

ПУТЕШЕСТВИЕ ЗА СЕВЕРНЫЙ ПОЛЯРНЫЙ КРУГ СО СКАНИРУЮЩИМ ТАХЕОМЕТРОМ LEICA

Н.В. Чунаков (ООО «НАВГЕОКОМ»)

В 2013 г. окончил факультет прикладной космонавтики и фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотосъемка и фотограмметрия». После окончания университета работал в компании «ГМУ-строй». С 2014 г. работает в ООО «НАВГЕОКОМ», в настоящее время — инженер технической поддержки.

В ноябре 2016 г. специалисты ООО «НАВГЕОКОМ» совместно с маркшейдерской службой ОАО «Ямалгипротранс» выполнили проект с использованием сканирующего роботизированного тахеометра Leica Nova MS60 на одном из объектов предприятия, расположенном в Мурманской области, за Северным полярным кругом.

В компании «НАВГЕОКОМ» накоплен большой опыт, полученный при реализации значительного числа инновационных проектов в России, в том числе в горной и нефтегазовой отраслях. Вопрос оперативного контроля проведения работ остро стоит в любой компании. Ежедневно маркшейдеры предприятий сталкиваются с необходимостью независимо от погодных и климатических условий точно, быстро и, что еще важнее, безопасно определять координаты, площади и объемы. Любая заминка при выполнении измерений влечет за собой задержку в работе других производственных подразделений.

Основной целью данного проекта было повышение производительности полевых работ, путем замены традиционных маркшейдерских методов на более эффективные, осно-

ванные на применении новых технологий, современного геодезического оборудования и программного обеспечения.

Испытания по осуществлению маркшейдерского контроля с помощью сканирующего роботизированного тахеометра Leica Nova MS60 компании Leica Geosystems AG (Швейцария) (рис. 1) проводились на строящейся железной дороге в объезд основной трассы для угольных и нефтяных терминалов.

Компания Leica Geosystems почти 100 лет производит высокоточное измерительное оборудование, которое рос-

сийские специалисты ценят, прежде всего, за высокое качество и надежность. Leica Nova MS60 совмещает в себе функции высокоточного роботизированного тахеометра с возможностью сканирования территорий и отдельных объектов со скоростью до 1000 точек/с на расстоянии до 300 м. Надежность и инновации — именно эти два фактора играли ключевую роль при выборе технологии, предложенной компанией «НАВГЕОКОМ».

Благодаря тому, что тахеометр Leica Nova MS60 является роботизированным тахеометром и лазерным сканером од-



Рис. 1

Тахеометр Leica Nova MS60 на объекте ОАО «Ямалгипротранс»



Рис. 2

Визуализация облаков точек на экране тахеометра Leica Nova MS60

новременно, его функционал позволяет получать данные как методом электронной тахеометрии, так и методом лазерного сканирования, что гарантирует более качественный маркшейдерский контроль при меньших временных затратах.

Сканирующий роботизированный тахеометр Leica Nova MS60 позволяет решать сразу несколько задач, стоящих при обеспечении строительства как перед маркшейдерами, так и перед геодезистами:

- детально и оперативно измерить геометрические параметры возводимого сооружения и точно определить объемы;

- определить на построенном сооружении места, имеющие отклонения от проекта;

- получить дополнительный экономический эффект.

Результаты измерений, выполненных тахеометром Leica Nova MS60 на объекте, обрабатывались в программных комплексах (ПК) 3DReshaper (Hexagon Metrology) и AutoCAD Civil 3D (Autodesk). Для испытаний на строящемся основании полотна железной дороги выбрали контрольный участок

между пикетами 44 и 48, на котором по проекту была предусмотрена выемка прямоугольной формы размером 320x56 м и глубиной 17 м. На нем уже были выполнены буровзрывные работы и частично вывезена скальная порода. Для сравнения результатов, полученных с помощью сканирующего тахеометра на контрольном участке, использовались материалы предыдущих исполнительных съемок этого участка, проведенных специалистами маркшейдерской службы предприятия.

▼ Проверка и вычисление объема вынутого грунта

Для получения подробной модели поверхности выемки на контрольном участке и вычисления объема вынутого грунта была выбрана сетка сканирования 30x30 см при максимальном расстоянии сканирования 60 м. Сканирование проводилось с помощью тахеометра Leica Nova MS60 с двух станций установки инструмента. В процессе измерений была выполнена пространственная привязка этих станций в системе координат объекта, что позволило в дальнейшем проверить соответствие фак-

тического планового и высотного положения лотка выемки его проектным значениям. Процедура сканирования заняла 22 минуты.

