ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71863— 2024

Фототопография

ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ

Общие положения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Публично-правовой компанией «Роскадастр» (ППК «Роскадастр»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 404 «Геодезия и картография»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2024 г. № 1859-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 публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сокращения 5
5 Общие положения 6
6 Общие требования к технологическим процессам лазерного сканирования 9
Приложение А (справочное) Классификация систем лазерного сканирования 17
Приложение Б (рекомендуемое) Примеры технического оснащения систем воздушного лазерного сканирования 18
Приложение В (рекомендуемое) Примеры технического оснащения систем наземного лазерного сканирования 21
Библиография 22

Введение

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

Характеристики материалов лазерного сканирования определяют качество конечной продукции в виде цифровых моделей поверхности, цифровых моделей рельефа, цифровых моделей местности, цифровых топографических карт и планов, единой электронной картографической основы [1]—[4], а также новых видов продукции, таких как 3D-модели объектов и технологии информационного моделирования/информационных моделей строительных объектов (ТИМ/BIM). Документ разработан в целях получения конечной продукции требуемого качества на основе использования технологий лазерного сканирования.

Содержанием стандарта являются общие положения организации, проектирования и выполнения процессов лазерного сканирования, установления общих требований к съемочному оборудованию, программным средствам и технологиям получения и обработки материалов лазерного сканирования.

Область применения настоящего стандарта связана с предметной областью ГОСТ Р 8.794, ГОСТ Р 59328, ГОСТ Р 59562, ГОСТ Р 70078.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Фототопография

ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ

Общие положения

Phototopography. Laser scanning. General principles

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие положения и основные требования к съемочному оборудованию, программным средствам и технологиям получения и обработки материалов лазерного сканирования, используемым в целях топографического картографирования, выполнения кадастровых работ, создания цифровых моделей территории и объектов.

Стандарт предназначен для применения субъектами геодезической и картографической деятельности, а также субъектами градостроительной и кадастровой деятельности при организации и выполнении работ по воздушному и наземному лазерному сканированию местности и материальных пространственных объектов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 22268 Геодезия. Термины и определения

ГОСТ 31581 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий

ГОСТ Р 8.794—2012 Государственная система обеспечения единства измерений. Сканеры лазерные наземные. Методика поверки

ГОСТ Р 51833 Фотограмметрия. Термины и определения

ГОСТ Р 52369 Фототопография. Термины и определения

ГОСТ Р 57258 Системы беспилотные авиационные. Термины и определения

ГОСТ Р 59328 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования

ГОСТ Р 59562 Съемка аэрофототопографическая. Технические требования

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

ГОСТ Р 70172 Геодезия и картография. Требования к техническому контролю геодезической и картографической продукции и процессов ее создания. Основные положения

ГОСТ Р 70174 Картография цифровая. Процессы создания элемента содержания «Рельеф» цифровых топографических карт масштаба 1:25 000. Общие требования

ГОСТ Р 70689 Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Общие требования к проведению работ

ГОСТ Р 70955 Картография цифровая. Термины и определения

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 ежегодному информационному указа-

Издание официальное

телю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 22268, ГОСТ Р 51833, ГОСТ Р 52369, ГОСТ Р 57258, ГОСТ Р 70955, 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, пункт 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, пункт 3.2]

3.3

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

[ГОСТ Р 59328—2021, пункт 3.1.2]

3.4

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

[ГОСТ Р 59328—2021, пункт 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, пункт 3.1.6]

3.6

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

[ГОСТ Р 59328—2021, пункт 3.1.7]

3.7 **дивергенция:** Угловое расхождение диаметра светового луча по мере удаления его от оптической апертуры 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, пункт 3.1.8]

3.9 **классификация точек лазерных отражений:** Отнесение точек лазерных отражений к определенной 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, пункт 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, пункт 3.11]

3.12

наземный лазерный сканер: 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.

[Адаптировано из ГОСТ Р 8.794—2012, пункт 3.1.1]

3.13

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

[Адаптировано из ГОСТ Р 59328—2021, пункт 3.1.11]

3.14

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

[Адаптировано из ГОСТ Р 70174—2022, пункт 3.1.3]

3.15

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

[ГОСТ Р 59562—2021, пункт 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, пункт 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, пункт 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.

[Адаптировано из ГОСТ Р 59328—2021, пункт 3.1.26]

3.21 **угловое разрешение лидара:** Угол между ближайшими различающимися по отдельности точками лазерных отражений.

