

ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ф., КИСЛЯКОВА Н. А., ЛУКИН К. М., ЭРФУРТ В. С.
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ
СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Аннотация. Статья посвящена использованию глобальных систем позиционирования при ведении кадастровых работ. Установлена технология перехода с расчетом параметров преобразования от общеземных систем координат WGS-84 к государственным СК-42 и местным (локальным) системам координат СК-13. Произведена оценка точности выноса в натуру и восстановления межевых знаков.

Ключевые слова: глобальные навигационные системы позиционирования, GPS-приемник, программное обеспечение для постобработки измерений Spectrum Survey v.4.0.

VARFOLOMEEV A. F., KISLYAKOVA N. A., LUKIN K. M., ERFURT V. S.
ACCURACY ASSESSMENT OF FIXING LAND BOUNDARIES
WITH THE USE OF GLOBAL NAVIGATION SYSTEMS

Abstract. The article considers the application of global positioning systems for cadastral works. The technology of transition with calculation of conversion parameters from the WGS-84 General-earth coordinate systems to the state SC-42 and local (local) SC-13 coordinate systems is established. An assessment of the accuracy of setting out and restoration of land boundary marks was made.

Keywords: global navigation positioning systems, GPS receiver, software for post-processing of measurements Spectrum Survey v.4.0.

Обобщение и анализ современного мирового опыта ведения геодезических и кадастровых работ показывает, что возможности использования традиционных методов и средств для ведения данных работ отходят на второй план. От точности геодезических данных зависит достоверность кадастровой информации. Поскольку во всех операциях с землей (установление права собственности, купля-продажа, налогообложение и др.) обязательно фигурирует площадь земельного участка, то требуемая точность ее определения служит расчетной основой для назначения точности выноса в натуру и определения границ землепользования.

В настоящее время для проведения кадастровых работ используются современные геодезические методы, а именно – технологии спутникового позиционирования с использованием космических систем GPS и ГЛОНАСС. Данные системы обеспечивают повышенную точность определения координат и высот на поверхности Земли и позволяют определить параметры перехода от общеземных систем координат к государственным и местным (локальным) системам координат. Последний фактор является решающим при выборе спутниковых систем позиционирования, поскольку каждый регион страны имеет локальные системы координат (СК) и для проведения кадастровых работ необходимо знать параметры данной СК [10; 11].

В настоящее время вынос в натуру границ землепользований приобретает все большую актуальность при возникновении споров между землепользователями, утрате границ земельных участков и точной фиксации границ на местности. Кадастровая выписка о земельном участке содержит основные данные для проведения кадастровых работ по восстановлению утраченных границ, а именно – плоские прямоугольные координаты в системе координат, применяемой для ведения Государственного кадастра недвижимости на территории данного округа.

На земельные участки «Национального парка «Смольный», расположенные на территории Ичалковского (9 участков) и Большеигнатовского (3 участка) муниципальных районов Республики Мордовия были получены кадастровые выписки, в которых содержатся сведения о границах (плоские прямоугольные координаты), которые подлежали восстановлению и закреплению на местности.

В результате рекогносцировки (полевого обследования) местности были выявлены пункты Государственной геодезической сети (ГГС), а именно: 1) Папулево (сигнал 3-го класса); 2) Болдасево (пирамида 2-го класса); 3) Инелейка (пирамида 2-го класса); 4) Калыша (сигнал 3-го класса); 5) Вечкусы (пирамида 3-го класса). Данные пункты использовались как базовые при определении координат временных пунктов, с которых производился вынос в натуру границ «Национального парка «Смольный» и при расчете ключа перехода из системы координат WGS-84 в СК-13. При выполнении выноса в натуру границ Национального парка «Смольный» использовалось следующее геодезическое оборудование и программное обеспечение:

- комплект спутниковой геодезической двухчастотной GPS/Глонасс-аппаратуры «Sokkia GSR 2700 ISX», с помощью которой были определены координаты временных межевых пунктов для выноса в натуру границ земельных участков;

- электронный тахеометр Nikon DTM-352, с помощью которого выполнялись линейно-угловые измерения;
- программное обеспечение Spectrum Survey v.4.0 использовалось для обработки спутниковых измерений.

