

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



А.Н. Щипунов  
2023 г.

«ГСИ. Комплексы аэрофототопографические ПАК Геоскан701.  
Методика поверки»

МП 651-23-006

Менделеево

2023 г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика (далее - МП) распространяется на комплексы аэрофототопографические ПАК Геоскан701 (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 для модификации	
	Геоскан701.1	Геоскан701.2
Диапазон рабочих высот при определении координат точек земной поверхности в заданной системе координат, м	от 420 до 1100	от 420 до 1100
Доверительные границы абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) <sup>1)</sup> , м		
в плане	$\pm 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot L$ <sup>2)</sup>	$\pm 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot L$ <sup>2)</sup>
по высоте	$\pm 0,40 \cdot 10^{-3} \cdot L$ <sup>2)</sup>	$\pm 0,40 \cdot 10^{-3} \cdot L$ <sup>2)</sup>
Продольный угол поля зрения, градус <sup>3)</sup>	38 ± 7	50 ± 7
Поперечный угол поля зрения, градус <sup>3)</sup>	54 ± 7	64 ± 7
Примечание:		
1) Комплексы обеспечивают заявленную точность определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат при скоростях полета БВС при съемке от 80 до 120 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.		
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

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела МП
	первичной поверке	периодической поверке	
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	да	9
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 20 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, 10.2	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 $\Delta$ – 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 $\pm 3$ гПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, мод. ИВТМ-7 М 5-Д, регистрационный номер 15500-12 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство)
<p>Примечания:</p> <p>Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.</p> <p>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.</p>		

## 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 Геоскан701. 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 погрешности 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 вышеуказанный пункт № 1 в качестве базовой станции, ввести в базовую станцию координаты пункта № 1 (для работы в выбранной условной системе координат). Включить аппаратуру в режим 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 аэрофотосъемки контрольных точек полевого стенда не менее 10 раз ( $j=1 \dots 10$ ) во всем диапазоне рабочих высот комплекса, в том числе на минимальных и максимальных рабочих высотах комплекса со скоростью 80, 100, 120 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 аэрофотосъемки комплексом в созданной условной системе координат с использованием программ обработки аэрофотосъемки 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  $i - x$  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  $i - ой$  контрольной точке на  $j - ом$  пролете;

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

$n$  - количество перемещений вдоль маршрута.

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

$$\begin{aligned} \sigma_{X_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ijоб} - \bar{X}_{ijоб})^2}{n-1}}, \\ \sigma_{Y_i} &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ijоб} - \bar{Y}_{ijоб})^2}{n-1}}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sigma_{H_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (H_{ij06} - \overline{H_{ij06}})^2}{n-1}},$$

где:  $\overline{X_{ij06}} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij06}}{n}$  – 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 диапазон рабочих высот от 420 м до 1100 м при определении координат точек земной поверхности в заданной системе координат, значения доверительных границ абсолютной погрешности определения координат точек земной поверхности в заданной системе координат (при доверительной вероятности 0,67) находятся в границах  $\pm 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot L$  мм в плане и  $\pm 0,40 \cdot 10^{-3} \cdot L$  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.

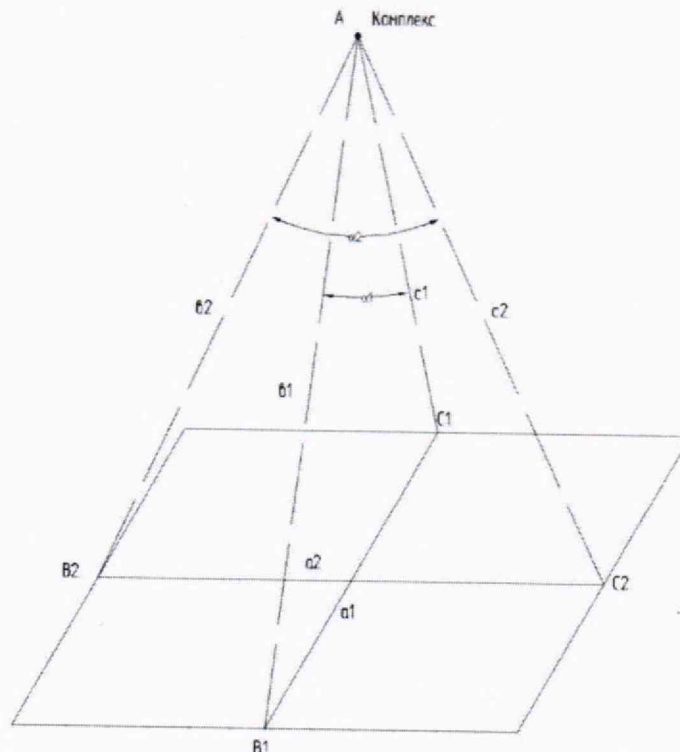


Рисунок 1 – Схема фоторегистрации кадра



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:  $\alpha_1$  - продольный угол зрения,  $\alpha_2$  - поперечный угол зрения.

10.2.2 Результаты поверки считать положительными, если продольный угол поля зрения составляет  $38^\circ \pm 7^\circ$ , поперечный угол поля зрения составляет  $54^\circ \pm 7^\circ$  для модификации Геоскан701.1; продольный угол поля зрения составляет  $50^\circ \pm 7^\circ$ , поперечный угол поля зрения составляет  $64^\circ \pm 7^\circ$  для модификации Геоскан701.2.

## 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