ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70078— 2022

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Технические требования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Геоскан» (ООО «Геоскан»)

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 28 апреля 2022 г. № 247-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 «РСТ», 2022

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 и обозначения 4
5 Требования к составу программно-аппаратного комплекса 5
6 Требование к беспилотной авиационной системе 5
7 Требования к аэрофотокамере 6
8 Требования к бортовым средствам определения элементов внешнего ориентирования аэрофотоснимков 8
9 Требования к лидару 8
10 Требования к программному средству фотограмметрической обработки 8
11 Требования к программному обеспечению обработки материалов лидарной съемки 9
12 Требования к исследовательским испытаниям ПАК 9
13 Требования к документации 10
Приложение А (рекомендуемое) Форма паспорта аэрофотокамеры 12
Приложение Б (рекомендуемое) Требования к полигону для фотограмметрической калибровки компактных аэрофотокамер и его аэрофотосъемке 14
Библиография 15

Введение

Применение беспилотных воздушных судов (БВС) для производства топографической аэрофотосъемки, выполняемой в комплексе работ по аэрофототопографической съемке местности, предусмотрено ГОСТ Р 59328 и ГОСТ Р 59562. Специфика выполнения аэрофототопографической съемки с использованием БВС такова, что качество, в том числе точность получаемых в ее результате пространственных данных, зависит от всего комплекса программных и аппаратных средств, обеспечивающих топографическую аэрофотосъемку и основные процессы фотограмметрической обработки.

Разработка настоящего национального стандарта обусловлена необходимостью установления требований к программно-аппаратным комплексам аэрофототопографической съемки с использованием БВС, дополняющих и конкретизирующих изложенные в ГОСТ Р 59328 и ГОСТ Р 59562 требования в части использования беспилотных воздушных судов и обеспечивающих на основе материалов аэросъемки с БВС эффективное получение конечной продукции требуемого качества.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Технические требования

Software and hardware complex for aerial mapping using an unmanned aerial vehicle. Technical requirements

Дата введения — 2022—09—01

1 Область применения

Положения настоящего стандарта распространяются на программно-аппаратные комплексы аэрофототопографической съемки, выполняемой с использованием беспилотного воздушного судна с целью создания цифровых топографических карт, планов, ортофотопланов, цифровых моделей рельефа, 3D моделей территорий, а также обеспечения задач кадастра недвижимости координатами характерных точек границ и контуров объектов недвижимости [1], полученными фотограмметрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 59562, а также с целью создания ориентированных аэроснимков для построения стереомоделей застроенных территорий по ГОСТ Р 58854.

Стандарт устанавливает требования к составу, компонентам и документации программно-аппаратного комплекса аэрофототопографической съемки, выполняемой с использованием беспилотного воздушного судна, и предназначен для применения организациями, независимо от форм собственности и подчинения, занимающимися аэрофототопографической съемкой, а также разработкой и производством программно-аппаратных комплексов беспилотной аэрофототопографической съемки.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 51833 Фотограмметрия. Термины и определения

ГОСТ Р 52369 Фототопография. Термины и определения

ГОСТ Р 52928 Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения

ГОСТ Р 57258 Системы беспилотные авиационные. Термины и определения

ГОСТ Р 58854 Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомоделей застроенных территорий

ГОСТ Р 59328—2021 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования

ГОСТ Р 59562—2021 Съемка аэрофототопографическая. Технические требования

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 указателю «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.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 51833, ГОСТ Р 52369, ГОСТ Р 57258, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

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

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 3.1.2]

3.2 **аэрофотосъемочный маршрут:** Часть траектории полета воздушного судна, с которой производится фотографирование земной поверхности с заданным продольным перекрытием аэрофотоснимков.

3.3

беспилотная авиационная система (unmanned aircraft system): Комплекс, включающий одно или несколько беспилотных ВС, оборудованных системами навигации и связи, средствами обмена данными и полезной нагрузкой, а также наземные технические средства передачи-получения данных, используемые для управления полетом и обмена данными о параметрах полета, служебной информацией и информацией о полезной нагрузке такого или таких ВС, и канал связи со службой управления воздушным движением.

[ГОСТ Р 57258—2016, статья 3.1.3]

3.4

беспилотное воздушное судно (unmanned aircraft): Воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого ВС, или выполняющее автономный полет по заданному предварительно маршруту.

