

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**А.В. Бурцев** («Фирма Г.Ф.К.»)

В 2004 г. окончил Российский университет дружбы народов по специальности «техники и технологии», направление «Горное дело». С 2006 г. работал в ЗАО «Миракс-Сити». С 2009 г. работает в ООО «Фирма Г.Ф.К.», в настоящее время — эксперт I-ой категории.

С каждым годом темпы и масштабы строительства подземных сооружений, а также добычи полезных ископаемых значительно возрастают. Проекты становятся все сложнее и амбициознее, при их выполнении предъявляются высокие требования к качеству, производительности, скорости и безопасности работ. Поэтому на всех этапах работ необходимо использовать современные технологии и оборудование. Ведущие компании стремятся автоматизировать работы для повышения производительности, исключения ошибок, связанных с человеческим фактором, а также уменьшения числа персонала, работающего в опасной зоне.

Маркшейдерские службы играют важную роль в обеспече-

нии вышеописанных требований. К их основным задачам как при строительстве, так и при добыче полезных ископаемых относятся:

- вынос проекта в натуру (разбивка осей, сечений, вынос точек под буровые выработки, установка крепи и многое другое);

- съемка выработанного пространства, подсчет объемов породы и бетона;

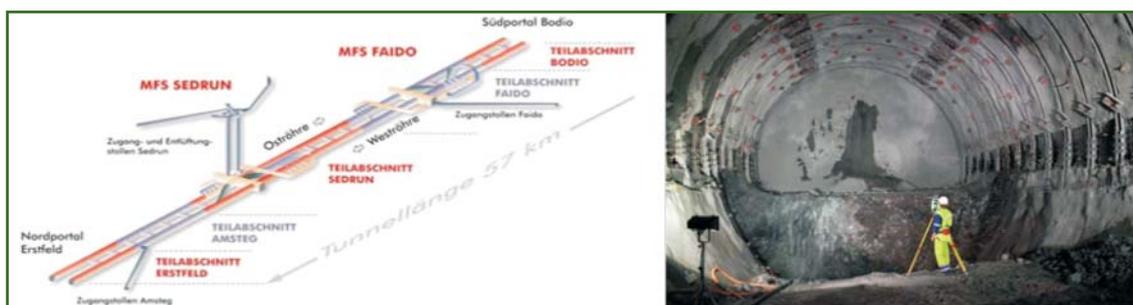
- геодезический мониторинг земной поверхности, зданий и сооружений, находящихся в областях возможных деформаций, при проходке опасных участков в зонах разломов и др.

Однако обеспечить высокие темпы работ и своевременный мониторинг становится весьма

затруднительно, даже в случае использования современных электронных тахеометров, пришедших на смену оптическим теодолитам и обычным рулеткам.

Важной вехой в геодезии, в целом, и в маркшейдерии, в частности, стало появление электронных роботизированных тахеометров, наземных лазерных сканирующих систем и специализированного программного обеспечения, которые вместе составляют мощные высокопроизводительные средства для геодезического обеспечения различных подземных работ. Среди них — TMS (Tunnel Measurement System) и АСДМ (автоматизированные системы деформационного мониторинга).

TMS разработана компанией AMBERG Technologies



**Рис. 1**

Готтардский базисный тоннель (Швейцария)

(Швейцария) и предназначена для геодезического обеспечения подземного строительства. Она находит применение при строительстве и реконструкции гидроэлектростанций, метро, тоннелей, бункеров и др. подземных объектов, а также при выполнении различных работ в горной промышленности.

География использования этой системы чрезвычайно широка. Знаковыми примерами могут служить Готардский базисный тоннель — самый протяженный тоннель в мире (57 км), соединяющий Швейцарию и Италию (рис. 1), и крупнейший железорудный рудник Кируна в Швеции (рис. 2). Этот рудник находится в эксплуатации более 100 лет. На нем добыто около 950 млн тонн железной руды. Длина рудного тела

составляет 4 км, толщина — 80 м. Глубина залегания рудного тела — 2 км, а общая протяженность выработок на 10 горизонтах составляет 400 км.

В России с помощью системы TMS было построено и реконструировано множество тоннелей на Транссибе, БАМе, Кавказе и в других регионах. Первой в нашей стране ее стала применять компания «Норильский никель» для съемки очистных лент. В настоящее время система TMS используется при сооружении тоннелей совмещенной (автомобильной и железной) скоростной дороги Адлер — «Альпика-Сервис» (рис. 3), которая должна быть запущена в эксплуатацию к зимним Олимпийским играм 2014 г. Всего будет построено 6 тоннельных комплексов общей протяженностью 29,4 км.

В TMS используются современные роботизированные электронные тахеометры Leica TPS 15 Viva/TPS 30, лазерные сканеры Profiler 5003 и специализированное программное обеспечение.