3.22

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, пункт 3.1.27]

3.23

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, пункт 3.29]

3.24

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

[ГОСТ Р 59562—2021, пункт 3.30]

3.25 **цифровой двойник объекта:** Система, реализующая комплексную динамическую цифровую модель объекта для исследования и управления его характеристиками и функциональными опциями.

3.26

цифровой двойник изделия; ЦД: 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, пункт 3.24]

3.27

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, пункт 3.24]

4 Сокращения

В стандарте применены следующие сокращения:

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;

ИИУ — инерциальное измерительное устройство;

ЛС — лазерное сканирование;

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;

ТИМ — технология информационного моделирования;

ЦМР — цифровая модель рельефа;

BIM — информационная модель строительного объекта (Building Information Model);

CSV — текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных (Comma-Separated Values);

GPS — система глобального позиционирования США (Global Positioning System);

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

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

LAZ — сжатая версия формат LAS (LASzip);

MPiA — режим обработки множества импульсов, находящихся в воздухе одновременно (Multiple Pulses in Air);

OEM — оригинальный производитель оборудования — компания, производящая детали и оборудование, которые могут быть проданы другим производителем под другой торговой маркой (Original Equipment Manufacturer);

PPP — метод точного абсолютного спутникового определения местоположения (Precise Point Positioning);

RGB — обозначение цветного цифрового изображения, представленного аддитивной цветовой моделью (Red, Green, Blue);

RINEX — формат обмена данными для файлов исходных данных спутниковых навигационных приемников (Receiver Independent Exchange Format);

RTK — режим спутниковых определений — кинематики в реальном времени (Real Time Kinematic);

SLAM — технология одновременного позиционирования и картографирования без использования ГНСС-оборудования (Simultaneous Localization and Mapping);

WKT — текстовый формат представления векторной геометрии и описания систем координат (Well-Known Text).

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 ТЛО.

5.1.2 Обобщенная классификация систем, используемых для лазерного сканирования, приведена в приложении А (таблица А.1).

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

5.1.4 Обязательными элементами системы лазерного сканирования являются сканирующий модуль (лидар), модуль записи и хранения данных на машинном носителе информации и программное обеспечение, реализующее задачи планирования, съемки и обработки результатов лазерного сканирования. Опционально эти элементы могут дополняться фото- или видеосъемочными системами, а воздушный лазерный сканер — аэрофотоустановкой.

5.1.5 В состав систем воздушного и мобильного лазерного сканирования необходимо включать модуль инерциального измерительного устройства и модуль приемного устройства глобальной навигационной спутниковой системы со спутниковой антенной, которые являются опциями для стационарной и переносной лазерных систем.

5.2 Основные характеристики систем лазерного сканирования

5.2.1 Независимо от специфики (мобильности) применения система лазерного сканирования должна быть внесена в реестр средств измерений Росстандарта и проходить поверку с установленной для нее периодичностью в соответствии с [5].

5.2.2 Основными метрологическими характеристиками наземных систем лазерного сканирования, определяющими их выбор для решения конкретных практических задач при конкретных условиях применения, в соответствии с ГОСТ Р 8.794—2012 (подраздел 8.3) являются:

- погрешность измерений расстояний в полевых и лабораторных условиях;
- погрешность измерений горизонтальных углов в диапазоне от 0° до 360°;
- погрешность измерений вертикальных углов в диапазоне от минус 45° до плюс 90°.

Основными метрологическими характеристиками воздушных систем лазерного сканирования, определяющими их выбор для решения конкретных практических задач, являются:

- абсолютная погрешность измерения длины;
- абсолютная погрешность определения координат точек.

Метрологическое обеспечение наземных и воздушных систем лазерного сканирования осуществляется с использованием государственных рабочих эталонов, выбираемых в строгом соответствии с требованиями Государственной поверочной схемы для координатно-временных средств измерений и необходимым запасом метрологической точности.

5.2.3 Основными техническими характеристиками систем лазерного сканирования, в том числе обязательными, включаемыми в требования и оцениваемые на различных технологических этапах выполнения работ по лазерному сканированию, являются:

- максимальная измеряемая дальность;
- максимальная частота повторений лазерных импульсов;
- частота сканирования;
- погрешность определения пространственных координат (для требуемой дальности или высоты съемки);
- количество принимаемых отражений;
- угол сканирования (для наземных систем — по горизонтали и по вертикали);
- дивергенция;
- угловое разрешение;

- класс лазера по безопасности для зрения в соответствии с требованиями ГОСТ 31581.

