

А. А. Гребенников¹✉

Технологическая схема производства маркшейдерско-геодезических работ при определении пространственного положения ствола буровой скважины

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

Аннотация. В настоящее время из имеющихся методов определения пространственного положения ствола буровой скважины активно применяются методы с применением инклинометров. Компании по производству геодезического оборудования производят полостные лазерные сканеры для быстрой и безопасной съемки недоступных пустот и подземных полостей. В статье представлена технологическая схема производства маркшейдерско-геодезических работ при определении пространственного положения ствола буровой скважины с применением мобильного лазерного сканера Goslam RS300. Рассмотрена классификация буровых скважин, технологическая схема производства работ, методика лазерного сканирования и камеральной обработки, а также оценка полученных результатов. В результате проведенного исследования разработана методика определения пространственного положения ствола буровой скважины.

Ключевые слова: лазерное сканирование, Goslam RS300, обработка облака точек, пространственное положение скважин, буровая скважина

А. А. Grebennikov¹✉

Technological scheme of surveying and geodesic works in determining the spatial position of the borehole hole

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

Abstract. Inclinometers are currently the most widely used of the available methods for determining the spatial position of the borehole. Surveying equipment companies also produce cavity laser scanners for quick and safe surveying of inaccessible voids and underground cavities. The article presents the technological scheme of surveying and geodesic works in determining the spatial position of the borehole using a mobile laser scanner Goslam RS300. The classification of boreholes, technological scheme of works, methodology of laser scanning and cameral processing, as well as evaluation of the obtained results are considered. As a result of the study, a methodology for determining the spatial position of the borehole has been developed.

Keywords: laser scanning, Goslam RS300, point cloud processing, spatial well position, borehole

Введение

В настоящее время существует большое количество видов буровых скважин. Однако, в недостаточном объеме имеются методы и приборы для определения пространственного положения буровых скважин.

Буровая скважина представляет собой горную выработку цилиндрической формы, протяженность ствола которой во много раз больше ее диаметра [1].

В настоящее время существуют следующие методы определения пространственного положения буровых скважин:

- магнитная инклинометрия;
- гироскопическая инклинометрия;
- кавернометрия;
- лазерное сканирование ствола скважины [4, 5, 7].

Из перечисленных выше методов определения пространственного положения ствола буровой скважины можно сделать вывод о том, что основным методом является инклинометрия.

Целью данного исследования является создание технологической схемы производства маркшейдерско-геодезических работ при определении пространственного положения ствола буровой скважины, а также разработка методики обработки данных лазерного сканирования скважин буровзрывных и геологоразведочных работ.

Методы и материалы

Классификация буровых скважин представлена на рис. 1 [1].

