

А. А. Гребенников¹✉

Применение мобильного лазерного сканера Goslam RS300 при выполнении маркшейдерско-геодезических работ на месторождениях, разрабатываемых открытым способом

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: aleshenka.grebennikov@mail.ru

Аннотация. Технология мобильного лазерного сканирования предлагает высокую точность и скорость сбора данных, что является значительным преимуществом для горнодобывающих предприятий, стремящихся повысить эффективность своей работы и снизить экономические затраты на производство работ. В статье представлен анализ методик сканирования и обработки облаков точек мобильным лазерным сканером Goslam RS300 на месторождениях, разрабатываемых открытым способом. Рассмотрена комплектация и технические характеристики мобильного лазерного сканера Goslam RS300, методики лазерного сканирования, а также методики обработки облаков точек. В результате проведенного исследования выявлены достоинства и недостатки при работе с мобильным лазерным сканером Goslam RS300.

Ключевые слова: лазерное сканирование, Goslam RS300, обработка облака точек, Goslam LidarWorks, подсчет объема, построение трехмерных моделей, Goslam Manager

A. A. Grebennikov¹✉

Application of mobile laser scanner Goslam RS300 in surveying and geodesy works at open pit mines

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: aleshenka.grebennikov@mail.ru

Abstract. Mobile laser scanning technology offers high accuracy and speed of data collection, which is a significant advantage for mining companies looking to improve their efficiency and reduce the economic cost of operations. The article analyzes the methods of scanning and processing of point clouds by mobile laser scanner Goslam RS300 at the fields developed by open pit method. The equipment and technical characteristics of the mobile laser scanner Goslam RS300, methods of laser scanning, as well as methods of point clouds processing are considered. As a result of this study, the advantages and disadvantages of using the Goslam RS300 mobile laser scanner were identified.

Keywords: laser scanning, Goslam RS300, point cloud processing, Goslam LidarWorks, volume calculation, three-dimensional modeling, Goslam Manager

Введение

Выполнение лазерного сканирования является важной производственной задачей, которая решается в следующих сферах деятельности человека:

- строительство и реконструкция инженерных сооружений (контроль геометрических параметров);
- функционирование транспортных сетей (оценка состояния дорожно-транспортных сетей);

- функционирование коммунального хозяйства (выполнение оцифровки и документирования коммуникаций);
- дефектоскопия (выявление дефектов сооружений и производственных объектов);
- геодезия и маркшейдерия (создание цифровых моделей рельефа и подсчет объемов);
- археология и палеонтология (создание цифровых копий артефактов);
- медицина (диагностика и создание трехмерных моделей).

В список задач, выполняемых службой главного маркшейдера на горнодобывающих предприятиях с использованием лазерного сканера, входит лазерное сканирование следующих объектов:

- инженерных сооружений на объектах месторождения;
- рудных штабелей на горнорудных месторождениях;
- бортов карьера;
- скважин буровзрывных и геологоразведочных работ;
- с целью наблюдения за опасными зонами, например, за оползнями.

Целью данного исследования является анализ методик сканирования и обработки облака точек мобильным лазерным сканером Goslam RS300 на месторождениях, разрабатываемых открытым способом.

Методы и материалы

Мобильный лазерный сканер Goslam RS300 представляет собой сканер, основанный на технологии SLAM, которая обеспечивает актуальное определение пространственного положения, даже в условиях, когда нет доступа к системе спутникового позиционирования [1, 2]. Перемещаясь по помещению или на открытой местности, сканер самостоятельно определяет свое местоположение в пространстве, используя для этого информацию о соседних объектах вокруг сканера, при этом одновременно осуществляя их сканирование.

Благодаря инновационному сканеру Goslam RS300 сканирование происходит намного быстрее, чем с использованием обычного стационарного сканера [7]. Для начала сканирования достаточно выполнить сборку сканера и включить устройство, после чего начать двигаться вдоль объекта сканирования. После прохождения всей необходимой территории для завершения процесса достаточно нажать кнопку выключения, после чего вставить флешку в сканер для сохранения полученных данных в виде облака точек [3, 4].

Комплектация мобильного лазерного сканера Goslam RS300 представлена на рис. 1.