Для воздушных лазерных сканеров дополнительно может включаться в требования наличие режима MPiA (количество импульсов, находящихся в воздухе одновременно).

5.2.4 Основными используемыми эксплуатационными характеристиками систем лазерного сканирования, которые должны включаться в требования и оцениваться на различных технологических этапах выполнения работ по лазерному сканированию, являются:

- габаритно-весовые характеристики;
- характеристики энергопотребления;
- класс защиты от внешних воздействий;
- диапазон рабочих температур.

5.3 Условия использования систем лазерного сканирования

5.3.1 При выборе системы лазерного сканирования для выполнения конкретных видов работ следует руководствоваться требованиями, предъявляемыми к создаваемой продукции, техническими характеристиками системы, которые должны обеспечивать необходимую точность определения пространственных координат, плотность ТЛО и производительность проводимых работ.

5.3.2 Применение систем воздушного лазерного сканирования экономически целесообразно для получения пространственной информации на значительные по площади территории или на значительные по протяженности линейные объекты вне транспортных путей. Как правило, ВЛС применяется совместно с АФС, дополняя друг друга. При создании карт и планов ВЛС является важным и фактически единственным источником информации о земной поверхности и объектах, на ней расположенных, закрытых растительностью. В зависимости от условий съемки воздушное лазерное сканирование выполняется с пилотируемых или беспилотных воздушных судов (см. [6]).

5.3.3 Целесообразность применения ПВС или БВС в большой степени должна определяться назначением лидарной съемки, требованиями к конечной продукции и ТЛО, характеристиками воздушных судов и применяемых на них лидаров, которые имеются в распоряжении, характером и расположением объекта съемки. С учетом этих факторов должен выбираться вариант, оптимальный по стоимости и затратам времени.

5.3.3.1 При проектировании применения ВЛС с ПВС необходимо учитывать следующие факторы:

- требуемые плотность ТЛО и точность определения их пространственных координат;
- площадь объекта съемки более 100 км², протяженность трассы более 150 пог. км;
- технические и эксплуатационные характеристики ПВС и воздушного лазерного сканера должны обеспечить требования, предъявляемые к создаваемой продукции;
- ограниченная доступность для отдельных видов транспорта объекта съемки и значительная его удаленность от аэродрома базирования ПВС.

5.3.3.2 Проектирование применения ВЛС с БВС следует выполнять с учетом размеров, положения объекта съемки, характеристик используемого лидара в соответствии с требованиями ГОСТ Р 70078 и характеристик БВС:

а) для БВС с продолжительностью полета до 2 ч:
   1) площадь объекта съемки до 5 км^2;
   2) протяженность линейной трассы до 50 пог. км;

б) для БВС с продолжительностью полета от 2 до 6 ч:
   1) площадь объекта съемки до 50 км^2;
   2) протяженность линейной трассы до 150 пог. км.

5.3.3.3 В отношении типа БВС (если позволяет рабочая высота съемки и характеристики оборудования):

- для съемки участков площадью менее 20 км^2 достаточно использовать мультикоптер или БВС самолетного типа с электродвигателем и продолжительностью полета до 2 ч;
- для съемки участков площадью от 20 до 50 км^2 целесообразно использовать БВС с электрическим двигателем и продолжительностью полета 2—4 ч;
- для съемки участков площадью более 100 км^2 при невозможности или нецелесообразности использования ПВС следует использовать БВС вертикального взлета и посадки с двигателем внутреннего сгорания или гибридным двигателем и продолжительностью полета 8—10 ч.

5.3.3.4 Выбор эффективной высоты съемки для БВС следует выполнять не только с учетом ограничений его максимальной высоты полета, но и в большей степени с учетом характеристик воздушного

лазерного сканера: дальности действия, плотности и точности определения пространственных координат ТЛО, максимальной частоты импульсов, частоты сканирования, угла сканирования, количества отражений (не менее четырех, если позволяют рабочая высота съемки и характеристики оборудования), типа развертки (при создании 3D-моделей).

5.3.4 Использование систем НЛС необходимо рассматривать при их экономической эффективности в сравнении с применением традиционных геодезических и топографических методов 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.

5.3.4.1 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 являются:

а) 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.;

б) решение маркшейдерских задач:

1) съемка бортов открытых карьеров, котлованов,

2) вычисление объемов породы на различных отвалах, складах и хранилищах сыпучих материалов,

3) определение береговой линии хвостохранилищ,

4) определение объемов подземных выработок.

