© С.Г. Елгаев, 2007

УДК 69.035.4

С.Г. Елгаев

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В соответствии с законом РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» горные работы, а так же работы в подземных условиях относятся к категории опасных производственных объектов. К ним относятся и объекты подземного метростроения, к которым предъявляются повышенные требования безопасности на всех этапах, включая изыскания, проектирование, горнопроходческие и строительно монтажные работы. По данным статистики на производстве ежедневно погибает около 10 россиян, и львиная доля всех смертей приходится на опасные производственные объекты, в том числе и на подземное строительство.

ОАО «Трансинжстрой» ведет работы в области подземного строительства уже более пятидесяти лет. Вопросам обеспечения безопасности производства работ всегда уделялось повышенное внимание. В структуре ОАО «Трансинжстрой» создана система мероприятий, основанная на внедрении в производство новых технологий, современных машин и механизмов; их реализация регламентируется правилами, нормативно-технической документацией и правовыми нормами. В филиалах ОАО «Трансинжстрой» в соответствии с действующим законодательством разработаны согласованные Ростехнадзором РФ «Положения об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований про-мышленной безопасности на опасных производственных объектах ОАО «Трансинжстрой», «Положение о руководстве взрывными работами и контроля за их производством». Боль-шое внимание уделяется повышению уровня знаний по вопросам охраны труда и промышленной безопасности среди инженерно-технических работников и рабочих. По результатам аттестации рабочих мест разработаны и выполняются планы мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда, сертифицированы работы по охране труда, проводятся экспертные обследования технических устройств, отработавших нормативные сроки эксплуатации. Создана и эффективно работает Служба охраны труда и производственного контроля укомплектованная квалифицированными специалистами, имеющими большой производственный опыт.

ОАО «Трансинжстрой» многие годы занимается метростроением. Для Московского метрополитена были построены пересадочный узел станции «Киевская», станции «Улица 1905 года» и «Баррикадная» с пересадочным узлом, станция «Крылатское», вестибюль станции «Боровицкая», реконструирована часть воздухозаборных устройств действующих линий метрополитена. Коллектив активно помогал метростроителям г. г. Харькова, Еревана и Екатеринбурга.

В 2003 году была окончена строительством и сдана в эксплуатацию одна из самых красивых в Москве - станция «Парк Победы».

На этом объекте были применены ряд новых решений и технологий, обеспечивших как высокие технические показатели, так и безопасность основных операций. К ним относятся:

- новый шахтный комплекс КШГ-2 для выдачи породы на поверхность;
- проходка тоннелей без применения буровзрывных работ;
- изготовление и применение новых сталебетонных обделок вместо чугунных тюбингов.

Механизированный шахтный комплекс КШГ-2 позволил обеспечить выдачу на поверхность до 16 тыс. куб. м. грунта в месяц, что вдвое превышает возможности традиционных шахтных комплексов.

Комплекс состоит из технологически и конструктивно связанных между собой механизмов, оборудования и устройств, обеспечивающих полную механизацию и автоматизацию процессов обмена породных вагонеток, увеличение скорости подъема, повышение безопасности труда обслуживающего персонала.

Комплекс включает:

- тюбинговый копер с площадками на верхнем разгрузочном и нулевом (в уровне поверхности) горизонтах;
- два бункера-накопителя емкостью по 20 $м^3$ каждый;
- эстакаду с опрокидывателем вагонеток;
- приемный узел для сухой смеси и песка с переподъемником, обеспечивающим перемещение вагонеток с отметки 4,5 м на нулевой горизонт;
- две клети грузолюдского подъема и грузовую платформу;
- две подъемные машины;
- откаточный горизонт в рудничном дворе.

Верхний разгрузочный горизонт комплекса компоновочно и по оборудованию существенно отличается от традиционных решений. В комплект оборудования входят: качающиеся площадки вместо посадочных кулаков, соединяющие пути в клетях с путями на площадке, опрокидыватели с гидроприводом, оборудованные средствами электровиброочистки и вентиляторными пылесосами, толкатели верхнего действия для перемещения груженых вагонеток из клети на площадку и порожних вагонеток в обратном направлении. Обмен вагонеток происходит по челночной схеме без поперечного перемещения. Управление опрокидывателями и толкателями осуществляется одним оператором со специального пульта.

Подъемные машины обеспечивают скорость подъема грузолюдских клетей до 4 м/сек. вместо 2,5 м/сек. Грузопотоки по стволу - выдача породы и подача материалов - разделены благодаря установке третьей клети -грузовой платформы, способной перемещать груз массой до 8 т.

