

## **Инновационные технологии, внедрение при строительстве тоннельных объектов в г. Сочи.**

В последнее десятилетие на Юге России ведутся большие работы по проектированию, строительству и реконструкции тоннелей на железнодорожных и автомобильных магистралях, включая объекты инфраструктуры к олимпиаде Сочи-2014.

Решение сложной задачи увеличения темпов строительства с обеспечением эксплуатационной надежности тоннелей, осложняется наличием большого разнообразия климатических, топографических и инженерно-геологических условий мест расположения тоннельных сооружений и связанных с этим различных способов проходки, типов конструкций обделок тоннелей и используемой техники и технологий.

Анализ практики строительства транспортных тоннелей в нашей стране и за рубежом показывает, что значительное повышение экономических показателей и сокращение сроков можно обеспечить только в результате реализации единого методического подхода, базирующегося на взаимосвязанных компонентах совершенствования организации и проведения: инженерно-геологических изысканий, проектирования и строительства объектов, с применением высокоэффективных инновационных технологических решений.

Реконструкция и строительство транспортных тоннелей – основное направление деятельности ЗАО «Управление строительством «Южная горно-строительная компания». Для успешного решения поставленных задач в «УС «ЮГСК» отработаны передовые технологии и специальные методы, позволяющие обеспечить безопасность ведения работ и своевременный пуск объектов в эксплуатацию.

С 1996 г. (в 2011 г. исполняется 15 лет), коллектив «ЮГСК», осваивает современные технологии горного способа при строительстве транспортных тоннелей Северного Кавказа. За этот период построено и строится более 15 поземных объектов, включая: - **Мацестинский а.д. тоннель** на Федеральной автодороге Джубга - Сочи,  $L_t = 1316$  м., (1997 - 2000 гг.); - **Краснополянский а.д. тоннель и две штольни**, на Федеральной автодороге Адлер - Красная Поляна,  $L_t = 2472$  м., (1999-2005гг.); - **Шаумянский тоннель**, на автодороге Туапсе-Майкоп-Краснодар,  $L_t = 1418$  м. (начало строительства 2000 г); - **Петлевые железнодорожные тоннели**, участке ж.д. Армавир-Туапсе: Малый, 169,8 м., Средний, 354,4 м., (2002- 2004 гг.); - **Навагинский ж.д. тоннель (новый)**, на линии Армавир – Туапсе,  $L_t = 1139$  м., (2005 - 2008 гг.); - **Новороссийские Большой и Малый ж.д. тоннели** (врезка тоннеля и штольни с Южного портала, проходка штольни, и 603 м. калотты ж.д. тоннеля (2005 - 2011 гг.); В 2001г. ЗАО «ЮГСК» принимает участие в завершающей стадии строительства Северо-Муйского тоннеля по строительству боковой дренажной штольни. С 2008 г. ЗАО «УС «ЮГСК» занимается строительством объектов на совмещенной (автомобильной и железной) дороге «Адлер - горноклиматический курорт «Альпика-Сервис», включая **ж.д. и а.д. тоннели Комплекса № 1**: Ж.д. тоннель, однопутный: Длина - 2523,5 м.; Сечение - 74 м<sup>2</sup>; А.д. тоннель: Длина - 2296,0 м.; Сечение - 134 м<sup>2</sup>; Проходка тоннелей - горным способом; Обделка - монолитный железобетон.

В соответствии с Директивным графиком выполнения работ, после окончания проходки в тоннелях, полным ходом идет бетонирование постоянных обделок, обустройство сбоек, штолен, порталов, галерей и других конструктивных элементов с подготовкой ТК №1 к сдаче в эксплуатацию.

В настоящее время «УС «ЮГСК», как одна из самых опытных и надежных тоннелестроительных организаций группы компаний «СК МОСТ», привлекается для решения самых сложных вопросов на других объектах трассы: выполнения Буровзрывных работ на всех тоннелях сооружаемых горным способом, проходки ж.д. тоннеля № 2 ТК 3, с Северного портала на оползневом участке, а также штолен дымоудаления в зонах разломов и слабых грунтах.

Успешное выполнение Федеральной целевой Программы строительства



проходческим комбайном. Применение контурного взрывания направлено на решение двух основных задач: - снижение переборов, и -повышение устойчивости грунтового массива за счет уменьшения его техногенной нарушенности.

