УДК [622.1:528](031)

В.К.НОСОВ, *аспирант, Empty87@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.K.NOSOV, *post-graduate student, Empty87@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЮБИНГОВОЙ КРЕПИ ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ СТАНЦИИ МЕТРО «АДМИРАЛТЕЙСКАЯ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛАЗЕРНО-СКАНИРУЮЩЕЙ СЪЕМКИ

Изложена методика лазерно-сканирующей съемки наклонного тоннеля метро. Рассмотрен способ деформационной оценки состояния тоннелей путем геометрического анализа 3D-моделей, полученных по данным лазерно-сканирующей съемки.

Ключевые слова: наклонный тоннель, геометрический анализ 3D-моделей тоннелей, лазерно-сканирующая съемка, 3D-моделирование тоннелей.

ESTIMATION OF CONDITION TUBBING LINING ESCALATOR TUNNEL OF METRO STATION «ADMIRALTY» BY RESULTS OF LAZERNO-SCANNING SURVEY

Account method of laser-scanning survey of inclined tunnel of the metro. The way of a deformation estimation of a condition of tunnels by the geometrical analysis of 3D-models received according to laser-scanning survey is considered.

Key words: inclined tunnel of the metro, the geometrical analysis of 3D-models of tunnels, laser-scanning survey, 3D-modelling of tunnels.

К строительству наклонного хода станции «Адмиралтейская» метростроители приступили в начале 2010 г. Сложность работ по сооружению эскалаторного тоннеля станции «Адмиралтейская» заключалась в крайне неустойчивых грунтах, уплотненной застройке этого района и уникальности зданий. Геология в месте строительства неоднородна, преобладают обводненные грунты.

При проходке наклонного хода была применена самая современная тоннелепроходческая техника – механизированный щит «Herrenknecht» диаметром 10,74 м. В самом центре города под жилыми домами завершилась сложнейшая технологическая операция, пройден эскалаторный тоннель длиной более 120 м. Станция спроектирована с двумя переподъемами: длина большого эскалатора 69 м, малого 15 м, переходной коридор 112 м. Станция «Адмиралтейская» будет самой глубокой в мире.

Главная задача выполненной работы состояла в анализе состояния тюбинговой обделки тоннеля. Для увеличения точности и скорости съемки использована лазерно-сканирующая система IMAGER 5006, представляющая собой высокоточный наземный лазерный сканер фазового типа (рис.1). Производительность съемки сканера – до 500000 точек в секунду. Дальность действия IMAGER 5006 79 м. Средняя точность лазерного сканера, с учетом свойств обделки