[ГОСТ Р 57258—2016, статья 3.1.1]

3.5

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

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 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, статья 3.1.7]

3.7

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]

3.8

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

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 3.1.9]

3.9 **лидарная съемка:** Лазерное сканирование местности с борта воздушного судна, в результате которого определяются пространственные координаты точек отражения лазерного луча от поверхностей объектов местности и земной поверхности.

3.10

материалы аэрофотосъемки: Отвечающие установленным требованиям аэрофотоснимки, паспорт аэрофотосъемки и иные данные и документы, предусмотренные настоящими требованиями и техническим заданием, представляемые исполнителем аэрофотосъемки как результат аэрофотосъемочных работ.

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 3.1.10]

3.11

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

[ГОСТ Р 59328—2021 статья 3.1.11]

3.12

объект аэрофототопографической съемки: Территория площадного характера с заданными в техническом задании границами (населенный пункт, район) или совокупность территорий с определенными границами (конкретные населенные пункты района или субъекта федерации), или линейно протяженный объект (трасса, граница, береговая линия и проч.), для которых проектируется и выполняется аэрофототопографическая съемка.

[ГОСТ Р 59562—2021, статья 3.15]

3.13

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

[ГОСТ Р 59562—2021, статья 3.17]

3.14

программно-аппаратный комплекс аэрофототопографической съемки: Комплекс технических и программных средств цифровой аэрофотосъемки и фотограмметрической обработки, предназначенный для получения конкретных видов продукции аэрофототопографической съемки.

[ГОСТ Р 59562—2021, статья 3.22]

3.15

разрядность (цифрового фотоизображения): Количество бит, которым представляется значение пикселя одного цветового компонента.

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 3.1.17]

3.16 **самокалибровка аэрофотокамеры:** Определение или уточнение элементов внутреннего ориентирования аэрофотокамеры (фокусного расстояния аэрофотокамеры, координат главной точки, коэффициентов дисторсии) в результате уравнивания блочной сети фототриангуляции, выполняемого при производстве работ по аэрофототопографической съемке.

3.17

средняя плоскость съемочного участка: Плоскость (поверхность), абсолютная высота которой в принятой системе отсчета высот при проектировании аэрофотосъемки равна среднему значению высоты поверхности земли для данного участка.

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 3.1.20]

3.18

станция внешнего пилота (remote pilot station): Рабочее место в составе наземной станции управления, с которого внешний пилот управляет полетом и функциональными системами беспилотного воздушного судна.

[ГОСТ Р 57258—2016, статья 3.1.11]

3.19

стереомонитор: Устройство, реализующее стереоскопическую визуализацию стереопары цифровых ориентированных аэроснимков с целью построения стереоскопической модели местности.

[ГОСТ Р 58854—2020, статья 3.1.2]

3.20

топографическая аэрофотокамера: Аэрофотокамера, предназначенная для фотографирования земной поверхности с борта воздушного судна в топографических целях.

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 3.1.24]

3.21

физический размер пикселя: Размер элемента дискретизации изображения, построенного объективом фотокамеры на светочувствительной матрице или линейке, выраженный отношением размера (длины или ширины) светочувствительной матрицы или линейки в метрической системе к соответствующему размеру в пикселях.

[ГОСТ Р 59328—2021, статья 3.1.28]

3.22

(внешний) центр проекции: Точка пересечения проектирующих лучей (точка фотографирования), совпадающая с передней узловой точкой объектива.

[ГОСТ Р 59562—2021, статья 3.33]

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, статья 3.29]

3.24 **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.

4 Сокращения и обозначения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

АФС — аэрофотосъемка;

БАС — беспилотная авиационная система;

БВС — беспилотное воздушное судно;

ГНСС — глобальная навигационная спутниковая система как обобщающее понятие, включая ГЛОНАСС, GPS и др.;

ИИУ — инерциальное измерительное устройство;

ИУУ — измеритель углового ускорения;

ПАК — программно-аппаратный комплекс;

СВП — станция внешнего пилота;

СКП — средняя квадратическая погрешность;

ТЗ — техническое задание;

ЦМП — цифровая модель поверхности;

ЦМР — цифровая модель рельефа;

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

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

RTK — кинематика в режиме реального времени — метод спутникового определения местоположения (Real-Time Kinematic);

JPEG — распространенный формат сжатия цифровых изображений (Joint Photographic Experts Group);

TIFF — файловый формат цифровых изображений с тегами (Tagged Image File Format).

5 Требования к составу программно-аппаратного комплекса

5.1 Программно-аппаратный комплекс аэрофототопографической съемки с использованием БВС должен содержать в своем составе следующие обязательные компоненты:

- беспилотную авиационную систему;
- аэрофотокамеру;
- геодезический ГНСС-приемник;
- программное средство обработки ГНСС-измерений;
- программное средство фотограмметрической обработки материалов АФС.