Для взрывания шпуровых зарядов используются инновационные технологии неэлектрической системы инициирования зарядов, российского производства «Эделин». При монтаже взрывной сети кроме волноводов системы «Коршун» используется детонирующий шнур и элементы электровзрывания: ЭД, провода и взрывная машинка.

Система обладает повышенной безопасностью, и обеспечивает безотказное взрывание в сложнейших горно-геологических условиях.

**Разработка грунтов механическим способом.** Прогрессивным направлением в разработке грунтов механическим способом при строительстве тоннелей является применение ТПК (тоннеле-проходческих комбайнов). При строительстве тоннелей «УС «ЮГСК» разработала и внедрила технологию проходки с использованием современных ТПК, в том числе корпорации «Sandvik Corp.» (ALPINE MINER AM-75, ALPINE TUNNEL MINER ATM-105, SANDVIK M520) со стреловидным рабочим органом и фрезерной коронкой (Рис. 2а). При соответствующих грунтах ТПК представляют собой идеальный выбор в силу целого ряда важных факторов, в том числе существенной экономии и высоком потенциале для повторного применения, увеличивая в 2-2,2 раза темпы проходки и в 1,5-1,7 раза производительность труда за счет совмещения операций разрушения и погрузки грунта.



Рис. 2

а - Проходческий комбайн SANDVIK M-520;  
б - Доработка уступа подземным экскаватором «Liebherr».

При разработке грунта забоя в зависимости от конкретных инженерно-геологических условий проведена оптимизация различных технологических схем движения рабочего органа, что существенно повысило безопасность и эффективность использования ТПК.

Наряду использованием проходческих комбайнов и БВС, на отдельных участках велась разработка грунта нижнего уступа подземным экскаватором «Liebherr» оборудованным гидромолотом (Рис. 2 б).

**Погрузка и транспортировка грунта.** После взрывания и проветривания забоя приступали к уборке взорванной грунтовой массы.

При использовании БВС, для уменьшения затрат времени на погрузку и транспортировку грунта была разработана непрерывно-челночная схема движения транспорта, позволяющая быстро освобождать забой от грунта.

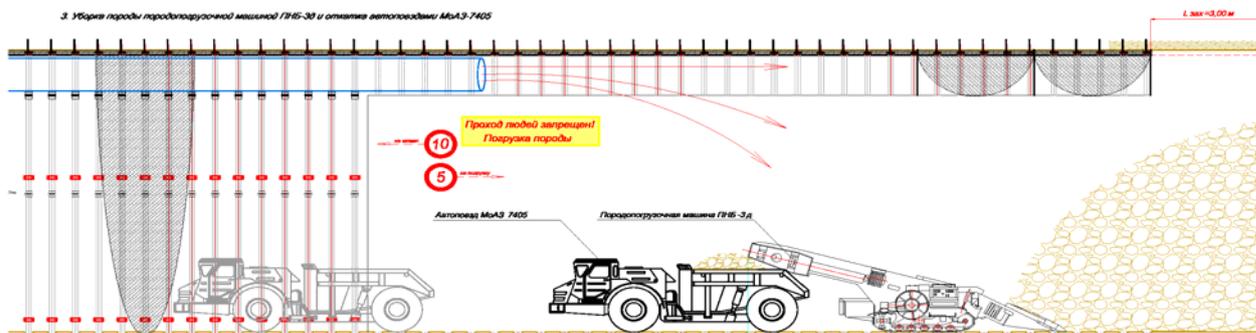


Рис.3 Уборка грунта породопогрузочной машиной ПНБ-3Д и откатка автопоездами МоАЗ – 7405.

Погрузка разработанного грунта и зачистка подошвы производилась: порододоставочными машинами (ПДМ) Sandvik LH410 и Toro 301, машиной непрерывного действия ПНБ-3Д, в автопоезд МоАЗ 7405 с дальнейшей транспортировкой в зону перегруза или в отвал на поверхности (Рис. 3).

При скоростной проходке использовали систему вызовов специалистов-бурильщиков, взрывников и машинистов МоАЗов к месту работ к моменту начала соответствующей операции проходческого цикла.

