

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов
2023 г.

«ГСИ. Комплексы аэрофототопографические ПАК ГеосканGemini.
Методика поверки»

МП 651-23-007

Менделеево

2023 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика (далее - МП) распространяется на комплексы аэрофототопографические ПАК ГеосканGemini (далее - комплексы), изготовленные ООО «ПЛАЗ», г. С-Петербург, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих высот при определении координат точек земной поверхности в заданной системе координат, м	от 130 до 450
Доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) ¹⁾ , м в плане по высоте	$\pm 0,30 \cdot 10^{-3} \cdot L$ ²⁾ $\pm 0,50 \cdot 10^{-3} \cdot L$ ²⁾
Продольный угол поля зрения, градус ³⁾	44 ± 7
Поперечный угол поля зрения, градус ³⁾	62 ± 7

Примечание:
¹⁾ Комплексы обеспечивают заявленную точность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат при скоростях полета БВС при съемке от 15 до 52 км/ч и 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 $\pm 2 \cdot (6 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм, где D - длина линии, вычисленная по измеренным приращениям координат в мм. Заданная система координат задается относительно точки установки базовой станции. Заявленные точностные характеристики достигаются при одновременном приеме сигналов ГНСС ГЛОНАСС и GPS, геометрическом факторе PDOP не более 3.
²⁾ L - расстояние между БВС при выполнении аэрофотосъемки и средним уровнем земной поверхности съёмочного участка, м.
³⁾ Градус – единица измерений плоского угла.

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы длины в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2831, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному специальному эталону единицы длины ГЭТ 199-2018.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственного сравнения результата измерения поверяемого средства измерений со значением, определенным эталоном.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполнить операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции проведения поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела МП
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела МП
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение метрологических характеристик средств измерений	да	да	10
Определение диапазона рабочих высот БВС при определении координат точек земной поверхности в заданной системе координат и доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)	да	да	10.1
Определение продольного и поперечного угла поля зрения	да	нет	10.2
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	да	да	11

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 2, поверка прекращается, и комплекс признается непригодным к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка должна проводиться в климатических условиях, соответствующих рабочим условиям применения эталонов и поверяемого комплекса:

- температура окружающего воздуха от минус 15 до плюс 40 °С;
- атмосферное давление от 90 до 100 кПа;
- относительная влажность воздуха до 80 %.

3.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность комплекса, в соответствии с эксплуатационной документацией (далее - ЭД);
- проверить наличие сведений о результатах поверки средств измерений, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;
- комплекс и средства поверки должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 1 ч.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, аттестованные в качестве поверителей в области геодезических средств измерений и изучившие настоящую методику, документацию на комплексы и эксплуатационную документацию на используемые средства поверки.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Для поверки применять средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Номер раздела МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1	Средство измерений длины, рабочий эталон 2-го разряда – тахеометр, диапазон измерений длин до 5000 м, предел допускаемой абсолютной погрешности $0,6+1 \cdot 10^{-6} \cdot L$ мм, где L - измеряемая длина в мм, по Государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений в соответствии с Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2831 от 29.12.2018 г.	Тахеометр электронный Leica TS60 I, регистрационный номер 61950-15 в Федеральном информационном фонде
	Средство измерений длины, рабочий эталон 3-го разряда – эталонный базис или эталонный пространственный полигон, диапазон измерений длин до 4000 км, предел допускаемой абсолютной погрешности Δ – от 1,5 до 300 мм, по Государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений в соответствии с Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2831 от 29.12.2018 г.	Полигон пространственный эталонный Краснодарский, регистрационный номер 53472-13 в Федеральном информационном фонде
	Средство измерений приращений координат, диапазон измерений от 0,07 до 30 км, границы допускаемой абсолютной погрешности измерений приращений координат (при доверительной вероятности 0,95) в режиме «Кинематика в реальном времени» $\pm 2 \cdot (6+0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм в плане, $\pm 2 \cdot (10+1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ мм по высоте, где D - длина линии, вычисленная по измеренным приращениям координат в мм	Аппаратура геодезическая спутниковая Система Ориент, регистрационный номер 86352-22 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство)
	Средство измерений температуры, давления, влажности, диапазоны измерения влажности от 0% до 99%, температуры от -20 °С до 60 °С, давления от 840 гПа до 1060 гПа; пределы допускаемой погрешности измерений влажности $\pm 2\%$, температуры $\pm 0,2$ °С, давления ± 3 гПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, мод. ИВТМ-7 М 5-Д, регистрационный номер 15500-12 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство)

Примечание:

Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц величин.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в эксплуатационной документации (далее - ЭД) на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки;
- ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССТБ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре комплекса установить:

- комплектность комплекса и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сличения с ЭД на комплекс, наличие поясняющих надписей;
- исправность переключателей, работу подсветок, исправность разъемов и внешних соединительных кабелей;
- качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики.

