

УДК 528.16:681.3

О. В. Кравченко, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АВТОНОМНЫХ И ОТНОСИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ СПУТНИКОВЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ КООРДИНАТ ПОД ПОЛОГОМ ДРЕВОСТОЯ**

В статье рассмотрены вопросы применения автономных и относительных методов спутниковых определений координат под пологом древостоя. Приведены результаты точности определения координат пунктов приемниками навигационного и геодезического классов точности для создания на землях лесного фонда пунктов опорной геодезической сети, оценки границ лесных площадей, привязки аэро- и космических снимков, оперативного обновления картографической информации в ГИС. Сделаны предложения по повышению точности и надежности результатов спутниковых измерений.

The article considers the application of autonomous and relative methods of the satellite coordinates setting under the canopy of trees. The results of the accuracy of determining the coordinates of points of receivers navigation and geodetic accuracy classes to create on the lands of forest fund points geodetic control network, assessment of the boundaries of forest land, binding aerial and space images, efficient updating of cartographic information for GIS. Make proposals for improving the accuracy and reliability the results of satellite measurements.

Введение. Выполнение геодезических измерений с применением GPS-оборудования для целей лесоустройства и данных учета лесного фонда имеет существенные преимущества перед традиционными методами геодезических измерений.

Такие методы дают возможность автоматизировать процесс сбора и навигационной привязки данных лесных измерений, исключают необходимость прямой видимости между пунктами, позволяют выполнять наблюдения в любую погоду, как в дневное, так и ночное время и др. Однако применение GPS-оборудования при работе под пологом древостоя имеет свои особенности, затрудняющие прохождение сигналов от спутников до GPS-приемников, что отрицательно сказывается на точности позиционирования.

Целью исследований является анализ точности результатов автономных и относительных методов спутниковых определений с возможностью дальнейшего использования полученных данных для создания на землях лесного фонда пунктов опорной геодезической сети, оценки границ лесных площадей, привязки аэро- и космических снимков, оперативного обновления картографической информации в ГИС.

Основная часть. Полевые измерения выполнены на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза навигационными приемниками GPS Etrex, GPSmap 60C фирмы Garmin и одночастотными приемниками геодезического класса Trimble R3.

Навигационными приемниками были выполнены определения геодезических координат пунктов под кронами деревьев в стандартном режиме и с подключением функции приема сигналов со спутников EGNOS. В результате полевых определений были получены координаты опорных пунктов в геоцентрической системе WGS-84.

Для оценки точности результатов автономных определений сделаны преобразования геоцентрических координат в местную систему координат, используемую на территории лесхоза. Сравнив координаты исходных пунктов с полученными результатами измерений, вычислили погрешности определений координат пунктов по формулам:

$$m_x = X_{\text{изм}} - X_{\text{ист}};$$

$$m_y = Y_{\text{изм}} - Y_{\text{ист}},$$

где m_x, m_y – погрешности в определении положения пункта; $X_{\text{изм}}, Y_{\text{изм}}$ – координаты, измеренные навигационными приемниками; $X_{\text{ист}}, Y_{\text{ист}}$ – истинные координаты пунктов.

Средняя квадратическая погрешность положения пункта в плане рассчитана по формуле

$$M_{x,y} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}.$$

Результаты оценки точности представлены в таблице.

Результаты оценки точности навигационных определений, м

Режим измерений	Приемник Garmin GPSmap 60C			Приемник Garmin GPS Etrex		
	m_x	m_y	$M_{x,y}$	m_x	m_y	$M_{x,y}$
Стандартный режим	6,45	7,61	9,98	6,85	9,94	12,08
Прием сигналов со спутников EGNOS	7,88	8,46	11,56	9,11	10,41	13,84

Проанализировав данные таблицы, можно с определенной долей уверенности сказать, что использование сигналов EGNOS не только не улучшает, а даже ухудшает точность определения координат. Это объясняется отсутствием на территориях нашей республики и России сети базовых станций, которые бы могли правильно и точно вычислять ионосферные задержки и через геостационарные спутники ретранслировать их пользователям.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что точность определения координат опорных пунктов навигационными приемниками находится в пределах 10–12 м в плане, что вполне достаточно для выполнения привязки аэро- и космических снимков при создании тематических карт лесных ресурсов. Эти цифры соответствуют данным, приведенным в [1, 2].

Если использовать для привязки материалов аэрокосмических съемок существующие планы или карты, то следует учитывать, что средняя погрешность положения точек и контуров на таких картах и планах обычно составляет 0,75 мм в масштабе карты [1].