Данное технологическое решение позволяет вести однотипные (рутинные) разбивочные работы с высокой точностью в автоматическом режиме без присутствия маркшейдера в забое. На прибор, установленный в забое на консоли, горный мастер или другой специалист может подавать команды с пульта дистанционного управления. При этом круг лиц и уровень доступа к программе управления определяется маркшейдером. С помощью TMS быстро и очень точно можно выставить арочную крепь, разметить точки под бурение шпу-

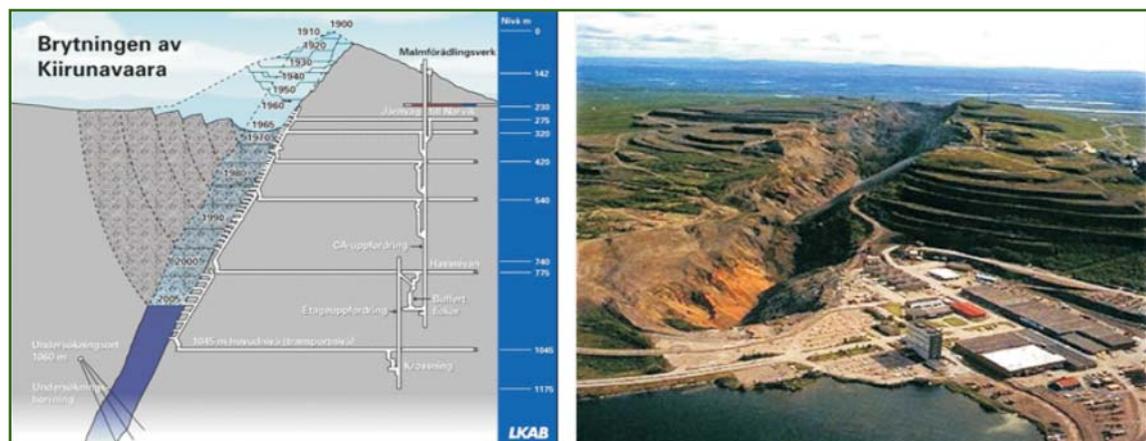


Рис. 2  
Рудник Кируна (Швеция)



Рис. 3  
Дорога Адлер — «Альпика-Сервис»

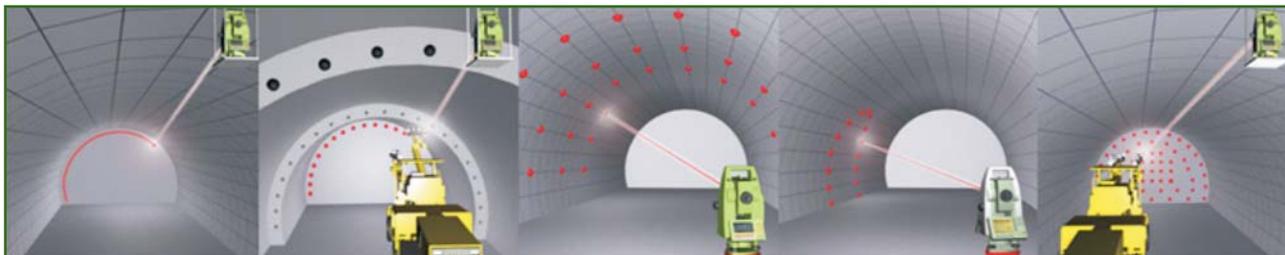


Рис. 4

Примеры автоматизации разбивочных работ с помощью TMS

ров и анкеров, вынести различные линейные объекты и многое другое (рис. 4).

TMS позволяет автоматизировать съемку выработок, а также обработку этих измерений. При этом затраты времени при съемке сокращаются в 3–5 раз. А процесс обработки, начиная с составления исполнительной документации и заканчивая выдачей данных по отклонениям, площадям и объемам, сводится лишь к нескольким нажатиям клавиш «мышки», вместо долгой и кропотливой работы традиционным способом, когда обработка полученной информации порой занимает больше времени, чем, собственно, сами измерения.

Кроме того, система TMS позволяет оперативно определять и выявлять отклонения от проекта непосредственно на объекте (рис. 5).

Лазерный сканер (рис. 6) дает возможность проводить максимально детальную съемку за короткий промежуток времени. В специализированной программе TMS ScanCloud можно быстро и с высокой точностью получить значение толщины и объема выбранной породы и слоев (например, бетона). Повторные измерения сооружения, выполненные через определенный промежуток времени, позволяют определить области и величины его деформаций.

Использование системы TMS позволяет автоматизировать работу маркшейдерской службы, значительно повысить про-

изводительность и точность работ, исключив при этом ошибки, связанные с человеческим фактором. При этом, наряду с сокращением материальных затрат и уменьшением количества персонала, работающего в забое, обеспечивается полное соответствие проекту и детальный подсчет объемов работ.