7.2 Результаты поверки считать положительными если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1. В противном случае комплекс бракуется, дальнейшие операции поверки не производят.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При опробовании установить соответствие комплекса следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей (в соответствии с указаниями главы «Подготовка к полету» документа «Комплекс аэрофототопографический ПАК ГеосканGemini. Руководство по эксплуатации» (далее - РЭ));
- работоспособность комплекса в соответствии с указаниями п. «Предстартовая подготовка» РЭ.

Если перечисленные требования не выполняются, комплекс признают негодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты опробования и проверки работоспособности удовлетворяют п. 8.1.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Идентификационное наименование и идентификационный номер программного обеспечения (далее – ПО) получить при подключении комплекса к персональному компьютеру средствами ОС «Windows», основное меню/свойства файла.

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные (признаки) метрологически значимой части ПО соответствуют приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование ПО	Geoscan Planner	AgisoftMetashape Professional
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.8	1.8

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение диапазона рабочих высот БВС при определении координат точек земной поверхности в заданной системе координат и доверительных границ абсолютной погреш-

ности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67)

10.1.1 Выбрать пункт из состава рабочего эталона 3-го разряда (далее - пункт № 1). Создать полевой стенд на местности размером не менее 500×500 метров с учётом того, что перепады высот объектов, находящихся в зоне полевого стенда, должны быть не менее 3 м. Определить и замаркировать не менее десяти контрольных точек ($i \geq 10$), с перепадами высот между контрольными точками не менее 3 м, равномерно расположенных по всей площади полевого стенда и имеющих максимально возможные разности высот и прямую видимость на пункт № 1.

10.1.2 Выбрать другой пункт (далее - пункт № 2) из состава рабочего эталона 3-го разряда таким образом, чтобы между пунктом № 1 и пунктом № 2 была прямая видимость. Установить на пункт № 1 рабочий эталон 2-го разряда - тахеометр (далее - эталон), задать эталону координаты пункта № 1 в заданной системе координат, навести эталон на пункт № 2 и выставить нулевое значение горизонтального угла (угол в плоскости проведения измерений). Определить координаты замаркированных контрольных точек полевого стенда в заданной системе координат в соответствии с руководством по эксплуатации на эталон.

10.1.3 Составить план полета с указанием маршрута и направления движения, а также указанием расположения контрольных точек.

10.1.4 Снять эталон с пункта № 1 и установить аппаратуру геодезическую спутниковую Система Ориент (далее - аппаратура) на пункт № 1 в качестве базовой станции, ввести в базовую станцию координаты пункта № 1 (для работы в заданной системе координат). Включить аппаратуру в режиме сбора данных в соответствии с руководством по эксплуатации на аппаратуру.

10.1.5 Привести поверяемый комплекс в рабочее состояние и выполнить тестирование готовности по встроенным программам в соответствии с указаниями п. «Краткая предстартовая поверка» РЭ.

10.1.6 Выполнить полет по составленному ранее плану (маршруту) с проведением аэрофотосъёмки контрольных точек полевого стенда не менее 10 раз ($j=1...10$) во всем диапазоне рабочих высот комплекса, в том числе на минимальных и максимальных рабочих высотах комплекса со скоростью 15, 30, 52 км/ч.

10.1.7 После завершения полета произвести передачу результатов измерений необработанных данных, полученных комплексом и аппаратурой в персональный компьютер.

10.1.8 Выполнить обработку данных, полученных в результате аэрофотосъёмки комплексом в созданной условной системе координат с использованием программ обработки аэрофотосъёмки фирмы-изготовителя в соответствии с главой «Фотограмметрическая обработка» РЭ, и получить координаты контрольных точек тестового полигона.

10.1.9 Систематическую погрешность определения точек земной поверхности поверяемого комплекса для i – х контрольных точек по каждой координате вычислить, как разность между координатами контрольных точек с координатами этих же точек, полученными при фоторегистрации по формулам (1):

$$\begin{aligned} M_{X_i} &= \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ijоб} - X_{iэт})}{n}, \\ M_{Y_i} &= \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ijоб} - Y_{iэт})}{n}, \\ M_{H_i} &= \frac{\sum_{j=1}^n (H_{ijоб} - H_{iэт})}{n}, \end{aligned} \quad (1)$$

где: $X_{ijоб}$, $Y_{ijоб}$, $H_{ijоб}$ - координаты, полученные из обработки фоторегистрации на i – той контрольной точке на j - ом пролете;

$X_{iэт}$, $Y_{iэт}$, $H_{iэт}$ - координаты i – той контрольной точки определенные эталоном;

n – количество перемещений вдоль маршрута.

Среднее квадратическое отклонение определения точек земной поверхности поверяемого комплекса для i – х контрольных точек по каждой координате вычислить по формулам (2):

$$\begin{aligned}\sigma_{X_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ijоб} - \overline{X_{ijобт}})^2}{n-1}}, \\ \sigma_{Y_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ijоб} - \overline{Y_{ijобт}})^2}{n-1}}, \\ \sigma_{H_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (H_{ijоб} - \overline{H_{ijобт}})^2}{n-1}},\end{aligned}\quad (2)$$

где: $\overline{X_{ijоб}} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ijоб}}{n}$ – среднее арифметическое значение измерений координат точек поверяемого комплекса.