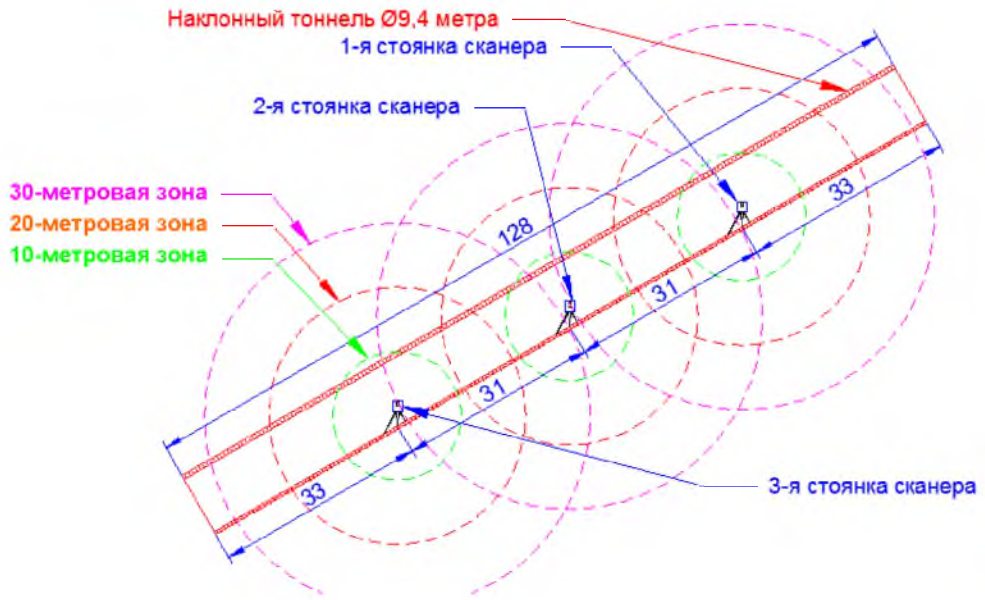


Рис.1. Схема установки прибора

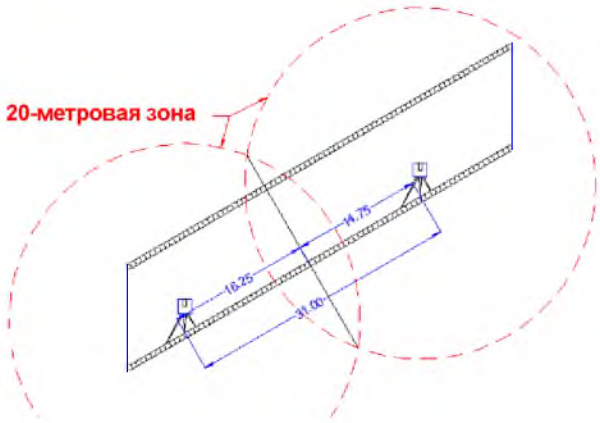


Рис.2. Оптимальная зона сканирования прибора

Viewpoint	d [mm]	dx [mm]	dy [mm]	dz [mm]	from scan
Viewpoint1					
m1	3.4	0.7	2.9	-1.7	111.zfs
m2	2.3	0.8	2.2	-0.1	111.zfs
m3	6.2	-1.9	-4.8	3.4	111.zfs
m4	1.1	0.3	-1.0	0.4	111.zfs
Viewpoint2					
m5	3.7	-3.6	-0.2	-0.7	2222.zfs
m6	4.1	4.0	-0.2	1.0	2222.zfs
m8	1.4	-0.1	1.3	-0.6	2222.zfs
Viewpoint3					
m11	2.2	1.6	-1.3	0.8	3333.zfs
m12	4.1	-0.2	-3.3	2.4	3333.zfs
m9	3.8	-2.2	2.7	-1.5	3333.zfs

Рис.3. Результаты регистрации в программе Z+FLaserControl

тоннеля, составляет 1,9 мм. Выбор данной системы для производства съемок был обусловлен ее высокой точностью, которая позволяет выявить смещения и деформации обделки тоннеля.

Сканирование тоннеля производилось с трех стоянок. Расстояние между стоянками подобрано исходя из пересечения оптимальных зон сканирования прибора (20-метровая зона) и равно примерно 30 м (рис.2). Рядом со сканером устанавливалось четыре марки внешнего ориентирования размером 20 × 20 см. Марки размещались на расстоянии 4-6 м от сканера. После сканирования они были закоординированы тахеометром в единой системе координат, принятой на участке строительства. На каждой станции выполнялась съемка всего тоннеля в режиме «high» и краев тоннеля в режиме «superhigh». Общее время полевых работ составило около 4 ч.

Полученные облака точек лазерных отражений (сканы) с трех станций нужно зарегистрировать в единой системе координат.