Важным пунктом для обеспечения комплексной безопасности при ведении подземных работ является контроль стабильности земной поверхности, зданий и сооружений, находящихся в зонах воздействия горных выработок, и прогнозирование их поведения. Деформационный мониторинг состояния природных объектов и искусственных сооружений в наши дни становится необходимостью и неотъемлемой частью комплексной системы обеспечения безопасности.

Уровень современного оборудования, новейшие средства коммуникаций, мощные вычислительные системы и программное обеспечение позволяют разрабатывать и создавать автоматизированные системы деформационного мониторинга.

АСДМ обладают рядом отличий и преимуществ по сравнению с традиционным мониторингом. Эти системы позволяют: контролировать данные в режиме реального времени с удаленного от объектов места; осуществлять непрерывный мониторинг; выполнять сбор данных, проводить предварительный анализ информации и отп-

равлять ее в любое место средствами Интернет. АСДМ способны определить изменения за секунды, минуты, часы, дни, недели или месяцы, сохраняя при этом всю информацию в электронной базе данных.

Каждый объект уникален и требует создания собственной системы мониторинга, с учетом его характеристик и сложности,

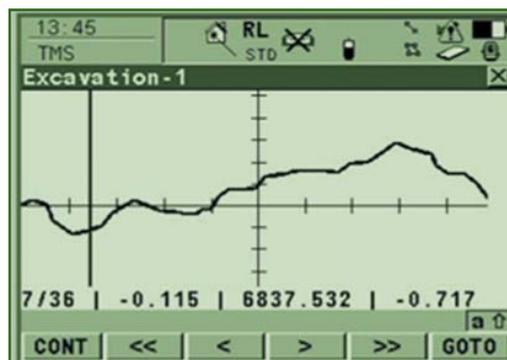


Рис. 5

График отклонений от проектного сечения на экране тахеометра



Рис. 6

Лазерный сканер Profiler 5003

**Рис. 7**

**Мониторинг тоннелей: в России (слева), в Швейцарии (справа)**

количества определяемых параметров и необходимой точности, а также имеющейся инфраструктуры и местных условий.

В АСДМ используются различные средства сбора данных: геодезические (роботизированные тахеометры, ГНСС приемники, дальнометры, датчики наклона), геотехнические (акселерометры, тензометры, трещеномеры и т. п.) и другие средства наблюдений (метеодатчики, видеокамеры) [1, 2]. В результате обработки геодезических измерений можно получить информацию о текущем состоянии объекта в виде значений деформаций, смещений и отклонений от проектного или его предыдущего состояния. Геотехнические средства дают возможность фиксировать другие параметры, которые могут быть проанализированы совместно с результатами геодезических измерений для выяснения корреляции и причин изменения состояния объекта.

Имеется множество примеров использования АСДМ для обеспечения безопасности при строительстве и эксплуатации различных важных объектов [3, 4], в том числе и подземных сооружений (рис. 7).

Система может быть настроена так, что отклонение любого параметра сооружения или объекта (смещение, скорость, ускорение смещения и др.) за пределы установленного диапазона

будет автоматически сопровождаться уведомлением ответственных лиц и оповещением технического персонала. Эта своевременная информация даст операторам время для принятия решений и выполнения необходимых действий по предотвращению критических ситуаций, аварий и позволит избежать человеческих жертв.

Приведенные примеры показывают, что использование современных инновационных маркшейдерских технологий при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, добыче полезных ископаемых является неотъемлемой частью успешного выполнения проектов и позволяет:

- обеспечить высокую скорость и производительность работ, а также оптимизировать процесс в целом;

- вести детальный подсчет объемов выбранной породы, затраченного бетона на обделку;

- значительно сократить применение ручного труда;

- существенно уменьшить материальные затраты за счет увеличения точности работ;

- повысить безопасность на всех стадиях реализации проекта.

#### ▼ Список литературы

1. Евстафьев О.В., Яценко А.И. Проблемы установки и сохранности оборудования автоматизированных систем мониторинга // Геопрофи. — 2010. — № 2. — С. 11–16.

2. Яценко А.И. Области применения цифровых инклинометров // Геопрофи. — 2010. — № 5. — С. 57–59.

3. Яценко А.И., Евстафьев О.В., Крейненброк Дж.В. Мониторинг деформаций висячего моста с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS // Геопрофи. — 2010. — № 6. — С. 15–19.

4. Яценко А.И., Осадчий Г.В. Комплексный контроль наклона опор при строительстве мостового перехода через бухту Золотой Рог (Владивосток) // Геопрофи. — 2011. — № 4. — С. 34–35.



111524, Москва, ул. Перовская, 1

Тел/факс: (495) 232-60-68, 672-66-66

E-mail: info-gfk@gfk-leica.ru  
www.gfk-leica.ru

#### RESUME

There is given a brief description of the Tunnel Measurement System technology and automated deformation monitoring systems, as well as of possible application areas. Advantages of using these innovative surveying technologies during construction and operation of underground facilities and mining operations are marked.