

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Автопрогресс-М»



А.С. Никитин

«15» марта 2018 г.

Аппаратура геодезическая спутниковая TOPCON MR-2

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП АПМ 09-18

г. Москва,
2018 г.

Настоящая методика поверки распространяется на аппаратуру геодезическую спутниковую TOPCON MR-2, производства «Topcon Positioning Systems», США (далее – аппаратура) 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

№ п/п	Наименование операции	№ пункта документа по поверке	Проведение операций при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2	Опробование, проверка работоспособности функциональных режимов, идентификация программного обеспечения	7.2	Да	Да
3	Определение метрологических характеристик	7.3		
3.1	Определение абсолютной и средней квадратической погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика», «Быстрая статика»	7.3.1	Да	Да
3.2	Определение абсолютной и средней квадратической погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика», «Кинематика в реальном времени (RTK)»	7.3.2	Да	Да
3.3	Определение абсолютной и средней квадратической погрешности измерений в режиме «Дифференциальные кодовые измерения DGPS)»	7.3.3	Да	Да

2 Средства поверки

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

Таблица 2

№ пункта документа по поверке	Наименование эталонов, вспомогательных средств поверки и их основные метрологические и технические характеристики
7.3.1	Фазовый светодальномер (тахеометр электронный) 1 разряда по ГОСТ Р 8.750-2011
7.3.2	
7.3.3	Линейные базисы по ГОСТ 8.750-2011 Рулетка РЗНЗК по ГОСТ 7502-98

Допускается применять аналогичные 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.

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 в лабораторных условиях должны соблюдаться, следующие нормальные условия измерений:

- температура окружающей среды, °С (20±5)
- относительная влажность воздуха, %, не более 80
- атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа) 630...800 (84,0...106,7)
- изменение температуры окружающей среды во время поверки, °С/ч, не более 2

Полевые измерения (измерения на открытом воздухе) должны проводиться при отсутствии осадков, порывов ветра и при температуре окружающей среды в диапазоне от -20 до +50 °С.

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).

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие аппаратуры следующим требованиям:

- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики аппаратуры;
- наличие маркировки и комплектности согласно требованиям эксплуатационной документации на аппаратуры.

7.2 Опробование, проверка работоспособности функциональных режимов, идентификация программного обеспечения

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 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) проводить следующим образом:

- для идентификации ПО «Magnet Field», установленного на контроллер, следует запустить ПО, в главном экране нажать клавишу с символом «М», а затем из открывшегося меню выбрать пункт «О программе». после чего номер версии отобразится в открывшемся окне;

- для идентификации МПО «MR-2 firmware», установленного в аппаратуру, необходимо соединиться с приемником через ПО «Topcon Receiver Utility» (далее - TRU), открыть меню «Информация», после чего в открывшемся окне отобразится текущий номер версии МПО;

- для идентификации ПО «Magnet Office Tools», установленного на ПК, необходимо запустить ПО, в главном экране выбрать вкладку «Справка», затем выбрать пункт «О программе».

Номер версии и наименование ПО должно соответствовать данным приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационное наименование ПО	MR-2 firmware	Magnet Field	Magnet Office Tools
Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже	5.1	1	1

7.3 Определение метрологических характеристик

7.3.1 Определение абсолютной и средней квадратической погрешности измерений длины базиса в режимах «Статика» и «Быстрая статика»

Абсолютная и средняя квадратическая погрешности измерений длины базиса в режиме «Статика» и «Быстрая статика» определяются путем многократных измерений (не менее 5) двух контрольных длин базиса, действительные значения которых расположены в диапазоне от 0,1 до 3,0 км и определены электронным тахеометром 1 разряда по ГОСТ Р 8.750-2011.

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

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации и провести обработку данных с использованием штатного ПО к аппаратуре.

Ещё раз измерить эталонным тахеометром длину базиса. Результат измерений не должен отличаться от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонном тахеометру. В случае если измеренная длина базиса отличается от значения L_{j_0} , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонном тахеометру, повторить съёмку аппаратурой заново.

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

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

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 поверяемой аппаратурой значение j длины базиса i измерением в плане/по высоте, мм;

n_j – число измерений j длины базиса.

Средняя квадратическая погрешность измерений каждой длины базиса определяется по формуле:

$$m_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_{ji} - L_{j0})^2}{n_j}},$$

где m_j – средняя квадратическая погрешность измерений j длины базиса.

Значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) и средней квадратической погрешности измерений для каждой длины базиса в режимах «Статика» и «Быстрая статика» должны соответствовать значениям, приведенным в Приложении 1 к настоящей методике поверки.

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

Абсолютная и средняя квадратическая погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» определяются не менее чем 10-и кратным измерением контрольной длины базиса, действительное значения которой расположено в диапазоне от 0,1 до 3,0 км и определено электронным тахеометром 1 разряда по ГОСТ Р 8.750-2011.

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.

Измерить высоту установки антенн аппаратуры с помощью рулетки.

