

ТЕСТОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ TRIMBLE RTX НА ТЕРРИТОРИИ РФ

Г.В. Володяев («Руснавгеосеть»)

В 2001 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-астрономогеодезист». С 2011 г. работает в компании «Руснавгеосеть», в настоящее время — технический эксперт.

Trimble Centerpoint RTX — это сервис поправок для высокоточного определения координат (PPP), обеспечивающий сантиметровый уровень точности позиционирования без использования базовой RTK станции или VRS инфраструктуры. Сервис Trimble Centerpoint RTX является самым точным среди семейства сервисов Trimble RTX. При съемке с использованием сервиса Trimble Centerpoint RTX координаты вычисляются и сохраняются в системе координат ITRF 2008 эпохи 2005.0.

Пользователи могут получить уточненные координаты двумя основными способами.

1. Отправить файл измерений ГНСС-приемником в режиме статики для его обработки через сайт <https://trimble-rtx.com> и получить результат вычислений в виде отчета на указанную электронную почту.

2. Дополнить свой полевой комплект ГНСС-приемника средствами приема корректирующей информации в режиме реального времени. Эта возможность является опционной для конкретного перечня моделей ГНСС-приемников. Прием корректирующей информации может осуществляться двумя способами: непосредственно со специализированного гео-стационарного спутника

(рис. 1) или с помощью Интернет-соединением. В полевых условиях Интернет-соединение, в подавляющем большинстве случаев, осуществляется с использованием сотового модема. Результатом будут откорректированные в режиме реального времени координаты измеряемых точек, например, при съемке или разбивке.

Сотрудники ООО «Руснавгеосеть» провели тестовые испытания работы сервиса Trimble Centerpoint RTX на территории России, целью которых было определить следующее:

— соответствие точности результатов, полученных с

помощью сервиса, декларируемой точности;

— время сходимости результатов в режиме реального времени при приеме коррекций от спутника для заданной точности;

— разность между координатами, полученными разными техническими средствами и методами.

Для тестирования был выбран ГНСС-приемник S-Max GEO МПО 3.83 с контроллером MM50 и полевым программным обеспечением СПУТНИК версии 2.5.0.1850.

Испытания проводились 3 августа 2019 г. на территории, расположенной на северо-

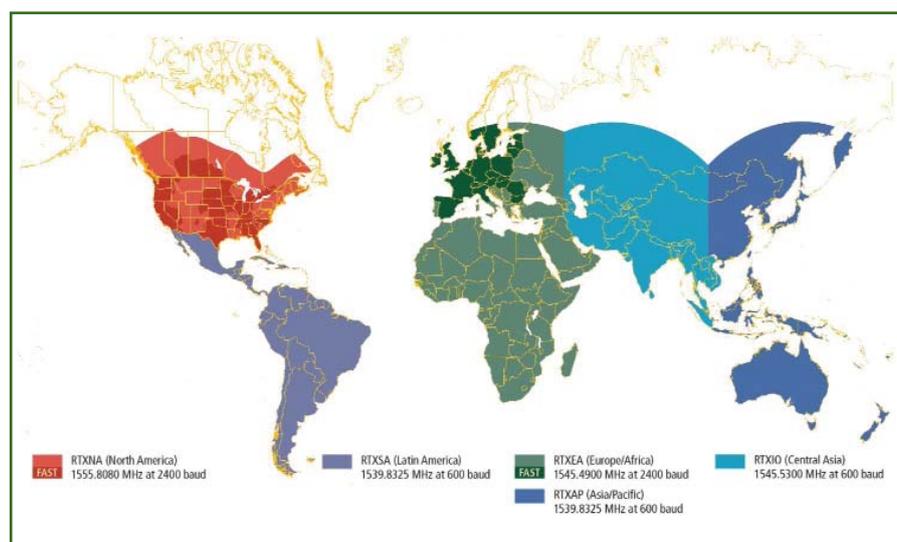


Рис. 1

Схема покрытия территории земного шара сервисом Trimble RTX на 2019 г.

западе Московской области (координаты места испытаний



Рис. 2
Общий вид ГНСС-приемника на вешке с биподом

Среднее квадратическое отклонение (СКО) координат ГНСС-приемника при измерении в режиме статики

Таблица 1

Наименование координат	Значения координат в ITRF2008 на эпоху 2005.0	СКО, м
X	2 900 743,688 м	0,006
Y	2 056 801,846 м	0,007
Z	5 277 392,859 м	0,010
Широта	56° 12' 20,65481" N	0,005
Долгота	35° 20' 20,16744" E	0,004
Высота	210,578 м	0,012

— N 56° 12' 20", E 35° 20' 20"). В качестве стационарного спутника был выбран спутник AUTO RTXEA.

