

ВОЗДУШНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ КАК МЕТОД СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЙ

Р. М. Ильясов¹⁾, С. А. Печкин²⁾

¹⁾ ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», ул. Республики, 20,
628000, г. Салехард, Россия, frandly@mail.ru

²⁾ ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», ул. Республики, 20,
628000, г. Салехард, Россия, a.pechkin.ncia@yandex.ru

Лазерное сканирование – это современный и эффективный метод мониторинга поверхностей природных и инфраструктурных объектов. Однако, как и любая другая технология, она имеет свои ограничения. Работа посвящена выявлению потенциальных ограничений, которые могут возникнуть при использовании воздушной лазерной съёмки, в частности, рассматривается опыт применения лазерной съёмки в ходе проведения мониторинга и поиска геометрических и текстурных изменений внешней поверхности многоэтажных зданий. Уделяется особое внимание описанию методов и инструментов обследования, даётся подробное определение процессам проведения геодезических и аэрофотосъёмочных работ с последующей камеральной обработкой. В заключении проводится оценка качества работ и эффективность данного мониторинга с использованием воздушного лазерного сканирования.

Ключевые слова: лазерное сканирование (ЛС); воздушное лазерное сканирование (ВЛС); беспилотный летательный аппарат (БЛА); точки лазерного отражения (ТЛО); аэрофотосъёмка; трёхмерная модель; текстурные изменения.

AERO LASER SCANNING AS A METHOD OF CREATING A DIGITAL MODEL OF THE BUILDINGS

R. M. Ilyasov¹⁾, S. A. Pechkin²⁾

¹⁾ YNAO State Autonomous Institution " Arctic Research Center", Respubliki St., 20,
628000, Salekhard, Russia, frandly@mail.ru

²⁾ YNAO State Autonomous Institution " Arctic Research Center", Respubliki St., 20,
628000, Salekhard, Russia, frandly@mail.ru

Laser scanning is a modern and effective method of monitoring the surfaces of natural and infrastructural objects. However, like any other technology, it has its limitations. This article is devoted to identifying potential limitations that may arise when using airborne laser survey, in particular, it considers the experience of using VLS during monitoring and searching for geometric and textural changes in the external surface of multi-story buildings, paying special attention to the description of survey methods and tools, giving a detailed definition of the processes of geodetic and aerial survey work with subsequent office processing. In conclusion, an assessment of the quality of work and the effectiveness of this monitoring using airborne laser scanning is carried out.

Keywords: laser scanning (LS); airborne laser scanning (ALS); unmanned aerial vehicle (UAV); laser reflection points (LRP); aerial photography; three-dimensional model; textural changes.

С начала 2000-х годов технология воздушного лазерного сканирования, с появлением на рынке относительно доступных и точных датчиков, находит широкое применение в различных отраслях научной и производственной деятельности. Лазерное сканирование зданий основано на использовании лазерного луча, который отражается от поверхности здания и возвращается к датчику. На основе времени, за которое луч вернулся, и его интенсивности, компьютер и строит трёхмерную модель здания [1]. Данная работа направлена на пилотное использование ВЛС для обследования зданий.

Объект: многоэтажные здания.

Предмет: характеристики наружной поверхности стен искомых зданий.

Цель работы: получение материалов для анализа геометрических характеристик объектов.

Задачи:

1. Получение воздушного лазерного сканирования объектов.
2. Камеральная обработка полученных материалов.
3. Реконструкция облака точек лазерного сканирования, 3D моделей зданий и ортотрансформированного изображения местности.
4. Осмотр текстурных и геометрических характеристик наружной поверхности стен зданий с помощью полученных моделей, дать заключение.

Методы и инструменты исследования.

При исследовании состояние наружной поверхности объектов многоэтажных домов, на участке площадью в 2,8 га, была проведена объёмная ВЛС съёмка с использованием БЛА с полезной подвесной нагрузкой и дополнительным геодезическим оборудованием.

Для повышения качества точности плановых координат и высот точек лазерной съёмки была использована система дифференциальной коррекции спутниковой навигации (далее – DGPS). С помощью DGPS, осуществлялась коррекция измерений псевдодальностей с приемника БВС на основе полученных поправок от достоверного измерителя – базовой навигационной станции, установленной с помощью одного из GNSS-приемников на торцевом опорном геодезическом пункте зданий (рис. 1).

В режиме статической записи были уточнены данные местоположения пункта в проекции.



Рис. 1. Место установки опорного геодезического пункта

При помощи той же системы DGPS, для контроля точности, определили местоположения полученных данных. В кинематическом режиме реального времени, с помощью двух спутниковых навигационных приемников EFT M1+ в связке «база-ровер» (далее – GNSS приемники), была создана опорная сеть из 10 контрольных маркеров, в виде наземных номерных опознаков 1х1м (рис. 2). Опознаки были выставлены из расчёта оптимизации времени полётных работ и согласно триангуляционному методу.