Все полученные облака точек отображались на экране тахеометра с помощью встроенного полевого программного обеспечения (ПО) Leica Captivate в 3D, что позволило непосредственно после сканирования в полевых условиях удостовериться в полноте полученных данных и отсутствии теневых зон (рис. 2). Данный метод позволил сэкономить время и существенно улучшить полученный результат, так как почти полностью была исключена возможность ошибки оператора. При этом маркшейдеру ОАО «Ямалгипротранс», принимавшему участие в измерениях, не требовалось приближаться к бровке обвалоопасных склонов.

Результаты сканирования в формате XML были переданы в офисный компьютер, где проводились вычисления объема вынутого грунта в ПК AutoCAD Civil 3D и 3DReshaper. Объемы грунта, полученные после обработки каждым из этих программных комплексов, составили, соответственно, 71 970 м³ и 72 401 м³. Незначительная разница в результатах связана лишь с различными методами, применяемыми при построении поверхностей вычислительным ядром каждой программы.

Прикладная программа «Вычисление объемов» ПО Leica Captivate, встроенного в тахеометр, также позволяет вычислить объем по облакам точек в полевых условиях и отобразить результат на экране тахеометра Leica Nova MS60, если требуется оперативно решить подобную задачу, например, на складах сыпучих материалов.

▼ Поиск мест на контрольном участке, имеющих отклонения от проекта

Данная задача была выполнена двумя способами: в полевых условиях и в офисе.

Проектная поверхность выемки на контрольном участке (между пикетами 44 и 48 строящегося полотна железной дороги) была создана маркшейдерской службой ОАО «Ямал-гипротранс» по предоставленным ООО «Гипротранс Проект» поперечным сечениям и конвертирована в формат DXF из ПК AutoCAD Civil 3D.

В полевых условиях использовалась прикладная программа «Инспектирование поверхностей» ПО Leica Captivate, которая позволила оценить отклонения фактической поверхности от проектной. Так как проектные данные были загружены в тахеометр в формате DXF, появилась возможность сравнить эти данные с результатами сканирования — облаком точек и вычислить для каждой точки облака отклонение от проектного значения. На рис. 3 показан режим сравнения, отображаемый на экране тахеометра. В зависимости от величины отклонения от проекта каждая точка облака была окрашена в красный или синий цвет. Поскольку после проведения буровзрывных работ и частичного вывоза грунта максимальное отклонение от проекта допускается на $\pm 0,5$ м, красный цвет был присвоен точкам, имеющим отклонение от проекта больше 0,5 м, а синий — меньше 0,5 м.

Сравнение высот фактической поверхности лотка выемки с его проектными значениями показал, что только 38% площади фактической поверхности удовлетворяет заданным критериям. Следует отметить, что при обработке в ПК 3DReshaper в офисе это значение составило 37,3%.

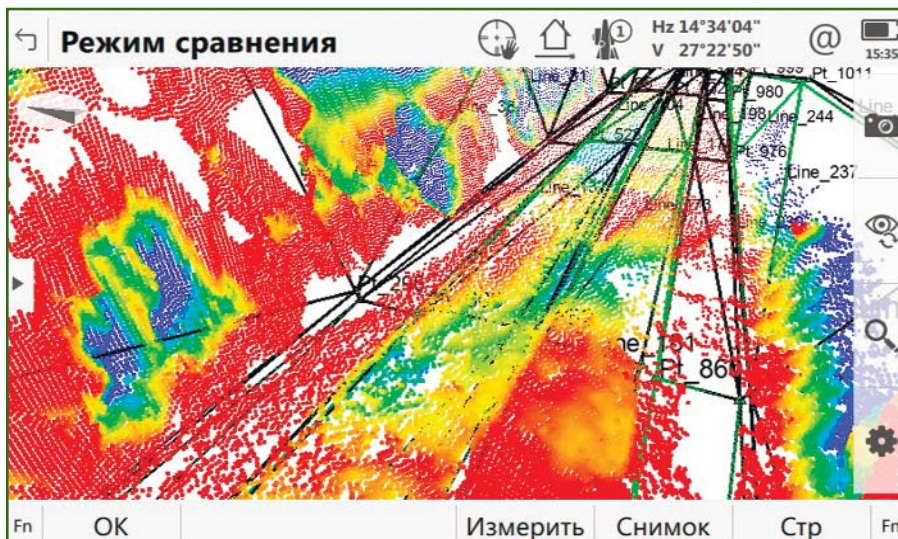


Рис. 3
Режим сравнения проектной и фактической поверхностей на экране тахеометра Leica Nova MS60

