

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Автопрогресс-М»



А.С. Никитин

«16» октября 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АППАРАТУРА ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СПУТНИКОВАЯ
МНОГОЧАСТОТНАЯ МР-9

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП АПМ 50-20

г. Москва,
2020 г.

Настоящая методика поверки распространяется на аппаратуру геодезическую спутниковую многочастотную МР-9, производства АО «ПО «УОМЗ», г. Екатеринбург (далее – аппаратуру) и устанавливает методику ее первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

1 Операции поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	№ пункта документа по поверке	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование	7.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик	7.3	-	-
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика», «Быстрая статика»	7.3.1	Да	Да
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»	7.3.2	Да	Да
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»	7.3.3	Да	Да
Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»	7.3.4	Да	Да

2 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

№ пункта документа по поверке	Наименование эталонов, вспомогательных средств поверки и их основные метрологические и технические характеристики
7.1	Эталон не применяется
7.2	
7.3.1	Фазовый светодальномер (тахеометр) или эталонный базисный комплекс 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г., № 2831; Рулетка измерительная металлическая УМЗМ (рег. № 22003-07)
7.3.2	
7.3.3	
7.3.4	

Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям настоящей методики поверки.

3 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационные документы на аппаратуру, имеющие достаточные знания и опыт работы с ней.

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию

на аппаратуру и средства поверки, и аттестованные в качестве поверителя средств измерений в установленном порядке.

4 Требования безопасности

При проведении поверки, меры безопасности должны соответствовать требованиям по технике безопасности согласно эксплуатационной документации на аппаратуру и поверочное оборудование, правилам по технике безопасности, действующим на месте проведения поверки, а также правилам по технике безопасности при производстве топографо-геодезических работ ПТБ-88 (Утверждены коллегией ГУГК при СМ СССР 09.02.1989 г., № 2/21).

5 Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться, следующие нормальные условия измерений:

- температура окружающей среды, °С от -40 до +65.

Полевые измерения (измерения на открытом воздухе) должны проводиться при отсутствии осадков, порывов ветра.

6 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие действующих свидетельств о поверке на эталонные средства измерений;

- аппаратуру и средства поверки привести в рабочее состояние в соответствии с их эксплуатационной документацией;

- аппаратура должна быть установлена на специальных основаниях (фундаментах) или штативах, не подвергающихся механическим (вибрация, деформация, сдвиги) и температурным воздействиям.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие аппаратуры следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики аппаратуры;

- наличие комплектности и маркировки, согласно требованиям эксплуатационной документации на аппаратуру.

Если перечисленные требования не выполняются, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.2 Опробование

7.2.1 При опробовании должно быть установлено соответствие аппаратуры следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов аппаратуры;

- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;

- работоспособность всех функциональных режимов.

7.2.2 Идентификационные данные программного обеспечения (далее – ПО) должны соответствовать данным, приведённым в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
	MP-9-FW	GeoSolution RUS	УОМЗ Топос
Идентификационное наименование ПО	MP-9-FW	GeoSolution RUS	УОМЗ Топос
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.12	не ниже 1.00	не ниже 4.0.200312.175731
Цифровой идентификатор ПО	-	-	-

Для идентификации ПО «MP-9-FW», установленного на аппаратуру необходимо:

- подключиться на персональном компьютере (далее – ПК) к точке доступа (сети Wi-Fi) аппаратуры с названием, соответствующем её серийному номеру;
- открыть на ПК любой веб-браузер, ввести в адресной строке «192.168.10.1», нажать клавишу «Enter»;
- в появившемся окне ввести пароль «password»;
- пройти во вкладку «Об аппаратуре» и посмотреть значение напротив заголовка «Версия ОС».

Для идентификации ПО «GeoSolution RUS», установленного на ПК, в запущенной программе выбрать меню «Помощь», затем «О программе». Данное ПО обеспечивает получение точных позиционных данных и представление результатов в форматах отчетов, необходимых для работы геодезистов.

Для идентификации ПО «УОМЗ Топос», установленного на контроллер, необходимо создать новый проект, нажать на кнопку «О программе». С помощью указанного ПО обеспечивается взаимодействие модулей аппаратуры, настройка и управление рабочим процессом, хранение и передача результатов измерений, а также постобработка измеренных данных.

