

УДК 528.7:622.1

## НАЗЕМНАЯ ЛАЗЕРНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА RIEGL LMS-Z420i – НОВЕЙШИЙ МЕТОД ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Шевченко Е.Н., Кучук В.Ф., Дуброва Н.А.  
(УкрНИМИ НАНУ г. Донецк, Украина)

*Дана стаття присвячена знайомству з лазерною скануючою системою Riegl LMS-Z420i як новою технологією ведення маркшейдерсько-геодезичних робіт. Розглянуто технологію та методи ведення робіт, вивчено та узагальнено матеріали сторонніх організацій при веденні робіт з використанням наземних лазерних скануючих систем.*

*This article is devoted to acquaintance to Riegl LMS-Z420i laser scanning system as a new technology of mine surveying and land measuring. Technology and measuring techniques are considered. Materials of the extraneous organizations are studied and generalized at conducting works with use of ground laser scanning systems.*

Пожалуй, самым значительным технологическим новшеством последнего времени в маркшейдерии, геодезии и ряде смежных отраслей стало активное внедрение в практику лазерных сканирующих систем. Лазерно-локационные технологии сочетают в себе точность и конкретность фотограмметрии, а также высокую информативность и производительность методов дистанционного зондирования. Появление данной технологии открывает новые горизонты в сфере мониторинга земной поверхности, инженерных изысканий для строительства линейных и площадных объектов, создания и ведения кадастровых планов различного назначения.

По единодушным оценкам специалистов [1-3, 7-9], лазерные сканирующие комплексы авиационного и наземного базирования - это будущее геодезии и связанных с ней прикладных дисциплин, а технологический эффект, вызванный их появлением, столь значителен, что его можно сравнить только с внедрением в повседневную геодезическую практику спутниковых навигационных систем.

Цель написания данной статьи - знакомство с новой лазерно-сканирующей технологией, методами реализации, технологией ведения работ, целесообразностью применения, а также изучение материалов и обобщение опыта сторонних организаций при ведении работ с использованием наземных лазерных сканирующих систем.

В 2008 году институтом УкрНИМИ НАН Украины была приобретена наземная лазерная сканирующая система Riegl LMS-Z420i (рис. 1). На сегодняшний день эта система является одной из самых технически совершенных и экономически эффективных в своем классе [4].



Рис. 1. Наземная лазерная сканирующая система Riegl LMS-Z420i

Суть технологии заключается в определении пространственных координат точек поверхности объекта и реализуется посредством измерения расстояния до всех определяемых точек с помощью лазерного безотражательного дальномера. При каждом измерении луч дальномера отклоняется от своего предыдущего положения так, чтобы пройти через узел некой мнимой нормальной сетки, называемой сканирующей матрицей. Количество строк и столбцов матрицы может регулироваться. Чем выше плотность точек матрицы, тем выше плотность точек на поверхности объекта, и соответственно, тем выше детальность получаемой информации. Система Riegl LMS-Z420i производит измерения со скоростью от 8 до 11 тыс. точек в секунду. Результатом работы сканера является множество точек с вычисленными трехмерными координатами, называемое облаком точек или сканом (рис. 2). Количество точек в одном облаке может варьироваться от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов. Изначально координаты точек определяются в условной системе координат сканера.



Рис. 2. Пример «сырых» данных, полученных в результате предварительного разреженного сканирования

В конструкции сканера используется импульсный лазерный дальномер. На пути к объекту импульсы лазерного излучения проходят через систему зеркал, которые осуществляют пошаговое отклонение лазерного луча. Зеркала сканера управляются прецизионными сервомоторами, которые обеспечивают точность направления лазерного луча на снимаемый объект. Зная угол разворота зеркал в момент наблюдения и измеренное расстояние, процессор вычисляет координаты каждой точки [5].

Сканер Riegl LMS-Z420i имеет область обзора по горизонтали  $360^\circ$  и по вертикали  $80^\circ$ . Наведение сканера на исследуемые объекты выполняется по результатам предварительного разряженного сканирования. Изображение передается на монитор, и оператор может визуально контролировать ориентирование прибора. Сканирование может производиться как сразу всего поля, так и лишь какой-то его части. Дальность измерения расстояний - от 2 до 1000 метров, средняя точность измерения расстояний – 5 мм.

Сканирование может происходить в несколько этапов, но полученные с каждой точки стояния сканы могут быть совмещены в единое пространство в программном модуле. Причем для совмещения сканов не обязательно наличие зон взаимного перекрытия. Обязательным условием является наличие точек ориентирования сканов, в качестве которых могут быть использованы либо характерные точки снимаемого объекта, либо специально установленные марки. По истинным координатам марок, которые определяются традиционными геодезическими методами, будет происходить процесс сшивки сканов.

Как и во всякой современной технологии, в основе лазерного сканирования лежат две технологии – аппаратная и программная. В нашем случае, программная часть представлена модулем RiSCAN PRO [6, 12], поставляемым в комплекте со сканером и выполняющим расширенный круг задач, как на этапе сбора информации при определении конфигурации сенсора, параметров сканирования и первичной визуализации, так и на этапе камеральной обработки данных при решении инженерных задач. В программном модуле реализованы возможности

филтрации плотности точек, трансформирования в проектную систему координат, создание ортофотоснимков, вычисление объемов тел, построение линий равных высот и целый ряд прочих инженерных задач.

