**Применение современного оборудования и технологий при строительстве метрополитена в г. Алматы**

М.Т. Укшебаев, В.Л. Коротков

Трасса первой очереди метрополитена проходит глубоким заложением через центральную часть города от проспекта Райымбека по улице Фурманова до проспекта Абая и далее – до проспекта Гагарина; периферийные участки трассы – станция Райымбек, Ветка в депо и Алатау – мелкого заложения.

Строительная длина первой очереди – 8,56 км, эксплуатационная – 7,61 км, количество станций – 7.

Среднее расстояние между станциями – 1,27 км, наибольшее – 1,52 км, наименьшее – 0,99 км.

Наименьший радиус кривых в плане на перегоне Алмалы – Абая – Байконур – 300 м.

Максимальный уклон трассы по перегонам – 40°.

Криволинейные участки трассы по отношении ко всей длине составляют 23°.

Станция Алатау – с боковым расположением платформ, остальные станции приняты с платформами островного типа, длина которых рассчитана на прием пятивагонных составов.

Станции глубокого заложения связаны с поверхностью наклонными эскалаторными тоннелями, в которых располагается четырехленточный эскалатор.

Подземные вестибюли эскалаторных тоннелей соединены с подуличными пешеходными переходами.

Уникальность Алматинского метрополитена определяется комплексом особо сложных геотехнических факторов:

1. Сложная региональная геодинамика Северного ТяньШаня.

2. Высокая сейсмичность территории в 9–10 баллов по шкале МЗК.

3. Предгорная зона с наклонным рельефом, представляющая межгорную впадину.

4. Грунты разнообразные, слабоустойчивые, галечниковые с включениями валунов значительных размеров до трех метров в диаметре.

5. Разные глубины заложения перегонных и станционных тоннелей от 11 м мелкого до 60 м глубокого.

Район строительства первой очереди метрополитена расположен на северном склоне Заилийского Алатау в пределах выноса конуса рек Большая и Малая Алматинка.

Участок строительства сложен галечниковыми грунтами с включением валунов размером от 200 до 400 мм преимущественно с песчаным заполнителем. Заполнитель представлен разнозернистыми песками кварцполевошпатового состава.

Петрографически галечниковые грунты представлены обломками гранитов, гранодиоритами, реже диоритов, сиенитов, кварцитов, преобладающего серого цвета, прочных, крепких, хорошо окатанных, иногда встречаются выветрелые до состояния рухляка.

Грунтовые воды по трассе залегают ниже уровня выработок метрополитена на глубине от 4 до 100 м.

Общая оценка инженерно-геологических условий принята как условно благоприятная для сооружения метрополитена.

Алматинский метрополитен – один из немногих, где строительство ведется без применения рельсового транспорта. Все работы по вывозке грунта, доставке материалов производятся самоходной техникой КамАЗами, малогабаритными автомобилями-самосвалами ТСШ-4Б, РАUS и погрузочно-доставочными машинами ПД-2 ЛК-1. Доставка и укладка бетона осуществляется бетоно-транспортными машинами на базе ТСШ-4б.

С целью реализации плана по внедрению современных технологий при строительстве Алматинского метрополитена был приобретен высокопроизводительный тоннелепроходческий комплекс (далее – ТПМК) «Неггеnknecht: S320».

ТПМК компании «Неггеnknecht AG» должен обеспечить сооружение перегонных тоннелей метрополитена, удовлетворяющих функциональному назначению в соответствии с проектом и требованиями эксплуатации в части бесперебойного и безопасного движения транспортных средств, требованиями капитальности, надежности и долговечности строительных конструкций, систем современных средств безаварийности и экологической защиты городской территории.

Участок проходки ТПМК «Херренкнехт» находится в достаточно сложных условиях сооружения тоннелей вдоль пространственной кривой, где накладываются друг на друга плановые кривые и кривые продольного профиля.

Принципиальная схема ТПМК Ø=5,86 м для сооружения перегонного тоннеля (рис. 1) основана на новой технологии, предусматривающей при проходке систему активного грунтопригруза и монтажа сборной железобетонной сейсмостойкой водонепроницаемой обделки из высокоточных блоков с упругими уплотнительными прокладками в стыках, а также использование конвейера для транспортировки разработанного грунта по тоннелю и далее на поверхность через наклонный ход.

Применение грунтопригруза связано с необходимостью обеспечения стабилизации грунта при неустойчивом забое для предупреждения осадок земной поверхности в условиях существующей плот ной городской застройки.

Рабочий орган ТПМК, оснащенный резцовым инструментом разработки мягких грунтов и дисковыми шарошками, способен разрушать валуны размером 300–400 мм и более. Такая схема обеспечивает возможность разрабатывать забой при вращении ротора в любом направлении.

ТПМК Ø=5,86 м состоит из механизированного щита, обеспечивающего сооружение тоннелей в слабоустойчивых грунтах, и защитового комплекса оборудования.

Принятая технология проходки тоннелей включает современные компьютерные навигационную и управляющую системы, обеспечивающие ведение щита с минимальными отклонениями в плане и профиле. Интегрированное оборудование ТПМК и использование универсальной конструкции обделки из высокоточных колец позволяет получить тоннельную обделку высокого качества как на прямых, так и на кривых участках перегонных тоннелей Алматинского метрополитена.

ТПМК выполняет сооружение перегонного тоннеля на участке ст. Алмалы – ст. Абая – ст. Байконур общей протяженностью 2,98 км.

Для осуществления пуска в работу ТПМК специалистами АО «Алматыметрокурылыс» и фирмы «Неггеnknecht AG» решена технически сложная задача – монтаж ТПМК в подземных условиях. На глубине 40,0 м в стесненных подземных условиях в течение трех месяцев был смонтирован ТПМК.

