовой воды сквозь обделку тоннеля служат многочисленные сталактиты. Местами их основной дислокации стали стыки между блоками на доступной визуальному наблюдению поверхности обделки (рис. 1, 2).

Наиболее интересным в процессе образования сталактитов следует считать факт необычайно быстрого их роста. От момента зарождения до размеров 50...500 мм проходит немногим более года. Подобный факт можно объяснить уникальными условиями микроклимата в тоннеле.



**Рисунок 1. Образование сталактитов на внутренней стороне обделки тоннеля**



**Рисунок 2. Размер сталактита достигает 500мм**

**Перечень мероприятий по наблюдению за состоянием обделки тоннеля.**

1. Периодический визуальный контроль состояния поверхности обделки тоннеля.
2. Контроль состояния маяков, установленных по всей длине тоннеля.
3. Фотофиксация выявленных дефектов и текущих разрушений.
4. Лабораторный анализ проб грунтовых вод, проникающих сквозь обделку, и проб бетона обделки, отобранных на местах выявленных разрушений.
5. Анализ полученных результатов.

Просачивание воды через стыки между блоками обделки – наиболее частый случай. Оценочно около 90% случаев. В остальных случаях вода проникает через другие «слабые» места. Согласно данным лабораторного анализа, вода пресная. Эта вода, проходя через толщу бетона, растворяет составляющие материала бетона. Таким образом, происходит коррозия бетона по первому виду, описанному теорией, разработанной проф. В.М. Москвиным.



**Рисунок 3. Свободное проникновение воды сквозь обделку тоннеля**

Пресные воды, соприкасаясь с цементным камнем, вымывают выделяющуюся при твердении портландцемента известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , которая больше растворяется в воде по сравнению с другими продуктами гидратации. Удаляющаяся из цементного камня гидроокись кальция разлагает другие гидраты, вследствие чего бетоны становятся более пористыми и постепенно разрушаются. Особенно быстро эти процессы протекают при фильтрации воды сквозь толщу бетона. В доказательство можно привести факты образования сквозных канальцев (рис. 3) с вытекающими из них струями воды.

При просачивании воды выносимые ею из бетона растворённые вещества выпадают из раствора и кристаллизуются в виде многочисленных сталактитов.

Необычно быстрый рост сталактитов объясняется действием специфических условий, создающихся в атмосфере тоннеля. В нём поддерживается относительно постоянная температура и непрерывный ток воздушного потока, создаваемый вентиляционными установками. В такой среде скорость роста сталактитов повышается многократно по сравнению с классической, описанной в научной литературе.

Длина сталактитов за короткий период времени (по экспертным опросам – год и менее) вырастает от 25–30 мм до 100–250 мм, а в отдельных местах – до 500 мм.

Процесс фильтрации воды сквозь обделку происходит непрерывно и сам себя инициирует по следующей схеме:

- испарение влаги со свободной поверхности обделки тоннеля способствует капиллярному подсосу воды, так называемой *миграции* в сторону свободной поверхности;
- при прохождении воды через толщу бетона происходит трение её о внутренние поверхности капилляров и, как следствие, накопление статического электричества;
- испаряющаяся влага оставляет на поверхности бетона свой статический заряд;
- заряд накапливается и между слоями бетона возникает электрическое поле малой напряжённости;
- под действием поля нарастает процесс миграции воды.

В связи с проникновением грунтовых вод через обделку тоннеля развился и продолжает нарастать процесс коррозии арматуры обделки, зримым результатом которого стало разрушение (откол) защитного слоя бетона.

В процессе фильтрации сквозь толщу обделки тоннеля вода, вступая в химическую реакцию с арматурой в присутствии кислорода, образует соединение



т.е. ржавчину. Кроме того, железо вступает в химические реакции с иными соединениями, растворёнными в воде. Все эти вещества обладают объёмом, превышающим объём исходных материалов. Это приводит к нарастанию внутреннего давления в теле бетона и, как результат, к разрушению (отколу) защитного слоя бетона (рис. 4, 5).



Рисунок 4. Откол защитного слоя бетона обделки в результате коррозии арматуры



**Рисунок 5. Откол защитного слоя бетона отделки в результате коррозии арматуры**

Обнажившаяся масса корродировавшего металла имеет достаточно рыхлую структуру. Через неё к поверхности арматуры поступает кислород воздуха, являющийся сильнейшим окислителем, и влага, содержащаяся в воздухе и мигрирующая по порам и трещинам бетона отделки. В результате процесс коррозии металла ускоряется.

Судя по нашим наблюдениям, процесс разрушения защитного слоя бетона отделки набирает скорость.

### ***Здание постройки конца XIX века на Старопетергофском проспекте, Санкт-Петербург***

Воздействие воды на строительные конструкции может иметь и несколько необычные формы. Так, обследование здания постройки конца XIX века на Старопетергофском проспекте выявило картину разрушения покрытия пола, связанную с многолетним воздействием медленно проникающей воды на материал засыпки основания пола, состоящего из «извести и гари» (терминология исходного архивного документа).

