

КОМПЛЕКСЫ АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПАК ГЕОСКАН201, ПАК ГЕОСКАН701, ПАК ГЕОСКАНГЕМИНИ — СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

С.А. Кадничанский («Геоскан»)

В 1973 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работал в Госцентре «Природа», с 1979 г. — в ЦНИИГАиК, с 1993 г. — в РосНИЦ «Земля», Центре «ЛАРИС», с 2002 г. — в ФГУП «Госземкадастръемка» — ВИСХАГИ, с 2005 г. — в компании «Геокосмос», затем — в НП АГП «Меридиан+» и ФГУП «ГосНИИ авиационных систем», с 2015 г. — в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». С 2018 г. работает в ООО «Геоскан», в настоящее время — заместитель директора по аэрофотогеодезии. Кандидат технических наук.

▼ Особенности применения аэрофототопографических средств измерений

Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1847 [1] утвержден перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. В разделе 8 перечня перечислены измерения, которые выполняются при осуществлении геодезической и картографической деятельности. В подразделе 8.3 приводятся виды измерений при создании и обновлении государственных топографических карт и планов в графической, цифровой, фотографической и иных формах, в том числе касающиеся топографической съемки, а также значения допустимых средних квадратических погрешностей (СКП). Значения СКП и вычисленные по ним значения средних погрешностей, которые исторически использовались в топографии, приведены в табл. 1.

Часть из представленных в табл. 1 значений средних квадратических погрешностей совпадает с требуемыми значениями, изложенными в руководящем документе к государственным топографическим картам и государственным топографическим планам, утвержденном Приказом Минэкономразвития России от 06.06.2017 г. № 271 [2], другая часть несколько противоречит им.

В соответствии со статьей 5 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ [3] к измерениям предъявляются следующие требования:

«1. Измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться по первичным референтным методикам (методам) измерений, референтным методикам (методам) измерений и другим аттестованным методикам (методам) измерений, за исключением методик (методов) измерений, предназначен-

ных для выполнения прямых измерений, с применением средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку. Результаты измерений должны быть выражены в единицах величин, допущенных к применению в Российской Федерации.» (выделено автором).

Таким образом, в соответствии с этим законом виды измерений, представленные в табл. 1, должны выполняться с применением средств измерений (СИ) утвержденного типа, прошедших поверку.

Что касается карт и планов, создаваемых наземными геодезическими методами, вопросов нет. Поскольку при съемке используются приборы только утвержденного типа, внесенные в реестр СИ и прошедшие поверку.

Однако в пунктах табл. 1 практически речь идет о картах и планах, которые в подавляющем большинстве создаются методами аэрофототопографической съемки. При этом на всем отрезке технологии от

Некоторые виды измерений при создании и обновлении государственных топографических карт и планов в графической, цифровой, фотографической и иных формах

Таблица 1

| Подраздел перечня | Наименование вида измерений | Обязательные метрологические требования (средняя квадратическая погрешность / средняя погрешность) |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.3.5 | Измерения планового положения объектов и контуров местности относительно пунктов государственной геодезической сети, мм | 0,625M / 0,5M |
| 8.3.6 | Измерения планового положения контуров растительного покрова и грунтов относительно пунктов государственной геодезической сети, мм | 1,00M / 0,8M |
| 8.3.7 | Измерения планового положения точек фотограмметрических сетей сгущения (при создании и обновлении топографических планов и карт масштабов 1:500–1:25 000 без ограничений, мм | 0,375M / 0,3M |
| 8.3.10 | Измерения высот горизонталей относительно пунктов государственных геодезической и нивелирной сетей в равнинных и всхолмленных районах для: | |
| | а) планов масштабов 1:500–1:5000, м | 0,412h / 0,33h |
| | б) карт масштаба 1:10 000, м | 0,415h / 0,33h |
| | в) карт масштаба 1:25 000, м | 0,5h / 0,4h |

Примечания.

M — знаменатель масштаба топографической съемки.

Средняя погрешность составляет 0,8 от средней квадратической погрешности.

аэрофотосъемки до получения координат и высот точек местности ранее не использовались средства измерений утвержденного типа, основанные на аэрофотосъемке, внесенные в реестр средств измерений и прошедшие поверку. Исключение составляют системы воздушного лазерного сканирования.

Аналоговые аэрофотокамеры никогда не были и не могли быть средствами измерений, так как в них попросту отсутствовал какой-либо измерительный прибор, используемый для указанных выше измерений. Измерения координат точек изображения объектов и контуров местности на снимке выполнялись с помощью оптико-механических фотограмметрических приборов, и полученные значения преобразовывались в координаты точек на местности.

