

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ МЕЖЕВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ (ПРОЕКТ «МОСКВА»)

В.В. Бойков (ФГУП «Госземкадастръемка»)

В 1967 г. окончил Военно-инженерную академию им. В.В. Куйбышева. С 1967 г. по 1994 г. проходил службу в ВС РФ. В настоящее время — начальник Центра спутниковых технологий ФГУП «Госземкадастръемка».

Е.С. Пересадько (ФГУП «Госземкадастръемка»)

В 1960 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК. С 1960 г. по 1994 г. проходил службу в ВС РФ. В настоящее время — заместитель начальника Центра спутниковых технологий ФГУП «Госземкадастръемка».

➤ Особенности Спутниковой системы межевания земель (ССМЗ)

В ССМЗ реализована технология высокоточного определения пространственных координат с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГЛОНАСС и GPS) и сети постоянно действующих опорных (референцных) станций. ССМЗ позволяет определять пространственные координаты точек местности на обслуживаемой территории в режиме реального времени (RT) и в режиме статики (постобработки).

Технология работы ССМЗ заключается в следующем (подробно состав и структура ССМЗ описаны в журнале *Геопрофи*. — 2004. — № 1. — С. 23–27. — *Прим. ред.*). Референцные станции (РС), оснащенные спутниковыми приемниками RS500 (Leica Geosystems, Швейцария), круглосуточно в автономном режиме принимают со спутников глобальных навигационных спутниковых систем измерительную информацию (кодовые

и фазовые измерения на двух частотах) и передают ее в вычислительный центр (ВЦ) ССМЗ по быстродействующим каналам связи.

ВЦ для обеспечения работы пользователей в режиме RT на фиксированный момент времени (ежесекундно) выполняет сетевое (многостанционное) уравнивание, результатом которого является корректирующая модель, аппроксимирующая на обслуживаемой территории влияние различного рода погрешностей.

Пользователь, работающий со спутниковым приемником в режиме RT, передает по каналу связи GSM свои навигационные координаты в ВЦ, откуда по этому же каналу получает корректирующую информацию, отнесенную к точке стояния антенны приемника. Используя собственные измерения и корректирующую информацию, пользователь вычисляет точные координаты. Весь цикл сетевого решения в ВЦ составляет 1 с, а вычисление координат пользователем занимает менее 1 мин.

Поступающая в ВЦ информация архивируется для последующего использования в режиме постобработки. Если пользователь работает в режиме статики, то он может самостоятельно вычислить координаты точек, используя измерительную информацию референцных станций, либо передать результаты измерений в ВЦ для постобработки. При постобработке обмен данными между пользователем и ВЦ осуществляется посредством Интернет (через FTP или WEB-серверы) или с помощью внешних носителей информации. В режиме постобработки координаты точек пользователя вычисляются по базовым линиям.

С октября 2004 г. в течение 6 месяцев проводилась опытная эксплуатация ССМЗ. В ней приняли участие: Ассоциация частных землемеров (ООО «Земресурс», ЗАО «Межевая коллегия»), ГУП «Мосгоргеотрест» (см. *Геопрофи*. — 2004. — № 3. — С. 50–52), 29-й НИИ МО РФ, ЗАО «ПРИН».

Специалистами этих организаций были выполнены работы



Рис. 1

Расположение референционных станций проекта «Москва» и зона обслуживания в режиме реального времени

по определению координат геодезических пунктов и межевых точек, выносу проектов объектов строительства в натуре и др. Проведенные испытания подтвердили работоспособность и заявленные характеристики точности определения пространственных координат ССМЗ. Особенно эффективной была признана работа в режиме реального времени.

ССМЗ введена в опытно-производственную эксплуатацию в составе 22-х референционных станций с мая 2005 г. (рис. 1). В данной конфигурации ССМЗ осуществляет сбор и хранение измерительной информации со спутников с мая 2004 г.

▼ **Оценка точности определения пространственных координат с использованием ССМЗ**

Геодезическое обеспечение кадастра объектов недвижимости, мониторинга земель и землеустройства требует системного подхода. В настоящее время кадастр создается в локальной (местной) системе координат, распространенной на территории одного административного района или на территории, площадью до 5000 км².

При этом средняя квадратическая погрешность взаимного положения пунктов опорной межевой сети (ОМС), поворотных точек границ земельных участков на этой территории не должны превышать нескольких сантиметров, а однородность ОМС по точности должна выдерживаться на территории

всего субъекта Федерации, а в перспективе — на территории всей страны. Это должно обеспечить однозначное представление границ объектов землеустройства в единой системе координат, а локальные системы координат должны быть связаны между собой посредством параметров перехода (трансформирования). Существующая Государственная геодезическая сеть (ГГС) не обладает достаточной плотностью и точностью пунктов сети, необходимой для решения указанной выше задачи. Кроме того, доступ к координатам этих пунктов имеет определенные режимные ограничения.