Возможность доставки длинномерных материалов и крупногабаритного оборудования в грузовой платформе позволила отказаться в стволе от опасного в эксплуатации отделения лесоспуска.

Нижний откаточный горизонт в районе рудничного двора выполнен двусторонним и оборудован двумя агрегатами АПТ-2 для механизированного обмена вагонеток, каждый из которых включает в себя две качающиеся площадки (входная и выходная), привод для открывания стопоров клети, стволовые двери шлагбаумного типа, задерживающий стопор, толкатель и путевой тормоз.

Новая схема и комплект вышеуказанного оборудования дали возможность существенно сократить время обмена вагонеток.

Продолжительность цикла обмена вагонеток на верхнем и нижнем горизонтах составляет около 20 сек. по сравнению с 60-80 сек. на традиционных комплексах.

При проходке станций «Парк Победы» были исключены буровзрывные работы. Известно, что большие объемы буровзрывных работ весьма трудоемки и опасны сами по себе, требуют эффективного проветривания, приводят к нарушению целостности горного массива, переборке породного контура, и, вследствие этого увеличивают затраты на производство нагнетания раствора за обделку для заполнения зазоров между обделкой и массивом. Для исключения этих негативных явлений разработку породы станционных тоннелей вели горнопроходческими комбайнами Е-134 фирмы Паурат (Финляндия) и 4ПП-2 Ясиноватского завода. Грунт разрабатывался ударноскалывающим способом стреловой машиной, оснащенной гидромолотом, а погрузка породы производилась малогабаритной ковшовой машиной, имеющей боковую и фронтальную разгрузку.

Применение горнопроходческих комбайнов позволило значительно уменьшить трудозатраты, исключить нарушение грунтового массива и свести до минимума осадки дневной поверхности, что было очень важно при строительстве в условиях плотной городской застройки.

При строительстве станций впервые применена новая металлобетонная обделка. Она состоит из отдельных объемных элементов, изготовленных на собственной производственной базе из металлопроката. Применение такой обделки вместо чугунных тюбингов позволило более чем в два раза сократить металлоемкость, повысить надежность гидроизоляции и использовать обделку в качестве временной крепи до бетонирования.

В настоящее время коллектив ОАО «Трансинжстрой» ведет строительство участка Митино - Строгинской линии Московского метрополитена от действующей станции «Парк Победы» до реконструируемой станции «Кунцевская», а также строит станцию «Строгино».

Специалисты организации, используя накопленный опыт и с учетом достижений отечественной и зару-бежной практики пришли к выводу, что в сложных гидрогеологических условиях заложения тоннелей, при сжатых директивных сроках строительства и безусловном выполнении всех требований безопасности необходимо применить новую технологию.

В итоге был сделан выбор в пользу применения механизированного тоннелепроходческого комплекса (ТПМК) фирмы «Херренкнехт».

Конструкция этого комплекса в сочетании с водонепроницаемой железобетонной обделкой позволяет вести безосадочную проходку тоннелей с сохранением естественного напряженно-деформированного состояния грунтового массива. Реализуется это путем создания в призабойной камере щита давления, уравновешивающего боковое горное и гидростатическое давление, а так же за счет синхронного с передвижкой щита заполнения твердеющим тампонажным раствором кольцевого зазора между обделкой и грунтом. Головным рабочим органом ТПМК является щит с герметичным ротором, оборудованным резцами и шарошками, с активным грунтовым пригрузом забоя. На участке проходки в водонасыщенных грунтах,

предусматривается ввод в забойную зону пенообразующих добавок, связывающих избыточные грунтовые воды. Щит оборудован камнедробилкой для разрушения валунов. Шнековый конвейер для выдачи породы из забойной зоны оборудован затворами гильотинного типа для герметизации в период остановок. Для предотвращения поступления воды или грунтовых масс через строительный зазор, на внутренней оболочки щита смонтированы уплотняющие щетки с консистентной смазкой.

Шнековый конвейер обеспечивает дозированный отбор грунта при проходке и выгрузку его на систему транспортеров технологических тележек комплекса и далее на основной тоннельный транспортер. По мере проходки транспортер наращивается из накопительно-натяжной станции. Грунт выдается в монтажную камеру и далее автотранспортом в отвал.

Применение конвейерной выдачи породы позволило разделить транспортные потоки и добиться сокращения по времени проходческого цикла. Выбор такой схемы полностью оправдал себя и позволил достигнуть скорости проходки 635 м. в месяц - это рекорд для отечественного тоннелестроения.