Цифровая аэрофотокамера потенциально может рассматриваться как средство измерений [4]. В нем измерительным прибором служит матрица светочувствительных элементов, устроенная как двумерная прямоугольная сетка (шкала) с ценой деления, равной одному элементу дискретизации изображения (пикселю), размер которого определен. Однако возникает вопрос: что является измеряемой величиной? Совершенно очевидно, что координаты точек объектов и контуров местности, отобразившихся на снимках, не могут быть измерены аэрофотокамерой относительно пунктов государственной геодезической сети. В качестве измеряемых величин могут рассматриваться свободные от дисторсии координаты x и y вектора, направленного на определяемую точку местности,

опознанную на снимке, в системе координат фотокамеры $Sxyz$, начало которой расположено в центре проекции, а ось Sz направлена по главному лучу (перпендикулярно плоскости матрицы светочувствительных элементов). Измеряемые величины могут быть охарактеризованы показателями точности измерений. Однако, используя такой показатель, неудобно сравнивать аэрофотокамеры, разные по «классу точности». Вместо них удобнее использовать углы, соответствующие направлениям векторов: $\alpha = \arctg(x/f)$, $\beta = \arctg(y/f)$, точность которых может быть охарактеризована средней квадратической или иной погрешностью.

Такой способ может применяться для сравнения аэрофотокамер, но ничего не дает в части оценки точности полу-

чаемых в результате фотограмметрической обработки координат точек местности и вызывает проблемы с методикой поверки. В связи с этим возникает вывод, что целесообразно рассматривать в качестве средства измерения аэрофототопографический программно-аппаратный комплекс, обеспечи-

вающий все необходимые процессы по получению координат точек местности.

28 ноября 2022 г. ГК «Геоскан» (а именно ООО «ПЛАЗ», входящее в группу компаний «Геоскан») официально начала производство геодезических средств измерений (код ОКВЭД2 26.51.1), а именно комплексов

аэрофототопографических ПАК Геоскан201, ПАК Геоскан701, ПАК ГеосканGemini, о чем уведомила Росстандарт. Назначение комплексов — определение трехмерных координат точек земной поверхности, инженерных объектов и сооружений с борта беспилотного воздушного судна (далее — БВС). Комплексы обеспечивают прямое измерение, когда искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений [3, ст. 2, п. 19].

В состав комплексов входит следующее оборудование, программное обеспечение и документация.

1. Беспилотная авиационная система, включающая в себя:

— БВС с установленной аэрофотокамерой;

— станцию внешнего пилота с установленным программным обеспечением Geoscan Planner;

— радиомодем наземный;

— зарядное устройство;

— транспортировочный контейнер;

— пусковую установку (для ПАК Геоскан201, Геоскан701).

2. Программное обеспечение Agisoft Metashape Professional [5].

3. Руководство по эксплуатации.

4. Паспорт.

Общий вид БВС, входящих в различные аэрофототопографические комплексы, с указанием места нанесения знака утверждения типа средств измерений представлен на рис. 1–3.

▼ Испытания аэрофототопографических комплексов с целью утверждения типа средств измерений

В целях утверждения типа средств измерений — комплексов аэрофототопографических ПАК Геоскан201, ПАК Геоскан701, ПАК ГеосканGemini — ГК «Геоскан» обратилась в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-



Рис. 1
БВС ПАК Геоскан201



Рис. 2
БВС ПАК Геоскан701



Рис. 3
БВС ПАК ГеосканGemini

Метрологические характеристики комплексов аэрофототопографических ПАК ГеосканGemini, ПАК Геоскан201 и ПАК Геоскан701

Таблица 2

| Наименование характеристики | Значение характеристики | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | ГеосканGemini | Геоскан201 | Геоскан701.1 | Геоскан701.2 |
| Диапазон рабочих высот при определении координат точек земной поверхности в заданной системе координат, м | От 130 до 450 | От 250 до 1000 | От 420 до 1100 | От 420 до 1100 |
| Скорость полета БВС при съемке, км/ч | От 15 до 52 | От 64 до 130 | От 80 до 120 | От 80 до 120 |
| Доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) ¹ : | | | | |
| — в плане, м | $\pm 0,30 \times 10^{-3} L^2$ | $\pm 0,25 \times 10^{-3} L^2$ | $\pm 0,25 \times 10^{-3} L^2$ | $\pm 0,25 \times 10^{-3} L^2$ |
| — по высоте, м | $\pm 0,50 \times 10^{-3} L^2$ | $\pm 0,50 \times 10^{-3} L^2$ | $\pm 0,40 \times 10^{-3} L^2$ | $\pm 0,40 \times 10^{-3} L^2$ |
| Продольный угол поля зрения камеры, градус | 44 ± 7 | 38 ± 7 | 38 ± 7 | 50 ± 7 |
| Поперечный угол поля зрения камеры, градус | 62 ± 7 | 54 ± 7 | 54 ± 7 | 64 ± 7 |

Примечания.