Последовательность испытаний

Приемник был установлен на вешке с биподом (рис. 2). Это гарантировало его неподвижное положение в течение всего времени измерений в режиме статики. Местоположение вешки не менялось на протяжении всего времени испытаний.

1. Измерения в режиме статики

В течение 23 мин. и 15 с записывался файл с частотой записи 15 с. За этот промежуток времени наблюдалось 11 навигационных спутников GPS (G01, G03, G11, G14, G17, G18, G19, G22, G23, G31, G32) и 8 ГЛОНАСС (R05, R07, R14, R15, R16, R21, R22, R23). Было использовано и обработано 134 эпохи.

Оценка точности измеренных координат приведена в табл. 1.

Полученные значения СКО координат использовались для сравнительного анализа при дальнейших испытаниях.

2. Последовательные измерения координат неподвижного приемника

Выполнялось две серии измерений, каждая из которых включала последовательную

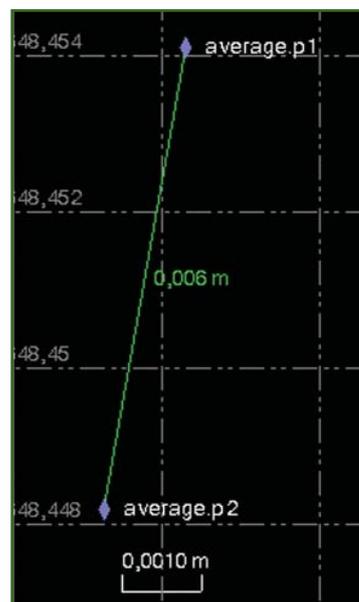


Рис. 4
Вычисленное среднее положение вешки в серии p1 и серии p2

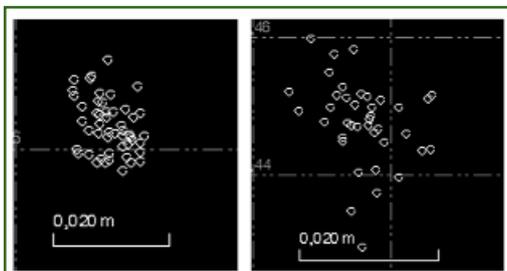


Рис. 3
График рассеивания измеренных координат вешки относительно ее вычисленного среднего положения в серии p1 (слева) и серии p2 (справа)

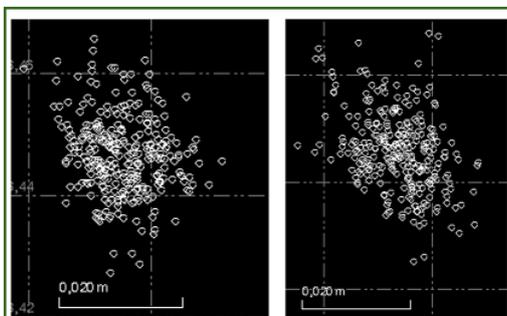


Рис. 5
График рассеивания измеренных координат вешки относительно ее вычисленного среднего положения в серии cont.1 (слева) и серии cont.2 (справа)

запись 50 значений координат вешки.

Максимальные радиусы рассеивания измеренного положения вешки в плане относительно вычисленного среднего положения в серии составили 12 мм для серии p1 и 19 мм для серии p2 (рис. 3), что говорит о хорошей сходимости в каждой серии.

Расстояние между средним положением вешки в серии p1 (average.p1) и серии p2 (average.p2) составило 6 мм в плане и 29 мм по высоте (рис. 4).

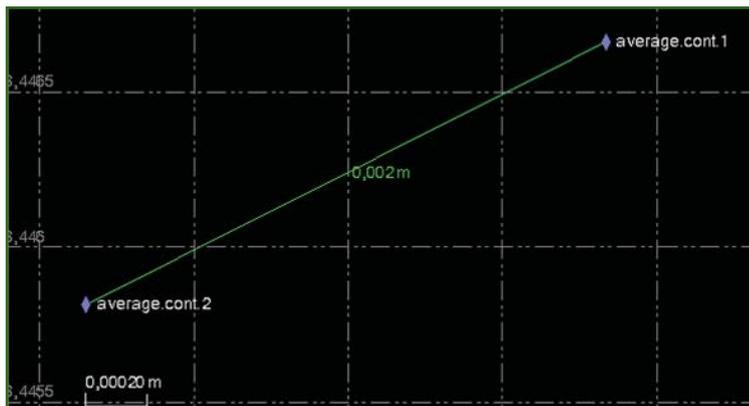


Рис. 6

Вычисленное среднее положение вешки в серии cont.1 и серии cont.2

3. Автоматическая запись координат неподвижного приемника

Проводилась автоматическая запись измеренных координат через каждые 2 с. Было выполнено две серии измерений (cont.1 и cont.2) с записью координат 300 точек в каждой. Максимальный радиус рассеивания измеренных координат вешки в плане относительно вычисленного среднего положения для каждой из серий составил 19 мм (рис. 5), что говорит о хорошей сходимости в каждой серии.