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

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

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Ещё раз измерить эталонным тахеометром длину базиса. Результат измерений не должен отличаться от значения L_0 , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру. В случае если измеренная длина базиса отличается от значения L_0 , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру, повторить съёмку аппаратурой заново.

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

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

где ΔL – погрешность измерений длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_0 – эталонное значение длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_i – измеренное аппаратурой значение длины базиса i измерением в плане/по высоте, мм;

n – число измерений длины базиса.

Средняя квадратическая погрешность измерений длины базиса определяется по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_0)^2}{n}},$$

где m – средняя квадратическая погрешность измерений длины базиса.

Значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) и средней квадратической погрешности измерений длины базиса в режимах «Кинематика» и «Кинематика в реальном времени (RTK)» должны соответствовать значениям, приведенным в Приложении 1 к настоящей методике поверки.

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

Абсолютная и средняя квадратическая погрешности измерений длины базиса в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» определяется не менее чем 10-и кратным измерением контрольной длины базиса, действительное значения которой расположено в диапазоне от 0,1 до 3,0 км и определено электронным тахеометром 1 разряда по ГОСТ Р 8.750-2011.

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.

Выключить аппаратуру согласно требованиям руководства по эксплуатации.

Ещё раз измерить эталонным тахеометром длину базиса. Результат измерений не должен отличаться от значения L_0 , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру. В случае если измеренная длина базиса отличается от значения L_0 , полученного до начала съёмки аппаратурой, более чем на величину погрешности, приписанную эталонному тахеометру, повторить съёмку аппаратурой заново.

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

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

где ΔL – погрешность измерений длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_0 – эталонное значение длины базиса в плане/по высоте, мм;

L_i – измеренное аппаратурой значение длины базиса i измерением в плане/по высоте, мм;

n – число измерений длины базиса.

Средняя квадратическая погрешность измерений длины базиса определяется по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_0)^2}{n}},$$

Значения абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95) и средней квадратической погрешности измерений длины базиса в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)» должны соответствовать значениям, приведенным в Приложении 1 к настоящей методике поверки.

Таблица 4

Режим измерений	Кол-во спутников, шт.	Время измерений, мин	Интервал между эпохами, с.
Статика	≥ 6	от 30 до 60	1
Быстрая статика		от 5 до 15	
Кинематика		от 1 до 1,5	
Кинематика в реальном времени (RTK)		от 0,05 до 0,20	
Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»			
Поверка проводится при устойчивом закреплении поверяемой аппаратуры, открытом небосводе, отсутствии электромагнитных помех и многолучевого распространения сигнала спутников, а также при хорошей конфигурации спутниковых группировок.			

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. Рекомендуемый образец протокола приведен в Приложении 2 к настоящей методике поверки.

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.

Руководитель отдела
ООО «Автопрогресс – М»



К.А. Ревин

Приложение 1 (обязательное)

Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длины базиса, м	от 0 до 30 000
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины базиса (при доверительной вероятности 0,95), мм: - в режиме «Статика» и «Быстрая статика»: - в плане - по высоте - в режиме «Кинематика» и «Кинематика в реальном времени (RTK)»: - в плане - по высоте - в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»: - в плане - по высоте	$\pm 2 \cdot (3,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D),$ $\pm 2 \cdot (5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot (10,0 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ $\pm 2 \cdot 300$ $\pm 2 \cdot 500$ где D – измеряемое расстояние в мм
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений длины базиса, мм: - в режиме «Статика» и «Быстрая статика»: - в плане - по высоте - в режиме «Кинематика» и «Кинематика в реальном времени (RTK)»: - в плане - по высоте - в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»: - в плане - по высоте	$3,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$ $5,0 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D,$ $5,0 + 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot D$ $10,0 + 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot D$ 300 500 где D – измеряемое расстояние в мм

Приложение 2 (рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ №

Аппаратура геодезическая спутниковая TOPCON MR-2, сер. № _____

Дата и время проведения поверки:

Условия проведения поверки:

Внешний осмотр:

Требования	Результаты поверки
отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики аппаратуры	
наличие маркировки и комплектности, согласно требованиям эксплуатационной документации на аппаратуру	

Опробование:

Требования	Результаты поверки
отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов аппаратуры	
правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей	
работоспособность всех функциональных режимов	
наименование ПО, номер его версии	

Результаты поверки в режиме «Статика»:

Измерение длины базиса № 1						
№ изм.	Значение длины базиса в плане, мм	Результат измерений длины базиса в плане, мм	Погрешность измерений длины базиса в плане, мм	Значение длины базиса по высоте, мм	Результат измерений длины базиса по высоте, мм	Погрешность измерений длины базиса по высоте, мм
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее значение			-	Среднее значение		-
Сист. составляющая		-		Сист. составляющая	-	
Случ. составляющая (2σ)		-		Случ. составляющая (2σ)	-	
Абс. погрешность, мм		-		Абс. погрешность, мм	-	
Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм		-		Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм	-	
СКП, мм		-		СКП, мм	-	
Заявляемое значение СКП, не более, мм		-		Заявляемое значение СКП, не более, мм	-	