Примечание — Геодезический ГНСС-приемник предназначен только для определения координат точек фотографирования; навигация БВС обеспечивается навигационным ГНСС, содержащимся в автопилоте БВС.

5.2 При идентификации типа комплекса указывают:

- тип (марку, модель) БВС;
- тип (марку, модель) аэрофотокамеры;
- тип (марку, модель) ГНСС-приемника;
- программное средство фотограмметрической обработки.

5.3 Дополнительные (необязательные) компоненты:

- инерциальное измерительное устройство для определения угловых элементов внешнего ориентирования аэрофотоснимков;
- гироплатформа или иная аэрофотоустановка, обеспечивающая поворот аэрофотокамеры на угол сноса во время аэрофотосъемки и компенсацию углов крена и тангажа БВС;
- лидар;
- программное средство обработки данных лидарной съемки (при наличии в составе ПАК лидара);
- стереомонитор (если предполагается стереофотограмметрическая обработка аэрофотоснимков).

Примечание — ИИУ может входить в состав блока определения положения и ориентации, включающего в себя ИУУ и ГНСС-приемник. ИУУ, являющееся составной частью автопилота, не рассматривается в качестве такого устройства.

6 Требование к беспилотной авиационной системе

6.1 В состав комплекта беспилотного воздушного судна должны входить следующие компоненты:

- БВС;
- СВП;
- программное средство проектирования аэрофотосъемки (подготовки полетного задания);
- пусковая установка (если требуется для запуска данного типа БВС);
- зарядное устройство (для БВС с электрическим двигателем);
- транспортный контейнер;
- радиомодем канала связи для управления и телеметрии;
- комплект эксплуатационной документации.

6.2 Допускается использование летательного аппарата самолетного, вертолетного, мультироторного и гибридного типов с электрическим двигателем или двигателем внутреннего сгорания, снабженного автопилотом с навигационным ГНСС-приемником, обеспечивающим загрузку и выполнение полетного задания, в том числе срабатывание затвора аэрофотокамеры при достижении воздушным судном запроектированных точек фотографирования (в пределах установленной в автопилоте погрешности) и посадку в заданной точке.

6.3 Результаты аэрофотосъемки, лидарной съемки, бортовых ГНСС и инерциальных измерений, а также зафиксированное время моментов срабатывания затвора аэрофотокамеры должны записываться на энергонезависимый накопитель (флеш-память).

6.4 При наличии гироплатформы или иной аэрофотоустановки автопилот должен обеспечивать управление разворотом аэрофотоустановки на угол сноса.

6.5 В течение всего времени выполнения полета должны обеспечиваться связь и возможность управления автопилотом с СВП и при необходимости экстренная посадка по команде оператора. При потере связи с БВС свыше заданного (устанавливаемого перед вылетом) допустимого времени должна обеспечиваться возможность возврата к точке вылета.

6.6 Должна быть предусмотрена защита объектива камеры при посадке любыми средствами и способами.

6.7 Рекомендуется обеспечивать защиту от несанкционированного доступа к записанным на накопителе данным цифровой аэрофотосъемки, в том числе с использованием специального программного средства на основе парольной защиты.

6.8 Программное средство проектирования аэрофотосъемки (подготовки полетного задания) должно обеспечивать проектирование аэрофотосъемочных маршрутов и расположение точек фотографирования с учетом:

- заданных границ объекта аэрофототопографической съемки или участка АФС, или оси линейно-протяженного объекта съемки;
- параметров аэрофотокамеры,
- характеристик БВС;
- заданных параметров аэрофотосъемки (высота фотографирования или номинальное пространственное разрешение, продольное и поперечное перекрытия аэрофотоснимков);
- рельефа местности (рекомендуется);
- системы координат, используемой для навигации БВС;
- требований ГОСТ Р 59328—2021 (раздел 6.2) и ТЗ.

6.9 При проектировании АФС должна обеспечиваться возможность использования растровых или векторных цифровых карт, космических изображений или иной картографической основы.

6.10 Результаты проектирования (полетное задание) должны загружаться в автопилот от СВП и использоваться непосредственно в процессе аэрофотосъемочного полета.

6.11 СВП должна обеспечивать контроль выполнения полета и проекта (задания) АФС наглядными средствами, а в случае необходимости — вносить изменения в полетное задание в процессе его выполнения.