Расстояние между средним положением вешки в каждой серии (average.cont.1 и average.cont.2) составило 2 мм в плане и 21 мм по высоте (рис. 6).

Вычисленные средние положения вешки (average.p12 и average.cont.12), приведенные

на рис. 7, в дальнейшем использовались для проверки результатов измерений траекторий подвижного приемника.

4. Измерение трех траекторий с выходом на точку с известными координатами

В качестве точки с известными координатами была принята вешка, которая не изменяла своего положения в течение всех измерений. Приемник снимали (отвинчивали) с вешки и перемещали на расстояние 15–20 м. Включали запись измерений, а приемник перемещали по направлению к вешке и, после закрепления на ней, выключали. Было измерено три траектории (Track.01.018, Track.02.012 и Track.03.012), положение которых показано на рис. 8.

Измеренные координаты конечных точек траекторий

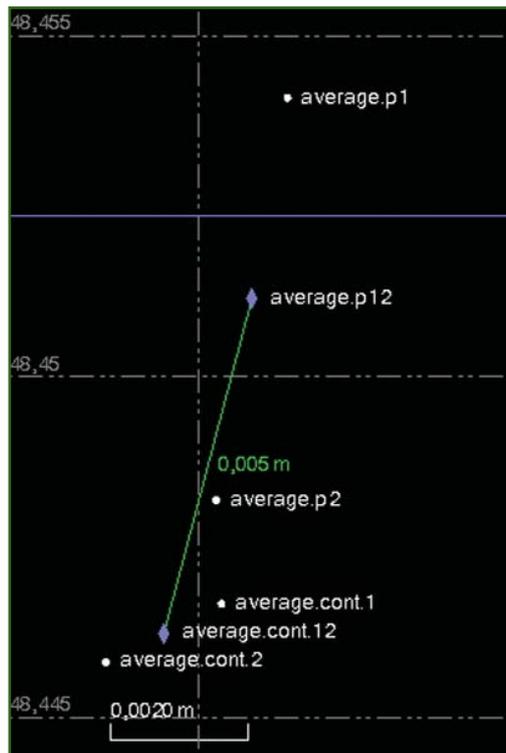


Рис. 7

Вычисленное среднее положение вешки average.p12 и average.cont.12

Track.01.018, Track.02.012 и Track.03.012 сравнивались с вычисленными средними значениями координат вешки

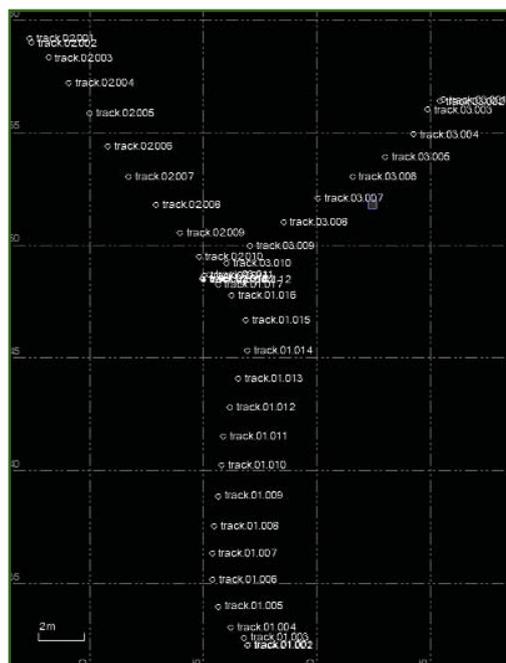


Рис. 8

Положение траекторий Track.01.018, Track.02.012 и Track.03.012

Линейное смещение конечной точки траектории L		Таблица 2
Точка с вычисленными средними координатами	Конечная точка траектории	L, мм
average.p.12	Track.01.018	40
	Track.02.012	77
	Track.03.012	45
average.cont.12	Track.01.018	44
	Track.02.012	78
	Track.03.012	48