**Устройство временной крепи.** Для обеспечения безопасности проходческие работы производилась под защитой временной крепи. Временная крепь устанавливается с отставанием от забоя не более чем на одну заходку, с использованием технологии новоавстрийского тоннельного метода (NATM): податливой крепи из набрызгбетона, арматурных арок и анкеров - с постоянным маркшейдерским контролем за деформацией обделки.

В последнее время в мировой практике строительства тоннелей горным способом широкое распространение получил *новоавстрийский тоннельный метод* (NATM). Идея NATM заключается в том, чтобы, применяя податливую крепь можно допустить повышенные деформации контура выработки, но не позволить им превысить критические пределы. Отмечено, чем больше свободные деформации, которые происходят в массиве до установки крепи, тем большую часть нагрузки возьмут на себя приконтурные слои грунта и тем меньшая ее часть придется на обделку. В результате достигается экономия за счет применения более легких конструкций обделок.

В «УС «ЮГСК» технология NATM применяется на всех объектах с начала XXI века. При проходке транспортных тоннелей, в качестве временной крепи наносят покрытие из набрызг-бетона 10-15 см по металлической сетке, при необходимости – с армированием решетчатой аркой. В последующем, на расстоянии нескольких сотен метров от забоя бетонируют внутренний слой по обычной технологии. Работы выполняются с постоянным контролем деформаций контура выработки и элементов временной крепи с использованием самых современных маркшейдерских приборов.

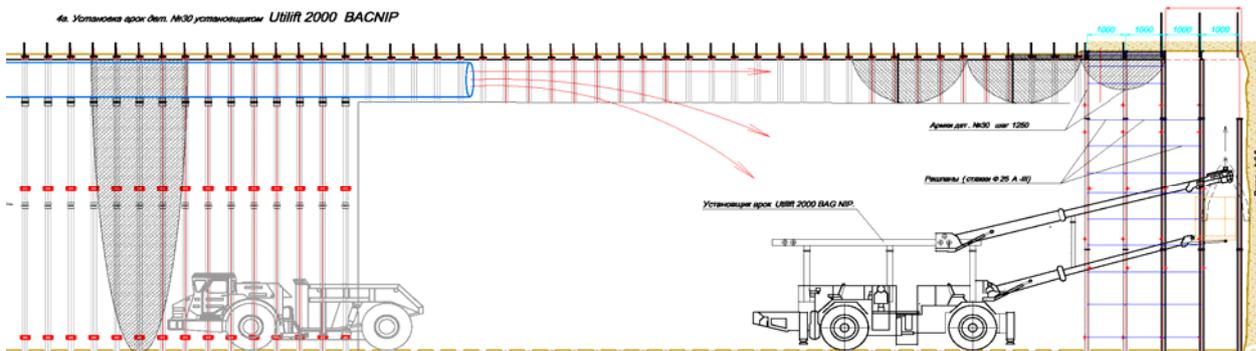


Рис.4 Установка арок I №30 установщиком Utilift 2000

В зависимости от инженерно-геологических условий с шагом: 0,75 – 1,0 - 1,5 м., машиной для монтажа арочной крепи Utilift 2000 BAGNIP устанавливаются арки, сетка и выполняется в два этапа нанесение набрызгбетона по стенам и своду установкой Робошот МК-3 (или Нормет Спраймек 7110). Перед монтажом арматурных арок производится бурение шпуров по боковой части забоя под установку сталеполлимерных монтажных анкеров (L-1,5м).

В случае появления критических деформаций элементы крепи усиливаются нанесением дополнительных слоев набрызгбетона и анкерной крепью. При пересечении ослабленных зон производилось усиление временной крепи самозабуривающимися анкерами MAI SDA R38 и анкерными болтами Swellex Premium-Line (Atlas Copco). Длина анкеров -8 м (в грунтах  $f=2\dots4$ ), – 4-6 м. (в грунтах при  $f=6$ ).

Из *специальных способов работ* в практике строительства тоннелей на Юге России широко используется врезка порталной части выработки под экраном из труб и при проходке зон тектонических нарушений в слабых раздробленных грунтах. Проходка на припортальных участках ведется под защитой свода из труб длиной до 25 м. После выхода тоннеля из-под свода из труб дальнейшая проходка ведется с установкой опережающего крепления из ж.б. анкеров, которые выполняются из бетона В25 и арматурных стержней А300 Ø 32 мм, длиной - 3м.