7 Требования к аэрофотокамере

7.1 Аэрофотокамера должна удовлетворять требованиям пункта 5.2.2 ГОСТ Р 59328—2021. Допускается разрядность сырых цифровых аэрофотоснимков не менее 8 бит с представлением первично обработанных изображений в формате TIFF и JPEG (пункт 5.2.2 ГОСТ Р 59328—2021).

7.2 Аэрофотокамера должна быть снабжена центральным (междулинзовым) затвором или использовать иной способ одновременного экспонирования всех светочувствительных элементов матрицы, в том числе электронный затвор с полнокадровым считыванием (глобальный затвор).

7.3 Допускается использование аэрофотокамер с размером светочувствительной матрицы не менее 12 мегапикселей и не менее 150 мм^2.

7.4 Цифровая топографическая аэрофотокамера должна иметь паспорт или иной документ (сертификат, протокол, отчет о фотограмметрической калибровке), предоставляемый производителем аэрофотокамеры, или организацией, выполнившей фотограмметрическую калибровку, в котором указаны полученные в результате фотограмметрической калибровки значения параметров — элементов внутреннего ориентирования в соответствии с пунктом 5.2.3 ГОСТ Р 59328—2021: фокусное расстояние аэрофотокамеры, координаты главной точки, коэффициенты радиальной и тангенциальной дисторсии.

7.5 Допускается использование аэрофотокамер, созданных на основе серийно выпускаемых компактных фотокамер общего назначения с постоянным фокусным расстоянием путем их доработки, а именно:

- путем обеспечения жесткого крепления объектива к корпусу;
- жесткой фиксации фокусировки на бесконечность;
- обеспечения возможности управления экспонированием сигналом от автопилота;

- обеспечения возможности регистрации момента экспонирования как середины отрезка времени срабатывания затвора с погрешностью, не превышающей

$$d_t = 25/V, \quad (1)$$

где d_t — допустимая погрешность регистрации момента экспонирования, мс;

V — скорость БВС при выполнении аэрофотосъемки, м/с.

Если ПАК не предназначен для использования в аэрофототопографической съемке по определению координат границ и контуров объектов недвижимости с СКП не более 10 см или 20 см, допустимо использовать формулу

$$d_t = 50/V. \quad (2)$$

Должна быть выполнена фотограмметрическая калибровка созданной аэрофотокамеры компанией (организацией), выполнившей доработку, или иной компанией (организацией) с оформлением результатов фотограмметрической калибровки по форме, представленной в приложении А.

7.6 Фотограмметрическую калибровку выполняют с целью определения элементов внутреннего ориентирования (фокусное расстояние аэрофотокамеры, координаты главной точки, коэффициенты радиальной и тангенциальной дисторсии) одним из следующих методов:

- путем фотографирования с фиксированных точек специально оборудованного тест-объекта (стенда), последующего измерения координат точек тест-объекта и вычислительной обработки с использованием специального программного средства фотограмметрической калибровки, позволяющего вычислить значения параметров калибровки (элементов внутреннего ориентирования) и их стандартные отклонения по результатам измерения координат точек тест-объекта,

- посредством аэрофотосъемки калибровочного полигона в соответствии с рекомендациями приложения Б и последующего уравнивания сети фототриангуляции с определением параметров фотограмметрической калибровки (элементов внутреннего ориентирования) в числе оцениваемых параметров.

Фокусное расстояние и координаты главной точки должны быть определены с погрешностью не более 0,5 пикселя.

7.7 Периодичность фотограмметрической калибровки аэрофотокамеры определяют в соответствии с пунктом 5.2.4 ГОСТ Р 59328—2021.

7.8 В случае, когда аэрофотокамера создается путем доработки компактной серийно-выпускаемой фотокамеры общего назначения, как определено в 7.5, но при этом отсутствует информация от изготовителя аэрофотокамеры о постоянстве элементов внутреннего ориентирования в пределах установленных в пункте 5.2.2 ГОСТ Р 59328—2021, следует выполнять самокалибровку аэрофотокамеры в процессе выполнения фототриангуляции при обработке материалов АФС в рамках производственных работ по аэрофототопографической съемке с использованием программного средства фотограмметрической обработки, входящего в состав ПАК. Возможность получения конечной продукции аэрофототопографической съемки с требуемой допустимой погрешностью при определенных условиях и параметрах АФС с использованием самокалибровки должна быть подтверждена исследовательскими или сертификационными испытаниями данного типа ПАК, инициированными изготовителем или эксплуатантом аэрофотокамеры и отвечающими требованиям раздела 12.

