

# Восстановление гидроизоляции в ходе реконструкции станции «Маяковская» Московского метрополитена

Шилин А.А., д-р техн. наук, проф., ген. директор, Гапонов В.В., канд. техн. наук, гл. инженер, ЗАО «Триада-Холдинг», Москва

## Аннотация

Приведены результаты работ по восстановлению гидроизоляции в ходе реконструкции ст. «Маяковская» Московского метрополитена в 2006-2010 гг., в ходе которых ликвидированы протечки в обделке эскалаторного и среднего станционного тоннелей, а также боковых частей путевых тоннелей. Подробно рассмотрены технологические схемы этапов выполнения работ, учитывавшие особенности инженерно-геологических условий и конструкционные перемещения, вызванные сезонными колебаниями температур.

## Ключевые слова

Инъекционная гидроизоляция, ликвидация протечек, ремонт и восстановление, устройство дренажной системы

## Abstract

The article describes the results of injection works for repair and rehabilitation of waterproofing at Mayakovskaya metro station in Moscow. The project was accomplished in 2006-2010. In the course of works water leakages in the lining of the escalator and station tunnels were eliminated.

Working procedures at every stage are considered in detail, taking into account geological conditions as well as structural displacements caused by seasonal temperature fluctuations.

## Keywords

Elimination of water leakages, installation of drainage system, rehabilitation, repair, waterproofing injection

Приблизительно 90% всех подземных и заглубленных сооружений сегодня имеют отказы гидроизоляции, причем многие из них – уже на ранних стадиях эксплуатации [1]. Это связано с отсутствием системного подхода к гидроизоляционным работам, предполагающего выбор соответствующих материалов и технологий ведения работ, а также тщательный контроль качества их выполнения. Для снижения водопритока в построенном и эксплуатируемом сооружении необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, проведение которых в каждом конкретном случае сократит затраты на эксплуатацию. В первую очередь это относится к необходимости выполнения диагностики, которая позволит подобрать подходящие меры и разработать стратегию выполнения ремонтных работ.

Ст. «Маяковская» – колонного типа со сборной обделкой из чугунных тубингов – состоит

из трех тоннелей – двух боковых диаметром по 9,5 м и расположенного между ними среднего тоннеля (рис. 1). Свод среднего тоннеля расположен на 2,5 м выше сводов боковых тоннелей и опирается на их обделку, которая поддерживается по линии опирания системой металлических прогонов и колонн. Колонны опираются на нижний прогон, расстояние между прогонами составляет 4,2 м. Для увеличения устойчивости верхних прогонов в среднем тоннеле между колоннами установлены металлические ригели, которые бетонировались с целью увеличения жесткости конструкции станции.

Чтобы не допустить смещений нижних прогонов в среднем тоннеле, против каждого кольца установлены металлические распорки решетчатой конструкции. Пространство между верхними распорками и сводом среднего тоннеля используется в качестве вентиляционного канала.

Облицовка конструкций станции – нержавеющая полированная рифленая сталь в виде полос. Полосы выгнуты вдоль продольных и поперечных арок, которые составляют основу конструкции и архитектурного облика станции-зала. По своду среднего зала располагается 36 куполов, с помощью которых решено основное освещение станции.

«Маяковская» (рис. 2) является первой станцией глубокого заложения (27,5 м). Ее строительство проходило в сложных инженерно-геологических и гидрологических условиях, обусловленных распространением юрских глин в сводовой части станции и наличием в верхней части грунтового массива толщи неустойчивых и обводненных песков, являющихся горизонтом грунтовых вод. Уровень грунтовых вод в настоящее время расположен на глубине 6 м от поверхности.



ных горизонтов. Слои известняков также являются водоносными горизонтами. При этом пьезометрические уровни этих вод находятся как ниже, так и выше уровня станции.

За долгие годы эксплуатации на станции и в путевых тоннелях появились многочисленные протечки воды, которые вели к интенсивной коррозии строительных конструкций и инженерного оборудования, нарушали эксплуатационный режим сооружения, портили внешний вид памятника архитектуры.