Перекрытие пролётом около 6м в виде бетонных сводов по стальным балкам. Покрытие пола – мозаичное, монолитное. Некоторое время назад сотрудники предприятия обратили внимание на сильное вздутие полов в нескольких местах цеха.

Выяснилось, что вода, вследствие длительного протекания технологических трубопроводов, проникла в массу засыпки, вступила с ней в вялотекущую реакцию гашения извести.

В результате помола исходного сырья получается негашеная молотая известь, содержащая значительное количество медленно гасящихся частиц (пережог). Такая известь в смеси с гарью (зола, остатки недогоревшего твёрдого топлива и пр.) и была применена в засыпке под полы.

При взаимодействии с водой происходит гашение извести по реакции



Содержащийся в смеси пережог гасится очень медленно. При этом его объём в общей массе увеличивается, происходит его вспучивание, растрескивание. Выделение значительного количества тепла при гашении извести приводит к образованию водяного пара. Находясь в замкнутом пространстве, ограниченном сверху плотной плитой покрытия пола, снизу – конструкцией бетонного свода, а с боков – металлическими балками, увеличившаяся в объёме масса выравнивающей засыпки выдавливается к самому слабому месту – замку свода перекрытия и разрушает его, что проявляется в видимом «вспучивании» поверхности пола (50...60мм) и образовании трещин, расположенных вдоль балок. Кроме того, горизонтальная составляющая усилий приводит к разрушению самого свода с образованием выраженных трещин в верхней части и со смещением сторон образовавшейся трещины относительно друг друга (рис. 1).

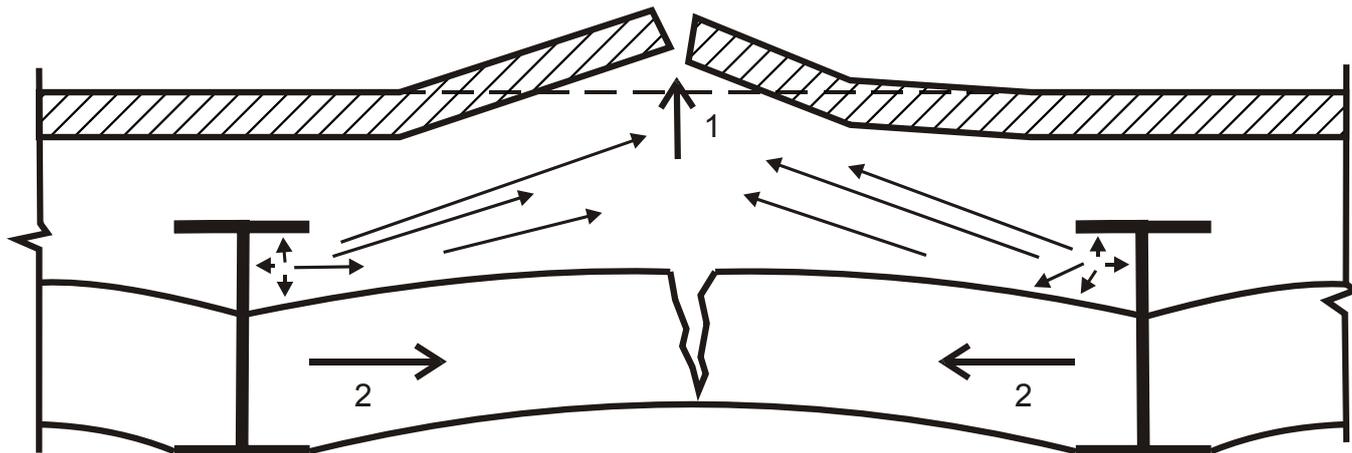


Рисунок 6. Механизм разрушения конструкции пола и бетонных сводов

→ Усилия, возникающие вследствие увеличения объёма засыпки при гашении извести во взаимодействии с водой.  
 ←→ Результирующие горизонтальные усилия, разрушающие бетонный свод.  
 ↑ Результирующее вертикальное усилие, разрушающее покрытие пола

Недооценка воздействия воды на бетонные и железобетонные конструкции может привести к тяжёлым последствиям, тем более, что часто проявления такого воздействия могут маскироваться иными влияниями и не всегда распознаются при обследовании.

### Литература

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
2. Гроздов В.Т. Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений / ООФ «Центр качества строительства». – СПб., 2007. – 42 с.
3. Воробьев В.А. Строительные материалы. Изд.5-е, переработ. – М. : «Высшая школа», 1973. – 475 с.

\* Сергей Николаевич Ветров, Санкт-Петербурге  
 Тел. раб.: +7(812)495-31-57; эл. почта: svet-52@mail.ru