При проходке принята челночная схема откатки по одному пути, проложенному по оси тоннеля. Транспортировка грузов осуществляется дизельными локомотивами. При движении к ТПМК локомотив должен находиться в хвосте состава, поэтому на головной подвижной единице устанавливается видеокамера, которая передает изображение пути впереди состава на монитор в кабине машиниста. Локомотив и головная подвижная единица оборудованы проблесковыми маячками, которые оповещают о движении состава в дополнение к звуковому сигналу.

Управление ТПМК осуществляется дистанционно, со стационарного пульта управления, все операции по разработке грунта, его транспортировке, монтажу обделки и тампонажу заобделочного пространства контролируется компьютером. В забое находится минимальное количество людей.

Для приготовления бентонитовой суспензии, консистентных смазок хвостового уплотнения, тампонажных растворов используются, опробованные на практике и допущенные к применению, экологически чистые материалы.

Предусмотренный комплекс защитных мероприятий обеспечивает безопасное воздействие основных технологических процессов на экологию в районе строительства тоннелей. Контроль за обеспечением промышленной безопасности и охраны недр, наблюдения за деформациями земной поверхности, перемещениями, сдвигами, кренами, существующих наземных сооружений, расположенных в зоне возможных деформаций в период строительства выполняет маркшейдерская служба ОАО «Трансинжстроя».

Оправданность в выборе и применении ТПМК подтвердилась на практике, при создавшейся в марте текущего года нештатной ситуацией при проходке перегонного тоннеля от станции «Кунцевская» в сторону станции «Парк Победы».

При проходке на очередное кольцо резко возросло давление в грунтовой камере щита. Оно достигло 3 бар (0,3 МПа), что привело к немедленной остановке ТПМК. До автоматического закрытия задвижки шнекового погрузчика произошел выброс в тоннель воды с песком и галькой объемом около 15 куб. м., а на дневной поверхности, на участке Минской улицы, между Кутузовским проспектом и Смоленским направлени-

ТПМК в монтажной камере. К проходке готов!

ем Московской железной дороги произошли деформации проезжей части.

После откачки из забоя выпущенной пульпы было принято решение продолжить проходку без автоматического ограничения давления в грунтовой камере. Дальнейшая проходка велась в условиях повышенного давления грунтопригруза.

Проведенный комиссией с привлечением ряда экспертов анализ результатов технического расследования инцидента установил:

- наиболее вероятной причиной образовавшейся просадки проезжей части является практически внезапная осадка поверхности грунтового массива в этом месте с размерами в плане примерно 30 на 30 м. и глубиной до 0,5 м.

- осадка поверхности, в свою очередь, была следствием неблагоприятного сочетания факторов природного и техногенного характера.

Эта ситуация явилась, по существу, «спусковым крючком» к изменению естественного напряженно-деформированного состояния грунтового массива. Она характеризуется тем, что, вскрыв, по-видимому, основание незадокументированной скважины, проходческий щит одномоментно принял на себя полное гидростатическое давление, примерно,

- 0,4 МПа, при котором его породоуборочный орган (шнек) не может работать и продвижение щита автоматически прекращается. Через образовавшуюся при этом грунтовую пробку в приемном шнеке щита в тоннель поступила вода с песком и галькой, в том числе, по вскрытой скважине с верхнего водонос-

ного горизонта. При этом происходило образование на поверхности мульды оседания и естественное осушение и уплотнение грунтов в ее основании и только благодаря автоматической остановки щита и уравновешиванию создавшегося гидростатического давления, поступление пульпы в забой было ограничено по величине, что и позволило предотвратить аварию.

Перед коллективом ОАО «Трансинжстроя» на очереди стоит сооружение технологического ствола на строящейся линии метрополитена. Сложность задачи заключается в том, что при традиционном методе проходки буровзрывным способом гидрогеологические условия в районе расположения ствола потребовали бы замораживания грунтов, а это повлекло бы за собой недопустимое увеличение продолжительности работ, что не отвечает установленным директивным срокам строительства первой очереди Митино-Строгинской линии.

В ОАО «Трансинжстрой», с учетом достигнутого при проходке перегонного тоннеля с ТПМК опыта было принято решение применить стволопроходческий механизированный комплекс. В настоящее время уже ведется монтаж его оборудования.

Достигнутые показатели при строительстве станции «Парк Победы» и проходке перегонного тоннеля Митино-Строгинской линии с применением новых технологий и современной техники, обеспечивающие высокую скорость проходки и максимальную безопасность производства работ, вселяют в коллектив ОАО «Трансинжстрой» оптимизм и уверенность в правильном выборе стратегии метростроения. ГИАБ

Коротко об авторах

Елгаев С.Г. – генеральный директор ОАО «Трансинжстрой», кандидат технических наук, лауреат Государственной премии РФ.