Из-за многочисленных течей грунтовых вод происходило прогрессирующее развитие дефектов и ухудшение состояния конструкций. Ремонт предусматривал выполнение сложного комплекса инъекционных работ в эскалаторном тоннеле – на первом этапе, в натяжной камере – на втором этапе, в среднем и боковых тоннелях – на третьем. Инъектирование планировалось выполнять по системе Combigrouting [2] с использованием различных материалов, варьируя составы в зависимости от условий выполнения работ. При принятии решения учитывался анализ мирового опыта производства работ по снижению притоков воды в сооружения, а также 20-летний опыт нашей организации, наличие материалов, технологических решений, квалифицированных кадров.

Особую сложность представляло собой сопряжение среднего и боковых станционных тоннелей, выполненное из специальных чугунных тубингов. Вероятность проникновения воды в этом месте допускалась еще при строительстве станции. Значительная часть протечек располагалась именно в этом узле.

Для сбора и отведения воды еще на стадии строительства была предусмотрена система металлических водосборных лотков и дренажных трубок, а также фартуков из рубероида, которая за время эксплуатации полностью вышла из строя.

Боковые тоннели находятся в зоне влияния водоносного горизонта, а многочисленные имевшиеся протечки свидетельствовали



Рис. 3. Схема нагнетания гелякрила

о наличии большого числа дефектов в обделке. Основная сложность при проектировании и производстве работ состояла в ограниченном доступе к тубингам внешней обделки боковых тоннелей, которые закрыты внутренней бетонной обделкой. Нижняя часть станционной обделки и до 30% ее верхней части были недоступны для производства работ.

Важно отметить, что все работы по боковым тоннелям проводились во время технического ночного перерыва и продолжительность их выполнения не превышала 2 ч в сутки. Самые жесткие требования предъявлялись к технологическим решениям, в частности, по таким параметрам как влага, пыль, отсутствие запаха ремонтных материалов и пр.

Работы по реконструкции и гидроизоляции станции, включающие инъекционные работы по герметизации конструкций, большой объем работ по дренажу и удалению остаточного водопритока выполнялись в три этапа.

#### 1 этап. Уменьшение фильтрации воды через обделку эскалаторного и среднего станционного тоннелей

Проект производства работ предусматривал заполнение и ликвидацию обнаруженных тепловизионной съемкой и опытным бурением полостей и потоков воды за обделкой эскалаторного тоннеля жестким гидроактивным пенополиуретаном с коэффициентом расширения  $K = 10$ , а затем – с перепрессовкой его гидроактивным жесткоэластичным пенополиуретаном



Рис. 4. Отверстия для инъектирования

с  $K = 3...4$ . При производстве работ использовали как однокомпонентные, так и двухкомпонентные гидроактивные пенополиуретаны. Проведение работ по нагнетанию за обделку планировалось в зоне верхнего полупериметра натяжной камеры и эскалаторного тоннеля.

В натяжной камере работы проводились с существующих подвесных полков, а в эскалаторном тоннеле – с установленной монтажной тележки. После освобождения тампонажных отверстий от пробок через них пробурены на глубину примерно 500 мм шпур, пересекающие протампонируемый при строительстве грунт.

Контроль качества работ по нагнетанию растворов за обделку и при ликвидации течей осуществлялся при осмотре и простукивании, а также проверкой отсутствия пустот за обделкой через разбуриваемые отверстия с помощью металлического шупа или оптического прибора. Кроме того, выборочно проводили гидравлические испытания. Степень заполнения заобделочного пространства и прочностные свойства тампонажного камня определяли ультразвуковым прозвучиванием и заключительной тепловизионной съемкой.

Процесс инъектирования сопровождался лабораторным контролем как параметров работ, так и инъекционных составов. Особенно важно было регулировать сроки схватывания при выполнении перепрессовки составов.

Проведенные уплотнительные инъекции в окружающие грунты и заполнение полостей за обделкой эскалаторного тоннеля гидроак-



Рис. 5. Устройство системы дренажа

тивными пенополиуретанами позволили ликвидировать активные протечки по всему открытому контуру и в значительной степени перекрыть один из основных источников поступления воды на станцию.

### II этап. Инъектирование сложного сопряжения станционного и путевых тоннелей

Инъектирование в сопряжения, выполненное из специальных чугунных тубингов, осуществляли двухкомпонентным полиакрилатным гелем (рис. 3), способным проникать в зону контакта обделки с породой, а также в тонкие трещины и поры в грунтах и конструкциях. Инъектирование сопряжений проводилось круглосуточно из вентиляционного канала станции. Взамен старых фартуков из рубероида была восстановлена система лотков и дренажных труб из современных коррозионно-стойких композиционных материалов с устройством дополнительных водосборных фартуков из ПВХ.