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика», «Быстрая статика»

Диапазон, абсолютная погрешность измерений длины базиса в режимах «Статика», «Быстрая статика» определяются путем многократных измерений (не менее 5) двух интервалов эталонного базисного комплекса или двух контрольных длин базиса, определённых фазовым светодальномером (тахеометром), 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительные значения которых расположены в диапазоне от 0 до 30,0 км.

Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 4 настоящей методики поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

При использовании контрольных длин базиса, ещё раз измерить эталонным тахеометром ее значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному дальномеру.

В случае, если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, необходимо повторить съёмку аппаратурой заново.

Абсолютная погрешность измерений каждой длины базиса (при доверительной вероятности 0,95) определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле:

$$\Delta L_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_{j_i}}{n_j} - L_{j_0} \right) \pm 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(L_{j_i} - \frac{\sum_{i=1}^n L_{j_i}}{n_j} \right)^2}{n_j - 1}}, \text{ где}$$

ΔL_j – погрешность измерений j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_0} – эталонное значение j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_i} – измеренное испытываемой аппаратурой значение j длины базиса i измерением в плане/по высоте, мм;

n_j – число измерений j длины базиса.

Значения абсолютной погрешности измерений для каждой длины базиса в режимах «Статика», «Быстрая статика» не должны превышать значений, приведенных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Абсолютная погрешность измерений длины базиса для больших длин определяется в режиме «Статика» по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3,0 км до 30,0 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

Сумма приращений координат (невязка координат) не должна превышать значений, вычисленных по формуле:

$$W_{X,Y,Z} = \sqrt{(\Delta_{1X,Y,Z})^2 + (\Delta_{2X,Y,Z})^2 + (\Delta_{3X,Y,Z})^2},$$

где $W_{X,Y,Z}$ – невязка координат в плане/по высоте, мм;

$\Delta_{iX,Y,Z}$ – допустимые значения погрешности приращений координат для i стороны треугольника в плане/по высоте, мм, приведенных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.3.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»

Диапазон, абсолютная погрешность измерений длины базиса в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяются путем многократных измерений (не менее 10) интервала эталонного базисного комплекса или контрольной длины базиса, определённой фазовым светотаблоком (тахеометром), 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительные значения

которых расположены в диапазоне от 0 до 30,0 км.

Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

Провести измерения поверяемой аппаратурой при условиях, указанных в таблице 4 настоящей методике поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

При использовании контрольной длины базиса, ещё раз измерить эталонным тахеометром ее значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному дальномеру. В случае, если измеренная длина отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, необходимо повторить съёмку аппаратурой заново.

Абсолютная погрешность измерений длины базиса (при доверительной вероятности 0,95) определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле:

$$\Delta L = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} - L_0 \right) \pm 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(L_i - \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \right)^2}{n-1}}, \text{ где}$$

ΔL_j – погрешность измерений j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_0} – эталонное значение j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_i} – измеренное испытываемой аппаратурой значение j длины базиса i измерением в плане/по высоте, мм;

n_j – число измерений j длины базиса.

Значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений длины базиса в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)» не должны превышать значений, указанных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Абсолютная погрешность измерений длины базиса для больших длин определяется по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в диапазоне от 3,0 км до 30,0 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

Сумма приращений координат (невязка координат) не должна превышать значений, вычисленных по формуле:

$$W_{X,Y,Z} = \sqrt{(\Delta_{1X,Y,Z})^2 + (\Delta_{2X,Y,Z})^2 + (\Delta_{3X,Y,Z})^2},$$

где $W_{X,Y,Z}$ – невязка координат в плане/по высоте, мм;

$\Delta_{iX,Y,Z}$ – допустимые значения погрешности приращений координат для i стороны треугольника в плане/по высоте, мм, приведенных в Приложении А к настоящей методике

поверки.

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.3.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений длины базиса в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»

Диапазон, абсолютная погрешность измерений длины базиса в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» определяются путем многократных измерений (не менее 5) интервала эталонного базисного комплекса или контрольной длины базиса, определённой фазовым светодальномером (тахеометром), 2 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для координатно-временных средств измерений, утверждённой Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2831 и действительное значение которого расположено в диапазоне от 0 до 30,0 км.

Установить поверяемую аппаратуру над центрами пунктов базиса и привести ее спутниковые антенны к горизонтальной плоскости.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

Включить аппаратуру и настроить ее на сбор данных (измерений) в соответствующем режиме измерений согласно требования руководства по эксплуатации.