7.9 Исследовательские или сертификационные испытания не являются обязательными для типа ПАК, имеющего в своем составе аэрофотокамеру такого типа, для которого в результате периодической (не менее 5) калибровки подтверждается, что полученные в результате фотограмметрических калибровок отклонения значений фокусного расстояния и координат главной точки от среднего значения не превышает 0,5 пикселя. Результаты оценки постоянства значений элементов внутреннего ориентирования должны быть отражены в протоколе, заверенном подписью ответственного лица соответствующей компетентности и содержащем полученные в результате калибровок (самокалибровок) значения элементов внутреннего ориентирования с оценкой их точности, среднее значение и максимальное отклонение от среднего.

8 Требования к бортовым средствам определения элементов внешнего ориентирования аэрофотоснимков

8.1 В качестве бортового ГНСС-приемника, применяемого для определения координат центров проекции снимков (точек фотографирования), допускается использовать многочастотный, многосистемный ГНСС-приемник или OEM-модуль (плату), удовлетворяющие следующим требованиям:

- частота измерений — не менее 10 Гц; при наличии ИИУ, удовлетворяющей требованиям 8.2, допускается использовать ГНСС-приемник с частотой 2 Гц;
- должна быть обеспечена возможность представления сырых данных спутниковых наблюдений, а также преобразования исходных данных спутниковых наблюдений из формата производителя ГНСС-приемника в обменный формат RINEX;
- 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.

8.2 Инерциальное измерительное устройство, используемое на борту БВС в составе блока определения положения и ориентации или отдельно для определения угловых элементов внешнего ориентирования снимков, должно удовлетворять следующим требованиям:

- средние квадратические погрешности по крену и тангажу не должны превышать 0,012°, по курсу — не более 0,02°;
- частота измерений должна быть не менее 50 Гц;
- должна быть обеспечена возможность предоставления данных измерений ИИУ для послеполетной обработки в составе сырых данных бортового комплекса определения положения и ориентации или в виде отдельного файла.

8.3 Инерциальное измерительное устройство (или блок определения положения и ориентации) должно быть механически связано с аэрофотокамерой, в том числе путем установки на общую недеформируемую платформу жесткой конструкции, обеспечивающую ограничение изменения углов ориентации системы координат аэрофотокамеры относительно системы координат ИИУ в пределах 0,005°.

8.4 Программное средство обработки бортовых ГНСС/ИИУ-измерений должно удовлетворять требованиям пункта 8.2.5 ГОСТ Р 59328—2021.

9 Требования к лидару

9.1 Характеристики лидара должны удовлетворять следующим требованиям:

- максимальная высота полета над земной поверхностью: не менее 120 м;
- СКП определения плановых координат: не более 1/1800 от высоты полета;
- СКП определения высот точек местности: не более 1/3000 от высоты полета;
- частота импульсов: не менее 250000 Гц;
- количество отражений: не менее 2.

9.2 Рекомендуется, чтобы габариты и масса лидара позволяли устанавливать его на борту БВС вместе с аэрофотокамерой с размером светочувствительной матрицы не менее 12 мегапикселей.

10 Требования к программному средству фотограмметрической обработки

10.1 Программное средство фотограмметрической обработки должно обеспечивать выполнение следующих процессов:

- фототриангуляции;
- создания ЦМП и ЦМР;
- ортотрансформирования аэрофотоснимков и создания ортофотоплана;
- измерения координат контуров (векторизации) объектов местности способами стереоскопической съемки или путем прямой фотограмметрической засечки по паре или нескольким снимкам;
- стереоскопических измерений и векторизации элементов ситуации и рельефа по паре аэрофотоснимков (если предполагается стереофотограмметрическая обработка аэрофотоснимков).

10.2 Программное средство фотограмметрической обработки должно обеспечивать выполнение всех перечисленных в 10.1 процессов с возможностями:

- самокалибровки аэрофотокамеры;

- контроля и оценки точности на всех этапах фотограмметрической обработки;
- редактирования и классификации точек ЦМП с целью выделения точек, принадлежащих земной поверхности, строениям и растительности, и редактирования ЦМР;
- стереоскопических измерений аэрофотоснимков (если предполагается стереофотограмметрическая обработка аэрофотоснимков).

Программное обеспечение должно удовлетворять требованиям пунктов 9.2.6—9.2.9 ГОСТ Р 59562—2021, а также иметь функциональные возможности для обеспечения выполнения положений пунктов 9.2.15, 9.2.16, 9.2.19—9.2.32 ГОСТ Р 59562—2021.