Первым шагом решения данной проблемы является создание новой высокоточной геодезической основы. Для Москвы и Московской области такой основой является созданная в рамках проекта «Москва» сеть референционных станций, объединенная в ССМЗ. Фазовые центры антенн РС привязаны к мировой системе координат ITRF со

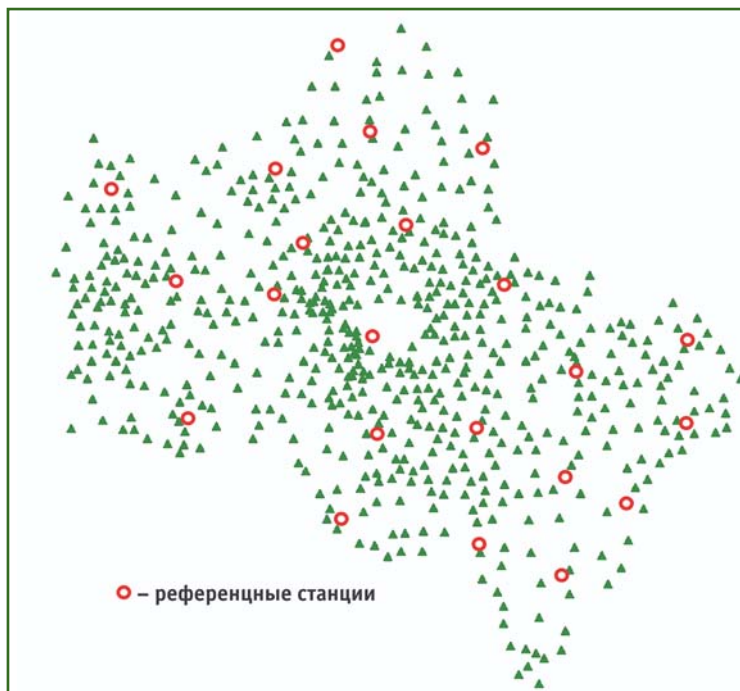


Рис. 2

Схема расположения пунктов ГГС 1–3 классов на территории Московской области, наблюдаемых в ССМЗ

Значения средней квадратической погрешности определения пространственных координат пунктов с использованием ССМЗ

Таблица 1

Наименование пунктов (точек)	После уравнивания		По двойным измерениям — в режиме статики, из сравнения режима статики и RT — в режиме RT	
	В плане, см	По высоте, см	В плане, см	По высоте, см
В режиме статики после постобработки				
Пункты ГГС	0,6	0,8	0,6	1,4
Точки выноса	0,2	0,3	0,4	0,8
В режиме RT				
Пункты ГГС	1,4	2,4	2,0	2,9
Точки выноса	1,2	2,0	1,9	2,8

средней квадратической погрешностью 1–2 см. Взаимное положение референционных станций определено с погрешностью 1 см. Не реже двух раз в год осуществляется мониторинг фазовых центров антенн.

Для создания координатной основы локальных систем координат на территорию Московской области в системе WGS–84 и оценки точности координат пунктов ГГС были определены координаты около 600 пунктов ГГС 1–3 классов (рис. 2). Измерения выполнялись 20 приемниками SR530 в режиме статики (время измерений от 40 мин до 7 ч 40 мин) и в режиме RT (время измерений <1 мин). В день отрабатывался один район (ареал). Соседние ареалы формировались с перекрытиями, что позволило оценить точность измерения координат с помощью созданной ССМЗ по двойным (тройным) измерениям. На пунктах с неблагоприятными условиями измерений (закрытый горизонт, помехи от препятствий) оборудовался дополнительный пункт (точка выноса) с открытым горизонтом. Одновременно с режимом статики в начале и в конце сеанса измерений определялось положение точек в режиме реального времени. Это позволило оценить точность режима RT по отклонениям от результатов в режиме статики. Таким образом,

оценка точности определения координат пунктов для режима статики получена из уравнивания по базовым линиям и двойным (тройным) измерениям, а для режима RT — из сравнения с режимом статики, а не по внутренней сходимости.

Исходными данными при уравнивании сети служили координаты референционных станций. Уравнивание выполнялось с помощью программного обеспечения SKI Pro (Leica Geosystems, Швейцария) с использованием базовых линий. Полученные результаты оценки точности приведены в табл. 1.

Таким образом, средняя квадратическая погрешность определения пространственных координат с использованием ССМЗ в режиме статики при благоприятных условиях измерений (точки выноса) составляет в плане и по высоте менее 1 см, при неблагоприятных (пункты ГГС) — до 1,5 см, а в режиме RT — около 3 см.