Измерение длины базиса № 2						
№ изм.	Значение длины базиса в плане, мм	Результат измерений длины базиса в плане, мм	Погрешность измерений длины базиса в плане, мм	Значение длины базиса по высоте, мм	Результат измерений длины базиса по высоте, мм	Погрешность измерений длины базиса по высоте, мм
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее значение			-	Среднее значение		-
Сист. составляющая		-		Сист. составляющая	-	
Случ. составляющая (2σ)		-		Случ. составляющая (2σ)	-	
Абс. погрешность, мм		-		Абс. погрешность, мм	-	
Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм		-		Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм	-	
СКП, мм		-		СКП, мм	-	
Заявляемое значение СКП, не более, мм		-		Заявляемое значение СКП, не более, мм	-	

Результаты поверки в режиме «Быстрая статика»:

Измерение длины базиса № 1						
№ изм.	Значение длины базиса в плане, мм	Результат измерений длины базиса в плане, мм	Погрешность измерений длины базиса в плане, мм	Значение длины базиса по высоте, мм	Результат измерений длины базиса по высоте, мм	Погрешность измерений длины базиса по высоте, мм
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее значение			-	Среднее значение		-
Сист. составляющая		-		Сист. составляющая	-	
Случ. составляющая (2σ)		-		Случ. составляющая (2σ)	-	
Абс. погрешность, мм		-		Абс. погрешность, мм	-	
Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм		-		Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм	-	
СКП, мм		-		СКП, мм	-	
Заявляемое значение СКП, не более, мм		-		Заявляемое значение СКП, не более, мм	-	

Измерение длины базиса № 2						
№ изм.	Значение длины базиса в плане, мм	Результат измерений длины базиса в плане, мм	Погрешность измерений длины базиса в плане, мм	Значение длины базиса по высоте, мм	Результат измерений длины базиса по высоте, мм	Погрешность измерений длины базиса по высоте, мм
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее значение			-	Среднее значение		-
Сист. составляющая		-		Сист. составляющая	-	
Случ. составляющая (2σ)		-		Случ. составляющая (2σ)	-	
Абс. погрешность, мм		-		Абс. погрешность, мм	-	
Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм		-		Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм	-	
СКП, мм		-		СКП, мм	-	
Заявляемое значение СКП, не более, мм		-		Заявляемое значение СКП, не более, мм	-	

Результаты поверки в режиме «Кинематика»:

Измерение длины базиса						
№ изм.	Значение длины базиса в плане, мм	Результат измерений длины базиса в плане, мм	Погрешность измерений длины базиса в плане, мм	Значение длины базиса по высоте, мм	Результат измерений длины базиса по высоте, мм	Погрешность измерений длины базиса по высоте, мм
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Среднее значение			-	Среднее значение		-
Сист. составляющая		-		Сист. составляющая	-	
Случ. составляющая (2σ)		-		Случ. составляющая (2σ)	-	
Абс. погрешность, мм		-		Абс. погрешность, мм	-	
Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм		-		Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм	-	
СКП, мм		-		СКП, мм	-	
Заявляемое значение СКП, не более, мм		-		Заявляемое значение СКП, не более, мм	-	

Результаты поверки в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)»:

Измерение длины базиса						
№ изм.	Значение длины базиса в плане, мм	Результат измерений длины базиса в плане, мм	Погрешность измерений длины базиса в плане, мм	Значение длины базиса по высоте, мм	Результат измерений длины базиса по высоте, мм	Погрешность измерений длины базиса по высоте, мм
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Среднее значение			-	Среднее значение		-
Сист. составляющая		-		Сист. составляющая	-	
Случ. составляющая (2σ)		-		Случ. составляющая (2σ)	-	
Абс. погрешность, мм		-		Абс. погрешность, мм	-	
Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм		-		Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм	-	
СКП, мм		-		СКП, мм	-	
Заявляемое значение СКП, не более, мм		-		Заявляемое значение СКП, не более, мм	-	

Результаты поверки в режиме «Дифференциальные кодовые измерения (DGPS)»:

Измерение длины базиса						
№ изм.	Значение длины базиса в плане, мм	Результат измерений длины базиса в плане, мм	Погрешность измерений длины базиса в плане, мм	Значение длины базиса по высоте, мм	Результат измерений длины базиса по высоте, мм	Погрешность измерений длины базиса по высоте, мм
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Среднее значение			-	Среднее значение		-
Сист. составляющая		-		Сист. составляющая	-	
Случ. составляющая (2σ)		-		Случ. составляющая (2σ)	-	
Абс. погрешность, мм		-		Абс. погрешность, мм	-	
Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм		-		Заявляемое значение абс. погреш., не более, мм	-	
СКП, мм		-		СКП, мм	-	
Заявляемое значение СКП, не более, мм		-		Заявляемое значение СКП, не более, мм	-	