

УДК 528

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ КООРДИНАТНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

С. О. МАКАРОВ¹, А. Д. ТИХОНОВ²

¹Российский университет транспорта (МИИТ)

²Государственный университет по землеустройству
Москва, Россия

Благодаря активному развитию вычислительных и телекоммуникационных технологий появилась возможность использования высокоточных эфемерид, алгоритмов с задержкой и данные полученных с дифференциальных сетей, вследствие чего стало возможным использование не только освоенных классических методов обработки спутников данных, но и более современных.

В начале двухтысячных годов XXI в. в NASA (Nasa Jet Propulsion Laboratory) был разработан метод высокоточных координатных определений или по-другому Precise Point Positioning (далее «PPP»). Однако термин «метод высокоточных координатных определений» еще не устоялся в российской геодезической терминологии, а какая-либо регламентирующая информация в зарубежном и российском научном сообществах в настоящее время отсутствует, вследствие чего принято сохранять аббревиатуру PPP.

Для реализации PPP-алгоритма требуются высокоточные эфемериды, локальные модели ионосферы и тропосферы, помимо этого вводятся поправки за движение литосферных плит; приливы, отливы и иные факторы, оказывающие влияние на получаемую точность. Метод не является разностным и не обладает свойством компенсации односторонне действующих ошибок, поэтому надежное определение его современных возможностей является актуальной задачей.

На сегодняшний день существует возможность обработки данных по PPP-алгоритму как с использованием программных обеспечений, так и интернет-сервисов. В качестве интернет-сервисов могут быть названы следующие: Automatic Precise Points Positioning (APPS), Canadian Spatial Reference System Precise Points Positioning (CSRS-PPP), GNSS Analysis and Positioning Software (GAPS), magic-PPP (magic GNSS), Trimble-RTX и ряд других. В свою очередь, среди программных обеспечений: GPS Toolkit, Bernese, Waypoint GrafNET, GIPSY-OASIS, RTKLIB.

Главные отличия интернет-сервисов от программных обеспечений заключаются в том, что:

- 1) интернет-сервисы предоставляют бесплатную возможность обработки данных по PPP-алгоритму;
- 2) время обработки по PPP-алгоритму с использованием интернет-сервисов несколько меньше, чем при использовании программных обеспечений.

Однако постепенно развивается не только обработка по алгоритмам PPP-AR, PPP-interger, но и по PPP-RTK.

PPP-RTK – метод высокоточного абсолютного определения местоположения с разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений и использованием атмосферных коррекций в пределах локальной области.

Кинематика в реальном времени позволяет получить поправки к разрешению целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений, а PPP – к эфемеридно-временной информации. PPP-RTK реализуется через поток поправок в формате RTCM-SSR (State Space Representation).

На сегодняшний день существует платная возможность реализации PPP-RTK с использованием специализированных платных интернет-сервисов [1].

Данные решения доступны не так давно и обычно они платные, поэтому пока не очень распространены на территории нашей страны, хотя и в этом направлении есть положительные изменения.

Примером может служить использование Beidou B2b service (B2B – это специализированный коррекционный сигнал, прием которого открыт в определенных приемниках) [2]. Для того чтобы воспользоваться данным сервисом, необходим современный спутниковый приемник, способный, помимо сигналов с навигационных спутников, принимать поправки с соответствующих геостационарных:

1) спутник GEO-1 C59 – доступен на востоке России в районе Южно-Сахалинска (на большей части страны не виден);

2) спутник GEO-2 C60 – доступен в Новосибирске и Новосибирской области. Ограниченно доступен в Москве и Московской области на открытых пространствах на высоте около 10 град над горизонтом (необходимо понизить маску принимаемых спутников, отсекаемых по умолчанию).

Спутники GEO-3 C60 и GEO-4 C61, находящиеся на этапе тестирования, в ближайшее время еще расширят территории, где будет возможен прием данных сигналов.

По утверждениям производителя точность определения координат составляет 1...2 дм, что конечно хуже точности обычного RTK, но подходит для большого круга задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Макаров, С. О.** Сравнение точности геодезических сетей, координаты которых определены с использованием метода высокоточных координатных определений и классической постобработкой / С. О. Макаров, А. Д. Тихонов // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 6. – С. 103–108.

2. **Тихонов, А. Д.** Использование PPP-алгоритма обработки данных для создания геодезических сетей / А. Д. Тихонов, А. А. Кочиев // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2021. – № 6. – С. 464–468.