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

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

2) 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, исполнительной съемки по его завершении,

3) на этапе эксплуатации — мониторинг состояния объекта с учетом новых потребностей предприятия для диагностики инженерных систем, определения сроков замены оборудования, выявления возможных неисправностей и предупреждения поломок систем;

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

д) определение пространственных координат многоуровневых объектов недвижимости и сложных внутренних помещений;

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

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

5.3.4.2 Наземное мобильное лазерное сканирование выполняется как на площадных, так и на линейных 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 ЛС могут выбираться трассы автомобильных и железных дорог, реки и каналы, линии электропередачи и связи, нефте- и газопроводов, если эти объекты расположены вдоль автомобильных или железных дорог (при условии видимости с мобильной платформы).

В отрасли дорожного хозяйства МЛС 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.

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

5.3.5 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.

6 Общие требования к технологическим процессам лазерного сканирования

6.1 Состав технологических процессов лазерного сканирования

6.1.1 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.

6.1.2 При проектировании процессов ЛС, исходя из требуемой плотности и точности ТЛО, следует учитывать:

- метрологические характеристики систем ЛС, приведенные в 5.2.2;
- технические характеристики систем ЛС, приведенные в 5.2.3;
- эксплуатационные характеристики систем ЛС, приведенные в 5.2.4.

6.1.3 При подготовительных работах, съемке и обработке данных лазерного сканирования необходимо учитывать технические характеристики, приведенные в 5.2.3.

6.2 Общие требования к проектированию лазерного сканирования

6.2.1 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, необходимо конкретизировать, каким программным средством и с использованием каких значений параметров выполняются обработка и контроль качества спутниковых и инерциальных (ГНСС/ИИУ) определений, а также создание облаков точек. Положение маршрутов воздушного или мобильного лазерного сканирования следует устанавливать при условии их допустимого удаления от ближайшей базовой станции ГНСС.

В техническом проекте должны быть конкретизированы методика и процедуры контроля результатов лазерного сканирования.

6.2.2 Общие требования к проектированию воздушного лазерного сканирования

6.2.2.1 В процессе технического проектирования работ по воздушному лазерному сканированию необходимо предоставить 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, ИИУ и ГНСС-систем, необходимости применения дополнительного оборудования (аэрофотокамеры, стабилизированной гироплатформы и др.), геодезического обеспечения ВЛС, программного обеспечения проектирования, выполнения сканирования, обработки и контроля качества результатов ЛС. Примеры технического оснащения систем воздушного лазерного сканирования приведены в приложении Б.

6.2.2.2 Обоснование в техническом проекте выбора типа воздушного судна (ПВС/БВС) и его бортового оборудования необходимо выполнять исходя из экономической целесообразности и временных

затрат с учетом требований к составу и характеристикам выходной продукции (в отношении точности определения плановых координат и высот, плотности ТЛО), размеров, характера и местоположения объекта съемки, его удаленности от мест базирования ПВС или БВС, а также с учетом технических характеристик имеющихся в распоряжении воздушных судов и бортового аэросъемочного оборудования, если лазерное сканирование сопровождается аэрофотосъемкой. При выборе в качестве воздушного судна БВС требования к судну, его бортовому оборудованию и ПО обработки данных лазерного сканирования обосновываются по ГОСТ Р 70078.

6.2.2.3 Техническое проектирование геодезического обеспечения ВЛС должно содержать предложения в части количества, характера расположения, точности определения координат и высот наземных базовых станций, опорных и контрольных точек, максимально допустимую удаленность базовых станций для сопровождения съемочного процесса в зависимости от вида и характеристик создаваемой продукции.

6.2.2.4 Программные средства проектирования съемки и обработки результатов ВЛС должны выполнять:

- проектирование съемочных маршрутов, а также расчет летного времени с учетом заданных границ объекта (участка) площадной съемки или положения оси линейного 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 (или ином, установленном техническими требованиями к создаваемой продукции), калибровку лидара, уравнивание маршрутов (при необходимости, в частности, получаемых с БВС с ограниченной точностью ИИУ), контроль качества материалов ВЛС.

6.2.2.5 В техническом проекте должны содержаться проектные решения по параметрам полета, основанные на исходных технических требованиях, предъявляемых к создаваемой продукции, и технических характеристиках лидара и аэрофотокамеры. При определении параметров полета (высота полета и расстояние между маршрутами) необходимо принимать во внимание соответствие ширины полосы съемки системы ВЛС и АФС.