Рис. 1. Комплектация мобильного лазерного сканера Goslam RS300:

1 – переносное сканирующее устройство; 2 – кабель передачи данных; 3 – кабель зарядного устройства; 4 – устройство записи данных; 5 – хост-адаптер; 6 – ручка-держатель сканера; 7 – крепление для мобильного телефона; 8 – наплечный ремень; 9 – USB-накопитель; 10 – кабель для передачи данных

Основные технические характеристики мобильного лазерного сканера Goslam RS300 представлены в табл. 1 [5, 6].

Таблица 1

Основные технические характеристики

Характеристика	Показатель
Класс лазера	Класс I
Точность измерений	1 см
Дальность измерений	300 м
Угол поля зрения	360°×285°
Скорость сканирования	640 000 точек в секунду
Внутренняя память	1 000 Гб
Диапазон рабочей температуры	От минус 30°С до плюс 60°С
Пылевлагозащита	IP 65
Время работы	4 часа
Вес	1,9 кг

Лазерное сканирование может выполняться в ручном режиме, а также с установкой лазерного сканера на рюкзаке и с применением спутникового приемника.

Мобильный лазерный сканер Goslam RS300 в сборе на рюкзаке представлен на рис. 2.

Для лазерного сканирования необходимо выполнить сборку спутникового приемника и лазерного сканера согласно схеме, показанной на рис. 2.

Далее рассмотрим методику подготовки спутникового приемника и лазерного сканера к работе.



Рис. 2. Мобильный лазерный сканер Goslam RS300 в сборе на рюкзаке

1. Включается спутниковый приемник через кнопку питания и выполняется подключение к полевому контроллеру.
2. Включается лазерный сканер, для этого необходимо нажать и удерживать в течении 3 секунд кнопку питания на накопителе данных.
3. Выполняется подключение через порт NMEA, в качестве вывода будет COM-порт и устанавливается значение «0.1» для параметра GPGGA. Порт NMEA – это стандарт передачи данных оборудования навигации, связи и других информационных сетей.
4. Устанавливается высота вехи (в нашем случае выдвигающиеся телескопические рейки на рюкзаке), после чего необходимо убедиться, что спутниковый приемник дает фиксированное решение.
5. На мобильном устройстве в настройках Wi-Fi выполняется подключение к сети под названием Goslam, которую «создает» накопитель данных.
6. Выполняется запуск приложения Goslam Manager (рис. 3) на мобильном устройстве, и далее необходимо убедиться в том, что все функционирует в нормальном режиме, после чего можно приступить к лазерному сканированию.

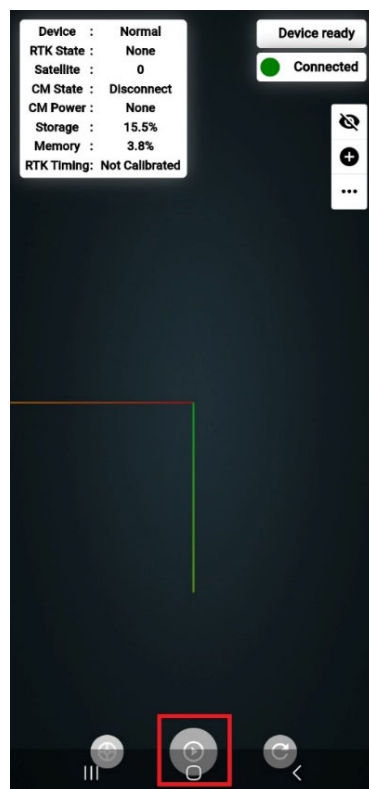


Рис. 3. Интерфейс приложения Goslam Manager

После этого производится выполнение полевых измерений следующим образом.

1. Выполняется рекогносцировка объекта сканирования и заранее планируется рабочая траектория движения, которая должна представлять собой замкнутую линию.

2. Запускается процесс сканирования на мобильном устройстве, после подтверждения начала сканирования оператору необходимо оставаться неподвижным в течении 15 секунд, следуя указаниям на экране мобильного устройства (лазерный сканер производит инициализацию). Быстрое начало движения может повлиять на качество позиционирования облака точек.

3. Движение по запланированной траектории производится следующим образом. Сначала медленно пройти около 5 метров по прямой линии, затем сделать плавный поворот на 90° , после чего идти размеренным шагом по рабочему маршруту. Заканчивать маршрут следует тем же образом.

4. Остановить процесс сканирования на мобильном устройстве, после подтверждения данного действия необходимо оставаться неподвижным в течении 15 секунд, следуя указаниям на экране, продолжение движения может повлиять на качество позиционирования облака точек.

После завершения лазерного сканирования автоматически начинается процесс сохранения полевых данных.