Успех лазерно-локационных технологий связан с «естественной» трехмерностью и абсолютной геодезической точностью исследуемых объектов на субсантиметровом уровне. Это открывает новые возможности для специалистов не только в области геодезии и маркшейдерии, но и прочих смежных областей, особенно в условиях отраслевого горного института. Сфера применения лазерного наземного сканера достаточно велика, приведем лишь основные возможности его использования.

Наземная лазерная сканирующая система Riegl LMS-Z420i может быть использована:

- для составления и пополнения планов горных выработок и цифровых моделей карьеров, наблюдения за деформациями бортов карьеров при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом, а также деформациями земной поверхности в районах горных разработок [9];
- для определения объемов земляных работ и добычи полезного ископаемого (точность определения объемов в пределах 1%) [13];
- при сооружении и эксплуатации гидроотвалов, шламо- и хвостохранилищ, внешних отвалов вскрышных пород, складов забалансовых руд, а так же наблюдения за деформациями накопителей жидких промышленных отходов;
- при реконструкции подъездных железнодорожных путей, автомобильных дорог, трубопроводов и прочих линейных сооружений;
- при рекультивации земель, нарушенных горными разработками и обновлении топографических карт и планов;
- для определения объемов труднодоступных горных выработок (камер), складов полезных ископаемых сложной конфигурации;

- для проектирования архитектурных и инженерных сооружений, наблюдения за осадкой зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации, монтажных работ и калибровки;
- для маркшейдерского сопровождения буровзрывных работ с постоянным редактированием модели карьера после каждого взрыва;
- для исполнительных трехмерных съемок зданий, инженерных сооружений и в процессе, и по окончании строительства [10, 11].

В результате работы лазерной сканирующей системы могут быть получены как традиционные плоские чертежи, так и полные трехмерно визуализированные картины объекта - вплоть до «прогулки» по виртуальному объекту.

Целесообразность использования новой технологии в различных приложениях основывается на ее уникальных возможностях. Среди отличительных особенностей лазерного сканирования можно выделить три основных. Во-первых, в технологии полностью реализован принцип дистанционного зондирования, позволяющий собирать информацию об исследуемом объекте, находясь на расстоянии от него. Во-вторых, по полноте и подробности получаемой информации с лазерным сканированием не может сравниться ни один из ранее реализованных методов. В-третьих, лазерное сканирование отличается непревзойденной скоростью работы.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о неоспоримых преимуществах применения сканирующей системы Riegl LMS Z420i по сравнению с классическими геодезическими и маркшейдерскими методами. К этим преимуществам можно отнести: оперативность получения сырых данных, простоту использования системы, многофункциональность, избыточность данных, высокую точность и существенное уменьшение трудозатрат на выполнение поставленных задач, положительный экономический эффект и безопасность исполнителя при работе на опасных объектах и в условиях агрессивных сред.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Данилин И.М., Медведев Е.М., Мельников С.Р. Лазерная локация земли и леса. – Красноярск: ЦИТ СГГА, 2005.
2. Кашараба О.В. Технология трехмерного лазерного сканирования / ГеоИнжиниринг. - 2006. - № 6. – С. 5-9.
3. Медведев Е.М. Лазерная картография в России и мире: 10-летний опыт использования / Геопрофи. - 2005. - № 4. - С. 12-18.
4. Ковров А.А. Новые возможности аппаратной конфигурации сканеров Riegl: GPS, цифровая камера, инклинометр / Геопрофи. - 2006. - № 6. - С. 15-18.
5. Riegl LMS-Z420i. Nechnical Documentation and User Instructions. – Riegl LMS – 2005.
6. Riscan Pro. User Instructions. – Riegl LMS – 2005.
7. Медведев Е.М., Григорьев А.В. С лазерным сканированием на вечные времена / Геопрофи. - 2003. - № 1. - С. 5-10.
8. Монтонен Е.ВК., Капачинских С.А. Перспективы применения лазерного сканирования / Геопрофи. – 2005. - №3. – С. 18-20.
9. И.В. Макеечева Наземное лазерное сканирование в горной промышленности. - [http://www.injgeo.ru/rus/srv\\_lscan.html](http://www.injgeo.ru/rus/srv_lscan.html)
10. Ковров А.А. Использование сканеров Riegl в архитектуре и маркшейдерии / Геопрофи. – 2005. - №6. – С. 19-22.
11. Чернявцев А.А. Опыт использования лазерного сканера при проведении работ по оценке технического состояния зданий / Geotop. – М., 2007. – С. 14-17.
12. А.А. Ковров Возможности использования программного обеспечения Riegl Riscan Pro при обработке данных наземного лазерного сканирования / Лазерное сканирование и цифровая аэросъемка. Сегодня и завтра. – М., 2006. – С. 45-47.
13. А.А. Ковров Технология расчета объемов складских запасов в маркшейдерии с использованием наземного лазерного сканера Riegl LMS Z420i / Лазерное сканирование и цифровая аэросъемка. Сегодня и завтра. – М., 2006. – С. 28-32.