Рис. 2. Пример выставленных опознаков № 1 и № 2, вид сверху

Пролёты БВС (беспилотного воздушного судна) были проведены согласно Федеральным правилам использования воздушного пространства Российской Федерации и согласно краткой информации Росавиации о требованиях российского законодательства в части использования воздушного пространства и использования беспилотных летательных аппаратов [2].

Полёт осуществлялся на высотах не более 50 метров, в светлое время суток, в прямой видимости оператором. Время полётных работ составило 6 часов. Всего было произведено 20 полётных миссий. Общее расстояние полёта насчитывает более 30 км, из них 2/3 полезного полёта с максимальным перекрытием съемки в поперечном направлении по 45 % и в продольном по 70 % (рис. 3).

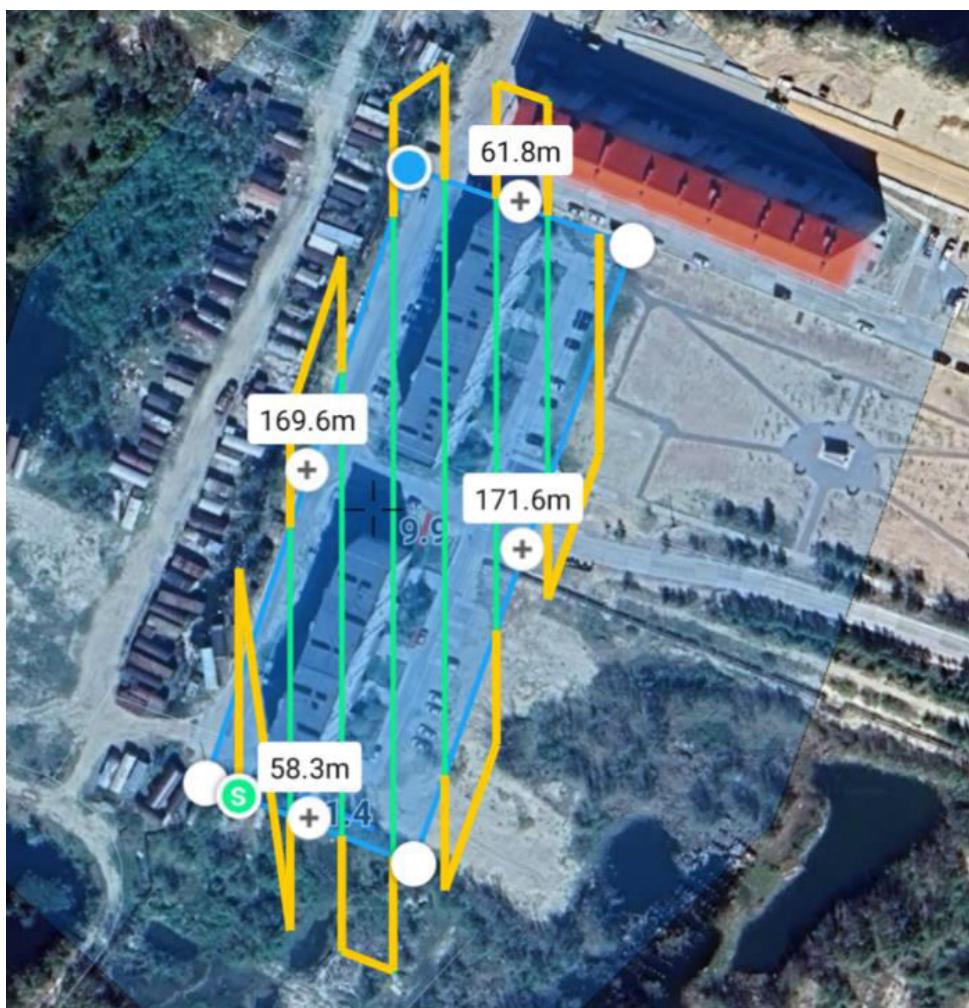


Рис. 3. Пример одного из 20 полётных заданий для БЛА над объектами исследования (общая площадь пролёта 3 га)

Так как данный объект является геометрически сложным для лазерного сканирования в виду сложносоставной фигуры зданий (углы рам окон, надстройки крыш, подъезды и т.п.) и из-за ряда тенеобразующих элементов (кустов, заборов, близко припаркованных авто и т.п.), и для оптимизации времени полевых работ было принято решение осуществлять лазерную съемку (с референцем на погодные условия) на нескольких высотах, в диаметрической проекции под разными углами сканирования относительно поверхности Земли.