10.1.10 Определить доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) для i – х контрольных точек в плане и по высоте по формулам (3) и (4):

$$\Pi_{пл.i} = \sqrt{(M_{X_i})^2 + (M_{Y_i})^2} + \sqrt{(\sigma_{X_i})^2 + (\sigma_{Y_i})^2}, \quad (3)$$

$$\Pi_{в.i} = \pm(|M_{H_i}| + \sigma_{H_i}). \quad (4)$$

10.1.11 Максимальным значением доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) считается максимальное значение доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) поверяемых комплексов из полученных по формулам (3) и (4).

10.1.12 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне измерений от 130 м до 450м, значения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) находятся в границах $\pm 0,30 \cdot 10^{-3} \cdot L$ мм в плане и $\pm 0,50 \cdot 10^{-3} \cdot L$ мм по высоте, где L – расстояние между БВС при выполнении аэрофотосъемки и средним уровнем земной поверхности съёмочного участка, м.

10.2 Определение продольного и поперечного угла поля зрения

10.2.1 Используя данные полученные по п. 10.1.8, получить координаты крайних точек фоторегистрации на кадре.

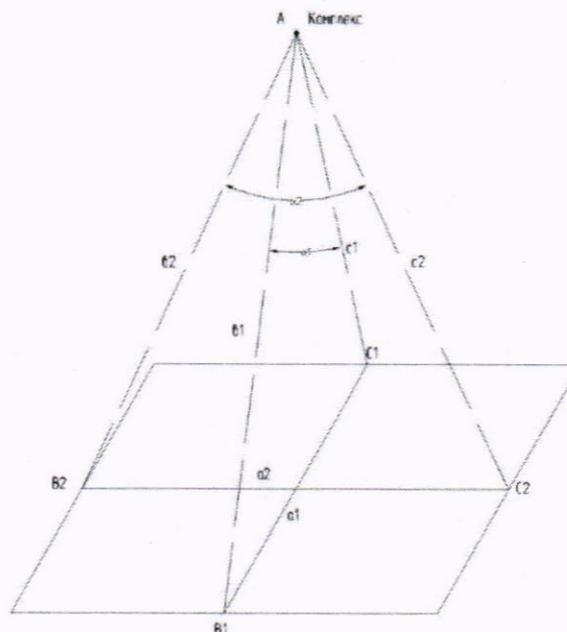


Рисунок 1 – Схема фоторегистрации кадра

Зная координаты крайних точек фоторегистрации и координаты комплекса, определить расстояние между ними по формулам (5):

$$\begin{aligned}a_1 &= \sqrt{(X_{B1} - X_{C1})^2 + (Y_{B1} - Y_{C1})^2 + (Z_{B1} - Z_{C1})^2} , \\b_1 &= \sqrt{(X_{B1} - X_A)^2 + (Y_{B1} - Y_A)^2 + (Z_{B1} - Z_A)^2} , \\c_1 &= \sqrt{(X_{C1} - X_A)^2 + (Y_{C1} - Y_A)^2 + (Z_{C1} - Z_A)^2} , \\a_2 &= \sqrt{(X_{B2} - X_{C2})^2 + (Y_{B2} - Y_{C2})^2 + (Z_{B2} - Z_{C2})^2} , \\b_2 &= \sqrt{(X_{B2} - X_A)^2 + (Y_{B2} - Y_A)^2 + (Z_{B2} - Z_A)^2} , \\c_2 &= \sqrt{(X_{C2} - X_A)^2 + (Y_{C2} - Y_A)^2 + (Z_{C2} - Z_A)^2} ,\end{aligned}\tag{5}$$

где: a_1 – расстояние между крайними точками фоторегистрации вдоль линии маршрута, a_2 – расстояние между крайними точками фоторегистрации поперек линии маршрута;

b_1, c_1 – расстояние между комплексом и крайними точками фоторегистрации вдоль линии маршрута, b_2, c_2 – расстояние между крайними точками фоторегистрации поперек линии маршрута;

Вычислить продольный и поперечный углы поля зрения по формулам (6):

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \arccos\left(\frac{b_1^2 + c_1^2 - a_1^2}{2b_1c_1}\right) , \\ \alpha_2 &= \arccos\left(\frac{b_2^2 + c_2^2 - a_2^2}{2b_2c_2}\right) .\end{aligned}\tag{6}$$

где: α_1 - продольный угол зрения, α_2 - поперечный угол зрения.

10.2.2 Результаты поверки считать положительными, если продольный угол поля зрения составляет $44^\circ \pm 7$, поперечный угол поля зрения составляет $62^\circ \pm 7$.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Процедура обработки результатов измерений метрологических характеристик приведена в пунктах 10.1 и 10.2.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки комплексов подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца комплекса или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт комплексов вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.2 Результаты поверки оформить в соответствии с приказом № 2510 от 31.07.2020 г. Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Начальник отделения НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.М. Каверин

Заместитель начальника отделения
по научной работе НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.С. Сильвестров

Начальник отдела № 83
ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.В. Мазуркевич