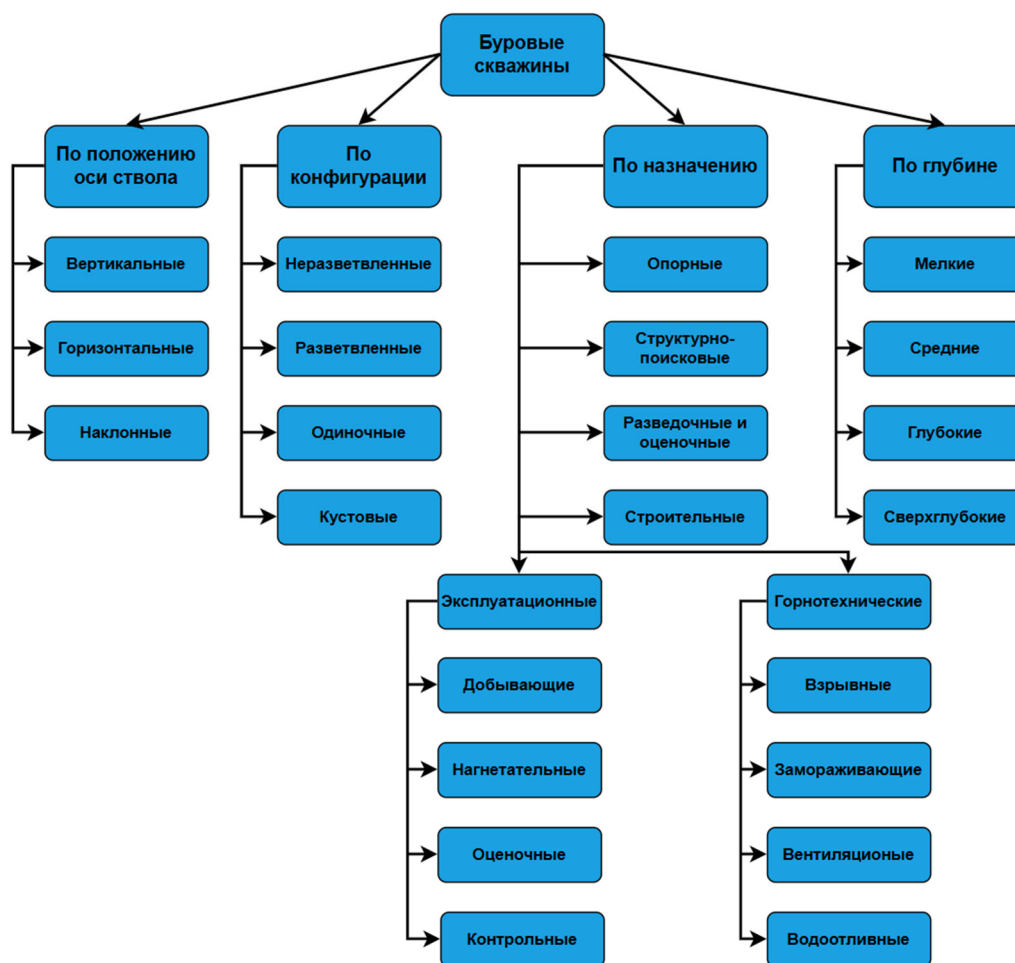


Рис. 1. Классификация буровых скважин

Технологическая схема производства маркшейдерско-геодезических работ при определении пространственного положения буровых скважин представлена на рис. 2.

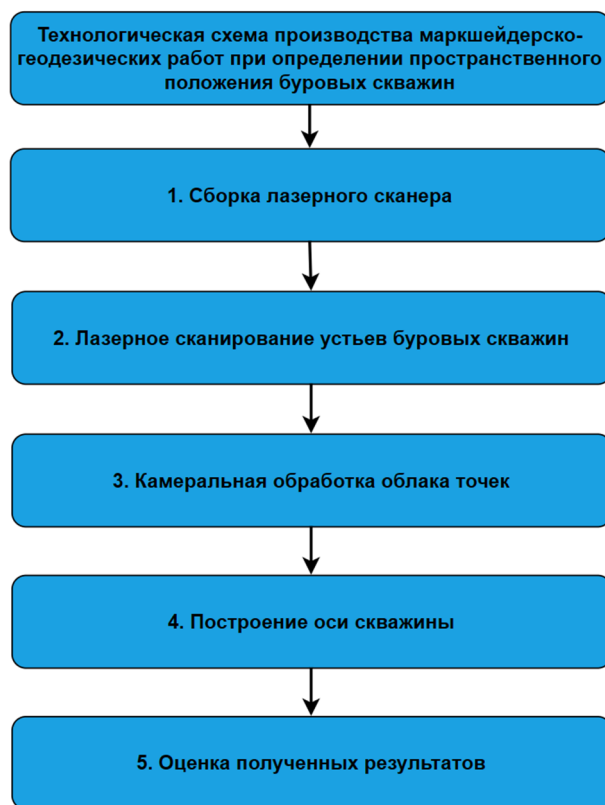


Рис. 2. Технологическая схема производства маркшейдерско-геодезических работ при определении пространственного положения буровых скважин