Перед проведением работ стояла задача расчета ключа перехода из общемировой системы координат WGS-84 в локальную систему координат СК-13 для получения плановых координат, которые будут использоваться в дальнейшем для выноса в натуру границ «Национального парка «Смольный». В качестве исходных пунктов выбирались пункты Государственной Геодезической Сети, выявленные в результате полевого обследования местности. Определение координат производилось в режиме статики, который обеспечивает наивысшую точность определения координат и является идеальным способом для развития сетей с большими длинами сторон. Измерения в этом режиме выполняют одновременно не менее чем двумя приемниками, один из которых является базовым (референсным), а остальные передвижными (определяемыми) [2; 3; 9]. В нашем случае, в качестве базового использовался приемник, установленный на пункте «Калыша», передвижными являлись приемники, установленные на пунктах: «Болдасево», «Папулево», «Вечкусы». Измерения выполнялись одновременно тремя приемниками.

Длительность сеанса статических измерений зависит от расстояний между пунктами. В нашем случае длительность одного сеанса измерений, при одновременно включенных трех приемниках, составила 30 минут. Расстояния между пунктами не превышали 30 км. После выполнения наблюдений их необходимо обработать. Для обработки измерений использовалось программное обеспечение Spectrum Survey v.4.0, поставляемое вместе с комплектом спутниковой аппаратуры. После окончания полевых наблюдений необработанные данные GPS-измерений передаются из памяти приемников в программное обеспечение Spectrum Survey v.4.0 [8]. На начальном этапе формируется новый проект, в котором устанавливается система координат и времени (в нашем случае WGS-84), редактируются названия и высоты точек над центром пунктов, модели антенны, выбор исходного (базового) пункта, его фиксация в горизонтальном и вертикальном направлении и производится первичная обработка данных (см. рис. 1).