На рис. 4 представлен типовой маршрут выполнения лазерного сканирования на примере съемки рудного штабеля.



Рис. 4. Типовой маршрут лазерного сканирования
на примере съемки рудного штабеля

При случайном нажатии определенных кнопок на мобильном устройстве (или нестабильности соединения) подключение к лазерному сканеру может прерваться. Тогда в этом случае в рабочем окне приложения появится предложение переподключиться. Сканирование и запись данных в период отсутствия связи не остановится (т.е. нет необходимости выполнять повторное сканирование).

При выполнении лазерного сканирования на крупных объектах, например, при сканировании рудного склада, следует выполнять отдельные сканы на каждый штабель – это значительно увеличит скорость обработки полевых данных лазерного сканирования.

Для лазерного сканирования в ручном режиме необходимо выполнить сборку оборудования. Далее рассмотрим методику сборки лазерного сканера и подготовки к работе в ручном режиме.

1. Подсоединяется плечевой ремень к креплениям на накопителе данных.
2. Подключаются 2 аккумулятора к накопителю данных.
3. Устанавливается лазерный сканер на подставку с рукоятью.
4. Подключается кабель передачи данных к накопителю данных (прямой штекер) и подключается кабель к лазерному сканеру (Г-образный штекер).

Лазерный сканер Goslam RS300 для ручного режима сканирования представлен на рис. 5.



Рис. 5. Лазерный сканер Goslam RS300 для ручного режима сканирования

Далее рассмотрим методику лазерного сканирования в ручном режиме.

1. Начало выполнения ручного сканирования идентично лазерному сканированию с применением рюкзака и спутникового приемника. Для этого включается накопитель данных, присоединяются к сети Wi-Fi через мобильное приложение и запускается процесс лазерного сканирования.

2. Отличием ручного режима лазерного сканирования от режима сканирования со спутниковым приемником является то, что необходимо привязывать точки позиционирования по маршруту сканирования, для этого размещают метки в количестве не менее 4-х штук по углам снимаемой площади и 1 метку в центре объекта сканирования. Выполняют планово-высотную привязку положения точек при помощи спутникового приемника или электронного тахеометра.

3. В процессе движения по траектории сканирования подходят к метке (которая была закоординирована), замедляя шаг, после чего плавно совмещают перекрестие в подставке ручки сканера с центром метки (рис. 6).



Рис. 6. Перекрестие в ручке лазерного сканера

4. Нажимают на кнопку «записи метки», которая находится на левой панели лазерного сканера (рис. 7). После этого на экране состояния появится сообщение о начале записи точки «Start recording». Через несколько секунд появится сообщение о том, что точка записана. Далее необходимо плавно поднять лазерный сканер и продолжить съемку объекта. Таким же образом записывают все точки привязки по маршруту лазерного сканирования.



Рис. 7. Кнопка «записи метки»

5. Останавливают процесс лазерного сканирования на мобильном устройстве, и после подтверждения данного действия необходимо оставаться неподвижным в течении 15 секунд, следуя указаниям на экране, так как продолжение движения может повлиять на качество позиционирования облака точек.

Далее рассмотрим методику первичной обработки данных лазерного сканирования с помощью приложения Goslam Manager на мобильном устройстве.

1. Включить накопитель данных с помощью хост-адаптера, который подключен к постоянному источнику питания, также можно использовать аккумуляторы.

2. Вставить USB-накопитель в имеющееся гнездо на торцевой части накопителя данных и выполнить сопряжение накопителя данных и мобильного устройства.

3. Открыть список проектов полевых данных, которые хранятся в накопителе данных (раздельно по каждому скану), и войти в меню с настройками обработки, после чего установить следующие основные параметры обработки:

- максимальная дистанция;
- для параметра process mode (режим работы) имеются следующие варианты выбора из всплывающего диалогового окна: outdoor (на улице), standart (стандартный), indoor (в помещении);
- для параметра point density (плотность точек) имеются следующие варианты выбора из всплывающего диалогового окна: high density (высокая плотность), middle density (средняя плотность), low density (низкая плотность);

- для параметра scan mode (режим сканирования) имеются следующие варианты выбора из всплывающего диалогового окна: manual hand (ручной режим), UAV (БПЛА), vehicle-mounted (на транспортном средстве), backpack (рюкзак);
- при обработке данных с применением рюкзака и спутникового приемника включается опция RTK Enable (позиционирования с помощью спутникового приемника).