В предложенной технологической схеме на рис. 2 первым этапом выполнения измерений является сборка и подготовка лазерного сканера к работе. Лазерное сканирование может выполняться с установкой лазерного сканера на рюкзаке и с применением спутникового приемника, а также в ручном режиме [2]. После этого производится лазерное сканирование устьев буровых скважин следующим образом:

- необходимо заранее спланировать маршрут движения;
- необходимо останавливаться у каждой скважины примерно на 15-20 секунд;
- направление сканирования должно соответствовать направлению оси скважины.

На рис. 3 представлен типовой маршрут выполнения лазерного сканирования устьев буровых скважин.

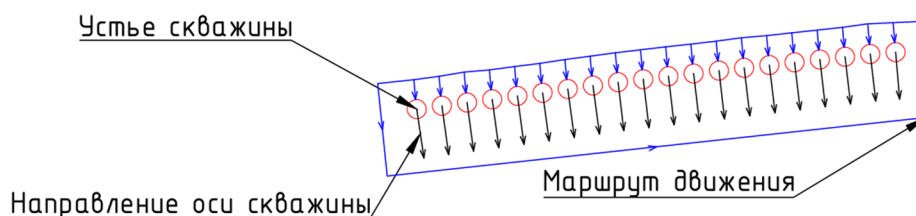


Рис. 3. Типовой маршрут выполнения лазерного сканирования устьев буровых скважин

На рис. 4 представлены схемы положения лазерного сканера при сканировании устьев буровых скважин с установкой лазерного сканера на рюкзаке и с применением спутникового приемника, а также в ручном режиме.

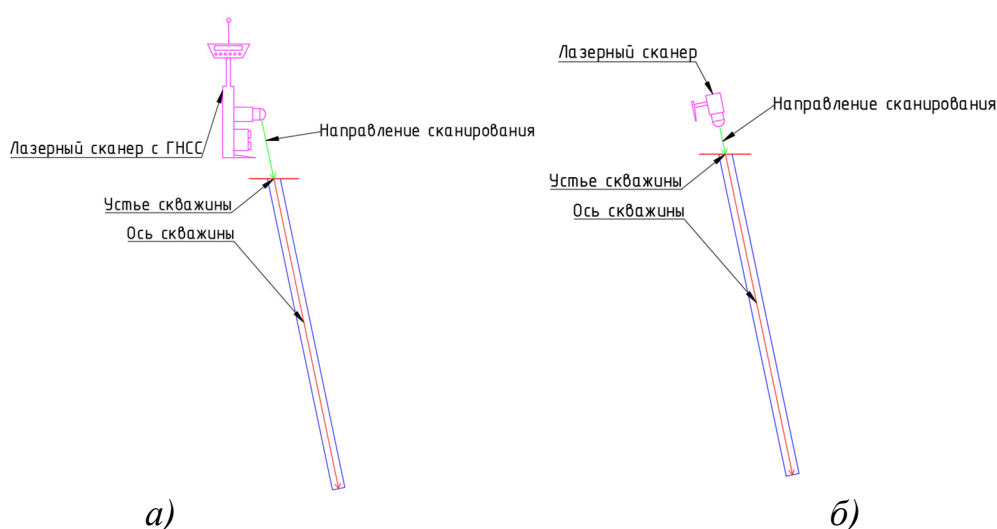


Рис. 4. Схемы положения лазерного сканера при сканировании устьев буровых скважин: а) на рюкзаке с применением спутникового приемника; б) в ручном режиме

Результаты

Лазерное сканирование устьев буровых скважин производилось автором с положением лазерного сканера на рюкзаке. Далее рассмотрим методику обработки облака точек после лазерного сканирования устьев буровых скважин с помощью программного комплекса Goslam LidarWorks.