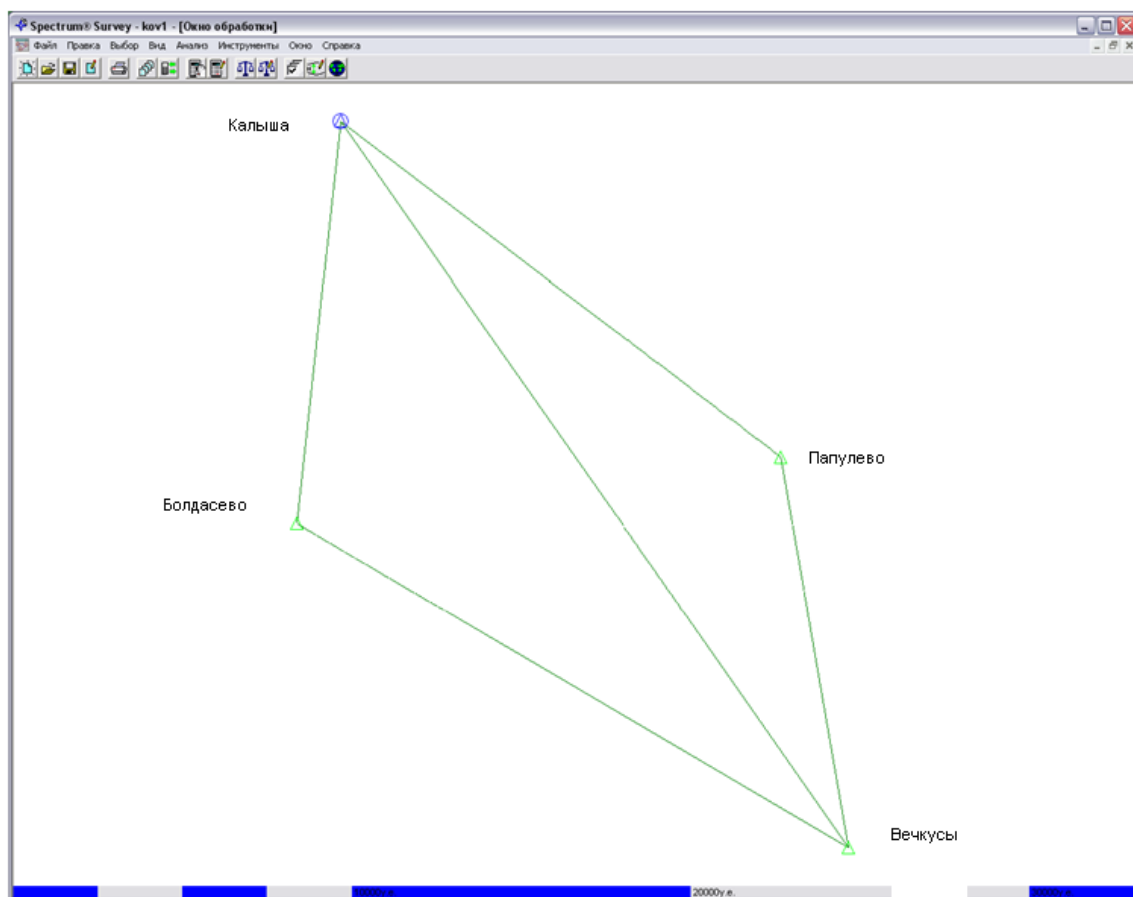


Рис. 1. Просчет векторов в программе Spectrum Survey v.4.0.

Отчет по первичной обработке (см. рис. 2) включает в себя список имен всех векторов; затем построчно перечисляются все наблюдения, обработанные для вектора, с указанием следующей информации: 1) тип решения; 2) расчетная длина вектора в метрах; 3) процент использованных наблюдений относительно общего числа наблюдений между базовой и удаленной станциями; 4) показатель полученных фиксированных целочисленных решений; 5) среднеквадратичное значение, связанное с качеством векторного решения для наблюдения.

Каждый из обработанных векторов несет определенные погрешности в получении координат пунктов. Для исключения этих погрешностей в программной среде Spectrum Survey v.4.0 имеются следующие приемы: 1) исключение из обработки спутников, имеющие максимальные отклонения; 2) настройка времени наблюдения, когда отбираются «наилучшие» спутники и указывается временной интервал наблюдений, где погрешности минимальны; 3) настройка маски угла отсечки спутника (по умолчанию 15 градусов) [7; 8].

Spectrum® Survey 4.00 ОТЧЕТ ПО ОБРАБОТКЕ

Проект: C:\...\Sokkia\Common\Spectrum Projects\kov1.spr

Система координат: ck-kov [Local Grid] ИГД: CK42_Ash
 Модель геоида: World Grid 96 Усл. ед.: Усл. ед.
 Дата обработки: 2009/04/06 13:24:05.31 (МЕСТН) Часовой пояс: GMT+4.00h

ВЕКТОРА [5 всего]

ВСЕ ВЕКТОРА ИМЕНТ ФИКС. РЕШЕНИЕ

Вектор/Сеанс.	Решение	Длина	Исп.	Отн-е	СКО	СтОт
Кальша-Папулево 01	фикс. (L3 Iono-Free)	16283.860	80.75%	2.2	0.009	0.008
Вечкусы-Папулево 01	фикс. (L3 Iono-Free)	11663.569	87.22%	2.0	0.012	0.006
Вечкусы-Кальша 01	фикс. (L3 Iono-Free)	26071.387	93.44%	2.0	0.016	0.008
Болдасево-Кальша 01	фикс. (L3 Iono-Free)	11898.223	72.80%	2.0	0.018	0.006
Болдасево-Вечкусы 01	фикс. (L3 Iono-Free)	18825.874	92.21%	2.1	0.007	0.004

Рис. 2. Отчет о первичной обработке векторов в программе Spectrum Survey v.4.0.

Итогом выполнения обработки сети является получение координат пунктов в системе координат WGS-84.