После завершения монтажных работ в мае 2006 г. был осуществлен пуск в работу ТПМК «Неггеnknecht S320».

На первых 100 пог. м проходки ТПМК находился на гарантийном обеспечении фирмы-производителя «Неггеnknecht AG» и сопровождался специалистами фирмы, которые в процессе проходки выполняли отладку всех систем и обучали специалистов АО «Алматыметрокурылыс».

Учитывая инженерно-геологические условия участка строительства перегонных тоннелей, после проходки 350 м был выявлен большой износ ротора, а также винтовой части и корпуса шнекового конвейера ТПМК. Было принято решение по восстановлению изношенных частей с применением пластин специального металла с большой стойкостью к истиранию. Применив пластины из нескольких марок стали с различными физикомеханическими свойствами, мы остановились на хорошо себя зарекомендовавшей стали, изготовляемой в Республике Казахстан. Вся контактирующая с забоем часть ротора была усилена дополнительным металлическими плитами толщиной 60 мм, что позволило очень надежно защитить шарошки и их крепление от износа при разрушении валунов большой крепости. Также было принято решение повысить крутящий момент ротора за счет регулировки гидромоторов привода, что позволило разрабатывать забой за более короткое время.

При тяжелых условиях работы шнекового конвейера произошло истирание его винтовой части с проектной высоты 240 мм до 40 мм, и работа по выдаче разработанного грунта этим конвейером была невозможна. Для доступа к винтовой части шнекового конвейера ТПМК были внесены конструктивные изменения – корпус был сделан разъемным. Для устранения износа было применено специальное литье профиля винтовой части шнека с наплавкой твердосплавными электродами, что позволило восстановить шнек для нормально работы.

Учитывая происходящий износ ротора и шнекового конвейера, было принято решение выполнять восстановительные работы через каждые 300 м проходки перегонного тоннеля, что позволяет своевременно восстанавливать изношенные части и успешно продолжать проходку.

С момента пуска ТПМК пройдено 1,8 км, и в настоящее время продолжается проходка перегонного тоннеля.

Параллельно монтажу ТПМК в перегонном тоннеле ст. Жибек – ст. Алмалы и наклонном эскалаторном тоннеле ст. Алмалы производился монтаж оборудования ленточных конвейеров:

– приводных станций;

– л е н т о ч н о й к а с с е т ы (в перегонном тоннеле);

– металлоконструкций подвески транспортерной ленты.

В перегонном тоннеле лента конвейера продвигается по мере проходки тоннеля за счет запаса в кассете до 100 м, а по наклонному – стационарный специальный конвейер для транспортировки грунта под углом 30°.

По этой схеме разработанный грунт транспортируется по конвейеру перегонного тоннеля и выдается на поверхность по наклонному.

Для своевременного ввода в эксплуатацию станций первой линии метрополитена специалистами АО «Алматыметрокурылыс» было применено современное оборудование и новая технология строительства. Впервые на территории СНГ внедрен Новоавстрийкий тоннельный метод (НАТМ) при строительстве станции пилонного типа «Жибек-Жолы». Эта же технология применяется при строительстве остальных четырех станций глубокого заложения.

В период проектной проработки конструкции станции пилонного типа «Жибек-Жолы» было выполнено исследование напряженнодеформированного состояния обделки станционных тоннелей, а также установление характера ее взаимодействия с грунтом на разных этапах строительства с использованием наиболее апробированного и универсального метода физического моделирования применения эквивалентных материалов. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории моделирования тоннелей кафедры «Тоннели и метрополитены» ПГУПСа под руководством профессора Д.М. Голицынского. Это исследование позволило установить места с наибольшими значениями растягивающих и сжимающих напряжений в обделке и учесть это при ее армировании.

Технология НАТМ позволяет в кратчайшие сроки возвести основные несущие конструкции станции глубокого заложения по сравнению с традиционными методами строительства и с минимальными осадками дневной поверхности, а также максимально обезопасить и механизировать труд проходчиков.

С использованием данной технологии достигнута скорость проходки станционных тоннелей во временном креплении более 24 пог. м в месяц, а возведение постоянной обделки выполняется не менее 30 м в месяц.

Безопасность Алматинского метрополитена обеспечена применением сейсмостойких тоннельных конструкций, разработанных ведущим институтом на территории СНГ ОАО ЦНИИС «НИЦ» «Тоннели метрополитены» (г. Москва), и внедрением при строительстве станционных тоннелей прогрессивных разработок фирмы «Бетон унд Монирбау» (Австрия).

В районе строительства перегонных тоннелей в местах пересечения с ул. Жарокова и проспектом Гагарина, учитывая интенсивность транспортного движения и большой объем действующих инженерных сетей, вынос которых из зоны строительства сильно затруднен по техническим и экологическим причинам, было принято решение применить технологию микротоннелирования для сооружения защитных экранов при строительстве тоннелей без разрытия улиц. Для устройства экрана использован микротоннелепроходческий комплекс (МТПК) А\/М-600 фирмы «Неггеnknecht AG».

Были выполнены работы по устройству защитного экрана из труб Ø 820 мм в оводовой части тоннеля и произведена проходка тоннеля под ул. Жарокова. В настоящее время ведутся работы по устройству экрана под проспектом Гагарина.

Применение высокопроизводительного тоннелепроходческого комплекса «Неггеnknecht S-320» с конвейерной транспортировкой грунта, Новоавстрийского тоннельного метода при сооружении станционных комплексов позволит значительно сократить сроки строительства и произвести пуск Первой очереди метрополитена в г. Алматы в установленные сроки.