11 Требования к программному обеспечению обработки материалов лидарной съемки

11.1 Программное обеспечение обработки материалов лидарной съемки должно обеспечивать выполнение следующих процессов:

- обработки данных калибровочного полета и определения параметров калибровки лидара;
- входного контроля, обработки сырых лидарных данных с использованием полученных параметров калибровки и ГНСС/ИИУ измерений, формирования файлов точек лазерных отражений;
- контроля точности координат точек лазерных отражений по расхождениям в межмаршрутных перекрытиях, уравнивания данных многомаршрутной съемки;
- классификации точек лазерных отражений и ЦМП, полученной в результате фотограмметрической обработки, с целью выделения точек земной поверхности и формирования ЦМР;
- контроля плотности точек ЦМР;
- контроля точности ЦМР по контрольным точкам и взаимной согласованности ЦМР и точек фотограмметрического сгущения.

Программное обеспечение должно иметь функциональные возможности для обеспечения выполнения положений пунктов 9.4.2—9.4.11 ГОСТ Р 59562—2021.

11.2 Допускается использование в составе ПАК нескольких коммерческих программных продуктов, которые в совокупности обладают всеми требуемыми функциональными возможностями.

12 Требования к исследовательским испытаниям ПАК

12.1 Исследовательские или сертификационные испытания аэрофотокамеры проводят в случае, предусмотренном в 7.8. Испытания инициирует производитель (создатель) ПАК, независимо от того, выпускается ПАК серийно или создан один экземпляр. Допускается также проведение испытаний по инициативе эксплуатанта. Испытания проводят с целью независимой оценки метрологических характеристик ПАК в виде погрешностей различных видов конечной продукции аэрофототопографической съемки, полученных при определенных условиях выполнения АФС и фотограмметрической обработки. При серийном производстве испытаниям подвергаются выбранные образцы ПАК определенного типа. Тип ПАК идентифицируется конкретным набором типов и моделей его компонентов в соответствии с 5.2. Количество произвольно отбираемых для испытаний образцов ПАК зависит от объема выпускаемой серии данного типа ПАК. Определение конкретного числа отбираемых образцов и их отбор выполняет орган по сертификации или организация, выполняющая исследовательские испытания.

12.2 Если в составе ПАК используется аэрофотокамера, которая удовлетворяет требованиям 7.9, исследовательские или сертификационные испытания ПАК проводить не требуется.

12.3 В результате исследовательских испытаний оценивают следующие метрологические характеристики:

- среднюю погрешность фотограмметрических определений пространственных координат маркированных точек местности;
- среднюю погрешность цифровой модели поверхности и/или рельефа;
- среднюю погрешность цифрового ортофотоплана;
- СКП определения пространственных координат немаркированных точек контуров объектов местности;
- СКП пространственных координат 3D модели территории.

Конкретный перечень характеристик зависит от видов продукции, для получения которых предназначен ПАК, и приводится в программе испытаний. Метрологические характеристики оценивают применительно к следующим условиям аэрофотосъемки и фотограмметрической обработки:

- к значениям высоты фотографирования, при которых проводятся испытания;
- номинальным (заданным) значениям продольного и поперечного перекрытий;
- скорости ветра;
- количеству и удаленности базовых станций;
- требуемому числу опорных точек для уравнивания сети фототриангуляции.

Значения указанных параметров указывают в программе испытаний, и они могут быть даны в нескольких вариантах.

12.4 Исследовательские испытания проводят путем аэрофотосъемки испытательного полигона, обеспеченного маркированными контрольными точками в количестве не менее 20, а при необходимости также и немаркированными точками в таком же количестве, и последующей фотограмметрической обработки материалов АФС с использованием программного обеспечения, входящего в состав ПАК. Плановое и высотное положение контрольных точек относительно ближайшей базовой станции должно быть определено с СКП не более 1,5 см.

12.5 Перечисленные в 12.3 погрешности определяют по результатам измерений координат контрольных точек на снимках и сравнения с их каталожными значениями. Полученные погрешности сравнивают с требованиями ГОСТ Р 59562—2021 (пункт 9.2) и требованиями [1], на основании чего делают заключение о возможности применения ПАК для получения конкретных видов продукции аэрофототопографической съемки, характеризуемой конкретными значениями погрешностей в условиях, аналогичных условиям проведения испытаний.