6.2.2.6 Технический проект должен содержать проектные решения по обработке ВЛС и ее результатам: межмаршрутному уравниванию облаков ТЛО, использованию контрольных 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). При проектировании следует обеспечить выполнение положений ГОСТ Р 59562—2021 (подраздел 9.4) в части обработки данных воздушного лазерного сканирования и создание ЦМР.

6.2.2.7 В техническом проекте необходимо отражать сезонно-погодные и временные условия проведения ВЛС, требуемые сроки выполнения работ.

6.2.3 Общие требования к проектированию наземного лазерного сканирования (мобильного, стационарного и переносного)

6.2.3.1 В процессе технического проектирования наземного лазерного сканирования следует определить конкретные технические решения:

- по используемому оборудованию в части сканирующего, 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 НЛС и выполняемых работ.

6.2.3.2 Для стационарных и переносных сканерных систем на этапе проектирования следует определить, с учетом рекогносцировки территории, оптимальную схему размещения скан-позиций стационарного и оптимальную схему движения (маршрут) переносного сканера, мест установки опорных точек (специальных марок) и способ получения координат их центров. Также на этапе проектирования

определяют с учетом сложности объекта съемки необходимость выполнения помимо фотосъемки видеосъемки территории для последующего камерального дешифрирования.

6.2.3.3 При выборе оборудования наземного лазерного сканирования необходимо руководствоваться техническими требованиями к создаваемой продукции, характеристиками наземного лазерного сканера, размером площади сканируемого объекта (территории работ), требуемым сроком выполнения полевых работ и условиями, в которых будут выполняться измерения (см. приложение В).

6.2.3.4 С учетом технических требований к создаваемой продукции при проектировании стационарного лазерного сканирования может быть предусмотрена цифровая фото- или видеосъемка параллельно с проведением сканирования, а также получение координат точек стояния сканера с использованием геодезических инструментов или ГНСС-аппаратуры и/или центрирование над пунктом с известными координатами.

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

- условия выполнения работ (съемка на железной дороге, на автодорогах, водных объектах и др.);
- размеры объекта съемки, его удаленности от пункта базового размещения оборудования;
- технические и эксплуатационные характеристики съемочного оборудования.

Для получения высокоточных пространственных данных о местности и объектах проектируемая мобильная съемочная система должна быть укомплектована инерциальным измерительным устройством и двухчастотным ГНСС-приемником. Также для повышения точности траектории движения автомобильной платформы целесообразно использовать датчик пути (одометр), устанавливаемый на колесо автомобиля.

6.2.3.6 При выборе в процессе проектирования 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 следует проектировать использование базовых станций, число и схема размещения которых должны определяться исходя из требований к точности выполнения работ.

6.2.3.7 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 в виде марок, входящих в комплект поставки сканера, и 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 технических требованиях к создаваемой продукции, 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.

6.2.3.8 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 положения 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 движения мобильной платформы, генерации облаков точек, цифровых фотографий, выполнения оценки точности, вывода LAS (LAZ) файлов, формирования отчетов.

6.2.3.9 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.

6.2.3.10 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 с учетом требуемой плотности ТЛО, интервал фотографирования, 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.

6.3 Общие требования к подготовительным работам

6.3.1 Общие требования к подготовительным работам по воздушному лазерному сканированию

6.3.1.1 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.

6.3.1.2 Калибровку лидара необходимо выполнять с периодичностью, рекомендованной в его эксплуатационной документации. В обязательном порядке калибровка также выполняется после каждой установки лидара на борт воздушного судна. Угловая калибровка воздушного лазерного сканера и аэрофотокамеры выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59562—2021 (подраздел 7.2).

6.3.2 Общие требования к подготовительным работам по наземному лазерному сканированию

6.3.2.1 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.

6.3.2.2 Для мобильной лазерной системы дополнительно следует выполнять:

- установку и закрепление сканирующей системы на мобильной платформе, выполнение калибровочного проезда, процедур инициализации инерциальной системы (развороты в форме восьмерки для автотранспорта), планирование оптимальных проездов с учетом объединения соседних маршрутов;

- рекогносцировку территории съемки, определение границ участка съемки, составление плана съемки с учетом геометрии созвездия спутников ГНСС и загруженности автодорог;

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

6.4 Общие требования к геодезическому обеспечению лазерного сканирования

6.4.1 Общие требования к геодезическому обеспечению воздушного лазерного сканирования

В процессе геодезического обеспечения ВЛС необходимо выполнять:

- спутниковые измерения на точках съемочной геодезической сети, на пунктах ГГС, используемых для определения параметров преобразования координат из системы координат ГСК в референцион-

ную 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 (если не используется метод PPP) в процессе выполнения ВЛС с целью относительного определения координат центров проекции аэрофотоснимков и начала системы координат лидара в системе координат ГСК или ITRF;
- обработку материалов полевых ГНСС-измерений, уравнивание и оценку 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.