После сравнения полученных результатов сканирования с проектными данными контуры проблемных мест, на кото-

рых необходимо провести дополнительные земляные и планировочные работы, можно вынести в натуру. Большой

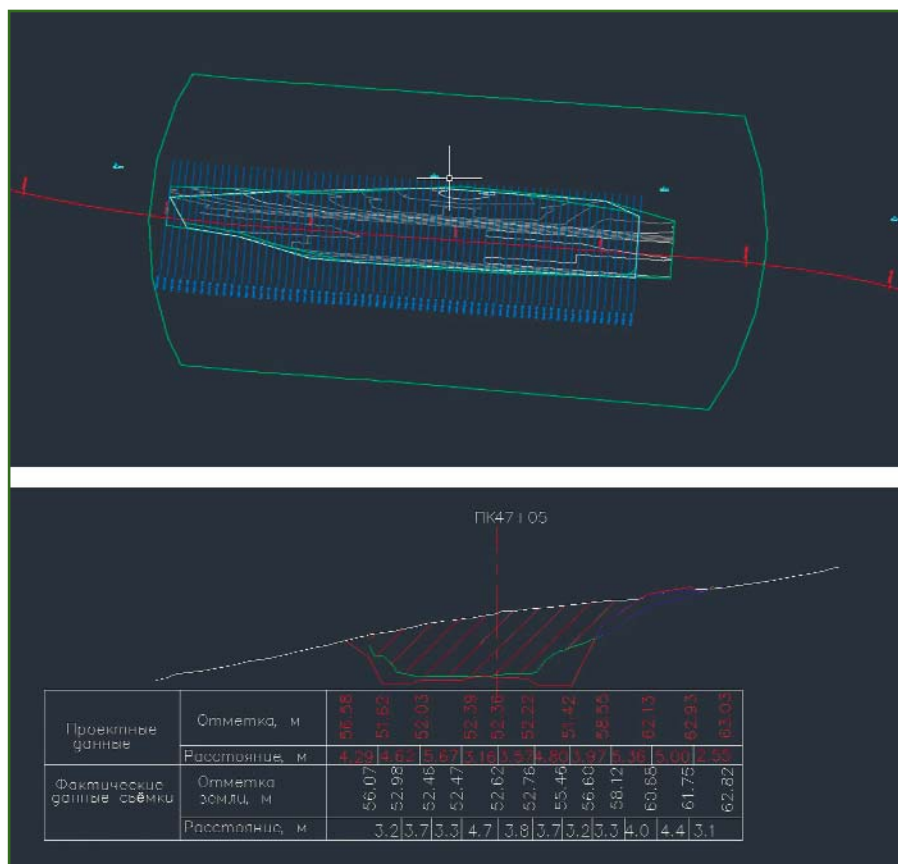


Рис. 4
Примеры работы в ПК AutoCAD Civil 3D: построение фактической поверхности (вверху); сравнение проектной и фактической поверхностей по поперечникам (внизу)

