

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕТОД ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

*Корнейчик Виталий Игоревич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Проектируемый автомобильный тоннель протяжённостью около 2,6 км располагается на полуострове Крым, район посёлка Семидворье (Рис. 1), также были составлены архитектурный проект и поперечный профиль (Рис. 2, 3).

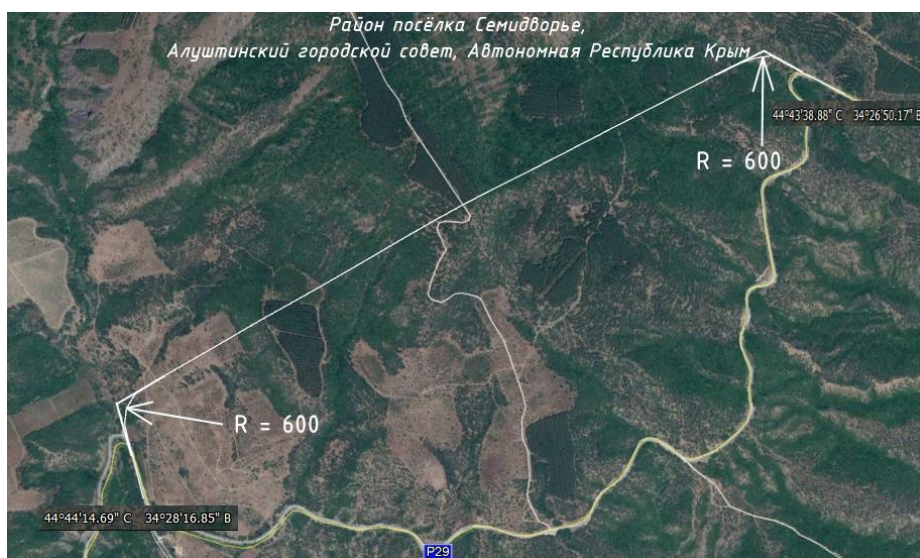


Рисунок 1 – план расположения тоннеля

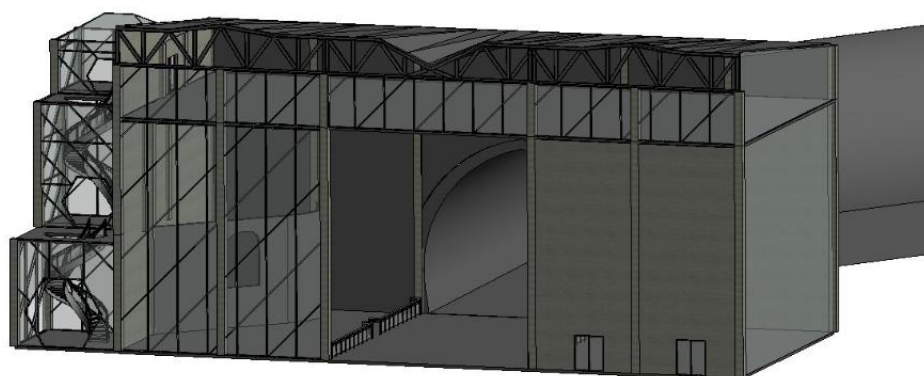


Рисунок 2 – архитектура портала тоннеля

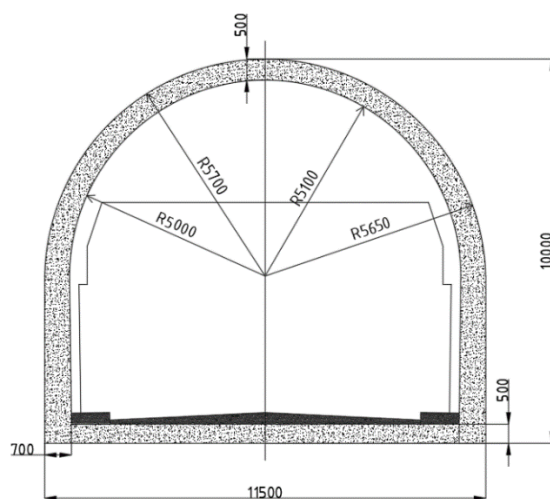


Рисунок 3 – поперечный профиль тоннеля

Определение и виды метода торкретирования

Метод торкретирования заключается в нанесении бетонного раствора (набрызг-бетона) на подготовленную поверхность с помощью высокого давления. Набрызг-бетон – искусственный материал, состоящий из смеси цемента, песка, гравия или щебня и, как правило, добавок — ускорителей схватывания и твердения, и получаемый нанесением этой смеси безопалубочным методом (рис. 4). Получил распространение в горном деле и подземном строительстве как один из основных материалов для крепления и гидроизоляции выработок, ремонта тоннельных обделок. Применяется в широком диапазоне горно-геологических условий в виде самостоятельной конструкции, а также в сочетании с анкерами или арками с покрытием непосредственно по породе или по сетке, используемой в качестве затяжки.