6.4.2 Общие требования к геодезическому обеспечению наземного лазерного сканирования

6.4.2.1 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 референционной СК (см. [7]);
- обработку материалов с уравниванием и оценкой точности результатов измерений, вычисление координат определяемых точек, составление каталогов координат и схемы съемочной геодезической сети.

6.4.2.2 Для мобильного лазерного сканирования опорные и контрольные точки должны быть размещены вдоль маршрута съемки в соответствии с требованиями ГОСТ Р 70689. В качестве средств для геодезических спутниковых наблюдений на базовых станциях допускается использовать как одиночные спутниковые ГНСС-приемники, так и приемники, входящие в состав сетей дифференциальных базовых станций. Базовые станции необходимо размещать таким образом, чтобы расстояние между приемником, установленным на мобильной платформе, и ближайшей базовой станцией не превышало 25 км.

6.4.2.3 Для геодезического обеспечения стационарного и переносного лазерного сканирования определение координат опорных и контрольных точек, использующихся при преобразовании результатов сканирования в заданную систему координат, необходимо выполнять с применением традиционного геодезического оборудования и спутниковых приемников. При съемке внутри помещений координаты опорных и контрольных точек должны быть получены в безотражательном режиме использования тахеометра.

6.5 Общие требования к лазерному сканированию объекта съемки

6.5.1 Общие требования к воздушному лазерному сканированию объекта съемки

6.5.1.1 Воздушное лазерное сканирование должно выполняться по рассчитанным в техническом проекте маршрутам съемки при условии допустимого удаления воздушного судна от ближайшей базовой станции ГНСС (в случае использования метода PPP измерения на базовых станциях не выполняются при обеспечении требований к точности рассчитываемой траектории и длительности полета не менее 50 мин).

6.5.1.2 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° (при расчете траектории в режиме одновременной обработки данных ГНСС и инерциальных данных — 15°), на разворотах при заходе на новый маршрут может достигать 25°.

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

6.5.2 Общие требования к наземному лазерному сканированию объекта съемки

6.5.2.1 Наземное лазерное сканирование необходимо выполнять 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 технических требованиях, на заданном расстоянии от точки стояния или траектории движения сканера, включая объекты, затеняемые проезжающим транспортом, естественными и искусственными препятствиями.

Непосредственно после выполнения НЛС необходимо выполнять полевой контроль результатов сканирования. На этом этапе проверяют полноту покрытия объекта точками лазерных отражений, необходимую плотность данных, определяют места досъемочных работ, выполняемых другими методами.

6.5.2.2 При выполнении стационарного лазерного сканирования скан-позиции (станции) размещают 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 следует обеспечить требования к покрытию объекта данными лазерного сканирования, в том числе зоны с пропусками данных. Для минимизации зон с пропусками данных сканирование таких участков должно осуществляться с перекрытиями.

6.5.2.3 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.

6.5.2.4 При выполнении переносного лазерного сканирования внутри помещений без ГНСС-измерений для обеспечения необходимой точности работ на объекте съемки следует размещать специальные марки, координаты центров которых получают геодезическим методом соответствующего уровня точности (в 2,5—3 раза превышающим результирующую точность съемки объекта сканирования).

6.6 Общие требования к обработке материалов лазерного сканирования

Для обработки материалов лазерного сканирования следует использовать программные средства, обладающие необходимыми эксплуатационными характеристиками и обеспечивающие получение результатов, определяемых техническими требованиями к создаваемой продукции.

В процессе обработки материалов лидарной съемки необходимо выполнять технический контроль наличия и состояния цифровых файлов ЛС, полноты покрытия объекта съемки ТЛО, первичную обработку материалов ЛС, в том числе подготовка комплекта материалов, передаваемых в камеральную обработку с учетом требований, предъявляемых в техническом проекте к первичной обработке данных ЛС.

6.6.1 Общие требования к обработке материалов воздушного лазерного сканирования

6.6.1.1 Для обработки материалов ВЛС программное обеспечение должно иметь функциональные возможности выполнения требований ГОСТ Р 59562—2021 (пункты 9.4.2—9.4.11).

