

УДК 528

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ  
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВА. Д. ТИХОНОВ<sup>1</sup>, С. О. МАКАРОВ<sup>2</sup><sup>1</sup>Государственный университет по землеустройству<sup>2</sup>Российский университет транспорта (МИИТ)

Москва, Россия

При создании геодезических сетей, необходимых для проектирования и содержания достаточно протяженных линейных объектов, когда речь идет о сотнях километров, например, линии железной дороги, важным моментом является выбор исходной геодезической основы. По традиции, различными инструкциями предписано использовать как основу пункты ГГС. Но такое решение часто не удобно, т. к. часть пунктов ГГС может быть утрачена, а невязки сохранившихся пунктов могут быть значительными. Актуальность данного вопроса возрастает в связи с введением скоростного движения и повышения требований к точности геодезического обеспечения. В этой связи возможность определить координаты пунктов в глобальной системе координат (ITRF) с высокой точностью и без опоры на каркасные пункты выглядит очень перспективно.

Для реализации метода PPP (Precise Point Positioning) необходимы длительные спутниковые наблюдения (от одного часа и выше). Полученные данные обрабатываются с использованием спутниковой корректирующей информации, содержащей поправки к эфемеридам и времени бортовых часов навигационных спутников и атмосферных поправок в пределах локальной области, позволяющей определять пространственные координаты объектов с высокой точностью [1].

На сегодняшний день методы высокоточных координатных определений (далее «PPP») можно разделить на три обобщенные группы:

1) PPP (Float PPP) – реализация метода без разрешения целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений;

2) PPP-AR (Integer PPP) – с разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений;

3) PPP-RTK – с разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений и использованием атмосферных коррекций в пределах локальной области.

При этом методы PPP можно реализовать как апостериорном режиме, так и в режиме реального времени [2]. В первом случае результат на этапе камеральной обработки – через коммерческие программные обеспечения либо через специализированные сервисы. В качестве интернет-сервисов можно

назвать следующие: Automatic Precise Points Positioning (APPS), Canadian Spatial Reference System Precise Points Positioning (CSRS-PPP), GNSS Analysis and Positioning Software (GAPS), magic-PPP Precise Points Positioning Solution (magic GNSS), RTX-обработка и др. Также существует возможность применения различных программных обеспечений, например: RTKLIB, GPS Toolkit, Bernese, Waypoint GrafNAV, GIPSY-OASIS.

Преимуществами Precise Points Positioning (PPP) должны являться: использование одного ГНСС-приемника, независимость точности от удаления от базовой станции в отличие от любого другого метода.

Достижимый уровень точности при использовании Trimble RTX достигает 2 см в плане и 6 см по высоте, если файл измерений по продолжительности минимум 1 ч. Однако при увеличении продолжительности до суток (не более того) точность может достигнуть 1 см в плане и 3 см по высоте [3].

В качестве практического эксперимента были выбраны два пункта входящих в состав дифференциальной сети EFT-CORS – MSK-2 и PERM, расположенных на расстоянии 1157 км. Продолжительность спутниковых измерений составила 2 ч. Сравнения приращения координат до обработки («сырые данные») и обработанные через PPP-алгоритм, используя RTX-обработку, можно заметить, что плановая погрешность не превышает 2,5 см, а высотная – 4,3 см.

**Вывод.** Несмотря на отсутствие разрешающей документации, инструкций и описанных методик, применение PPP-алгоритма дает не доступные для других способов возможности. Абсолютная точность сравнима с определением координат в статике. Относительная точность – при рассмотрении линии в несколько десятков или даже сотен километров вне конкуренции, особенно если учитывать простоту организации измерений, время на полевые и камеральные работы. Данный метод, без сомнения, в будущем будет востребован при геодезических сетевых построениях как для нужд ж.-д. транспорта, так и в других областях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kouba, J.** A guide to using International GNSS Service (IGS) products / J. Kouba. – 2015. – 34 с.
2. **Антонович, К. М.** Совершенствование методики точного дифференциального позиционирования по результатам ГНСС-измерений (Precise Points Positioning) / К. М. Антонович, Л. А. Липатников // Изв. высших учебных заведений. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2013. – № 4. – С. 44–47.
3. Trimble RTX [Electronic resource]. – Mode of access: <https://trimblertx.com/>. – Data of access: 27.01.2021.