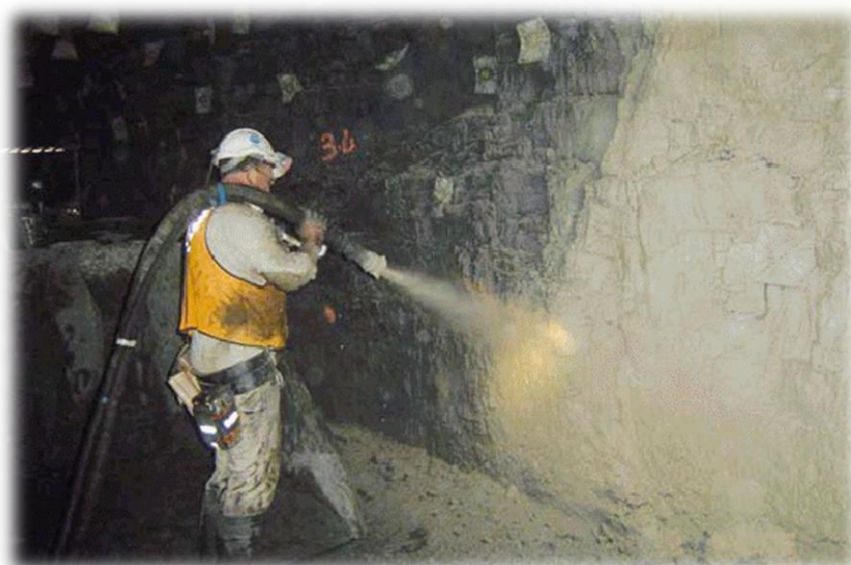


Рисунок 4 – нанесение набрызг-бетона

Рассматриваемый метод бетонирования не является относительно новым изобретением. Он известен более восьмидесяти лет. Первые работы с его применением были выполнены в США еще в 1907г. компанией «Cement-Gun». Первое устройство для напыления сухих материалов при новых строительных работах было изобретено в Пенсильвании в 1907 году. В России же он был впервые применён только в 1916 году. Особенность метода торкретирования заключается в круглосуточном мониторинге деформаций временной крепи тоннеля и горного массива. Её применение позволяет повысить скорость проходки верхнего уступа тоннеля до 150 метров в месяц против 30–60 метров при проходке обычным способом.

Разделяют два способа нанесения: «мокрый» и «сухой».

При сухом способе в специальную машину загружают сухую смесь, выдуваемой сжатым воздухом по шлангу в сопло, перед вылетом смесь смешивается с водой, подводимой к соплу по другому шлангу; при мокром — готовая смесь, загружаемая в герметически закрытый резервуар, наносится на поверхность под действием сжатого воздуха.

Достоинствами «мокрого» способа (рис. 5) по сравнению с «сухим» в первую очередь заключаются в меньшем отскоке. Потери обычно не превышают 5-10% при использовании надлежащего оборудования и обученного персонала. Эти цифры также применимы и в случае нанесения армированного набрызг-бетона.

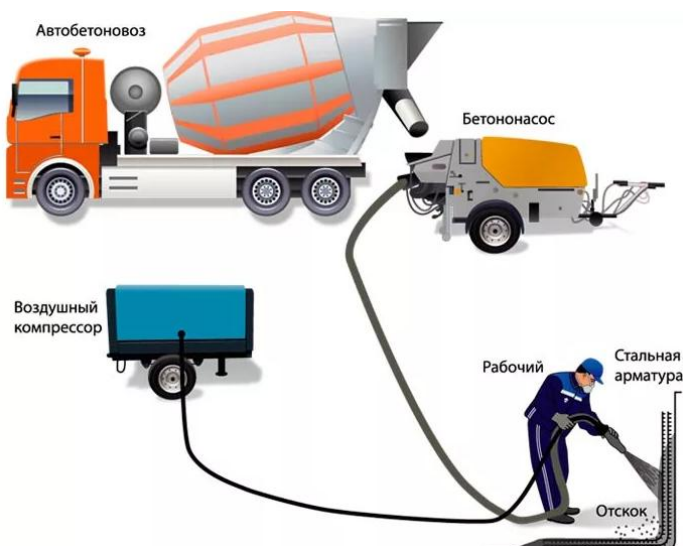


Рисунок 5 – нанесение набрызг-бетона «мокрым» способом

Кроме того, преимуществами «мокрого» способа по сравнению с «сухим» являются:

- улучшение рабочей обстановки. Возникает меньше проблем с образованием пыли;

- нанесение более толстых слоев вследствие эффективного употребления добавляемых материалов;
- контролируемое дозирование воды (неизменное, определенное водоцементное отношение);
- улучшенное сцепление;
- большая производительность, общая экономичность намного выше;
- возможность использования стальных фибр и новых передовых добавок.

Недостатки набрызг-бетона при «сухом» способе нанесения: высокая концентрация пыли, потери материала при "отскоке" (до 30%), повышенный расход цемента и др. Сравнивая сухой и мокрый способы, можно прийти к выводу, что сухой способ целесообразно применять для выполнения работ небольшого объема (например при ремонте) и в особых случаях, когда существуют длинные дистанции подачи смеси и частые перерывы в работе. Способ мокрого набрызга целесообразно применять во всех остальных случаях.

С использованием набрызг-бетона подземные сооружения теперь можно строить там, где они необходимы, независимо от горно-геологических условий.

Преимущества технологии

Применение метода торкретирования позволяет механизировать производство работ и осуществить бетонирование без опалубки. Технология набрызг-бетонирования позволила снизить расход бетона по сравнению с монолитным бетоном и уменьшить толщину его нанесения при тех же прочностных характеристиках. Подача бетона под давлением существенно облегчает проведение строительноотделочных работ, таких как: заделывание неплотностей стыковки элементов строительных конструкций, а также облегчает выполнение множества других строительных работ.

Технология нанесения

До начала работ устанавливают арматуру, закрепляя ее от смещений, и защитные щитки на прилежащих к торкретируемым площадям сооружениях. Регулируют подачу воды и величину давления воздуха в машине пробным нанесением смеси на переносной щит. Для обеспечения лучшего сцепления слоя торкрета с бетоном на гладких поверхностях делают надсечку. Перед торкретированием проверяют исправность всех механизмов, чистоту и соединения шлангов. Для обеспечения хорошего сцепления раствора или бетонной смеси с торкретируемой поверхностью, с последней удаляют крупные неровности, заполняют большие вывалы породы в скальных выработках, насекают бетонную поверхность пневматическими отбойными молотками, очищают и промывают водой под давлением. В технологической схеме возведения временной крепи предусматривается использование самоходной

установки для нанесения набрызг-бетона (рис. 6,7) мокрым способом, которая представлена на рисунке ниже.



Рисунок 6 – самоходная машина для нанесения набрызг-бетона

Толщину наносимого слоя контролируют по маякам. При нанесении нескольких слоев каждый последующий слой наносят с таким интервалом, чтобы под действием свежей смеси не разрушался предыдущий слой. Максимально допускаемый перерыв не должен превышать времени схватывания цемента, чтобы обеспечить втапливание свежего слоя в предыдущий и хорошее сцепление между ними.



Рисунок 7 – самоходная машина для нанесения набрызг-бетона

Перспективы развития технологии

Эта технология является одной из перспективных в строительстве подземных сооружений. С её внедрением непосредственно связано возможное распространение на рынке новых систем гидроизоляции и методов армирования, например, синтетического структурного фиброармирования.

Современные темпы строительства тоннелей горным способом в крепких породах и породах средней крепости могут быть весьма высоки. Например, в Норвегии скорость проведения автодорожного тоннеля под проливом Хитра пролетом 11,6 м и высотой 7,6 м составила 96 м в неделю в каждом забое, а автодорожного тоннеля Манхеллер — около 80 м в неделю и т.п. Следует обратить внимание на то, что были устойчивы как максимальные, так и средние скорости проведения тоннеля за весь период его строительства.

Сегодня набрызг-бетон большей частью используется при креплении горных выработок, где его применение стало решением множества проблем и стало необходимостью. Наблюдается четкая тенденция роста применения набрызг-бетона в тоннелестроении в крупномасштабных проектах. Только в Европе общий объем составляет более 3 млн. м³ в год. Можно предположить, что эта возрастающая тенденция будет продолжаться и значительно расти.