Следующим и основным шагом работы является преобразование полученных координат в нужную систему. Наиболее общим видом трансформирования является трехмерное преобразование по формуле Гельмерта:

$$D_{\text{реф}} = (1+\mu) * R * D_{\text{wgs}} + \Delta d, \quad (1)$$

где $D_{\text{реф}}$ и D_{wgs} – один и тот же вектор базы, соединяющий центры двух геодезических пунктов, выраженный соответственно в референцной системе координат и в общеземной системе WGS-84;

Δd – вектор сдвига начала координат одной системы относительно другой;

μ – отклонение масштаба от единицы, она учитывает систематическую разницу в масштабах сети, созданной наземными методами и сети, вновь создаваемой спутниковым методом;

R – матрица вращения:

$$R = R3 (w_z) * R2 (w_y) * R1 (w_x), \quad (2)$$

где $W_{x,y,z}$ – углы поворота вокруг осей X,Y,Z;

R1, 2, 3 – матрицы вращения [1].

На следующем этапе производится уравнивание каждого из векторов, образованных в ходе первичной обработки данных. В специальном окне по невязкам векторов (см. рис. 3) можно видеть графическое представление погрешностей обработки векторов. Программное обеспечение Spectrum Survey v.4.0 позволяет вычислить данные параметры преобразования на основе данных о координатах пунктов в двух системах координат (СК-42 и локальной СК-13).

После получения координат пунктов в WGS-84 создается пользовательская система координат. Для этого устанавливаются входные установки: выбирается из списка система координат СК-42 зона 8, которая включает в себя территорию Республики Мордовия, и устанавливается шаблон картографической проекции – local Grid.

Далее производится импорт координат пунктов в специальное окно, где отразятся имена пунктов и их координаты в СК-42. Напротив каждой координаты СК-42 вводим координаты в СК-13. Эти введенные значения являются новыми координатами пунктов в новой системе координат. Программа произведет пересчет значений координат из системы СК-42 в локальную систему координат СК-13. При этом рассчитываются параметры трансформирования: два параметра сдвига начала координат, один угловой параметр вращения и масштабный фактор.

В итоге вычисляются параметры преобразования местной системы координат, и для каждой точки будут показаны значения невязок X и Y. Эти значения невязок являются хорошей оценкой соответствия между заданной нами местной системой и исходной системой координат. Значение СКО (среднеквадратичное отклонение) отражает влияние только тех точек, которые использовались для определения системы координат. Точность абсолютных координат определяемых пунктов в локальной системе координат и точность определения параметров преобразования Гельмерта будут зависеть, в главной мере, от точности абсолютных локальных координат опорных пунктов, фиксируемых в процессе уравнивания сети.

Вынос в натуру относится к прикладным задачам геодезии и обычно не вызывает сложностей при выполнении, однако именно данными работами часто заканчивается целый комплекс проектных и расчётных мероприятий [4]. Необходима единая, профессионально

подготовленная опорная геодезическая планово-картографическая основа, по которой выполнялся проект, причём проектирование границ должно быть проведено с учётом всех действующих нормативов и правил. Только при выполнении этих условий процесс выноса в натуру и закрепления пунктов на местности может быть реализован качественно, а результат будет соответствовать поставленной задаче. Вынос в натуру основан на решении обратной геодезической задачи, когда по заданным координатам двух точек, определяют расстояние между ними и дирекционный угол от первой точки на вторую.

Применение современных геодезических приборов в производстве позволяет с максимальной продуктивностью выполнять поставленные задачи.

Электронный тахеометр Nikon DTM-352, с помощью которого выполнялось определение местоположения поворотных точек границ «Национального парка «Смольный», решает самостоятельно обратную геодезическую задачу и с помощью показателей угла и расстояния, выводимых на дисплей, указывает местоположение выносимых пунктов. Определение и закрепление временных межевых пунктов производилось с таким условием, чтобы охватить видимостью как можно больше предполагаемых точек выноса. От пунктов государственной геодезической сети (ГГС), используемых для расчета ключа перехода между координатными системами, было произведено сгущение съёмочной сети с помощью GPS-измерений и получены координаты временных пунктов в постобработке.

После окончания работ по восстановлению и закреплению межевыми знаками на местности границ земельных участков «Национального парка «Смольный» была проведена проверка заложения опорных межевых знаков. Было выборочно проверено местоположение восстановленных и закрепленных на местности межевых знаков в количестве 10 штук, с использованием данных GPS-наблюдений. Полученные результаты отображены в таблице 1.