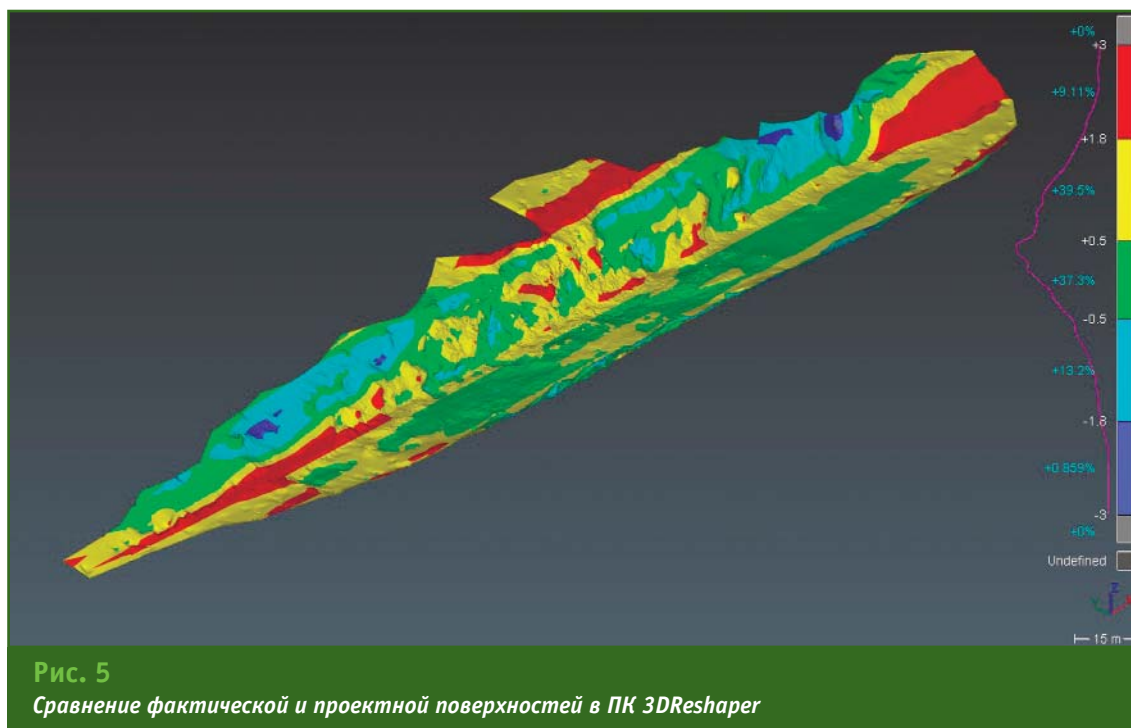


Рис. 5
Сравнение фактической и проектной поверхностей в ПК 3DReshaper

сенсорный экран тахеометра, удобные клавиши навигации в трехмерном пространстве и вспомогательные функции позволяют исполнителю быстро вынести в натуру контуры проблемных мест. В этом случае полностью исключается необходимость возвращаться в офис для камеральной обработки, а затем повторно выезжать на строящийся объект, что существенно ускоряет процесс работы.

В офисе результаты сканирования выемки на контрольном участке были загружены в компьютер и обработаны в ПК AutoCAD Civil 3D и 3DReshaper.

По отклонениям между фактической и проектной поверхностями вычислялся объем вынутого грунта и результирующий объем земляных и планировочных работ, включая выемку и насыпь.

В ПК AutoCAD Civil 3D строились триангуляционные поверхности, поперечные сечения, вычислялся фактический объем выемки и результирующий объем дополнительных земляных и планировочных работ,

включая выемку и насыпь (рис. 4). Результирующий объем дополнительных работ, вычисленный по значениям высот фактической и проектной поверхностей, составил 8610 м³. При этом суммарный объем необходимых земляных и планировочных работ по выемке грунта получился 11 514 м³, а насыпи — 2904 м³.

В ПК 3DReshaper была построена триангуляционная поверхность, а также вычислен объем выемки и результирующий объем между фактической и проектной поверхностями (рис. 5). Результирующий объем дополнительных работ, вычисленный по значениям высот фактической и проектной поверхностей, составил 8441 м³. При этом суммарный объем необходимых земляных и планировочных работ по выемке грунта получился 11 184 м³, а насыпи — 2743 м³.

Следует отметить, что по данным маркшейдерской службы результирующий объем дополнительных работ на этом участке был равен 8760 м³, при этом общий объем выемки со-

ставлял 11 810 м³, а насыпи — 3050 м³.

Допустимая разность двух независимых определений для данного объема земляных работ не должна превышать 5,6%. Полученное расхождение составило 3,7%, что удовлетворяет заданному допуску.

Реализованный проект показал, что выполнять измерения с помощью сканирующего роботизированного тахеометра Leica Nova MS60 можно круглосуточно, так как ограниченная видимость даже в ночное время не влияет на процесс сбора данных и процедуру сканирования.

Основой предложенной технологии является привычное для маркшейдеров оборудование — электронный тахеометр, что позволяет освоить методы съемки и обработки данных для получения подробной и точной модели поверхности сооружения быстро, а наличие функции дистанционного управления и слежения за призмой дает возможность выполнять полный комплекс работ одному исполнителю.