¹ Комплексы обеспечивают заявленную точность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат при указанных скоростях полета БВС и при использовании в качестве базовой станции, на расстояниях до 30 км, ГНСС-приемника с границами допускаемой абсолютной погрешности измерений приращений координат (при доверительной вероятности 0,95) в режиме кинематика $\pm 2(6 + 0,5 \times 10^{-6} \times D)$ мм, где D — длина линии, вычисленная по измеренным приращениям координат в мм.

² L — расстояние между БВС при выполнении аэрофотосъемки и средним уровнем земной поверхности участка съемки, м.

технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ) с заявкой на проведение испытаний этих средств измерений в целях утверждения их типа. В заявке содержались значения диапазонов рабочих высот и доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67, что по сути то же, что средняя квадратическая погрешность) в плане и по высоте для каждого комплекса.

На испытания были представлены по два образца каждого комплекса. Образцы для испытаний были отобраны в соответствии с п. 7.4 ПМГ 121-2013 «ГСИ. Порядок проведения испытаний средств изме-

рений в целях утверждения типа».

Вычисление доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) выполнялось путем аэрофотосъемки полевого стенда с 20 контрольными замаркированными точками, координаты которых определены с использованием рабочего эталона 1-го разряда. Каждый экземпляр каждого комплекса выполнял полет в заявленных диапазонах высот, в том числе на максимальной и минимальной высоте. Материалы АФС обрабатывались с использованием программного обеспечения Agisoft Metashape Professional, входящего в состав ком-

плексов, в результате чего были определены координаты замаркированных точек полевого стенда. При этом наземные опорные точки при фотограмметрической обработке не использовались. Полученные координаты замаркированных точек полевого стенда сравнивались с координатами, измеренными с использованием эталонов, и вычислялись фактические доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в плане и по высоте в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67).

Результаты испытаний были признаны положительными, так как полученные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной

Численные значения метрологических характеристик комплексов аэрофототопографических ПАК ГеосканGemini, ПАК Геоскан201 и ПАК Геоскан701

Таблица 3

| Наименование характеристики | Значение характеристики | |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-------|
| ГеосканGemini | | |
| Высота фотографирования, м | 130 | 450 |
| Средняя квадратическая погрешность в плане, м | 0,039 | 0,135 |
| Средняя квадратическая погрешность по высоте, м | 0,065 | 0,225 |
| Геоскан201 | | |
| Высота фотографирования, м | 250 | 1000 |
| Средняя квадратическая погрешность в плане, м | 0,033 | 0,113 |
| Средняя квадратическая погрешность по высоте, м | 0,065 | 0,225 |
| Геоскан701 | | |
| Высота фотографирования, м | 420 | 1100 |
| Средняя квадратическая погрешность в плане, м | 0,033 | 0,113 |
| Средняя квадратическая погрешность по высоте, м | 0,052 | 0,180 |

поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) находятся в пределах, указанных в заявках и представленных в табл. 2.

Для наглядности в табл. 3 приведены численные значения метрологических характеристик комплексов аэрофототопографических для минимальных и максимальных значений высот фотографирования.

На основании результатов испытаний, выполненных ФГБУ «ВНИИФТРИ», и их последующей экспертизы в ФГБУ «ВНИИМС» Росстандарта (Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы) приказами Росстандарта от 11 сентября 2023 г. № 1856 и от 12 сентября 2023 г. № 1875 были утверждены типы средств измерений комплексов аэрофототопографических ПАК Геоскан201, ПАК Геоскан701, ПАК ГеосканGemini и внесены в Государственный реестр средств измерений. Исчерпы-

вающие сведения о комплексах, зарегистрированных в Государственный реестр СИ, в том числе описание типа средства измерения, методика поверки и межповерочный интервал, доступны в подсистеме «АРШИН» Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерения в разделе «Утвержденные типы средств измерений» — <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4>.

Представленные значения метрологических характеристик позволяют оценить, с какой средней квадратической погрешностью в процессе осуществления геодезической и картографической деятельности согласно пп. 8.3.5, 8.3.6, 8.3.7, 8.3.10 [1] могут быть выполнены измерения комплексами аэрофототопографическими ПАК Геоскан201, ПАК Геоскан701 и ПАК ГеосканGemini при аэрофотосъемке с заданной высоты фотографирования.

▼ Список литературы

1. Перечень измерений, относящихся к сфере государственного

регулирования обеспечения единства измерений. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2020 г. № 1847 (ред. от 07.02.2023).

2. Требования 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, требования к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт. Приложение. Приказ Минэкономразвития России от 06.06.2017 г. № 271.

3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ (с изменениями и дополнениями).

4. Кадничанский С.А., Нехин С.С., Спиридонов А.И. Цифровая топографическая аэрофотокамера — средство измерений // Геодезия и картография. — 2018. — Т. 79. — № 4. — С. 40–45.

5. Программное обеспечение Agisoft Metashape Professional — https://www.geoscan.ru/ru/software/agisoft/metashape_pro.