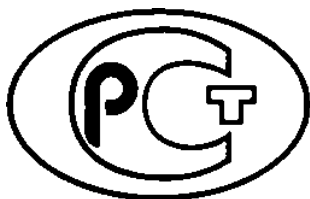

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
—

Фототопография
ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ
Общие положения

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Российский институт стандартизации
202__

Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН Публично-правовой компанией «Роскадастр» (ППК «Рокадастр»)
- 2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 404 «Геодезия и картография»
- 3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации по техническому регулированию и метрологии от ...202 г. No...-ст
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту будет публиковаться в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ближайшем выпуске ежегодного информационного указателя «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru).

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 202_

Настоящий стандарт не может быть частично или полностью воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1	Область применения
2	Нормативные ссылки
3	Термины и определения
4	Сокращения и обозначения
5	Общие положения
5.1	Классификация и состав систем лазерного сканирования
5.2	Основные характеристики систем лазерного сканирования
5.3	Условия использования систем лазерного сканирования
5.4	Результаты обработки материалов лазерного сканирования и продукты, получаемые на их основе
6	Общие требования к технологическим процессам лазерного сканирования
6.1	Общие требования к проектированию лазерного сканирования ...
6.2	Общие требования к подготовительным работам
6.3	Общие требования к геодезическому обеспечению лазерного сканирования
6.4	Общие требования к лазерному сканированию объекта съемки ...
6.5	Общие требования к обработке материалов лазерного сканирования
6.6	Общие требования к контролю, оформлению результатов и составлению отчета
	Приложение А (справочное) Классификация систем лазерного сканирования
	Приложение Б (рекомендуемое) Пример технического оснащения систем воздушного лазерного сканирования.....
	Приложение В (рекомендуемое) Пример технического оснащения систем наземного лазерного сканирования
	Библиография

Введение

Лазерное сканирование является важным источником информации о местности и объектах при создании цифровых топографических карт и планов, получении пространственных данных для решения задач кадастра, проектных, инженерных и других задач.

Характеристики и качество материалов лазерного сканирования определяют качество конечной пространственной информации в виде топографических карт и планов, ортофотопланов, единой электронной картографической основы, цифровых моделей рельефа и цифровых моделей местности [1], [3], [4], [5], [6], [7].

Предметом рассмотрения настоящего документа являются методы лазерного сканирования, базирующиеся на использовании воздушных и наземных аппаратно-программных средств.

Целью разработки настоящего стандарта является техническое регулирование общих положений организации, проектирования и выполнения процессов воздушного [2] и наземного лазерного сканирования, установления общих требований к съемочному оборудованию, программным средствам и технологиям получения и обработки материалов лазерного сканирования.

Сфера регулирования настоящего стандарта связана со сферой регулирования ГОСТ Р 8.794-2012, ГОСТ Р 59328-2021, ГОСТ Р 59562-2021, ГОСТ Р 70078–2022.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Фототопография.
Лазерное сканирование.
Общие положения**

Phototopography. Laser scanning. General principles

Дата введения – 202 –...–...

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие положения и регламентирует основополагающие требования к выполнению лазерного сканирования местности и пространственных объектов в целях топографического картографирования, кадастра, создания 3D-моделей территории и цифровых двойников объектов.

Положения стандарта распространяются на исполнителей и заказчиков работ по воздушному и наземному лазерному сканированию, выполняемому для удовлетворения государственных и муниципальных нужд, потребностей различных отраслей экономики страны.

Стандарт предназначен для применения субъектами топографо-геодезической деятельности, независимо от форм собственности и подчинения, специализирующимися в области топографических, кадастровых, проектно-изыскательских и инженерных работ.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 51833-2001 Фотограмметрия. Термины и определения

ГОСТ Р 52369-2005 Фототопография. Термины и определения

ГОСТ Р 8.794-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. Государственная система обеспечения единства измерений. Сканеры лазерные наземные. Методика поверки

ГОСТ Р 57258-2016 Системы беспилотные авиационные. Термины и определения

ГОСТ Р 59328-2021 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования

ГОСТ Р 59562-2021 Съёмка аэрофототопографическая. Технические требования

ГОСТ Р 70078–2022 Программно-аппаратный комплекс аэрофототопографической съемки с использованием беспилотного воздушного судна. Технические требования

1.2.418-1.306.22. ГОСТ Р Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Общие требования к проведению работ

1.2.418-1.307.22. ГОСТ Р Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Требования к данным лазерного сканирования на различных этапах жизненного цикла автомобильной дороги

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 21667-76, ГОСТ 22268-76, ГОСТ Р 51833-2001, ГОСТ Р52369-2005, ГОСТ Р 57258-2016, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

аэросъемка (топографическая): Съемка местности, выполняемая аэросъемочной системой того или иного типа, или одновременно двумя или более съемочными системами с воздушного судна, с целью создания и обновления топографических карт и планов и иных пространственных данных о местности.

[ГОСТ Р 59562-2021, п. 3.1]

3.2

аэросъемочная система (топографическая): Комплекс интегрированных технических и программных средств, используемых на борту воздушного судна и предназначенных для сбора исходных пространственных данных о местности того или иного типа с целью создания и обновления топографических карт и планов, или иных продуктов аэрофототопографического производства, а также для иных целей.

[ГОСТ Р 59562-2021, п. 3.2]

3.3

аэрофотокамера: Устройство, предназначенное для фотографирования земной поверхности с борта воздушного судна.

[ГОСТ Р 59328-2021, п. 3.1.2]

3.4

аэрофотоустановка: Устройство, предназначенное для крепления, амортизации и автоматического разворота аэрофотокамеры на угол сноса.

[ГОСТ Р 59328-2021, п. 3.1.3]

3.5

высота фотографирования: Высота полета воздушного судна при выполнении аэрофотосъемки относительно среднего уровня земной поверхности съемочного участка.

[ГОСТ Р 59328-2021, п. 3.1.6]

3.6

гиростабилизированная платформа (гироплатформа): Аэрофотоустановка, снабженная гироскопами, позволяющая сохранять требуемое направление оптической оси аэрофотокамеры и разворачивать её на угол сноса.

[ГОСТ Р 59328-2021, статья 3.1.7]

3.7 **дивергенция:** Угловое расхождение лазерного луча от теоретической прямой линии по мере удаления от источника излучения.

3.8

инерциальное измерительное устройство: Жестко связанное с аэрофотокамерой или воздушным лазерным сканером (лидаром) устройство, основанное на сочетании акселерометров и гироскопов, предназначенное для определения углов ориентации фотокамеры или лидара во время выполнения аэрофотосъемки.

[ГОСТ Р 59328-2021, статья 3.1.8]

3.9 **классификация точек лазерных отражений:** Отнесение точек лазерных отражений к определённой классификационной группе по характерным признакам элементов местности и объектов.

3.10

лидар: Система воздушного лазерного сканирования местности, в результате которого определяются пространственные координаты точек отражения лазерного луча от поверхностей объектов местности.

[ГОСТ Р 59328-2021, статья 3.1.9]

3.11

лидарная съемка (аэросъемка): Аэросъемка, выполняемая с помощью лидара с целью определения пространственных координат точек местности в виде облака точек лазерных отражений.

[ГОСТ Р 59562-2021, статья 3.11]

3.12

облако точек лазерных отражений (ТЛО): Совокупность фиксируемых лазерным сканером точек земной поверхности и объектов, характеризующихся пространственными координатами и интенсивностью отражения.