Также, для экономии полётного времени и уменьшения шума полученных данных, были оптимизированы настройки лазерного сканирования. В местах, где большая частота перекрытия сканирования не требовалась, например, где работа велась под прямым углом, сканирование осуществлялось с минимально возможным перекрытием для экономии полез-

ного полётного времени. В местах, где осуществлялось лазерное сканирование поверхностей с большим количеством тенеобразующих объектов, оптимизировать процесс не представлялось возможным, в виду необходимости большего количества отраженных импульсов. В связи с этим, для получения лучшей геометрии перекрытых поверхностей было увеличено отражение от 1 до 3 импульсов и повторяющееся сканирование от 140 КHz до 240 КHz. Данные характеристики настроек полёта позволили уменьшить время полёта с 40 до 20 полётных заданий и усилить способность лазерного сканирования поверхностей, перекрывающихся теневыми объектами, что повлияло на общее качество полученных данных.

Общее количество облака ТЛО составило 420 502 681, по итогу камеральной обработки удалось оптимизировать модель до 54 731 461 ТЛО. Камеральная обработка осуществлялась при помощи ортофотограмметрических, геоинформационных систем и систем программного обеспечения, работающих с точками лазерного сканирования.

Обследование текстурных и геометрических характеристик наружной поверхности стен зданий осуществлялось в камеральных условиях на основе анализа построенной тайловой 3Dмодели на предмет текстурных изменений поверхности стен и модели облака ТЛО на предмет нехарактерных геометрических изменений для поверхности модели зданий (трещин, сколов). По результатам визуального обследования в фасадной и торцевых частях зданий были обнаружены текстурные изменения цветов поверхности стен линейной и полигональной формы на верхних этажах и в местах межэтажных стыков (рис. 4), возможно связанных с ремонтными работами. Геометрических деформаций выявлено не было, размерные характеристики двух моделей зданий идентичны, геометрические пропорции симметричны (ширина/длина/высота) (рис. 4).

При контроле точности полученных данных лазерного сканирования и её валидирования с созданной опорной сетью, было выявлено, что общее среднеквадратическое отклонение полученных измерений составляет 0,02 м, что не превышает требований к выполнению аэросъемки, согласно ГОСТ р 59562-2021 [3]. Тем не менее, данные материалы, полученные при помощи аэросъемки, не являются эталонным для инженерных изысканий и предназначены только для предварительных геометрических измерений и визуального анализа объектов.

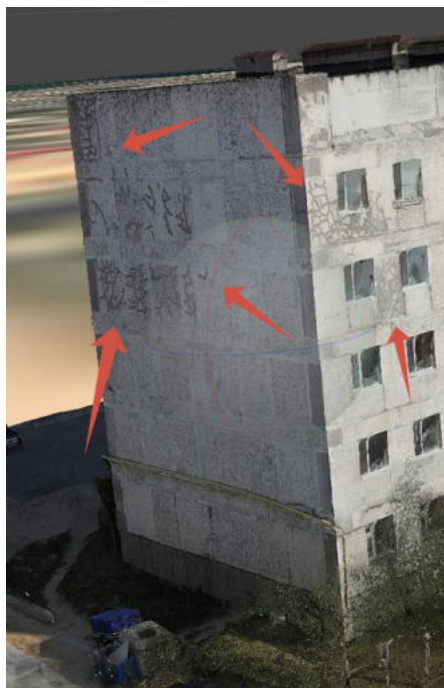


Рис. 4. Пример текстурных изменений цветов поверхности стен



Рис. 5. Измерения габаритных размеров 3D-модели

Предварительный анализ созданных моделей показал, что в фасадной и торцевых частях зданий присутствует текстурная изменения цветов поверхности стен (линейной и полигональной формы) (рис. 5). Геометрических деформаций выявлено не было, размерные характеристики двух моделей зданий идентичны и геометрические пропорции симметричны (ширина/длина/высота) [4].

Воздушное сканирование как метод получения модели, сформированной на основе облака точек лазерного сканирования, является цифровой реконструкцией реального объекта, что вполне может подойти для создания BIM моделей (цифровая модель здания) с минимальными затратами на моделирование.

Библиографические ссылки

1. *Гайрабеков И. Г., Пилигин И. Ю., Гайрабекова А. И.* Определение деформаций здания лазерным сканированием / Всероссийский съезд экологов : сборник тезисов, приуроченный к году экологии в России. Изд. ИПК «Грозненский рабочий», 2017. С. 167–170.
2. Постановление правительства РФ от 11.03.2010 N 138 (ред. от 02.12.2020) «Об утверждении федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 09.06.2021).
3. ГОСТ р 59562-2021 «Съемка аэрофототопографическая : технические требования». Утв. и введ. в действие 10.06.2021. М. : Стандартинформ, 2021. 66 с.
4. СП 126.13330.2017 «Свод правил : геодезические работы в строительстве». Введ. в действие 25.04.2018. М. : Минстрой России, 2017. 58 с.