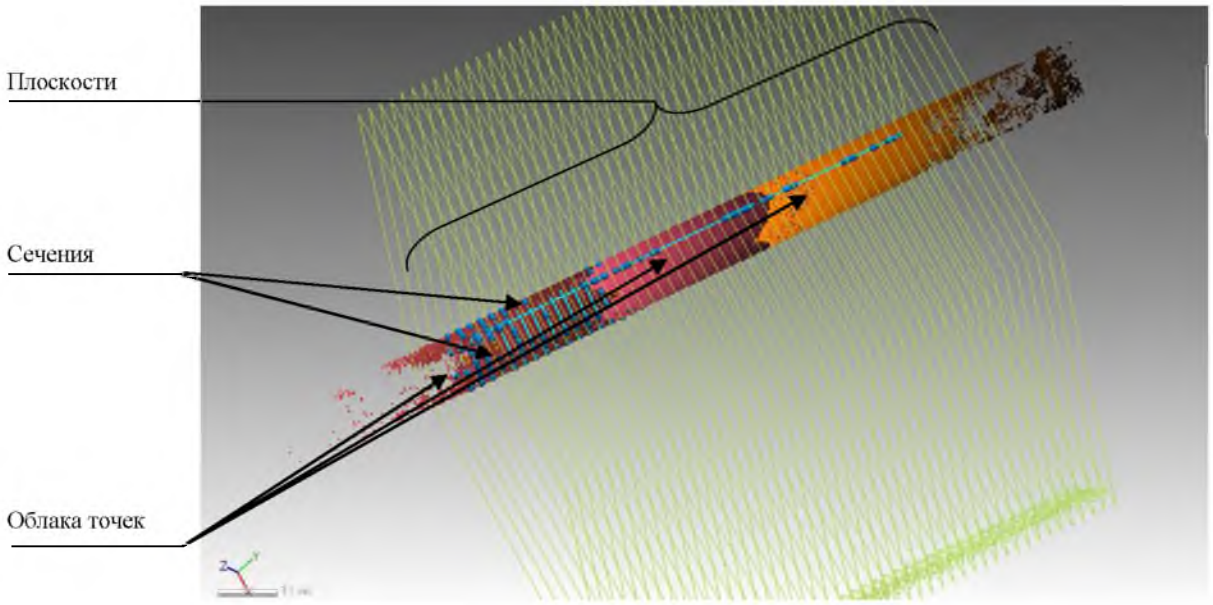


Рис.4. Процесс обработки в RapidForm

Для этого использовались марки внешнего ориентирования с известными координатами. Для регистрации применялась программа Z+FLaserControl, поставляемая вместе со сканером. В автоматическом режиме на скане отмечают не менее трех марок, и им задают координаты, полученные тахеометром. Результаты сканирования выводятся на экран в виде ошибок по каждой марке (рис.3.).

В целом результаты регистрации можно считать хорошими, но по ним сложно судить о реальной ошибке на границе облаков точек. Для качественного анализа этого важного фактора следовало добавить двухсторонние марки на границе двух зон сканирования (см. рис.2.), провести регистрацию и определить координаты. Только после этого по разнице в координатах можно точно оценить качество сшивки сканов. Поскольку двухсторонние марки нами не использовались и оценить ошибку на границе сканов невозможно, проводить анализ деформации обделки тоннеля можно только в локальной системе координат сканера.

Далее работа с облаками точек лазерных отражений проводилась в программных продуктах семейства RapidForm. На рис.4 приведен пример построения сечений тоннеля. В RapidForm были импортированы сканы и построены плоскости, нормаль которых совпадает с осью тоннеля, расстояние между плоскостями 2 м. С помощью функции «Section» в местах пересечения плоскости и точек скана в автоматическом режиме строится сечение тоннеля, которое экспортируется в AutoCad.

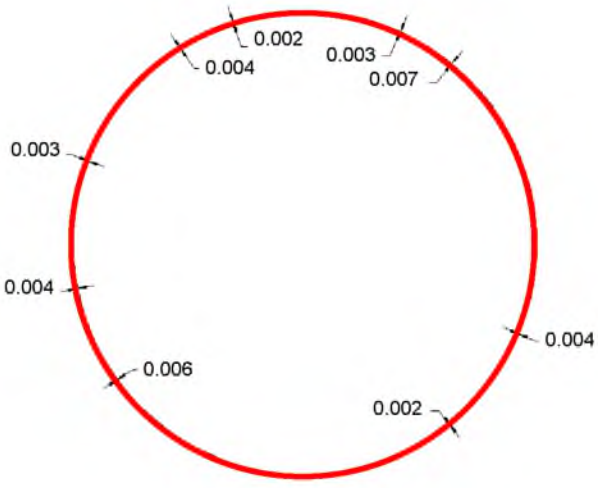


Рис.5. Сравнение проектного сечения тоннеля с сечением, полученным по результатам лазерно-сканирующей съемки

Сравнение сечений с проектом дает возможность оценки состояния крепи через изменчивость геометрических параметров в конкретных местах тоннеля. На основе полученных данных можно оценить как локальные деформации тоннеля, так и общие отклонения от проекта (рис.5). Размеры внутри сечения, показывают смещение крепи тоннеля в сторону сжатия, а снаружи сечения – в сторону растяжения. На данном примере мы видим деформацию верхней части обделки тоннеля и смещение стенок тоннеля.