[ГОСТ Р 70174-2022, статья 3.1.3]

3.13

наземный лазерный сканер (НЛС): Система, измеряющая с высокой скоростью (от нескольких тысяч до миллиона точек в секунду) расстояния от сканера до точек объекта и регистрирующая соответствующие направления (вертикальные и горизонтальные углы) с последующим формированием трехмерного изображения в виде облака точек.

[ГОСТ Р 8.794-2012, статья 3.1.1]

3.14

номинальное пространственное разрешение цифрового аэрофотоснимка: Разрешение цифрового аэрофотоснимка, характеризующееся размером проекции пикселя цифрового аэрофотоснимка на среднюю плоскость съемочного участка.

[ГОСТ Р 59328-2021, статья 3.1.11]

3.15

параметры редукиции аэрофотокамеры: Измеренные линейные поправки для приведения фазового центра антенны спутникового приемника к центру проекции аэрофотокамеры.

[ГОСТ Р 59562-2021, статья 3.17]

3.16

параметры редукции лидара: Измеренные линейные поправки для приведения фазового центра антенны спутникового приемника к началу системы координат воздушного лазерного сканера.

[ГОСТ Р 59562-2021, статья 3.18]

3.17 плотность облака ТЛО: Количество точек лазерных отражений, приходящихся на единицу площади поверхности сканируемого объекта.

3.18 система лазерного сканирования: Аппаратно-программный комплекс определения пространственных координат точек отражения лазерного луча от поверхностей сканируемого объекта.

3.19

технологии дополненной реальности: Комплекс технологических решений, позволяющий с использованием специальных средств обработки и отображения информации (например, очки и шлемы дополненной реальности) дополнять объекты реального мира виртуальными элементами различной модальности (изображения, текст, аудио и пр.).

[ГОСТ Р 59278-2020, статья 3.6]

3.20

угловая калибровка лидара: Совокупность процессов и операций по определению углов выставки системы координат лидара относительно системы координат инерциального измерительного устройства, а также других параметров в зависимости от типа воздушного лазерного сканера, выполняемых с целью настройки аппаратуры.

[ГОСТ Р 59328-2021, статья 3.1.26]

3.21

углы выставки (аэрофотокамеры, лидара): Углы ориентации системы координат аэрофотокамеры или лидара относительно системы координат инерциального измерительного устройства, жестко связанного с аэрофотокамерой или лидаром.

[ГОСТ Р 59328-2021, статья 3.1.27]

3.22

цифровая модель поверхности: Набор данных или файл, содержащий определенным образом представленные пространственные координаты (в определенной системе координат) множества точек, лежащих на всех открытых видимых с точек фотографирования поверхностях: поверхности земли, зданий, сооружений и проч.

[ГОСТ Р 59562-2021, статья 3.29]

3.23

цифровая модель рельефа: Файл или набор данных, содержащий определенным образом представленные пространственные координаты множества точек земной поверхности в определенной системе отсчёта.

[ГОСТ Р 59562-2021, статья 3.30]

3.24 **цифровой двойник (digital twin):** Программно-аппаратный комплекс, реализующий комплексную динамическую модель для исследования и управления деятельностью социотехнической системы.

3.25

цифровой двойник изделия: Система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями.

[ГОСТ Р 57700.37—2021, статья 3.24]

3.26

3D модель территории: Цифровой файл, содержащий трехмерное представление территории, включающее модель земной поверхности и модели объектов на ней расположенных, составленное из полигонов с назначенными им растровыми текстурами, ограниченных ребрами и вершинами в трехмерном пространстве.

[ГОСТ Р 70078—2022, статья 3.24]

4 Сокращения и обозначения

В стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

АФС – аэрофотосъемка;

АФУС – аэрофотоустановка;

АЭС – атомная электростанция;

БВС – беспилотное воздушное судно;

ВЛС – воздушное лазерное сканирование;

ГГС – государственная геодезическая сеть;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ГИС – географическая информационная система;

ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система как обобщающее понятие, включая ГЛОНАСС, GPS и проч.;

ГСК – государственная система координат;

ДВС – двигатель внутреннего сгорания;

ИИУ – инерциальное измерительное устройство;

ИТП – инженерный топографический план;

ИЦММ – инженерная цифровая модель местности;

МЛС – мобильное лазерное сканирование;

МСК – местная система координат;

НЛС – наземное лазерное сканирование;

ПВС – пилотируемое воздушное судно;

ПО – программное обеспечение;

САПР – система автоматизированного проектирования;

СКО – среднеквадратическое отклонение;

ТЗ – техническое задание;

ТЛО – точки лазерных отражений;

ТП – технический проект;

ЦМО – цифровая модель объекта;

ЦМП – цифровая модель поверхности;

ЦМР – цифровая модель рельефа;

ЦТК – цифровая топографическая карта;

ЦТП – цифровой топографический план;

ЭВО – элементы внешнего ориентирования;

ВIM – Building Information Model – информационная модель здания;

CSV – Comma-Separated Values – текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных;

ITRF – International Terrestrial Reference Frame – международная земная (геодезическая) отсчетная основа, реализация системы координат ITRS сетью опорных пунктов на Земле;

JPEG – Joint Photographic Experts – Group распространенный формат сжатия цифровых изображений;

LAS – открытый двоичный формат, определенный Американским обществом фотограмметрии и дистанционного зондирования (ASPRS) для обмена и архивирования данных облака точек лидара;

LAZ – сжатый формат LAS-файла;

OEM – мультичастотный и мультисистемный ГНСС-модуль для систем точного позиционирования в компактном форм-факторе;

PPP – Precise Point Positioning метод точного абсолютного спутникового определения местоположения;

RGB – Red, Green, Blue – обозначение цветного цифрового изображения, представленного аддитивной цветовой моделью;

RINEX – Receiver Independent Exchange Format) – формат обмена данными для файлов исходных данных спутниковых навигационных приёмников;

RTK – Real Time Kinematic – режим спутниковых определений – кинематики в реальном времени;

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping – технология одновременной локализации и картографирования без использования ГНСС-оборудования;

TIFF – Tagged Image File Format – файловый формат цифровых изображений с тегами;

TIN – Triangulated Irregular Network – нерегулярная триангуляционная сеть;

WKT – Well-Known Text – текстовый формат представления векторной геометрии и описания систем координат;

UTC – Coordinated universal time – всемирное координированное время.

5 Общие положения

5.1 Классификация и состав систем лазерного сканирования

5.1.1 Лазерное сканирование выполняется с целью получения пространственных данных о земной поверхности, природных и искусственных

объектах, его результатом должно являться облако точек лазерных отражений (ТЛО).

5.1.2 Обобщенная классификация систем, используемых для лазерного сканирования, представлена в таблице А.1 приложения А.

5.1.3 В зависимости от объекта съемки и требований к создаваемой продукции состав системы лазерного сканирования должен включать:

- сканирующий модуль (лидар);
- модуль инерциального измерительного устройства (ИИУ) – опционально для стационарной лазерной системы;
- модуль приемного устройства глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) со спутниковой антенной – опционально для стационарной и переносной лазерной системы;
- фото или видео съемочную систему – опционально;
- аэрофотоустановку (АФУС) – опционально;
- программное обеспечение планирования, съемки и обработки результатов лазерного сканирования.

Система лазерного сканирования может быть установлена на стационарную платформу (штатив) или на подвижный носитель (воздушное или водное судно, автомобиль, железнодорожную платформу, тележку, рюкзак).

5.2 Основные характеристики систем лазерного сканирования

5.2.1 Основными метрологическими характеристиками систем лазерного сканирования, определяющими их выбор для решения конкретных практических задач при конкретных условиях применения, должны являться:

- дальность действия;
- точность определения пространственных координат в плане и по высоте.

Не зависимо от специфики (мобильности) применения, система лазерного сканирования должна быть внесена в реестр средств измерений Росстандарта и проходить поверку с установленной для нее периодичностью.

5.2.2 Основными используемыми техническими характеристиками систем лазерного сканирования должны являться:

- максимальная частота повторений лазерных импульсов;
- частота сканирования;
- количество принимаемых отражений;

- наличие режима MRiA (количество импульсов, находящихся в воздухе одновременно);
- угол сканирования (для наземных систем - по горизонтали и по вертикали);
- вид оптической развертки;
- дивергенция;
- угловое разрешение по горизонтали и по вертикали.

5.2.3 Основными используемыми эксплуатационными характеристиками систем лазерного сканирования должны являться:

- габаритно-весовые характеристики;
- характеристики энергопотребления.

5.3 Условия использования систем лазерного сканирования

5.3.1 При выборе системы лазерного сканирования для выполнения конкретных видов работ следует руководствоваться требованиями технического задания к создаваемой продукции, экономическими показателями, техническими характеристиками системы, которые должны обеспечивать необходимую точность, плотность ТЛО и производительность проводимых работ с учетом действующей нормативно-технической документации на создаваемую продукцию.

5.3.2 Применение систем воздушного лазерного сканирования (ВЛС) экономически целесообразно для оперативного получения пространственной информации на значительные по площади территории или на значительные по протяженности линейные объекты вне транспортных путей. В зависимости от условий съемки воздушное лазерное сканирование выполняется с пилотируемых или беспилотных воздушных судов (ПВС и БВС).

5.3.3 Целесообразность применения ПВС или БВС в большой степени должна определяться назначением лидарной съемки, требованиями к конечной продукции и ТЛО (например, ЦМР для съемки рельефа с сечением 1,0 м или детальная 3D-модель городской территории), характеристиками воздушных судов и применяемых на них лидаров, которые имеются в распоряжении, характером и расположением объекта съемки. С учетом этих факторов должен выбираться оптимальный по стоимости/затратам времени вариант.

5.3.4 При планировании применения ВЛС с ПВС следует учитывать следующие условия:

- ограниченная доступность объекта для других видов транспорта;

- продолжительность полета воздушного судна не менее 4 часов;
- время полета от аэродрома базирования и обратно не более 20-25% от продолжительности полета;
- нижний предел высоты сканирования с учетом требований инструкции по безопасности применения лазерного излучения для зрения человека.

5.3.5 Применение ВЛС с БВС должно определяться размерами, положением объекта съемки и характеристиками используемого лидара и БВС:

1) для БВС с продолжительностью полета до 2 часов:

- снимаемая в течении одного полета площадь объекта порядка 10 кв. км;
- протяженность трассы до 50 пог. км.

2) для БВС с продолжительностью полета от 2 до 6 часов:

- снимаемая в течение одного полета площадь объекта от 10 до 50 кв. км;
- протяженность трассы от 50 до 150 пог. км.

Для участков площадью в несколько кв. км достаточно использовать мультикоптер или беспилотное воздушное судно самолетного типа с электродвигателем и продолжительностью полета до одного часа.

Для участков площадью в несколько десятков кв. км целесообразно использовать БВС с электрическим двигателем и продолжительностью полета 2-4 часа.

Для участков площадью в несколько сотен кв. км целесообразно использовать БВС вертикального взлета и посадки с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) или гибридным двигателем и продолжительностью полета 8-10 часов.

5.3.6 Общие требования к системам ВЛС для ПВС и БВС должны включать:

- максимальную высоту аэросъемки;
- точность определения пространственных координат;
- максимальную частоту импульсов;
- частоту сканирования;
- угол сканирования;
- количество отражений (не менее 4).

5.3.7 Дополнительные требования к системам ВЛС для БВС должны включать габариты, массу лидара, его энергопотребление.

5.3.8 Выбор между воздушным и наземным ЛС должен определяться назначением результатов сканирования и требованиями к ним.

Применение систем наземного лазерного сканирования должно рассматриваться при невозможности или нецелесообразности применения ВЛС, либо для дополнения ТЛО, полученных с ВЛС, данными наземного лазерного сканирования. В свою очередь выбор между стационарными системами наземного лазерного сканирования, мобильными и переносными системами наземного лазерного сканирования должен быть экономически и технически обоснован с учетом размеров и характерных особенностей объекта съемки, требований к плотности и точности ТЛО. При этом должны учитываться такие общие характеристики систем НЛС как:

- максимальная дальность действия;
- максимальная частота импульсов;
- вертикальный и горизонтальный угол сканирования.
- точность определения пространственных координат.

Для мобильных и переносных систем НЛС следует дополнительно принимать во внимание такие требования, как габариты, масса лидара и его энергопотребление.

5.3.8.1 Применение стационарных систем НЛС должно быть обосновано с учетом размеров объектов съемки, их доступности, требований к плотности и точности получаемых ТЛО. Основными направлениями применения стационарных систем НЛС должны являться:

1) крупномасштабная съемка ограниченных по площади территорий, в том числе территорий с высокой степенью загруженности конструктивными элементами, например, при съемке объектов нефтегазовой отрасли, состоящих из большого количества трубопроводов, кабельных эстакад, производственных зданий, резервуаров и т.п.;

2) решение маркшейдерских задач:

- съемка бортов открытых карьеров, котлованов;
- вычисление объемов породы на различных отвалах, складах и хранилищах сыпучих материалов;
- определение береговой линии хвостохранилищ;
- определение объемов подземных выработок.

3) выполнение работ при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов:

– на этапе проектирования – для учета взаимодействия инженерных систем объектов капитального строительства, систематизации данных об используемом оборудовании, элементах, материалах, конструкциях, выпуска документации с модели и подготовки документации для экспертизы, трехмерной информационной модели и документации для строителей;

– на этапе строительства – для контроля и корректировки проекта в процессе строительства объекта, оптимального планирования перемещения, установки и удаления крупных элементов конструкций или сложного оборудования в процессе монтажных работ, для уточнения требуемых допусков, контроля планового и фактического выполнения строительства и подтверждения выполненных объемов работ, дистанционного управления процессами строительства;

– на этапе эксплуатации – исполнительная съемка по завершению строительства, мониторинг состояния объекта с учетом новых потребностей предприятия для диагностики инженерных систем, определения сроков замены оборудования, выявления возможных неисправностей и предупреждения поломок систем;

4) высокоточный мониторинг деформаций объектов и сооружений (объектов инфраструктуры ГЭС и АЭС, мостов, путепроводов, высотных сооружений, сложных конструкций);

5) кадастр многоуровневых объектов недвижимости и сложных внутренних помещений;

6) съемка памятников архитектуры и культурного наследия, монументальных сооружений и исторических памятников, археологических объектов в случаях, когда требуется получить данные с высокой точностью и детальностью;

7) техническая диагностика резервуаров для определения их параметров (вертикальности оси, деформации стенки, отклонений образующих стенки от вертикали, объема резервуара).

5.3.8.2 Наземное мобильное лазерное сканирование выполняется как на площадных, так и на линейно-протяженных объектах, для которых обеспечена возможность движения моторизованных платформ со сканирующей лазерной системой, а объекты сканирования находятся в пределах прямой видимости на всем маршруте движения мобильной системы.

В качестве линейных протяженных объектов для применения мобильных систем НЛС могут выбираться трассы автомобильных и железных дорог, реки и

каналы, линии электропередач и связи, нефте и газопроводов, если эти объекты располагаются вдоль автомобильных или железных дорог (при условии видимости с мобильной платформы).

В автодорожной отрасли мобильное лазерное сканирование может применяться:

- в инженерно-геодезических изысканиях при проектировании и исполнительной съемке;
- при паспортизации и инвентаризации существующей дорожной инфраструктуры;
- при создании ГИС и пространственных баз данных.

5.3.8.3 Объектами применения переносных систем НЛС должны являться внутренние помещения и территории внутриквартальной плотной застройки, площадные размеры и характер интерьеров которых не позволяют использовать мобильные системы и затрудняет использование стационарных систем лазерного сканирования.

5.3.9 При съемке прибрежных участков местности и территорий с наличием водных объектов могут использоваться многосредные или батиметрические лазерные системы, позволяющие с воздуха определять рельеф суши и дна водоемов.

5.4 Результаты обработки материалов лазерного сканирования и продукты, получаемые на их основе

5.4.1 Результатом обработки данных лазерного сканирования должны быть представлены материалы в следующем составе: файл (файлы) с облаками ТЛО; файлы с фотоизображениями или видеофайлы, полученные одновременно с процессом лазерного сканирования (если было предусмотрено проектом), картограмма выполненных работ, акт контроля качества материалов лазерного сканирования, отчет о выполненных работах.

5.4.2 Общепринятым форматом файла облака ТЛО является формат LAS [8] или аналогичный, который должен позволять передавать информацию в следующем составе:

- пространственные координаты ТЛО;
- интенсивность отраженного сигнала;
- цвет RGB (определенный по фотоизображениям);

- номер отражения;
- количество отражений;
- всемирное время UTC;
- угол поворота зеркала.

5.4.3 В случаях, когда облака точек занимают объем компьютерной памяти, превышающей объем доступной оперативной памяти, обработка должна быть организована путем частичной загрузки и обработки информационных массивов, объем которых не должен превышать 3-4 ГБ или 100-130 миллионов точек.

5.4.4 Результаты лазерного сканирования должны обеспечивать получение пространственных данных для создания цифровых топографических карт и планов (ЦТК и ЦТП), 3D моделей территории, цифровых инженерных топографических планов (ЦИТП), инженерных цифровых моделей местности (ИЦММ) для их использования в целях топографической съемки, проектной, инженерно-архитектурной, кадастровой деятельности. Для выполнения обработки лазерного сканирования следует использовать специальные программные средства, обладающие соответствующими функциональными свойствами и характеристиками. Облако точек лазерных отражений, полученное в результате обработки, представляется координатами в равноугольной поперечно-цилиндрической картографической проекции, применительно к геодезической системе координат ГСК или ITRF и геодезическими высотами. В зависимости от решаемых задач результаты лазерного сканирования должны быть сформированы в государственной (ГСК) или местной (МСК) системе координат и высот в соответствии с [4], допускается формирование облаков ТЛО в иных системах координат (например, условной), если такое требование предусмотрено техническим заданием. Для целей топографического картографирования должна быть использована проекция Гаусса-Крюгера в одной зоне независимо от протяженности объекта по широте.

5.4.5 К облакам ТЛО должен быть приложен текстовый файл, содержащий параметры преобразования системы координат, а также модели использованного геоида в формате WKT или аналогичном, предусмотренном ТЗ.

5.4.6 Последующая обработка облака точек должна обеспечивать получение производных продуктов, которые повышают информативность исходных данных. В частности, производными продуктами могут являться, профили, сечения, структурные линии, а также цифровые модели пространственных объектов

(природных и искусственных), выделенные различными методами классификации, которые могут быть дополнительно проанализированы визуально, интегрированы в виртуальную среду для технологии дополненной реальности или трехмерного отображения.

5.4.7 При использовании лазерного сканирования для промышленных целей или городского кадастра, облака точек могут быть преобразованы в модели САПР и более сложные информационные модели зданий (BIM) для дальнейшего анализа специалистами в области различных приложений.

6 Общие требования к технологическим процессам лазерного сканирования

В общем случае комплекс работ по лазерному сканированию должен включать следующие основные технологические процессы:

- проектирование;
- подготовительные работы;
- геодезическое обеспечение;
- лазерное сканирование объекта съемки;
- обработку данных лазерного сканирования;
- контроль, оформление результатов и составление (раздела) отчета.

6.1 Общие требования к проектированию лазерного сканирования

6.1.1 Результатом проектирования должны являться обоснованные проектные решения по выбору системы лазерного сканирования с конкретными значениями метрологических, технических и эксплуатационных характеристик, а также по условиям и параметрам сканирования и обработки.

Технический проект должен содержать обоснование числа, мест расположения, точности определения координат и высот базовых станций, опорных и контрольных точек, максимально допустимой удаленности базовых станций от объекта съемки.

В техническом проекте должно быть конкретизировано, каким программным средством и с использованием каких значений параметров выполняется обработка и контроль качества спутниковых и инерциальных (ГНСС/ИИУ) определений, а также создание облаков точек.

В техническом проекте положение маршрутов воздушного или мобильного лазерного сканирования должно устанавливаться при условии их допустимого удаления от ближайшей базовой станции ГНСС.

6.1.2 Общие требования к проектированию воздушного лазерного сканирования.

6.1.2.1 В процессе технического проектирования работ по воздушному лазерному сканированию должны быть даны детальные проектные решения в отношении воздушного судна, комплекса аппаратно-программных средств лазерного сканирования как для пилотируемых, так и для беспилотных воздушных судов, в части воздушного лазерного сканера (лидара), ИИУ и ГНСС-систем, необходимости применения дополнительного оборудования (аэрофотокамеры, стабилизированной гироплатформы и др.), программного обеспечения проектирования, выполнения сканирования, обработки и контроля качества результатов ЛС. Примеры технического оснащения систем воздушного лазерного сканирования приведены в Приложении Б.

6.1.2.2 Обоснование в техническом проекте выбора типа воздушного судна (ПВС/БВС) должно выполняться, исходя из экономической целесообразности и временных затрат с учетом требований к составу и характеристикам выходной продукции, размеров, характера и местоположения объекта съемки, его удаленности от мест базирования ПВС или БВС, а также с учетом следующих факторов:

- технических характеристик имеющихся в распоряжении воздушных судов и бортового аэросъемочного оборудования, если лазерное сканирование сопровождается аэрофотосъемкой;

- требований ТЗ к точности определения плановых координат и высот, плотности ТЛО, к особенностям съемки местности с перепадом высот рельефа и в зонах с множественным отражением точек от объекта сканирования (например, в залесенной местности), к сезонно-погодным и временным условиям проведения ВЛС;

- требуемых сроков выполнения работ.

6.1.2.3 Программные средства проектирования, съемки и обработки результатов ЛС должны выполнять:

- проектирование съёмочных маршрутов, а также расчет летного времени с учётом заданных границ объекта (участка) площадной съемки или положения оси

линейно-протяженного объекта, рельефа местности объекта съемки, характеристик лидара и воздушного судна, требуемой плотности ТЛО (при включении аэрофотокамеры в состав оборудования ВЛС, должно выполняться проектирование АФС с учетом требуемых номинального пространственного разрешения, продольного и поперечного перекрытий аэрофотоснимков);

- управление системой воздушного лазерного сканирования, аэрофотокамерой и контроль навигационных параметров ВЛС во время полета;
- послеполетную обработку материалов ВЛС, включая расчет траектории полета воздушного судна по данным ИИУ/ГНСС, генерацию облака ТЛО в формате LAS/LAZ, калибровку лидара, контроль качества материалов ВЛС.

6.1.2.4 В техническом проекте должны содержаться проектные решения по параметрам полета, основанные на исходных требованиях ТЗ и технических характеристиках лидара и аэрофотокамеры. При определении параметров полета (высота полета и расстояние между маршрутами) должны быть приняты во внимание соответствие ширины полосы съемки системы ВЛС и АФС.

6.1.2.5 Технический проект должен содержать проектные решения по обработке ВЛС и ее результатам: межмаршрутному уравниванию облаков ТЛО, использованию опорных точек, их количеству и расположению, формату записи в файле облака ТЛО дополнительных атрибутов точек помимо их класса, интенсивности и пространственного положения, необходимости определения истинной отметки высот в местах с густой и высокой растительностью, методу досъемки рельефа (при ее необходимости).

6.1.3 Общие требования к проектированию наземного лазерного сканирования

6.1.3.1 В процессе технического проектирования наземного лазерного сканирования должны быть определены конкретные технические решения по:

- используемому оборудованию в части лазерного сканера, навигационного модуля, цифровых фотокамер, мобильной платформы (для работ по мобильному лазерному сканированию);
- программному обеспечению проектирования, съемки и обработки данных сканирования;
- геодезическому обеспечению в части количества, характера расположения, точности определения координат и высот базовых станций, опорных и контрольных точек, максимально допустимой удаленности базовых

станций для сопровождения съемочного процесса в зависимости от вида выполняемых работ.

6.1.3.2 Для стационарных и переносных сканерных систем на этапе проектирования должны быть определены, с учетом рекогносцировки территории, оптимальная схема размещения скан-позиций стационарного и оптимальная схема движения (маршрут) переносного сканера, мест установки опорных точек (специальных марок) и способ получения координат их центров. Также на этапе проектирования определяется с учетом сложности объекта съемки необходимость выполнения помимо фотосъемки видеосъемки территории для последующего камерального дешифрирования.

6.1.3.3 При выборе оборудования наземного лазерного сканирования необходимо руководствоваться требованиями технического задания, характеристиками наземного лазерного сканера, размером площади сканируемого объекта (территории работ), требуемым сроком выполнения полевых работ и условиями, в которых будут выполняться измерения (с учетом Приложения В - Пример технического оснащения систем наземного лазерного сканирования). Для работ, выполняемых при отрицательных температурах, особенно в условиях Крайнего Севера, для отдельных типов стационарных сканеров должна быть предусмотрена термостабилизация с использованием пассивного или активного подогрева.

6.1.3.4 С учетом требований технического задания в рабочем проекте стационарного лазерного сканирования может быть предусмотрена цифровая фото или видео съемка параллельно с проведением сканирования, а также получение координат точек стояния сканера с использованием ГНСС-аппаратуры и центрирование над пунктом с известными координатами.

6.1.3.5 При проектировании мобильного сканирования выбор мобильной платформы должен выполняться с учетом таких исходных данных для проектирования, как:

- условий выполнения работ (съемка на железной дороге, на автодорогах, водных объектах и др.);
- размеров объекта съемки, его удаленности от пункта базового размещения оборудования;
- массогабаритных и технических характеристиках съемочного оборудования.

Для получения высокоточных пространственных данных о местности и объектах мобильный лазерный сканер должен быть укомплектован инерциальным измерительным устройством и двухчастотным ГНСС-приемником. Также для повышения точности траектории движения целесообразно использовать датчик пути (одометр), устанавливаемый на колесо автомобиля.

6.1.3.6 При выборе оборудования переносного лазерного сканирования (с ГНСС-приемником или без него) дополнительно необходимо руководствоваться требованиями к условиям съемки (снаружи или внутри помещений), в которых будут выполняться измерения.

При выполнении переносного лазерного сканирования на крупных открытых промышленных площадках или в городских кварталах с возможностью приема спутниковых сигналов необходимо проектировать использование базовых станций, число и схема размещения которых определяться, исходя из требованиями ТЗ к точности выполнения работ.

6.1.3.7 Проектируемое к применению программное обеспечение для выполнения сканирования с использованием стационарных систем должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- автоматическое или полуавтоматическое (с участием оператора) внешнее ориентирование сканов по опорным точкам, с помощью марок, входящих в комплект поставки сканера, по характерным точкам;
- фильтрация ТЛО, полученных в ходе съемки, от шумов (отражений от пыли, присутствующей в атмосфере), их прореживание с целью обеспечения требуемой плотности ТЛО, указанной в ТЗ, если полученные в ходе съемки данные избыточны по плотности;
- импорт текстового или CSV-файла с координатами опорных точек;
- пакетное уравнивание сканов с формированием отчета по оценке точности уравнивания;
- визуализация сканов в режиме двухмерной развертки и 3D-режиме;
- выполнение калибровки внешней фотокамеры, если предусмотрено ее использование в ходе выполнения съемки;
- автоматическое окрашивание сканов по цифровым фотоснимкам.

6.1.3.8 Программное обеспечение проектирования, съемки и обработки результатов мобильного лазерного сканирования должно отвечать следующим основным требованиям:

- возможность построения маршрута движения мобильной системы, в том числе участков ее разворотов с отображением географических координат точек на цифровой карте местности;

- возможность контроля за ходом выполнения сканирования, условий приема ГНСС–сигналов и статуса инерциального измерительного устройства, возможность устанавливать параметры сканирования, записи на внешние и внутренние накопители данных;

- возможность импорта «сырых» данных сканирования и навигационных данных, обработки данных ГНСС и инерциального измерительного устройства для построения траектории мобильной платформы, генерации облаков точек, цифровых фотографий, выполнения оценки точности, вывода LAS (LAZ) файлов, формирования отчетов.

6.1.3.9 Для переносных систем лазерного сканирования программное обеспечение должно выполнять:

- внешнее ориентирование сканов по специальным маркам, пакетное уравнивание сканов и оценку точности результатов уравнивания по сходимости четких контуров, по опорным и контрольным точкам;

- конвертирование уравненного облака ТЛО в заданный формат;

- выполнение оценки точности с формированием текстового отчета.

6.1.3.10 Помимо выбора сканирующей системы и программного обеспечения в техническом проекте должны содержаться проектные решения в части:

- способа установки сканера: штатив, размещение на крыше автомобиля, на специализированной платформе и т. п.;

- параметров съемки (скорость движения мобильной платформы или переносного сканера, перекрытие облаков ТЛО между соседними маршрутами, частота сканирования, интервал фотографирования, плотность ТЛО, протяженность и направление маршрутов и другие;

- особенностей съемки в помещениях, городских кварталах и на автострадах, на железных дорогах, на трассах с большим числом перекрестков, поворотов и несколькими полосами движения;

- климатических условий и условий окружающей среды при выполнении работ на объекте.

6.2 Общие требования к подготовительным работам

6.2.1 Общие требования к подготовительным работам по воздушному лазерному сканированию.

6.2.1.1 Состав подготовительных работ к воздушному лазерному сканированию должен включать:

- установку аэросъемочного оборудования на борт воздушного судна;
- подготовку воздушного судна к полету;
- определение параметров редукции фазового центра антенны бортового спутникового приемника (ГНСС-приемника) к внешнему центру проекции аэрофотокамеры и началу системы координат лидара относительно системы координат ИИУ;
- выбор калибровочных объектов;
- угловую калибровку аэрофотокамеры и лидара;
- составление полетного плана выполнения ВЛС.

6.2.1.2 Калибровка лидара должна выполняться с периодичностью, рекомендованной в его эксплуатационной документации. В обязательном порядке калибровка также выполняется после каждой установки лидара на борт воздушного судна и в случаях, когда обнаруживаются недопустимые погрешности в данных лидарной съемки.

6.2.2 Общие требования к подготовительным работам по наземному лазерному сканированию.

6.2.2.1 Состав подготовительных работ к наземному лазерному сканированию должен включать:

- подготовку комплекта оборудования к работе, включая подготовку всех блоков системы, проверку кабелей, аккумуляторов, блока управления, накопителей данных;
- проверку работоспособности лазерного сканера и полевого ноутбука/планшета, калибровку внешней фотокамеры (при необходимости), создание рабочего проекта съемки на полевом ноутбуке/планшете в управляющем программном обеспечении.

6.2.2.2 Для мобильной лазерной системы дополнительно должны выполняться:

- установка и закрепление сканирующей системы на мобильной платформе, выполнение калибровочного проезда, процедур инициализации инерциальной

системы (развороты в форме восьмерки), планирование оптимальных проездов с учетом объединения соседних маршрутов;

- рекогносцировка территории съемки, определение границ участка съемки, составление плана съемки с учетом альманаха и загруженности автодорог;

- настройка режимов съемки: частоты излучения, частоты сканирования, скорости перемещения мобильной платформы, интервал фотографирования и др.

6.2.2.3 В процессе подготовительных работ должны быть сформулированы требования к методике обработки и контроля качества спутниковых и инерциальных определений (при работе вне помещений), а также требования к созданию облаков точек, к планированию оптимальных маршрутов движения сканера с учетом категории сложности объекта.

6.3 Общие требования к геодезическому обеспечению лазерного сканирования

6.3.1 Общие требования к геодезическому обеспечению воздушного лазерного сканирования.

В процессе геодезического обеспечения ВЛС должны выполняться:

- спутниковые измерения на точках съемочной геодезической сети, на пунктах ГГС, используемых для определения параметров преобразования координат из системы координат ГСК в референцную систему координат, на которой основана МСК (если она используется и требуется определить параметры преобразования), а также на точках государственной нивелирной сети;

- спутниковые измерения на базовых станциях в процессе выполнения ВЛС с целью относительного определения координат центров проекции аэрофотоснимков и начала системы координат лидара в системе координат ГСК (или ITRF, если используется метод PPP);

- обработка материалов полевых ГНСС-измерений, уравнивание и оценка точности результатов измерений, вычисление координат и высот определяемых пунктов и точек, составление каталогов;

- определение параметров преобразования, связывающих систему координат ГСК с референцной системой координат;

- составление технического отчета со схемой съемочной геодезической сети и указанием исходных пунктов и определяемых точек.

6.3.2 Общие требования к геодезическому обеспечению наземного лазерного сканирования

Геодезическое обеспечение наземного лазерного сканирования в общем случае должно предусматривать:

- определение координат и высот базовых станций, опорных и контрольных точек, при необходимости их маркирование;
- выполнение в процессе сопровождения лазерного сканирования и съемки объекта ГНСС-измерений на базовых станциях с учетом требований к необходимому числу спутников и их распределению на небосводе;
- определение параметров преобразования, связывающих проектную систему координат (в которой ведутся работы по сканированию) с внешней (ГСК или референцной СК);
- обработку материалов с уравниванием и оценкой точности результатов измерений, вычисление координат определяемых точек, составление каталогов координат и схемы съемочной геодезической сети.

6.4 Общие требования к лазерному сканированию объекта съемки

6.4.1 Общие требования к воздушному лазерному сканированию объекта съемки

6.4.1.1 Воздушное лазерное сканирование должно выполняться по рассчитанным в техническом проекте маршрутам съемки при условии допустимого удаления воздушного судна от ближайшей базовой станции ГНСС.

6.4.1.2 ВЛС должно выполняться при условии, что нижняя кромка облачности расположена выше высоты сканирования. Угол крена воздушного судна в процессе лидарной съемки не должен превышать 5 градусов, на разворотах при заходе на новый маршрут может достигать 25 градусов.

Участки объекта съемки, на которых обнаружена потеря данных ВЛС, должны быть сняты повторно.

6.4.1.3 В процессе послеполетной обработки материалов лидарной съемки должен выполняться технический контроль наличия и состояния цифровых файлов ВЛС, полноты покрытия территории объекта съемки ТЛО, первичная обработка материалов ВЛС, в том числе подготовка комплекта материалов, передаваемых в камеральную обработку с учетом требований, предъявляемых в техническом проекте к первичной обработке данных ВЛС.

6.4.2 Общие требования к наземному лазерному сканированию объекта съемки.

6.4.2.1 Наземное лазерное сканирование должно выполняться с использованием рассчитанных на этапе проектирования параметров съемки и в соответствии с рабочим проектом съемки.

В процессе НЛС должны быть обеспечены покрытием ТЛО все объекты, указанные в ТЗ на заданном расстоянии от точки стояния или траектории движения сканера, включая объекты, затеняемые проезжающим транспортом, естественными и искусственными объектами.

Непосредственно после выполнения НЛС должен быть выполнен полевой контроль результатов сканирования. На этом этапе проверяется полнота покрытия объекта точками лазерных отражений, необходимая плотность данных; определяются места досъемочных работ, выполняемых другими методами.

6.4.2.2 При выполнении стационарного лазерного сканирования скан-позиции (станции) размещаются на объекте согласно разработанному на этапе подготовки абрису (схеме) с учетом размещения марок.

Сканирование должно выполняться либо по произвольно выбираемым маршрутам, либо с прокладкой замкнутого в целях контроля сканерного хода. В процессе съемки должны быть обеспечены требования к покрытию объекта данными лазерного сканирования, в том числе зоны с пропусками данных. Для минимизации зон с пропусками данных сканирование таких участков должно производиться с перекрытиями.

6.4.2.3 При выполнении мобильного лазерного сканирования следует выполнять проезды во встречных направлениях или многократные проезды для обеспечения покрытием точками лазерных отражений всех объектов съемки, указанных в ТЗ и располагаемых на заданном расстоянии от мобильной платформы, включая объекты, затеняемые проезжающим транспортом, естественными и искусственными объектами.

6.4.2.4 При выполнении переносного лазерного сканирования внутри помещений без ГНСС-измерений для обеспечения необходимой точности работ на объекте съемки должны быть размещены специальные марки, координаты центров которых должны быть получены геодезическим методом соответствующего уровня точности (в 2,5 - 3 раза превышающую результирующую точность съемки объекта сканирования).

6.5 Общие требования к обработке материалов лазерного сканирования

6.5.1 Общие требования к обработке материалов воздушного лазерного сканирования

Обработка материалов ВЛС должна включать:

- обработку данных калибровочного полета и определение параметров калибровки лидара по контрольным точкам и тестовым объектам;
- обработку ГНСС/ИИУ измерений и расчет траектории полета воздушного судна;
- входной контроль, обработку «сырых» лидарных данных с использованием полученных параметров калибровки и траектории воздушного судна, формирование файлов ТЛО в LAS-формате;
- контроль точности ТЛО по расхождениям в межмаршрутных перекрытиях, уравнивание данных ТЛО многомаршрутной съемки;
- контроль точности в плане и по высоте ТЛО по контрольным геодезическим и фотограмметрическим (при их наличии) точкам;
- контроль плотности ТЛО;
- преобразование ТЛО в требуемую систему координат и высот с учетом модели квазигеоида и экспорт в требуемый техническим заданием формат;
- формирование отчета о выполнении лазерного сканирования в виде текстового файла.