Лабораторный контроль позволял регулировать вязкость и сроки полимеризации состава. Особые требования устанавливались к давлению его нагнетания и объемам подачи за обделку.

### III этап. Гидроизоляция и отвод воды в боковых станционных тоннелях

Гидроизоляция выполнялась в местах обнаружения дефектов обделки и протечек воды.

После сдачи в эксплуатацию второго выхода со станции (2005 г.), который по отметкам располагается значительно ниже самой станции,

были выявлены протечки в местах сопряжения центрального станционного тоннеля с боковыми, а также в облицовке боковых тоннелей, в основном – по швам между тубингами, реже – по пробкам тампонажных отверстий и болтовым соединениям между тубингами.

Поскольку напорные воды в сводовой части станции не обнаружены, основным источником воды в этой ситуации мог быть существующий водоносный горизонт, пьезометрический уровень которого совпадал с верхней отметкой путевых тоннелей. Уменьшение протечек, а в идеале – их полное устранение было возможно при тампонируании дефектов обделки и ликвидации путей проникания воды в помещение станции.

Благодаря положительным результатам использования инъекционных технологий на предыдущих этапах было принято решение распространить этот опыт и на боковые тоннели.

В связи с тем что тубинги путевых тоннелей закрыты внутренней бетонной обделкой, не было прямого доступа для проведения работ. Поэтому инъектирование выполняли заходками с быстровозводимых строительных лесов. Обработывались два ряда тубингов, расположенных над мраморной облицовкой тоннеля. Нагнетание инъекционного раствора осуществлялось через тампонажные пробки тубингов, которые вскрывались предварительно пробуренными в местах их возможного расположения отверстиями в бетоне внутренней обделки путевых тоннелей (рис. 4).

За обделку инъектировался полиакрилатный гель, который использовался при инъектировании сопряжений среднего и боковых станционных тоннелей. Технологией нагнетания предусматривался контроль параметров нагнетания (вязкость, давление, объем и время полимеризации). Высотное положение устраиваемого экрана выбиралось таким образом, чтобы максимально затампонировать зону влияния существующего водоносного горизонта на обделку и попытаться сомкнуть создаваемый по боковой поверхности экран с экраном по сопряжению среднего и боковых тоннелей.

В первую очередь инъектировался нижний ряд: он должен перекрыть пути перетока в нижнюю часть тоннеля. Затем через верхний ряд

пробок инъектировалась зона между созданными водоупорными экранами (у сопряжения и у нижнего ряда).

Для защиты боковой части путевых тоннелей, облицованной мрамором, выполнена внутренняя вентилируемая система дренажа стен. Для этого мраморная облицовка была удалена. К выровненной поверхности прикрепили полотно пристенного дренажа [3], которое понизу заканчивается водосборным лотком с системой водоотведения (рис. 5). Затем дренажное полотно оштукатурено и мраморная облицовка восстановлена. Выполнены мероприятия по сбору и удалению остаточного водопритока.

### Результаты

Комплекс выполненных гидроизоляционных работ с использованием высококачественных материалов и современных технологий позволил в значительной степени сократить протечки грунтовых вод и обеспечить нормальные условия эксплуатации станции, восстановив при этом ее историко-архитектурный облик.

Следует отметить, что инъекционные работы по доведению остаточного водопритока до минимального уровня осуществлялись специальной бригадой еще в течение года после завершения основного объема работ. Это позволило снизить фильтрацию грунтовых вод, возникающую из-за изменений температурных параметров станции и годовых эксплуатационных нагрузок. Пятилетний период эксплуатации после завершения работ показал, что принятая стратегия оказалась верной и обеспечила долговечность ремонта и требуемый уровень надежности.

### Литература

1. Шилин А.А. Ремонт железобетонных конструкций. – М.: Горная книга, 2010.
2. Шилин А.А. Ремонт строительных конструкций с помощью инъектирования. – М.: Горная книга: Изд-во МГГУ, 2009.
3. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте / А.А. Шилин [и др.]. – Тверь: Русская торговая марка, 2003.

Для связи с автором:

Гапонов Виталий Владимирович, 8 (495) 956-15-04,  
info@triadaholding.ru