1. Выполнить загрузку файлов после первичной обработки в мобильном приложении, а именно текстовый файл «ControlPoint». Этот файл содержит информацию о контрольных точках для привязки данных лазерного сканирования, а также файл с расширением «.las», который содержит облако точек, и он предварительно очищен от «шума» (отскоков отдельных групп точек от облака) при первичной обработке в самом накопителе данных [3, 6]. После этого выполнить сегментацию нужной области облака точек.

2. Выполнить удаление шумов по всему облаку точек только в ручном режиме, так как при использовании автоматического режима удаления шумов происходит удаление точек, необходимых для построения осей буровых скважин. Облако точек после сегментации и удаления шумов представлено на рис. 5.

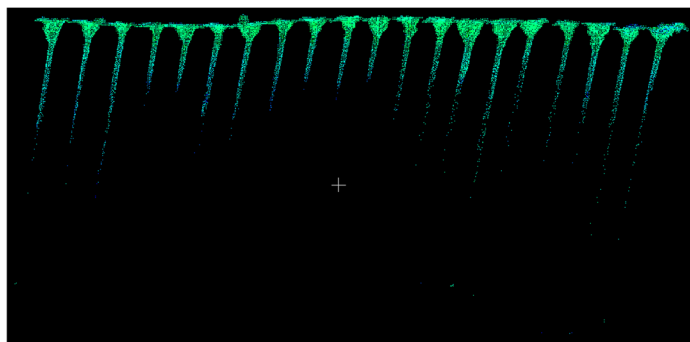


Рис. 5. Облако точек после сегментации и удаления шумов

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

4. Выполнить экспорт облака точек в формате «.dxf» для построения осей скважин.

Далее выполняется построение оси скважины в программном комплексе AutoDesk Civil 3D. Облако точек в программном комплексе AutoDesk Civil 3D представлено на рис. 6.

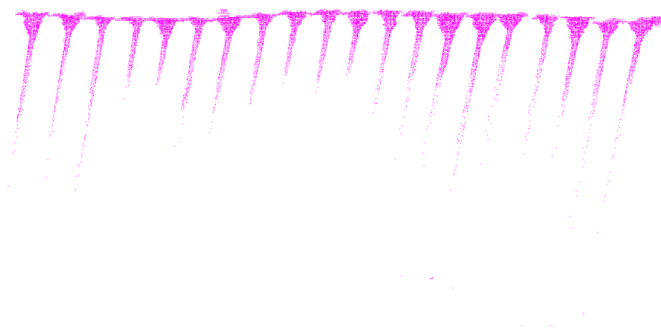


Рис. 6. Облако точек в программном комплексе AutoDesk Civil 3D

Рассмотрим методику построения оси скважины в программном комплексе AutoDesk Civil 3D, которая производится в следующей последовательности.

1. Выполняется аппроксимация точек окружностью по стенке скважины в верхней ее части.

2. Выполняется аппроксимация точек окружностью по стенке скважины в нижней ее части.

Результаты аппроксимации точек окружностью представлены на рис. 7.

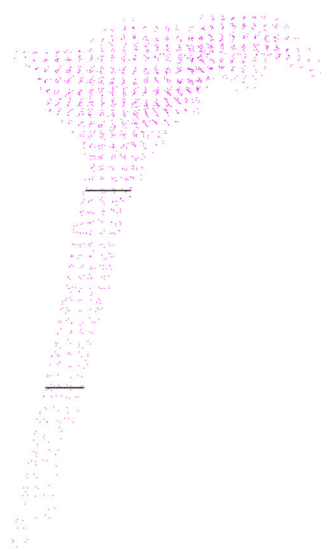


Рис. 7. Аппроксимация точек окружностью

3. Выполняется построение оси буровой скважины инструментом «3D полилиния» по центрам созданных окружностей с графическим отображением, которое показано на рис. 8.