6.5.2 Общие требования к обработке материалов наземного лазерного сканирования

6.5.2.1 Обработка материалов наземного лазерного сканирования должна включать:

- проверку целостности и корректности записи данных лазерного сканирования;
- генерацию ТЛО в LAS-формате;
- объединение ТЛО из разных маршрутов МЛС или отдельных сканов в стационарном лазерном сканировании в единое облако точек и его уравнивание;
- классификацию ТЛО;
- контроль точности ТЛО путем их совмещения с опорными и контрольными точками;
- преобразование полученных данных в систему координат и высот объекта съемки, указанную в ТЗ;

- конвертирование облака ТЛО в формат, предусмотренный ТЗ;
- формирование отчета о выполнении лазерного сканирования в виде текстового файла.

6.5.2.2 Обработка материалов стационарного лазерного сканирования должна предусматривать внешнее ориентирование данных сканирования для каждой станции по специальным маркам, их уравнивание и оценку точности результатов уравнивания по сходимости твердых контуров, по опорным и контрольным точкам.

6.5.2.3 Обработка материалов мобильного лазерного сканирования дополнительно должна предусматривать:

- расчет траектории движения мобильной платформы по данным спутниковой и инерциальной системы;
- обработку данных калибровочного проезда;
- представление ТЛО, полученное в результате первичной обработки (объединение в единый файл данных лазерного сканирования, результатов измерений траектории проезда мобильной платформы бортовым блоком ГНСС/ИИУ), координатами в равноугольной поперечно-цилиндрической картографической проекции, применительно к геодезической системе координат ГСК или ITRF и геодезическими высотами.

- контроль массива ТЛО для перекрывающихся частей маршрутов съемки и по сходимости четких контуров, а также по контрольным точкам.

6.5.2.4 Обработка материалов переносного лазерного сканирования должна предусматривать:

- расчет траектории движения переносного сканера с использованием данных спутниковой и инерциальной системы или/и с использованием технологии SLAM;
- объединение в единый файл данных лазерного сканирования и результатов обработки измерений траектории переносного сканера;
- вывод LAS-файлов облаков точек;
- контроль сходимости массива ТЛО для замыкающих частей маршрутов съемки по четким контурам, а также по опорным и контрольным точкам.

6.6 Общие требования к контролю, оформлению результатов и составлению отчета

6.6.1 Полевой контроль должен выполняться непосредственно после завершения лазерного сканирования. На этом этапе должно определяться соответствие данных лазерного сканирования требованиям технического задания и нормативно-технической документации (ГОСТ Р 59328, ГОСТ Р 59562), выявляться зоны с отсутствующими точками лазерных отражений, интервалы времени с потерей сигнала ГНСС. При превышении допусков по полноте данных и точности должно приниматься решение о досъемке/пересъемке проблемных участков.

6.6.2 Выходной контроль должен выполняться после завершения камеральной обработки с составлением акта контроля качества материалов лазерного сканирования.

6.6.3 Технический отчет должен включать разделы: введение; физико-географическая характеристика района работ; методика и технология выполнения работ и результаты лазерного сканирования; сведения по контролю качества и приемке работ; заключение; перечень использованных нормативных документов.

Приложение А
(справочное)

Классификация систем лазерного сканирования

Таблица А.1 – Классификация систем лазерного сканирования

Принцип классификации систем лазерного сканирования	Варианты систем
По мобильности	Стационарные
	Мобильные (авиационные, автомобильные, железнодорожные, водные, перемещаемые оператором)
По месту применения	Воздушные
	Наземные
	Внутри помещений
По среде проникновения	Односредные
	Многосредные
По принципу измерения расстояния	Импульсные
	Фазовые
По дальности действия	Короткобазисные
	Длиннобазисные
По виду оптической развертки	Строчные
	Пилообразные
	Эллиптические
По количеству волн излучения	Одноволновые
	Многоволновые
По дивергенции лазерного луча	С широкой дивергенцией
	С узкой дивергенцией
По показателю отношения сигнал / шум	Высокой мощности
	Низкой мощности
По способу записи и обработки сигналов	С обработкой формы волны
	Без обработки формы волны

Приложение Б
(рекомендуемое)

Примеры технического оснащения систем
воздушного лазерного сканирования

Б.1 Пример технического оснащения системы ВЛС для ПВС

Воздушное судно

Диапазон высот полета: 400 - 5000 м;
Диапазон крейсерской скорости: 150 – 300 км/ч;
Количество фотолюков: 1 – 2;
Максимальное время полета: до 6 ч;
Максимальная скорость бокового ветра: до 15 м/с.

Лидар

Максимальная высота съемки: до 5000 м;
Угол сканирования: 60°;
Частота импульсов: не менее 2 МГц;
Частота сканирования: не менее 300 Гц;
Количество принимаемых отражений: не менее 15;
СКП определения плановых координат: не более 1/8000 от высоты полета;
СКП определения высот точек местности: не более 1/12000 от высоты полета.

Аэрофотокамера

Размер сенсора: 150 – 400 Мп;
Угол поля зрения: 45 - 60°;
Интервал съемки: 1 кадр/сек;
Наличие гиростабилизированной платформы.

ИИУ/ГНСС-система

1) электронно-оптическое инерциальное измерительное устройство, используемое в составе блока определения положения и ориентации или отдельно для определения угловых элементов внешнего ориентирования снимков, должно обеспечивать:

среднеквадратические погрешности:
по крену и тангажу - не более 0,0025°,
по курсу - не более 0,005°;
среднеквадратическую погрешность определения положения не более 0,02

м;

частоту измерений - не менее 500 Гц;

2) для определения координат центров проекции снимков (точек фотографирования) должен использоваться многочастотный, мультисистемный

ГНСС-приемник или OEM-модуль (плата), удовлетворяющий следующим требованиям:

- частота измерений - не менее 10 Гц; при наличии ИИУ допускается использовать ГНСС-приемник с частотой 2 Гц;
- возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей;
- возможность представления сырых данных спутниковых наблюдений, а также преобразования исходных данных спутниковых наблюдений из формата производителя ГНСС-приемника в обменный формат RINEX.

Б.2 Пример технического оснащения системы

ВЛС для БВС среднего класса

Воздушное судно

Тип БВС среднего класса: самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой;

Тип двигателей: гибридный;

Максимальная полезная нагрузка: 10 кг;

Диапазон высоты полета: 150 - 3000 м;

Диапазон крейсерской скорости: 90 - 180 км/ч;

Максимальное время полета: до 8 ч;

Максимальная скорость бокового ветра: до 12 м/с.

Лидар

Максимальная высота съемки: 150-1400 м;

Угол сканирования: 75°;

Частота импульсов: не менее 1,2 МГц;

Частота сканирования: не менее 400 Гц;

Количество отражений: не менее 15;

СКП определения плановых координат: не более 1/5000 от высоты полета;

СКП определения высот точек местности: не более 1/10000 от высоты полета;

Масса не более 5 кг (с ИИУ/ГНСС).

Аэрофотокамера с АФУС

Размер сенсора: 100-150 Мп;

Угол поля зрения: 45 - 60°;

Интервал съемки: 1 кадр/сек;

Аэрофотоустановка: стабилизированный подвес;

Масса: не более 2,5 кг.