Таблица 1

Контрольная проверка заложённых опорных межевых знаков

Межевой знак	Координаты по данным ГКН, м		Координаты из GPS-наблюдений, м		Расхождение, м		Абсолютное расхождение, м	Допустимое расхождение, м
	X	Y	X	Y	по X	по Y		
995	457246,63	1315123,36	457246,53	1315123,24	0,10	0,12	0,16	5,0
1005	457272,57	1315003,48	457272,40	1315003,66	0,17	-0,18	0,25	5,0

1034	460014,53	1319052,95	460014,64	1319052,88	-0,11	0,07	0,13	5,0
1042	458908,75	1318813,79	458908,95	1318813,50	-0,20	0,25	0,32	5,0
1068	456605,23	1317340,05	456605,15	1317340,14	0,08	-0,09	0,12	5,0
1075	457474,38	1315752,31	457474,51	1315752,24	-0,13	0,07	0,15	5,0
1093	458409,93	1313084,6	458410,13	1313084,52	-0,20	0,08	0,22	5,0
1100	458271,57	1312058,72	458271,62	1312058,62	-0,05	0,10	0,11	5,0
1133	456560,98	1314324,62	456560,79	1314324,51	0,19	0,11	0,22	5,0
1136	456237,76	1314645,33	456237,70	1314645,79	0,06	-0,03	0,07	5,0

Как видно из таблицы 1, расхождения между координатами межевых знаков, вынесенных в натуру традиционными геодезическими методами и координатами полученными из GPS-наблюдений в абсолютных величинах очень незначительны – максимум 0.32 м, что вполне соответствует допуску. Таким образом, применение приемников GPS геодезического класса позволяет повысить производительность работ по сравнению с традиционными методами на порядок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базлов Ю. А., Герасимов А. П., Ефимов Г. Н., Насретдинов К. К. Параметры связи систем координат // Геодезия и картография. – 1996. – № 8. – С. 7–15.
2. Варфоломеев А. Ф., Манухов В. Ф. Обработка геодезических данных с использованием современных программных продуктов: учебное пособие. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2017. – 92 с.
3. Логинов В. Ф., Манухов В. Ф. GPS в геодезическом обеспечении кадастра // Геодезия и картография. – 2005. – № 3. – С. 34–35.
4. Манухов В. Ф. Совершенствование методов топографических съемок и инженерно-геодезических работ с использованием современных технологий // Вестник Мордов. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 105–108.
5. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Тюряхин А. С. Непрерывное образование применительно к картографо-геодезической специальности // Геодезия и картография.

– 2009. – № 8. – С. 58–63.

6. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Варфоломеев А. Ф., Долгачева Т. А. Реализация компетентностного подхода в выпускных квалификационных работах студентов картографо-геоинформационного направления // Геодезия и картография. – 2015. – № 1. – С. 60–64.

7. Манухов В. Ф., Разумов О. С., Спиридонов А. И., Тюряхин А. С. Спутниковые методы определения координат пунктов геодезических сетей: учебное пособие. – Изд. 3-е, испр. и доп. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2015. – 128 с.

8. Манухов В. Ф., Разумов О. С., Тюряхин А. С., Коваленко А. К. Определение координат геодезических пунктов спутниковыми методами: учебное пособие. – Саранск, 2006. – 164 с.

9. Манухов В. Ф., Тюряхин А. С. Глоссарий терминов спутниковой геодезии: учебное пособие. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2006. – 48 с.

10. Ткачев А. Н., Зараев Д. М., Манухов В. Ф. Использование GPS-технологий для проведения землеустроительных работ // Естественно-технические исследования: теория, методы, практика: межвузовский сборник научных трудов. – Саранск, 2005. – С. 121–122.

11. Родькин И. А., Юртаев А. И., Манухов В. Ф. Создание опорной межевой сети методом GPS // Естественно-технические исследования: теория методы, практика: межвузовский сборник научных трудов. – Саранск, 2004. – С. 113–114.