Например, точность определения контуров на топографической карте масштаба 1:50 000 соответствует на местности расстоянию в 30–40 м, а с использованием GPS-приемника дает точность в пределах 10–12 м.

При использовании одночастотных приемников геодезического класса Trimble R3 в режиме «fast static» (быстрая статика) точность определения координат опорных пунктов может составлять порядка 0,15 см в плане [3–6].

Кинематический режим «stop & go» (стою – иду) позволяет получить координаты точек под пологом древостоя с погрешностью в плане порядка 1,2 м.

Режим кинематической съемки «on the fly» позволяет оперативно выполнить полевые измерения по сравнению с традиционной наземной геодезической съемкой (теодолитной или буссольной). Однако его существенным недостатком при проведении измерений на покрытой лесом территории является постоянная потеря сигналов от спутников и затраты времени на повторную инициализацию.

Поэтому для повышения надежности полученных результатов измерений лучше использовать комбинированный метод съемки лесных площадей, когда граница выдела определяются в режиме «on the fly», но при этом в нескольких местах траектории движения приемника координируются точки в режиме «stop & go».

Такой прием позволяет периодически инициализировать приемник на местности и таким образом повышает точность местоопределения при небольших затратах времени.

В итоге точность определения лесных площадей в плане кинематическим режимом колеблется в пределах от 1,4 до 2 м. Наибольшая точность в определении местоположения достигнута в сосновых древостоях (1,30–1,36 м). Примерно одинаковыми по точности получились результаты координирования в еловых и березовых древостоях (1,55 и 1,62 м соответственно). Наименьшая точность определения площадей получена в черноольшаниках (порядка 2 м).

Выводы. При работе приемниками навигационного класса для получения точности выше 10–12 м в плане предварительно нужно проводить выбор соответствующих мест расположения опорных точек, а при возможности и необходимости выполнять расчистку этих мест от растительности.

При работе одночастотными GPS-приемниками для повышения точности и надежности геодезической информации необходимо на этапе планирования спутниковых измерений:

- получать альманах, включающий данные о спутниках, их положении, времени восхождения и нахождения в пределах заданной территории;
- определять лучшие «окна» для спутниковых измерений.

При проведении полевых измерений:

- количество наблюдаемых спутников над каждым определяемым пунктом должно быть не менее 6;
- делать избыточные измерения;
- для кинематических режимов («stop & go», «on the fly») увеличивать время пребывания (количество эпох измерений) на пункте в 5–6 раз по сравнению с установленным в приемнике по умолчанию;
- до начала полевых измерений рекомендуется создавать свой собственный стиль съемки в приемнике;
- при работе в кинематическом режиме «on the fly» под пологом древостоя необходимо в нескольких местах траектории движения приемника координировать точки в режиме «stop & go».

На этапе постобработки результатов в камеральных условиях:

- проводить анализ данных со спутников;
- исключать те промежутки времени, когда прием сигналов был слабым, что позволит повысить точность определения координат в 4–5 раз.

Данные исследований показывают, что система спутниковой навигации может быть использована для решения следующих практических задач в лесном хозяйстве и лесоустройстве:

- отвод лесосек главного пользования;
- отвод участков (лесных площадей) лесокультурного фонда;
- плановая привязка аэро- и космических снимков для подготовки планово-картографических материалов лесоустройства.

Литература

1. Парахин С. В., Бейчук О. Н., Терентьева Л. С. Поиск пунктов ГГС с помощью навигационного приемника GPS и ГИС «Карта 2005» // Геопрофи. 2007. № 2. С. 16–18.

2. Манович В. Н., Максимук В. В. Применение навигационных приемников GPS для построения цифровых карт и планов лесных ресурсов // Геопрофи. 2003. № 5. С. 7–8.

3. Trimble Geomatics Office. User manual / Trimble Navigation limited. Sunnyvale, 2001. 144 p.

4. Wave Baseline Processing. User manual / Trimble Navigation limited. Sunnyvale, 2001. 84 p.

5. Network Adjustment. User manual / Trimble Navigation limited. Sunnyvale, 2001. 113 p.

6. Кравченко О. В. Исследование точности координирования пунктов одночастотной спутниковой аппаратурой Trimble R3 под пологом древостоя // Науки о Земле на современном этапе: сб. статей VI Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 15 нояб. 2012 г. / Науч. журн. «Естественные и технические науки»; науч. изд. «Спутник+». М., 2012. С. 45–49.

Поступила 28.01.2014