12.6 Результаты оценки метрологических характеристик, полученные в процессе исследовательских испытаний, отражают в акте исследовательских испытаний аппаратно-программного комплекса или приложении к сертификату, утверждаемых руководителем организации, выполнившей испытания, и содержащих:

- тип и состав ПАК;
- дату проведения испытаний;
- условия проведения испытаний;
- установленные в результате испытаний значения показателей метрологических характеристик комплекса;
- заключение о возможности применения ПАК для получения конкретных видов продукции аэрофототопографической съемки, характеризуемой конкретными значениями погрешностей в условиях, аналогичных условиям проведения испытаний.

13 Требования к документации

13.1 БАС должна быть обеспечена следующей документацией:

- руководством по эксплуатации БВС;
- руководством пользователя программным средством проектирования АФС (подготовки полетного задания).

13.2 Руководство по эксплуатации БВС должно содержать исчерпывающую информацию по установке аппаратуры на борту, а также конкретные инструкции, константы и чертежи для определения параметров редукции фазового центра антенны ГНСС-приемника к центру проекции аэрофотокамеры.

13.3 Комплект бортового ГНСС-приемника, используемый для определения координат центров проекции аэрофотоснимков, должен быть обеспечен руководством пользователя или иным документом, содержащим сведения о марке и модели приемника, его серийный номер, технические характеристики, а также марку и модель антенны, ее серийный номер и технические характеристики.

13.4 Цифровая аэрофотокамера должна быть обеспечена следующей документацией:

- сертификатом или паспортом, содержащими полученные в результате заводской или иной последней фотограмметрической калибровки аэрофотокамеры значения параметров фотограмметрической калибровки (элементов внутреннего ориентирования: фокусное расстояние, координаты главной точки, коэффициенты радиальной и тангенциальной дисторсии) аэрофотокамеры;
- руководством пользователя;

- технической документацией, содержащей сведения о положении внешней узловой точки объектива с погрешностью не более 1 см, необходимые для редукции фазового центра антенны к центру проекции фотокамеры.

13.5 Паспорт (сертификат) аэрофотокамеры, заверенный подписью ответственного лица, должен содержать следующие данные:

- марку и модель фотокамеры;
- серийный номер фотокамеры;
- модель объектива;
- серийный номер объектива (при наличии);
- размер матрицы выходного изображения в пикселях;
- тип затвора;
- физический размер пикселя, мм;
- минимальный интервал фотографирования, с;
- диапазон выдержек, с;
- подтверждение о фиксированной фокусировке на бесконечность;
- дату и место проведения калибровки;
- краткую информацию о методике калибровки;
- полученное в результате калибровки значение фокусного расстояния, мм, с четырьмя знаками после запятой, или в пикселях с одним знаком после запятой;
- полученные в результате калибровки координаты главной точки, мм, с четырьмя знаками после запятой, или в пикселях с одним знаком после запятой;
- полученные в результате калибровки коэффициенты радиальной дисторсии и, при наличии, параметры тангенциальной дисторсии;
- средние квадратические значения остаточных расхождений координат на опорных точках калибровочного стенда или полигона в пикселях;
- сведения об организации (компании), выполнившей фотограмметрическую калибровку.

Параметры дисторсии должны сопровождаться формулами, однозначно раскрывающими их физический смысл.

Рекомендуемая форма паспорта дана в приложении А.

13.6 Лидар должен быть обеспечен руководством по эксплуатации, содержащим описание оборудования, состав комплекта оборудования, технические характеристики, указания по монтажу и работе с оборудованием и программными средствами, сведения о поверке. Также должно быть предоставлено свидетельство (копия) об утверждении типа измерений.

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма паспорта аэрофотокамеры

ПАСПОРТ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ АЭРОФОТОКАМЕРЫ

Модель аэрофотокамеры	**DSC-RX1R G**
Серийный номер фотокамеры	7452345
Модель объектива	CarlZeiss Vario Sonnar T
Серийный номер объектива	WE3456789

Значения основных параметров и характеристик

Номинальное фокусное расстояние объектива, мм	35,0
Тип матрицы	CMOS-матрица Exmor R®
Размер матрицы, мм	35,9 × 24,0
Размер матрицы в пикселях	6000 × 4000
Размер пикселя матрицы, мм	0,006
Тип затвора	центральный
Диапазон выдержек, с	1/30—1/4000 (1/30—1/2000 при отн. отв. 1:2)
Фокусировка	фиксированная на ∞
Минимальный интервал фотографирования, с	0,65
Погрешность фиксации момента экспонирования, мс	не более 1