6.6.1.2 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, экспорт в формат, определяемый техническими требованиями к создаваемой продукции;
- формирование отчета о выполнении лазерного сканирования в виде текстового файла.

6.6.2 Общие требования к обработке материалов наземного лазерного сканирования

6.6.2.1 Обработка материалов наземного лазерного сканирования должна включать:

- проверку целостности и корректности записи данных лазерного сканирования;
- генерацию ТЛО в LAS-формате или другом формате, установленном техническими требованиями;

- 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 технических требованиях к создаваемой продукции;
- конвертирование облака ТЛО в формат, предусмотренный техническими требованиями;
- формирование отчета о выполнении лазерного сканирования в виде текстового файла.

6.6.2.2 Обработка материалов стационарного лазерного сканирования должна предусматривать ориентирование данных сканирования для каждой станции по специальным маркам или контурным точкам, их уравнивание и оценку точности результатов уравнивания по сходимости координат твердых контуров, опорных и контрольных точек.

6.6.2.3 Обработка материалов мобильного лазерного сканирования дополнительно должна предусматривать:

- расчет траектории движения мобильной платформы по данным спутниковой и инерциальной системы;
- обработку данных калибровочного проезда;
- объединение в единый файл данных лазерного сканирования и результатов измерений траектории проезда мобильной платформы бортовым блоком ГНСС/ИИУ;
- контроль массива ТЛО для перекрывающихся частей маршрутов съемки и по сходимости четких контуров, а также по контрольным точкам;
- представление ТЛО, полученных в результате первичной обработки, в требуемой системе координат и высот, экспорт в формат, определяемый техническими требованиями к создаваемой продукции.

6.6.2.4 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 или в других требуемых форматах;
- контроль сходимости массива ТЛО для замыкающих частей маршрутов съемки по четким контурам, а также по опорным и контрольным точкам.

6.7 Общие требования к результатам обработки материалов лазерного сканирования и продуктов, получаемых на их основе

6.7.1 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.

6.7.2 Общепринятым форматом файла облака ТЛО является формат LAS или аналогичный (например, E57, PLY), в котором в общем случае может содержаться информация (при наличии ее отдельных составляющих) в следующем составе:

- пространственные координаты ТЛО;
- интенсивность отраженного сигнала;
- цвет RGB (определенный по фотоизображениям);
- номер отражения;
- количество отражений;
- стандартное время GPS;
- угол поворота зеркала.

6.7.3 Когда облака точек занимают объем компьютерной памяти, превышающей объем доступной оперативной памяти, обработку следует организовать путем частичной загрузки и обработки информационных массивов, объем которых определяется характеристиками технических средств обработки.

6.7.4 Результаты лазерного сканирования должны обеспечивать получение пространственных данных для создания цифровых топографических карт и планов (по ГОСТ Р 70174), 3D-моделей территории, цифровых инженерных топографических планов, инженерных цифровых моделей местности

для их использования в целях топографической съемки, выполнения проектных, строительных, инженерно-архитектурных, маркшейдерских и кадастровых работ.

6.7.5 Облако точек лазерных отражений, полученное в результате обработки, представляется плоскими прямоугольными координатами в равноугольной поперечно-цилиндрической картографической проекции, применительно к системе координат ГСК или ITRF и геодезическими или нормальными высотами. В зависимости от решаемых задач результаты лазерного сканирования могут быть сформированы в МСК в соответствии с [4], допускается формирование облаков ТЛО в иных системах координат и высот (например, условной), если такое требование установлено или согласовано заказчиком. Для целей топографического картографирования в ГСК должна быть использована проекция Гаусса-Крюгера.

6.7.6 К облакам ТЛО необходимо приложить текстовый файл, содержащий параметры преобразования системы координат, а также модели использованного геоида в формате WKT или аналогичном, предусмотренном техническими требованиями, предъявляемыми к создаваемой продукции.

6.7.7 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.

6.7.8 При использовании данных лазерного сканирования для промышленных целей или осуществлении кадастровой деятельности облака точек могут являться основой для создания моделей САПР и более сложных информационных моделей строительных объектов (ТИМ/BIM) для дальнейшего анализа специалистами в области различных приложений.

6.8 Общие требования к контролю, оформлению результатов и составлению отчета

6.8.1 Результаты лазерного сканирования контролируются на технологических процессах (этапах) работ, при приемке продукции отделом технического контроля, при передаче продукции заказчику.