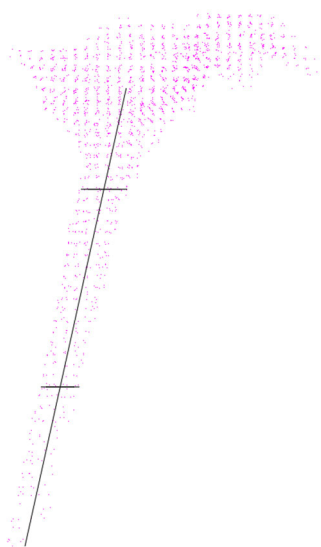


Рис. 8. Построение оси буровой скважины

4. Выполняется поворот облака точек в разных плоскостях (слева, справа, спереди, сзади) и визуальная оценка построенной оси буровой скважины.

Далее выполняется оценка полученных результатов, а именно определяется направление и угол наклона оси буровой скважины. Составляется акт контрольного замера устьев буровых скважин, а также схема положения устьев скважин. В акте контрольного замера устьев буровых скважин выполняется сравнение проектных значений с фактическими значениями. Допустимые отклонения параметров буро-

взрывных скважин, которые приняты на основе нормативных документов и опыта работы передовых горнодобывающих предприятий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые отклонения параметров буровзрывных скважин

Параметр	Допустимые отклонения
Смещение устья скважины от проектного положения	$\pm 0,4$ м
Глубина скважины	$\pm 0,4$ м
Направление оси скважины	$\pm 4^\circ$
Угол наклона оси скважины	$\pm 2^\circ$

Заключение

Результатом данного исследования является разработанная технологическая схема производства маркшейдерско-геодезических работ при определении пространственного положения ствола буровой скважины. Кроме того, представлена разработанная методика обработки данных лазерного сканирования скважин буровзрывных и геологоразведочных работ с последующим определением их пространственного положения. Выполненные разработки обеспечивают необходимую точность измерений и будут применяться на производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буровые скважины. – Текст : электронный // Фонд знаний «Ломоносов» : [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0129537:article#r2> (дата обращения: 27.02.2025).
2. Гура Д. А. Использование мобильных лазерных сканеров, установленных в рюкзак, при мониторинге объектов инфраструктуры / Гура Д. А., Марковский И. Г. // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений : Сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 24 апреля 2020 года / Отв. за выпуск Е.В. Яроцкая. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 360–364.
3. Зуева-Носова А. В. Изучение инновационного метода применения технологий лазерного сканирования на винограднике Севастополя с применением ручного лазерного сканера GoSLAM RS100S (gsi) / Зуева-Носова А. В. // Южный урбанистический форум: наука и практика : Сборник научных трудов, Севастополь, 22–24 апреля 2024 года. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2024. – С. 110–117.
4. Инклинометрические измерения. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «УфаСтройИзыскания» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://usiz.ru/poleznaya-informaciya/inklinometricheskie-izmereniya/?ysclid=m7rhy1rjvo791162412> (дата обращения: 02.03.2025).
5. Методы для определения траектории и технического состояния ствола скважины. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «Когалым Нефтегеофизика» : [Электронный ресурс]. – URL: <https://kngf.org/services/metody-dlya-opredeleniya-traektorii-i-tehniceskogo-sostoyaniya-stvola-skvazhiny/> (дата обращения: 27.02.2025).
6. Нестеренко И. В. Анализ существующих мобильных лазерных сканирующих систем и перспектива их развития / Нестеренко И. В., Горина А. В., Попов Б. А. // Студент и наука. – 2018. – № 4. – С. 30–35.
7. Полостной лазерный сканер Carlson C-ALS. – Текст : электронный // Официальный сайт компании «Интер-Гео» : [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.intergeo.ru/catalog.php?cid=11&id=1789&ysclid=m7a5x2rc6f905897987> (дата обращения: 27.02.2025).

© А. А. Гребенников, 2025