Значения элементов внутреннего ориентирования аэрофотокамеры

Фокусное расстояние аэрофотокамеры, пиксель	7539,6 ± 0,34	
Координаты главной точки, пиксель	x_0^*	20,0 ± 0,3
	y_0^*	8,7 ± 0,3
Коэффициенты радиальной дисторсии	K_1	–0,05020 ± 0,00025
	K_2	–0,16907 ± 0,00025
	K_3	0,23243 ± 0,00025
Коэффициенты тангенциальной дисторсии	*P1*	–0,00043 ± 0,00025
	P2	0,00062 ± 0,00025

Координаты главной точки даны в системе координат фотокамеры, имеющей начало в центре светочувствительной матрицы фотокамеры, плоскость x^*y^* совпадает с плоскостью матрицы, ось x^* направлена вправо перпендикулярно к столбцам пикселей матрицы, ось y^* направлена параллельно столбцам пикселей матрицы в сторону, соответствующую нижней стороне рамки кадра, визуально наблюдаемого снимка. Коэффициенты дисторсии соответствуют модели, описываемой следующими выражениями:

$$x' = x(1 + K_1r^2 + K_2r^4 + K_3r^6) + P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy,$$

$$y' = y(1 + K_1r^2 + K_2r^4 + K_3r^6) + P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_2xy,$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2},$$

где x, y — отсчитываемые от главной точки координаты точки снимка, деленные на фокусное расстояние, свободные от дисторсии, например, вычисленные по пространственным координатам точки местности.

Фотограмметрическая калибровка выполнена в ООО «Геоскан» по методике фотограмметрической калибровки аэрофотокамер с использованием калибровочного полигона.

Руководитель испытательной лаборатории _____ (подпись, расшифровка)

Дата М.П.

Примечание — Представленные формулы дисторсии и описание системы координат снимка даны для примера подробности изложения и не ограничивают выбор модели дисторсии и системы координат.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Требования к полигону для фотограмметрической калибровки компактных аэрофотокамер и его аэрофотосъемке

Параметры полигона:

- площадь: не менее 1 км^2;
- количество опознаков (опорных точек с известными координатами): не менее 15;
- средняя квадратическая погрешность определения планового положения и высоты опознаков относительно базовых станций, используемых для обеспечения аэрофотосъемки, не более 1,5 см;
- опознаки должны быть равномерно распределены по территории полигона;
- территория полигона ограничивается сторонами квадрата или прямоугольника с отношением сторон не менее 0,6, в который вписываются все опознаки, составляющего границу полигона;
- опознаки должны быть надежно закреплены на местности и замаркированы.

Пример закрепления и маркирования — Сваи, представляющие собой окрашенную антикоррозионной краской металлическую трубу с буром на конце, которые вкручиваются в землю на глубину 1,2—2,0 м или более (в зависимости от глубины промерзания грунта). К выступающей части приваривается оголовок квадратной формы размером не менее 30 × 30 см, поверхность которого используется для маркировки опознака маркой путем окрашивания.

Параметры проектирования АФС:

- два ряда взаимно перпендикулярных маршрутов;
- направления маршрутов должны быть близки к ориентации сторон прямоугольника, в который вписываются границы полигона;
- следует исключить наличие выступающих частей каких-либо отдельных маршрутов;
- продольное перекрытие: 80 %;
- поперечное перекрытие: 70—80 %;
- высота фотографирования: выбирается из условия, чтобы при указанных значениях перекрытий общее число снимков всех запроектированных маршрутов было не меньше 600.

Условия выполнения аэрофотосъемки:

- безоблачная (малооблачная) погода или высокая сплошная облачность;
- высота солнца над горизонтом не менее 20°;
- скорость ветра не более 8 м/с;
- отсутствие снежного покрова;
- температура воздуха от –5 °С до +30 °С.

Выполнение аэрофотосъемки должно обеспечиваться работой 1—2 базовых станций, закрепленных на местности так же, как и опознаки, и расположенных на расстоянии не более 3 км от полигона. Координаты базовых станций должны быть определены в той же системе координат, что и маркированные опознаки испытательного полигона.

Библиография

[1] Требования к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требования к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требования к определению площади здания, сооружения, помещения, машиноместа (утверждены приказом Росреестра от 23 октября 2020 г. № П/0393)

УДК 528:006.354 ОКС 07.040

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, аэрофототопографическая съемка, аэрофотосъемка, аэрофотокамера, фотограмметрическая калибровка, беспилотное воздушное судно, БВС

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 29.04.2022. Подписано в печать 12.05.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
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