Выполненные измерения позволили вычислить парамет-

ры перехода от системы координат WGS–84 к СК–63 и оценить качество сети ГГС 1–3 класса на территории Московской области по разностям координат этих пунктов в СК–63, приведенным в каталоге, с вычисленными координатами с использованием ССМЗ (табл. 2).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что точность координат пунктов ГГС в СК–63 не удовлетворяет современным требованиям. Целесообразно на территории Московской области построить единую, однородную по плотности и точности опорную межевую сеть.

Спутниковая система межевания земель позволяет создать высокоточную геодезическую основу требуемой точности. Это подтверждается проведенными исследованиями и сертификатами соответствия № 03.009.0293 и № 03.009.0294 от 31.10.2005 г., выданными ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» Гос-

Результаты оценки качества сети ГГС на территории Московской области

Таблица 2

Интервал разностей между координатами, см	Число пунктов ГГС	Соотношение в %
0–5	300	50
5–10	210	34
10–100	90	16

Наименование и стоимость услуг, предлагаемых в рамках проекта «Москва»

Таблица 3

Наименование услуги	Стоимость с НДС, руб.
Аренда спутникового приемника SR530 в комплекте на одни сутки:	
— для режима статики	1500
— для режима реального времени	1700
Предоставление корректирующей информации для режима реального времени на 1 мин	30
Предоставление измерительной информации с одной РС (один файл продолжительностью 1 ч):	
— с дискретностью 1 с	250
— с дискретностью ≥ 5 с	100
Постобработка информации, получаемой с использованием оборудования пользователя	
Вычисление координат в системе WGS-84 и СК-63 для одной точки при длительности наблюдений:	
— Dt ≤ 2 ч	350xk*
— Dt > 2 ч	175x Δt **
Перевычисление координат из WGS-84 в СК-63 на одной точке	100
Постобработка информации, получаемой с использованием оборудования, арендованного в ССМЗ	
Вычисление координат в системе WGS-84 и СК-63 для одной точки при длительности наблюдений:	
— Dt ≤ 2 ч	250xk*
— Dt > 2 ч	125x Δt **
Перевычисление координат из WGS-84 в СК-63 на одной точке	50
Обучение пользователей работе со спутниковым приемником SR530 (30 ч):	
— группа из 3–5 человек	20 000
— группа из 2 человек	17 000
— один человек	15 000

Примечания. *k зависит от числа точек (k = 1 для 1–4 точек, k = 0,9 для 5–9 точек, k = 0,85 для 10 и более точек).

**Значение Δt округляется до 0,1 ч.

стандарта России (орган по сертификации «ВОЕНТЕСТ» 32-го ГНИИИ МО РФ) на основании проведенных испытаний в сентябре–октябре 2005 г.

▼ Предлагаемые услуги

В настоящее время в рамках проекта «Москва» пользователям ССМЗ предлагаются различные услуги. Перечень и стоимость этих услуг приведены в табл.3.

Следует отметить, что приведенные расценки являются экспериментальными и после накопления опыта могут быть скорректированы.

За полгода эксплуатации ССМЗ пользователям предоставлено: около 150 файлов измерительной информации с РС продолжительностью 1 ч (7% от дохода всех предоставленных за это время услуг); около 1500 мин работы в режи-

ме RT (6%); 90 суток аренды спутниковых приемников (42%); в режиме постобработки вычислены координаты около 200 точек (28%); проведено обучение двух групп пользователей работе со спутниковой аппаратурой (17%).

В настоящее время услугами ССМЗ воспользовались следующие организации: ГУП «Мосгоргеотрест», «Геотехпроект», «Картбюро», «Кашираархстройпроект», ЛИИ им. М.М. Громова (Жуковский), 17-й НИИ МО РФ, «ПРАЙМ ГРУП», «РемСтройЭкс», «Истра-Гео», «ЦКМ» (Голицыно), ФГУП «Ростехинвентаризация», «Геоцентр-Юг» (Серпухов), «Геоинформационные технологии» (Ступино) и многие другие.

Отмечена тенденция постепенного нарастания количества пользователей и предоставляе-

мых услуг. Рассматривается вопрос о скидках на услуги в осенний и зимний периоды выполнения полевых работ.

Подробная информация о ССМЗ и образцы документации при заключении договоров представлены на www.viskha-gi.ru и www.vishagi.com.

RESUME

Works fulfilled within a half year pilot operation of the Satellite system of the Moscow region show the data high reliability and precise positioning both in real time (< 3 cm) and postprocessing (≤ 1 cm) modes. These estimates are certified by the Federal Agency on technical regulating and metrology. Coefficients for conversion from the WGS-84 to the other coordinate systems have been obtained. A list of services together with the prices is also introduced.