6.8.2 Полевой контроль должен выполняться непосредственно в процессе лазерного сканирования. На этом этапе определяют соответствие данных лазерного сканирования требованиям технического задания и нормативно-технической документации (см. ГОСТ Р 59328, ГОСТ Р 59562, ГОСТ Р 70172). При выявлении несоответствия требованиям принимают решение о досъемке/пересъемке проблемных участков.

6.8.2.1 Контроль плотности выполняется раздельно для точек вне перекрытий и внутри перекрытий ТЛО.

6.8.2.2 Оценка точности ТЛО оценивается для точек внутри маршрутов, для межмаршрутных перекрытий, для контрольных точек с известными координатами.

6.8.3 В руководящих указаниях по контролю качества для каждого этапа должны быть конкретизированы: способ проверки (визуальный, интерактивный, автоматический); объем проверки (сплошной, выборочный); оцениваемые показатели качества; процедуры, эталоны и критерии, используемые для оценки; документы, формируемые в результате контроля качества; ответственные за выполнение контроля.

6.8.4 Приемочный контроль необходимо выполнять после завершения камеральной обработки с составлением акта контроля качества материалов лазерного сканирования по ГОСТ Р 70172. В акте отражаются:

- полнота покрытия съемочных участков и обеспечения их границ;
- комплектность материалов и правильность их оформления;
- количественные характеристики контролируемых параметров;
- соответствие характеристик техническим требованиям, предъявляемым к материалам.

6.8.5 Технический отчет по результатам лазерного сканирования должен включать следующие 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 воздушного лазерного сканирования для пилотируемого воздушного судна

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/с;
- наличие гиростабилизированной платформы.

ИИУ/ГНСС-система:

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

1) среднеквадратические погрешности:
   - по крену и тангажу — не более 0,0025°,
   - по курсу — не более 0,005°,
2) среднеквадратическую погрешность определения положения не более 0,02 м;
3) частоту измерений — не менее 500 Гц;

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

1) частота измерений — не менее 10 Гц; при наличии ИИУ допускается использовать ГНСС-приемник с частотой 2 Гц,
2) возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей,
3) 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 воздушного лазерного сканирования для беспилотного воздушного судна 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 2;
- СКП определения плановых координат: не более 1/10000 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/с;
- 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:

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

1) среднеквадратические погрешности:
по крену и тангажу не должны превышать 0,01°,
по курсу — не более 0,02°;
2) среднеквадратическая погрешность определения положения не более 0,02 м;
3) частота измерений — не менее 400 Гц;

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

1) частота измерений — не менее 10 Гц;
2) возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей;
3) возможность представления сырых данных спутниковых наблюдений, а также преобразования исходных данных спутниковых наблюдений из формата производителя ГНСС-приемника в обменный формат RINEX;

в) общий вес ИИУ и ГНСС-систем не должен превышать 2,5 кг;

г) 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 воздушного лазерного сканирования для беспилотного воздушного судна 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/с;
- 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:

а) 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:

1) среднеквадратические погрешности:
   - по крену и тангажу не должны превышать 0,01°,
   - по курсу — не более 0,02°;
2) среднеквадратическая погрешность определения положения не более 0,02 м;
3) частота измерений — не менее 400 Гц;

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

1) частота измерений — не менее 10 Гц;
2) возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей;
3) возможность представления сырых данных спутниковых наблюдений, а также преобразования исходных данных спутниковых наблюдений из формата производителя ГНСС-приемника в обменный формат RINEX;

в) общий вес ИИУ и ГНСС-систем не должен превышать 2,5 кг;

г) 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)

Примеры 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/с;
- 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:

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

1) среднеквадратические погрешности:
   - по крену и тангажу не должны превышать 0,005°,
   - по курсу — не более 0,015°;

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

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

1) частота измерений — до 10 Гц;

2) возможность проводить кодовые и фазовые измерения псевдодальностей;

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

в) 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 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

[2] Постановление Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2016 г. № 1131 «Об утверждении Правил создания и обновления единой электронной картографической основы»

[3] Приказ Минэкономразвития России от 6 июня 2017 г. № 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»

[4] Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 октября 2020 г. № 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»

[5] Приказ Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

[6] Федеральный закон от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ «Воздушный кодекс Российской Федерации»

[7] Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат»

УДК 528.735:006.354 ОКС 07.040

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

Редактор *З.А. Лиманская*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 10.12.2024. Подписано в печать 24.12.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru