

# СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ НА «ДУБЛЕРЕ КУРОРТНОГО ПРОСПЕКТА» ПО МЕТОДУ ADECO

«Дублер Курортного проспекта» является наиболее крупным и технически сложным транспортным сооружением, входящим в Программу строительства олимпийских объектов и развития города Сочи как горноклиматического курорта. Вся трасса протяженностью более 16 км проходит в тоннельном и эстакадном исполнении.



Конструктивные особенности и сжатые сроки вызывают необходимость использовать при строительстве «Дублера» современные высокопроизводительные машины и передовые технологии. К числу таких технологий, нашедших здесь успешное применение, относится метод крепления забоя и окружающего массива тоннеля с использованием стекловолоконной арматуры – ADECO-RS. В настоящее время он реализуется на строительстве тоннеля № 8 третьей очереди «Дублера», где тоннели имеют наибольшую протяженность.

Третья очередь «Дублера» имеет протяженность 5,316 км и является четырехполосной магистральной улицей непрерывного движения с разделительной полосой. На отдельных участках трасса проходит в одном коридоре

с проектируемой железной дорогой, огибает оползневые участки и, исполненная в тоннельном и эстакадном варианте, минимально затрагивает земли Национального парка и жилые строения. Общая длина тоннелей (по двум направлениям) составляет 5846,4 м, в том числе 2920,3 м – по направлению Адлер – Джубга и 2926,1 м – по направлению Джубга – Адлер.

Проходка тоннеля на трассе «Дублера» при строительстве автодорожных тоннелей № 8 и № 8а осуществляется на полное сечение с креплением забоя и окружающего массива тоннеля с использованием стекловолоконной арматуры. Заключается метод в использовании специальных стекловолоконных элементов в качестве армирующих конструкций. Они стабилизируют грун-

товые массивы, прилегающие к выработке, и тем самым укрепляют грунты, в которых ведется сооружение тоннелей, уменьшают деформации окружающего горного массива.

Основные особенности метода ADECO-RS заключаются в том, что при проектировании основное внимание уделяется деформационной реакции грунта в ответ на проведение проходческих работ. А проходка тоннеля осуществляется на полное сечение с предварительным укреплением массива грунта.

Метод можно условно разделить на два этапа: проектирование и строительство. Этап проектирования состоит из трех фаз: обследование, диагноз, терапия. Фаза обследования включает анализ естественного равновесия и определение параметров среды, в которой предполагается проходка тоннеля. На этапе фазы диагноза проводится анализ и вычисляются (предсказываются) параметры деформационных явлений при отсутствии стабилизационных мер. Фаза терапии предусматривает управление деформационными процессами путем использования соответствующих стабилизационных систем.

Этап строительства включает следующие фазы: операционная, мониторинг, точная подстройка (доводка). В период операционной фазы происходит управление деформационными процессами при помощи определенного стабилизационного инструментария. На фазах мониторинга и точной подстройки (доводки) проекта деформационная реакция, проявляемая грунтом под воздействием проходческих работ, подвергается измерению (интерпретации и проверке). В соответствии с полученными результатами происходит уравнивание стабилизационных систем между лбом забоя и его периметром вследствие уточнения проектных решений.

Метод ADECO включен в технологическую схему проходки автодорожных тоннелей, которую можно разделить на восемь этапов. На первом производится сухое бурение ряда горизонтальных скважин параллельно оси тоннеля, равномерно распределенных по плоскости забоя. Данной технологией предусмотрено использование буровой установки с винтовым оборудованием без применения водных буровых растворов, поскольку они могут разрушить прилегающий к скважинам грунт.

Диаметр скважины должен быть минимально возможным, и в то же время должно быть обеспечено нормальное прохождение нагнетаемого цементного раствора. Для нашего проекта, как наиболее оптимальный, принят диаметр 100 мм. Как показывает практика, пробуренные скважины нельзя оставлять незакрепленными, поэтому необходимо бурить не более 4–5 скважин, немедленно закладывать в них стекловолоконную арматуру и нагнать цементный раствор.

Длина скважин обычно составляет 2–3 диаметра выработки и в нашем проекте принята равной 24–30 м. Надежность временного крепления выработки достигается за счет перехлеста (длиной не менее 5 м) очередной группы скважин. Таким образом, когда грунт, укрепленный предыдущим рядом стекловолоконных элементов, разрабатывается на глубину 19–25 м, производится бурение очередного ряда скважин длиной 24–30 м.

На втором этапе происходит закрепление грунта в основании. На третьем этапе, когда вся плоскость забоя обурена и проармирована, производится механизированная разработка грунта. Тоннельный экскаватор или стреловой горнопроходческий комбайн снимает грунт, скалывая при этом стекловолоконную арматуру на глубину заходки 1 м.

После того как плоскость забоя будет выровнена, а выработке будет обеспечен проектный контур, переходят к четвертому этапу. Для обеспечения безопасности персонала на плоскость забоя и прилегающие к ней свод и стены выработки наносится слой торкретбетона толщиной 50 мм.