Убедиться в правильности функционирования и отсутствии помех приему сигнала со спутников.

Провести измерения на поверяемой аппаратуре при условиях, указанных в таблице 4 настоящей методики поверки.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

При использовании контрольной длины базиса, ещё раз измерить эталонным тахеометром её значения. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному дальномеру. В случае, если измеренная длина отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, необходимо повторить съёмку аппаратурой заново.

Абсолютная погрешность измерений длины базиса (при доверительной вероятности 0,95) определяется как сумма систематической и случайной погрешностей по формуле:

$$\Delta L_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_{j_i}}{n_j} - L_{j_0} \right) \pm 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(L_{j_i} - \frac{\sum_{i=1}^n L_{j_i}}{n_j} \right)^2}{n_j - 1}}, \text{ где}$$

ΔL_j – погрешность измерений j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_0} – эталонное значение j длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_{j_i} – измеренное испытываемой аппаратурой значение j длины базиса i измерением в плане/по высоте, мм;

n_j – число измерений j длины базиса.

Значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) измерений длины базиса в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» не должны превышать значений, указанных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Абсолютная погрешность измерений длины базиса для больших длин определяется по приращению координат замкнутой фигуры (треугольника), длины сторон которой находятся в

диапазоне от 3,0 км до 30,0 км, в соответствии с п. 6.4. МИ 2408-97 «Аппаратура пользователей космических навигационных систем геодезическая. Методика поверки».

Следует последовательно устанавливать аппаратуру на пунктах, образующих треугольник и согласно руководству по эксплуатации выполнить измерения и вычислить приращения координат между пунктами.

Сумма приращений координат (невязка координат) не должна превышать значений, вычисленных по формуле:

$$W_{X,Y,Z} = \sqrt{(\Delta_{1X,Y,Z})^2 + (\Delta_{2X,Y,Z})^2 + (\Delta_{3X,Y,Z})^2},$$

где $W_{X,Y,Z}$ – невязка координат в плане/по высоте, мм;

$\Delta_{iX,Y,Z}$ – допустимые значения погрешности приращений координат для i стороны треугольника в плане/по высоте, мм, приведенных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

7.3.4 Определение абсолютной погрешности определения координат в режиме «Автономный»

Абсолютная погрешность измерений определения координат в режиме «Автономный» определяется с помощью имитатора сигналов космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Измерения следует выполнять в соответствии с руководством по эксплуатации при моделировании имитатором сигналов условий (сценария) неподвижности аппаратуры.

Собрать схему измерений с имитатором сигналов в соответствии с рисунком 1:

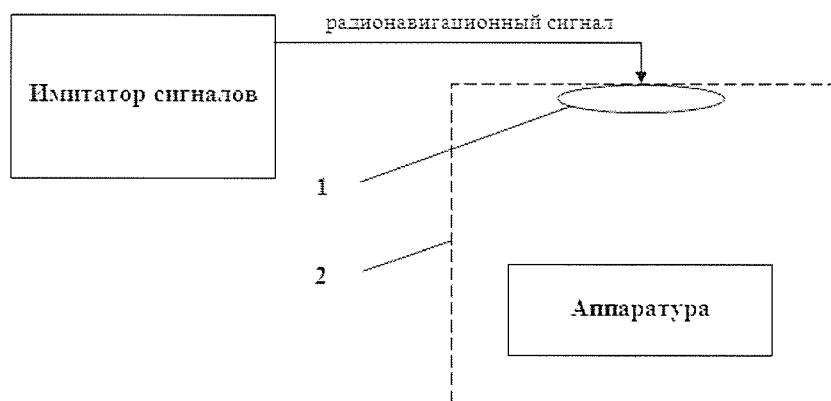


Рисунок 1 – Схема измерений

1 – переизлучающая антенна;

2 – экранированная камера (из состава имитатора сигналов)

Составить сценарий имитации с параметрами, приведенными в таблице 4. Отслеживать значение геометрического фактора PDOP (не должно превышать 3).