4. Нажать на кнопку обработки данных, по истечении данного процесса выполняются копирование данных с накопителя данных на USB-накопитель.

Методика первичной обработки полевых данных в мобильном приложении Goslam Manager проста в исполнении, имеется вариативность обработки для разных режимов сканирования (ручной режим, БПЛА, на транспортном средстве, рюкзак), необходимо только выбрать нужные параметры. В приложении имеется русский язык интерфейса, но данная версия недостаточно корректна в переводе, поэтому лучше использовать английскую версию приложения.

Результаты

Автором было выполнено лазерное сканирование рудного штабеля, бортов карьера, устьев буровых скважин. Далее рассмотрим методику обработки данных лазерного сканирования с помощью программного комплекса Goslam LidarWorks на примере рудного штабеля.

1. Выполнить загрузку файлов после первичной обработки в мобильном приложении, а именно текстовый файл «ControlPoint», который содержит информацию о контрольных точках для привязки данных лазерного сканирования, а также файл с расширением «.las», который содержит облако точек, и предварительно очищен от «шума» (отскоков отдельных групп точек от облака) при первичной обработке в самом накопителе данных.

2. Выполнить сегментацию нужной области с облака точек (рис. 8).

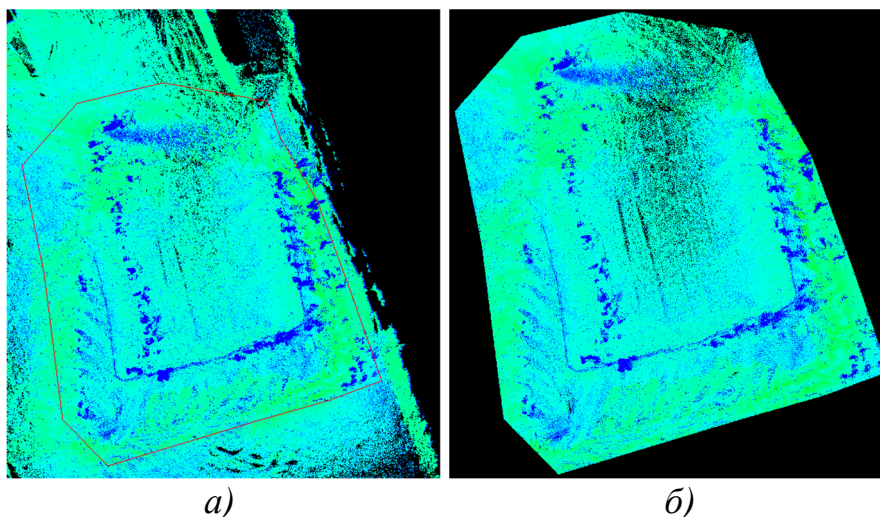


Рис. 8. Сегментация облака точек: а) фрагмент облака точек до сегментации; б) фрагмент облака точек после сегментации

Сегментацию можно выполнять как внутри области выделения, так и снаружи.

3. Выполнить удаление шумов по всему облаку точек. Данный вид работы выполняется в автоматическом и ручном режимах, в ручном режиме оператору необходимо самостоятельно выбрать и удалить точки из облака.

4. Выполнить преобразование координат облака точек из системы координат CGCS2000 в систему координат WGS 84, а затем из системы координат WGS 84 в местную систему координат.

5. Выполнить создание цифровой модели рудного штабеля (рис. 9).

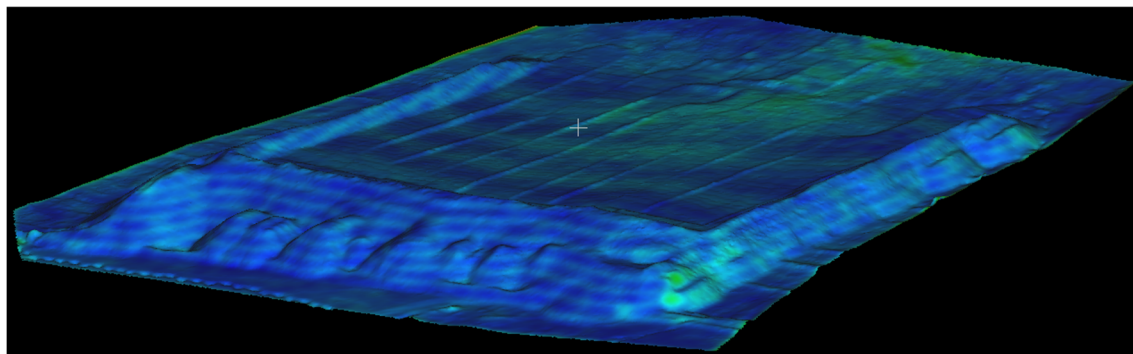


Рис. 9. Созданная цифровая модель рудного штабеля в программном комплексе Goslam LidarWorks

Для удобства можно выполнить экспорт данной цифровой модели в формате «.dxf» для выполнения различных операций с цифровой моделью в другом программном комплексе, например, для подсчета объема.