Далее выполняются работы пятого этапа. В качестве временной крепи устанавливаются стальные арки с шагом 1 м. Арки представляют собой сварной пакет из двух балок двутаврового профиля. В основании арок предусмотрена сварная пята, обеспечивающая ее надежное опирание на грунт нижнего уступа в лотковой части, а также для восприятия арматурными арками расчетных временных нагрузок от воздействия горного давления и для исключения вертикальных деформаций временной крепи тоннеля. Для исключения смещения основания арки пяты заглубляются ниже подошвы средней части тоннеля на 200 мм. В продольном направлении вдоль оси тоннеля арки связываются между собой рошпанами из арматурной стали.

На шестом этапе по установленным арматурным аркам и своду тоннеля наносится за два приема (толщиной по 50 мм) первый слой набрызгбетона толщиной 100 мм. Очередной слой набрызгбетона на текущую заходку наносится второй слой временного крепления предыдущих заходов, толщиной 50 мм каждый. При применении проектного состава бетонной смеси очередной слой набрызгбетона допускается наносить не ранее, чем через 20 минут после нанесения предыдущего слоя.

После окончания бетонирования временной крепи приступают к седьмому этапу. Грунт в лотковой части тоннеля

дорабатывается до проектного контура. После чего производится укладка бетона основания, монтаж арматурных каркасов пяты и лотковой части постоянной обделки тоннеля, монтаж опалубки и укладка бетонной смеси. Укладка бетона заполнения основания производится наступающим забоем вслед за проходкой нижней части тоннеля (лотка). В процессе бетонирования лотка устраивается дренаж. Для возможности проезда через свежееужженный бетон устраиваются временные транспортные мосты.

Завершающий, восьмой этап – бетонирование постоянной обделки тоннелей, для которого используется металлическая передвижная опалубка на рельсовом ходу. Впереди опалубки, в составе комплекса работ по бетонированию постоянной обделки свода и стен тоннеля, располагается два участка с технологическими тележками для производства работ по устройству гидроизоляционного слоя и монтажу арматурных каркасов постоянной обделки. Позади опалубки располагается участок с технологической тележкой для производства работ по контрольному нагнетанию раствора за обделку.

При методе армирования стекловолоконными элементами основные параметры крепления (длина скважин, шаг бурения, перехлест рядов, проектная геометрия забоя) должны быть зане-







сены в паспорт временного крепления выработки. Все циклы проходческих работ должны вестись в строгом соответствии с ним.

Такой метод крепления эффективен при проходке тоннелей в связных и полусвязных грунтах, а также в грунтах с очень низкими прочностными характеристиками (с коэффициентом крепости  $f = 0,8-3,0$  по шкале Протодьяконова), но при условии обеспечения максимально быстрого введения

стекловолоконного армирующего элемента в пробуренную скважину. При разработке и качественном проведении работ технология заметно улучшает характеристики деформативности забоя, что позволяет рассматривать его как структурный элемент с предсказуемой и контролируемой реакцией на деформацию, способный обеспечивать устойчивость окружающего массива. Использование стекловолокна для армирования играет решающую роль в технологии веде-



ния проходческих работ, так как этот материал сочетает в себе достаточно высокое сопротивление на изгиб и хорошую ломкость при работе на срез, что позволяет легко скалывать его при разработке грунта, используя тот же проходческий инструмент. Таким образом, стекловолокно в представленной конструкции выполняет функцию армирующего каркаса в цементном растворе, кондуктора для нагнетающей трубы и обсадки при незамедлительном введении элемента в пробуренную скважину.

Применение стекловолоконной структуры вместо металлического армирующего стержня дает ряд неоспоримых преимуществ:

- значительно упрощается процесс разработки грунта, так как выработка не загромождается обнажающимися и выступающими из забоя армирующими стержнями, что ведет к высокой технологичности и безопасности проведения работ;
- отпадает необходимость в срезке металлической арматуры с применением газовой резки или специального электроинструмента, и, как следствие, необходимость использования газа в закрытом пространстве, что значительно повышает безопасность ведения работ;
- появляется возможность вести проходческие работы с раскрытием выработки на полное сечение, что позволяет исключить из технологического цикла целый этап производства работ;
- при раскрытии выработки на полное сечение становится возможным возводить временную крепь в полном объеме непосредственно после выемки грунта. Это приводит к тому, что конструкция временной крепи быстрее вступает во взаимодействие с прилегающим массивом и воспринимает на себя горное давление, что, в свою очередь, снижает деформации дневной поверхности.

К достоинствам метода относятся также возможность разработки проектировщиками технической документации в соответствии с реальными условиями и максимальное обеспечение безопасности устройства тоннельных сооружений в сложных геологических условиях.

**В.Н. Кужель,**  
директор ФКУ ДСД «Черноморье»