ИИУ/ГНСС-система

При оснащении беспилотного воздушного судна к ИИУ и ГНСС-системам должны предъявляться следующие основные требования:

- 1) электронно-механическое инерциальное измерительное устройство, должно удовлетворять следующим требованиям:
среднеквадратические погрешности:
по крену и тангажу не должны превышать $0,01^\circ$,
по курсу - не более $0,02^\circ$;
среднеквадратическая погрешность определения положения не более $0,02$ м;
частота измерений - не менее 400 Гц;
- 2) для определения координат центров проекции снимков (точек фотографирования) должен использоваться многочастотный, мультисистемный ГНСС-приемник или OEM-модуль (плата), удовлетворяющий следующим требованиям:
- частота измерений - не менее 10 Гц;
- возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей;
- возможность представления сырых данных спутниковых наблюдений, а также преобразования исходных данных спутниковых наблюдений из формата производителя ГНСС-приемника в обменный формат RINEX;
Общий вес ИИУ и ГНСС-систем не должен превышать 2,5 кг.
- 3) в случае использования метода RTK для бортовых спутниковых определений координат точек фотографирования должна обеспечиваться бесперебойная связь от корректирующей станции с задержкой передачи информации не более 5 с.

Б.3 Пример технического оснащения системы ВЛС для БВС малого класса

Воздушное судно:

- Тип БВС малого класса: самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой;
Тип двигателей: гибридный, электрический;
Максимальная полезная нагрузка: 5 кг;
Диапазон высоты полета: 100-1500 м;
Диапазон крейсерской скорости: 60 - 120 км/ч;
Максимальное время полета: до 4 ч;
Максимальная скорость бокового ветра: до 12 м/с.

Лидар

- Максимальная высота съемки: 450 м;
Угол сканирования: 100° ;
Частота импульсов: не менее 1,2 МГц;
Частота сканирования: не менее 400 Гц;
Количество отражений: не менее 15;
СКП определения плановых координат: не более $1/1800$ от высоты полета;
СКП определения высот точек местности: не более $1/3000$ от высоты полета;
Масса: не более 4 кг (с ИИУ/ГНСС).

Аэрофотокамера с АФУС

Размер сенсора: 40-100 Мп;

Угол поля зрения: 50-70°;

Интервал съемки: 5 кадр/сек;

Аэрофотоустановка: стабилизированный подвес;

Масса: не более 1 кг.

ИИУ/ГНСС-система

При оснащении беспилотного воздушного судна к ИИУ и ГНСС-системам должны предъявляться следующие основные требования:

1) электронно-механическое инерциальное измерительное устройство, используемое в составе блока определения положения и ориентации или отдельно для определения угловых элементов внешнего ориентирования снимков, должно удовлетворять следующим требованиям:

среднеквадратические погрешности

по крену и тангажу не должны превышать 0,01°,

по курсу - не более 0,02°;

среднеквадратическую погрешность определения положения не более 0,02

м;

частота измерений - не менее 400 Гц;

2) для определения координат центров проекции снимков (точек фотографирования) должен использоваться многочастотный, мультисистемный ГНСС-приемник или OEM-модуль (плата), удовлетворяющий следующим требованиям:

- частота измерений - не менее 10 Гц;

- возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей;

- возможность представления сырых данных спутниковых наблюдений, а также преобразования исходных данных спутниковых наблюдений из формата производителя ГНСС-приемника в обменный формат RINEX;

Общий вес ИИУ и ГНСС-систем не должен превышать 2,5 кг.

3) в случае использования метода RTK для бортовых спутниковых определений координат точек фотографирования должна обеспечиваться бесперебойная связь от корректирующей станции с задержкой передачи информации не более 5 с.

Приложение В
(рекомендуемое)

Пример технического оснащения систем
наземного лазерного сканирования

В.1 Пример технического оснащения системы МЛС

Автомобиль

Тип: седан, внедорожник.

Лидар

Максимальная дальность измерений: 475 м;

Угол сканирования: 360°;

Частота сканирования: не менее 500 сканов/сек;

Частота импульсов: не менее 1,8 МГц;

Количество отражений: не менее 7;

СКП определения пространственных координат: не более 50 мм;

Масса: не более 40 кг.

ИИУ/ГНСС-система

При оснащении МЛС к ИИУ и ГНСС-системам должны предъявляться следующие основные требования:

1) электронно-механическое инерциальное измерительное устройство, должно удовлетворять следующим требованиям:

среднеквадратические погрешности:

по крену и тангажу не должны превышать 0,005°,

по курсу - не более 0,015°;

обеспечение возможности предоставления данных измерений ИИУ для постобработки в составе сырых данных бортового комплекса определения положения и ориентации или в виде отдельного файла.

2) для вычисления траектории движения мобильной платформы должен использоваться двухчастотный, мультисистемный ГНСС-приемник, удовлетворяющий следующим требованиям:

частота измерений - до 10 Гц;

возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей;

возможность представления сырых данных спутниковых наблюдений, а также преобразования исходных данных спутниковых наблюдений из формата производителя ГНСС-приемника в обменный формат RINEX;

Общий вес ИИУ и ГНСС-систем не должен превышать 2.5 кг.

В.2 Пример технического оснащения системы стационарного лазерного сканирования

Лидар

Максимальная дальность измерений: 1000 м;
Угол сканирования: Г360°/ В105°;
Частота импульсов: не менее 2,2 МГц;
Количество отражений: не менее 10;
СКП определения пространственных координат: не более 5 мм;
Масса: не более 15 кг.

В.3 Пример технического оснащения системы переносного лазерного сканирования

Лидар

Максимальная дальность измерений: 100 м;
Угол сканирования: Г360°/ В200°;
Частота сканирования: не менее 600 кГц;
СКП определения пространственных координат: не более 50 мм;
Масса: не более 32 кг.

Библиография

- [1] Федеральный закон от 30.12.2015 № 431 «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
- [2] Воздушный кодекс Российской Федерации
- [3] Постановление Правительства РФ от 03.11.2016 № 1131 (ред. от 17.08.2022) «Об утверждении Правил создания и обновления единой электронной картографической основы»
- [4] Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. N 1463 «О единых государственных системах координат».
- [5] Приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 N 271 «Об утверждении требований к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требований к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт».
- [6] Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 октября 2020 г. N П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места».
- [7] ГКИНП(ГНТА)-17-004-99 Инструкция о порядке контроля и приемки геодезических, топографических и аэрографических работ
- [8] LAS Specification 1.4-R15

УДК 528.735.2

ОКС 07.040

Ключевые слова: фототопографическая съемка, съемочная система, воздушное судно, воздушное лазерное сканирование, наземное стационарное, мобильное лазерное сканирование, облако точек лазерных отражений.

ИСПОЛНИТЕЛЬ:

Руководитель организации
Заместитель генерального директора
ППК «Роскадастр», к.т.н.

личная подпись

Т.П. Турчанова
инициалы, фамилия

Руководитель разработки
Заместитель начальника управления
геодезии и аэрокосмосъемки, д.т.н.

личная подпись

С.С. Нехин
инициалы, фамилия

Исполнители
Начальник отдела аэрокосмосъемки
и фотограмметрии

личная подпись

А.Н. Рубенок
инициалы, фамилия

Заместитель начальника отдела
аэрокосмосъемки и фотограмметрии

личная подпись

Н.М. Бабашкин
инициалы, фамилия

Научный сотрудник отдела
аэрокосмосъемки и фотограмметрии

личная подпись

А.А. Ковров
инициалы, фамилия