Заключение

Мобильный лазерный сканер Goslam RS300 представляет собой передовое оборудование, применяемое в горном деле и геодезическом производстве. Его функциональные возможности позволяют значительно улучшить процессы контроля и мониторинга в горнодобывающей отрасли.

На основании проведенных исследований и полевых измерений можно выделить ряд достоинств данного лазерного сканера.

1. Для привязки облака точек к системе координат месторождения не требуется дополнительное оборудование, например, электронный тахеометр, так как привязка облака точек происходит автоматически, с применением спутникового приемника.

2. Лазерный сканер имеет хорошую пылевлагозащиту, что позволяет выполнять лазерное сканирование в условиях повышенной запыленности.

3. Быстрая скорость подготовки к работе и само лазерное сканирование является ключевой особенностью данного лазерного сканера, за счет этого повышается безопасность, так как сокращается время работы оператора в потенциально опасных условиях работ.

4. Лазерное сканирование производилось в диапазоне температур от минус 45°С до плюс 35°С. Влияние температуры окружающей среды на качество лазерного сканирования замечено не было.

Также на основании проведенных исследований можно выделить ряд недостатков данного лазерного сканера.

1. Нет возможности использования спутниковых приемников от различных производителей, кроме производителя от марки SinoGNSS. При отсутствии данного спутникового оборудования придется специально покупать комплект для выполнения лазерного сканирования.

2. Программный комплекс Goslam LidarWorks и мобильное приложение Goslam Manager имеют неудовлетворительное качество перевода на русский язык, что может затруднить работу для начинающих пользователей.

Оценивая мобильный лазерный сканер Goslam RS300, можно отметить его удобство использования, высокую производительность и надежность. Данное оборудование способно значительно сократить время и усилия, затрачиваемые на проведение различных работ на горнодобывающем предприятии, что в итоге приводит к повышению эффективности работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. SLAM – эффективный контроль геометрии и объемов в горных выработках. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «НАВГЕОКОМ» : [Электронный ресурс]. – URL: https://ngcm.ru/blog/slam_mining_scan/?ysclid=m77a476fe5490082010 (дата обращения: 16.02.2025).

2. SLAM технология сканирования в геодезии и маркшейдерии, ее эффективность и возможности на примере СНС RS10. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «ФокусГео» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://fgeo.ru/support/doc/slam-tehnologiya-skanirovaniya-v-geodezii-i-marksheyderii-ee-effektivnost-i-vozmozhnosti-na-primere/?ysclid=m779vpoqys732363221> (дата обращения: 16.02.2025).

3. Быков Л.В. Использование наземного лазерного сканирования при топографической съемке крупных масштабов / Быков Л.В., Нугманов А.А., Терновая О.Ю. // Каталог выпускных квалификационных работ ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина» : Сборник материалов по итогам учебной, научно-исследовательской и практической деятельности. – Омск : Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 159–163.

4. Кукушкин Д.А. Практический опыт применения технологии SLAM на базе лазерного сканера Goslam в строительстве и маркшейдерии / Кукушкин Д.А., Галахов В.П., Талтыкин В.В. // Инновационное развитие землеустройства : Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Самара, 31 марта 2023 года. – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – С. 94–101.

5. Мобильный лазерный 3D сканер GoSLAM RS300. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» : [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gsi.ru/catalog/laser_scanner/goslam_rs300 (дата обращения: 16.02.2025).

6. Мобильный лазерный 3D сканер GoSLAM RS300. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «GoSLAM» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://goslam.com> (дата обращения: 16.02.2025).

7. Точность SLAM сканера без использования ГНСС. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «НАВГЕОКОМ» : [Электронный ресурс]. – URL: https://ngcm.ru/blog/tochnost_slam_bez_gnss/?ysclid=m77ahcte2x72049166 (дата обращения: 16.02.2025).

© А. А. Гребенников, 2025