Таблица 4

Наименование параметра имитации	Значение параметра имитации
Формируемые спутниковые навигационные сигналы	ГЛОНАСС и GPS (код C/A без SA)
Продолжительность	120 мин.
Количество каналов:	

Наименование параметра имитации	Значение параметра имитации
- ГЛОНАСС	8
- GPS	8
Параметры среды распространения навигационных сигналов: - тропосфера - ионосфера	отсутствует присутствует
Координаты в системе координат WGS-84: - широта - долгота - высота, м - высота геоида, м	60°00'000000 N 030°00'000000 E 100,00 18,00

Запустить сценарий имитации.

Включить образцы аппаратуры и настроить их на сбор данных (измерений) в необходимом режиме согласно требованиям руководства по эксплуатации. Настроить образцы аппаратуры на выдачу результатов измерений в протоколе NMEA. Осуществить запись измерений в формате NMEA сообщений с частотой 1 Гц в течение 120 минут, при условиях, указанных в таблице 5.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Провести постобработку собранных данных с помощью прикладного ПО на ПК.

Абсолютная погрешность измерения вычисляется как сумма систематической и случайной погрешности по выражению:

$$\Delta_{X,Y,H} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{i_{X,Y,H}}}{n_{X,Y,H}} - S_{0_{X,Y,H}} \right) \pm 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(S_{i_{X,Y,H}} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{i_{X,Y,H}}}{n_{X,Y,H}} \right)^2}{n-1}}, \text{ где}$$

$\Delta_{X,Y,H}$ – погрешность измерений координат X, Y, H, мм;

$S_{0_{X,Y,H}}$ – эталонные значения координат X, Y, H задаваемые имитатором сигналов, мм;

$S_{i_{X,Y,H}}$ – измеренные аппаратурой значения координат X, Y, H, мм;

$n_{X,Y,H}$ – число измерений координат X, Y, H.

Примечание.

X, Y – прямоугольные координаты, полученные преобразованием сферических координат (широта, долгота,) по алгоритму ГОСТ Р 51794-2001 «Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек»

Значения абсолютной погрешности определения координат на неподвижном основании не должны превышать значений, указанных в Приложении А к настоящей методике поверки.

Таблица 5

Режим измерений	Количество спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
Статика, Быстрая статика	≥ 6	от 20,0 до 60,0	1
Кинематика, Кинематика в реальном времени (RTK), Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)		от 0,05 до 0,20*	
Измерение координат на неподвижном		120	

Режим измерений	Количество спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
основании			
<p>Испытания проводятся при устойчивом закреплении испытываемой аппаратуры, открытом небосводе, отсутствии электромагнитных помех и многолучевого распространения сигнала спутников, а также при хорошей конфигурации спутниковых группировок.</p> <p>* – после выполнения инициализации или достижения сходимости</p>			

Если хотя бы одно из перечисленных требований не выполняется, аппаратуру признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8 Оформление результатов поверки

8.1. Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту раздела 7 настоящей методики поверки с указанием числовых значений результатов измерений и их оценки по сравнению с допускаемыми значениями.

8.2. При положительных результатах поверки, аппаратура признается годной к применению и на нее выдается свидетельство о поверке установленной формы. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки и (или) поверительного клейма.

8.3. При отрицательных результатах поверки, аппаратура признается непригодной к применению и на нее выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием основных причин.

8.4 В случае применения аппаратуры для работ, не требующих использования всех режимов измерений при периодической поверке по письменному заявлению владельца СИ допускается поверка аппаратуры по сокращенному числу режимов измерений с обязательным указанием в «Свидетельстве о поверке» информации об объеме проведенной поверки.

8.5 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Руководитель отдела
ООО «Автопрогресс-М»



К.А. Ревин

Приложение А
(Обязательное)
Метрологические характеристики

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длины базиса, м	от 0 до 30000
Границы допускаемой абсолютной погрешности определения координат (при доверительной вероятности 0,95) в режиме «Автономный», мм: - в плане - по высоте	$\pm 3 \cdot 1000,0$ $\pm 3 \cdot 1500,0$
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины базиса (при доверительной вероятности 0,95) в режимах: - «Статика» и «Быстрая статика», мм: - в плане - по высоте - «Кинематика» и «Кинематика в реальном времени (RTK)», мм: - в плане - по высоте - «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)», мм: - в плане - по высоте	$\pm 3 \cdot (2,5 + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 3 \cdot (3,5 + 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 3 \cdot (8,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 3 \cdot (15,0 + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 3 \cdot 250,0$ $\pm 3 \cdot 500,0$ где D – измеряемое расстояние в мм