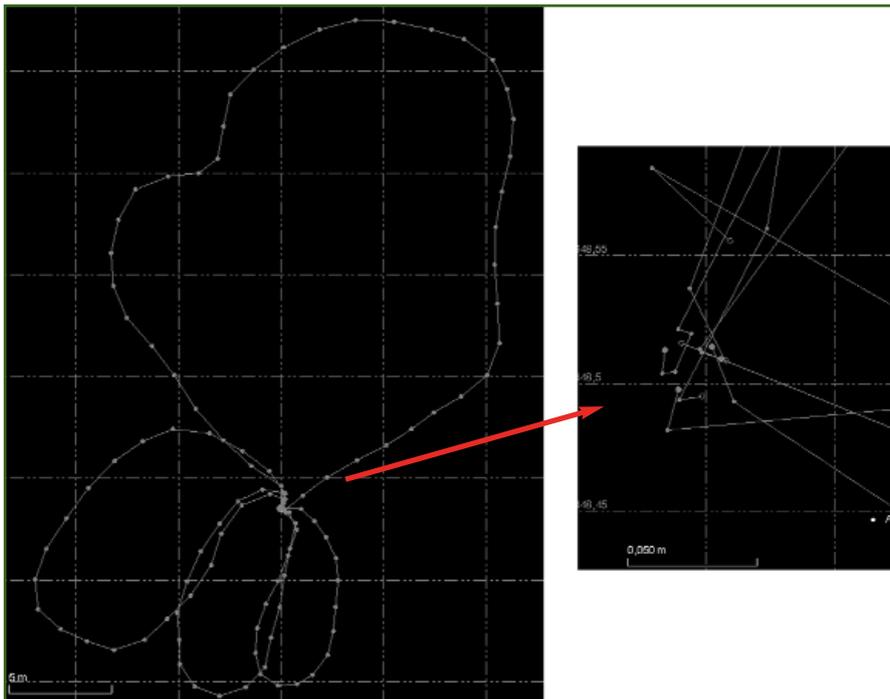


Рис. 9
Замкнутые траектории

при тестировании — average.p12 и average.cont.12 (см. рис. 7) и по разности координат вычислялось линейное смещение конечной точки траектории L (табл. 2).

5. Измерение замкнутых траекторий

Было измерено четыре замкнутых траектории, в которых фактическое положение первой и последней точек совпадали. В качестве этой точки принималась вешка. Для удобства все измерения на неподвижном приемнике были усреднены (точка A на рис. 9).

Было записано четыре траектории, для которых опреде-

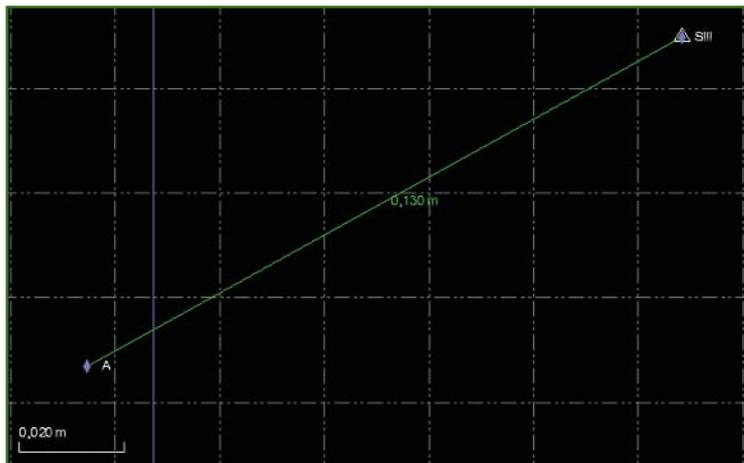


Рис. 10
Отклонения от средней точки A

лены отклонения от средней точки A (табл. 3).

▼ **Сравнение точности сервиса Trimble CenterPoint RTX при постобработке и в режиме реального времени**

Поскольку измерения в режиме реального времени при неподвижном приемнике по всем сериям имели отклонения от средней величины, не превышающие 2 см, то для наглядности сравнения была выбрана именно точка A (рис. 10).

Проведенные испытания позволяют сделать следующие выводы. Сходимость и повторяемость результатов измерений в режиме реального времени и постобработки с использованием коррекции по технологии Trimble RTX находится на уровне первых сантиметров, что позволяет применять этот метод, например, при выполне-

нии землеустроительных и кадастровых работ.

Тем не менее, требуются дополнительные исследования, в связи с некоторыми различиями между полученными результатами постобработки на уровне 10–15 см, которые, возможно, могут быть устранены за счет введения постоянной поправки для конкретного региона.

Отклонение положения начала и конца траекторий от средней точки A		Таблица 3	
Наименование траектории	Отклонение от точки A, мм		
	Начало траектории	Конец траектории	
track.04	91	101	
track.05	92	82	
track.06	86	84	
track.07	104	122	