Проходка в слабых грунтах на СП ТК №3 выполнялась под экраном из труб с креплением забоя фиброгласовыми анкерами. Бурение скважин экрана длиной 3-7 м велось под углом наклона 15° вверх по отношению к продольной оси тоннеля. В каждую скважину в процессе бурения устанавливались перфорированные обсадные трубы с последующим нагнетанием через них цементно-силикатного раствора. Бурение анкеров Ø89х6мм длиной 7 м производилось буровой установкой «Rocket Boomer E3C18», по технологии Symmetrix. Так же, выполняли закрепление лба забоя выработки фиброгласовыми анкерами длиной 6,0м в количестве 43 шт. в грунтах  $f = 0,8-1,5$ . Нагнетание цементно-силикатного раствора выполняли через данную трубку, объем раствора составлял 0,4 м<sup>3</sup> на один фиброгласовый анкер, длиной 6,0м.

Для маркшейдерского обеспечения проходки и контроля процессов строительства тоннелей (проходческие работы, вынос проектных данных в натуру, контроль профиля и др.), наряду с традиционным геодезическим оборудованием используется современная технология разработанная швейцарскими фирмами Leica Geosystems и Amberg Meastechnik.

**Бетонирование постоянной обделки.** В ж.д. тоннеле выполняется двумя цельносекционными опалубками типа «Saga Cogio» на полный профиль, заходками 12 м. с помощью бетононасосов «Cifa».

В а.д. тоннеле используются две самоходные цельносекционные опалубки «BAYSTAG», с функцией трансформации для бетонирования участков уширения аварийных остановок транспорта, заходками 12 м. с бетононасосами «Cifa».

Доставка бетонной смеси для нанесения набрызгбетона и бетона постоянной обделки ж.д. и а.д. тоннелей осуществляется автобетоносмесителями Transmix 3000 либо СБ-92, оборудованным нейтрализаторами выхлопных газов.

Для изготовления растворов и бетонной смеси на стройплощадках южного и северного порталов тоннельного комплекса №1 смонтированы бетонные заводы «ARCEN» (Бельгия) с производительностью до 100 м<sup>3</sup>/час.

#### **Из опыта строительства тоннелей в «УС «ЮГСК» можно сделать выводы:**

- условия строительства транспортных тоннелей неуклонно усложняются, как вследствие увеличения масштабов строительства, так и в связи с расположением сооружений в местностях сложного горного рельефа, повышенной сейсмичности, меняющейся инженерно-геологической и гидрогеологической обстановки.

- практика использования машин и оборудования нового поколения в «УС «ЮГСК» при

строительстве тоннелей позволяет оптимизировать состав механизированных комплексов для различных условий строительства.

- реализация накопленного опыта строительства, а также научно-инженерной концепции организации скоростного строительства транспортных тоннелей на Юге России позволило достигнуть рекордных скоростей проходки тоннелей горным способом более 200 м/месяц;

- сокращение времени транспортировки грунта достигнуто применением непрерывно-челночной схемы движения транспорта, позволяющей быстро освобождать забой от грунта для производства буровых работ и устройства временной крепи.

- при значительном удалении забоя от портала разработанный грунт при отгрузке из забоя целесообразно аккумулировать на пункте перегруза с дальнейшей выдачей его на поверхность без изменения времени цикла проходки.

- отмечено, что более высокие скорости проходки достигаются в устойчивых грунтах с использованием временного крепления выработки по технологии новоавстрийского тоннельного метода (NATM).

- при скоростной проходке тоннелей крепнет трудовая и производственная дисциплина, существенно уменьшается себестоимость строительства за счет снижения затрат на обслуживающие процессы машин и механизмов.

- опыт скоростной проходки показал надежность в работе, используемой на олимпийских тоннелях современной техники и инновационных технологий.

Внедрение результатов исследований в практику строительства позволяет увеличить скорость ведения работ и уменьшить сроки ввода в эксплуатацию транспортных тоннелей, в том числе на олимпийской трассе Сочи - 2014.