

# СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

**А.Ю. Серов** (ГУП «Мосгоргеотрест»)

В 1999 г. окончил факультет управления территориями МИИГАиК по специальности «городской кадастр». С 2001 г. работал в МосгорБТИ. С 2012 г. по настоящее время — управляющий ГУП «Мосгоргеотрест».

**С.Г. Гаврилов** (ГУП «Мосгоргеотрест»)

В 1982 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал на кафедре прикладной геодезии МИИГАиК, с 1996 г. — в ООО ЦПГ «Терра-Спейс». С 1999 г. работает в ГУП «Мосгоргеотрест», в настоящее время — начальник отдела № 8. Кандидат технических наук. Лауреат премии им. Ф.Н. Красовского.

Опорная геодезическая сеть Москвы (ОГС Москвы) развивается с 1928 г., ее пункты расположены на территории Москвы и в прилегающих районах Московской области. В 2001 г. были начаты работы по совершенствованию ОГС Москвы. Их необходимость объяснялась недостаточной плотностью пунктов ОГС Москвы и появлением современных высокоточных геодезических технологий, в первую очередь спутниковых методов определения координат. Были разработаны и введены в действие нормативно-технические документы по развитию ОГС Москвы, создана высокоточная каркасная геодезическая основа города спутниковыми методами и нивелированием I класса [1–3]. К середине 2009 г. обновление ОГС Москвы было завершено и начат мониторинг ее состояния с целью поддержания на заданном уровне плотности сети. По состоянию на январь 2014 г. ОГС Москвы состоит из 46 700 пунктов, 24 560 из которых расположены на территории города Москвы в его старых границах (которые существовали до присоединения новых территорий в 2012 г.).

В 2010 г. была принята Государственная программа «Развитие единого геоинформационного пространства города Москвы», которой помимо мониторинга ОГС Москвы было предусмотрено создание Базовой региональной системы навигационно-геодезического обеспечения города Москвы на основе ГЛОНАСС/GPS (СНГО Москвы). СНГО Москвы представляет собой современную инфраструктуру для определения пространственного положения объектов по сигналам спутников ГЛОНАСС и GPS [4], Интернет-сайт — <http://sngo.mggt.ru>. В настоящее время система состоит из 19 базовых станций ГЛОНАСС/GPS, подсистемы передачи информации и Центра высокоточного позиционирования. Создателем и оператором СНГО Москвы является ГУП «Мосгоргеотрест». Система введена в промышленную эксплуатацию и имеет свидетельство Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) об утверждении типа средства измерений. В 2014 г. для повышения надежности СНГО Москвы на присоединенных территориях планируется разместить две дополни-

тельные базовые станции, в районе городов Троицк и Балабаново (Калужская область).

## ▼ Объединение сетей базовых станций ГЛОНАСС/GPS Московского региона

В порядке реализации плана совместных мероприятий с Правительством Московской области от 26.11.2010 г. в 2012 г. были начаты работы по созданию единой геодезической сети Москвы и Московской области. В 2013 г. завершились работы по объединению сетей дифференциальных базовых станций ГЛОНАСС/GPS, расположенных на территории Москвы и Московской области, а именно: 19 базовых станций СНГО Москвы, 20 станций ССМЗ ФГУП «Госземкадастръемка» — ВИСХАГИ и 14 станций СТП ГУП МО «МОБТИ» (см. рисунок). Пространственные координаты всех станций определены в единой Пространственной местной системе координат Москвы (ПМСК Москвы) [5]. Средние квадратические погрешности (СКП) определения координат базовых станций не превышают 10 мм. Таким образом, получен каталог координат базовых станций систем спутникового позицио-



**Общая схема размещения базовых станций ГЛОНАСС/GPS на территории Москвы и Московской области**

нирования, функционирующих на территории Московского региона, в единой пространственной системе координат с максимально достижимой точностью при современном уровне разви-

#### **Зона действия ПМСК Москвы и введение ГСК-2011**

В соответствии с п. 2.2 Положения о ПМСК Москвы граница распространения этой местной системы координат проходит вблизи следующих населенных пунктов Московской области:

- Зеленоград, Лобня и Пушкино (на севере МО);
- Электросталь и Бронницы (на востоке МО);
- Балабаново (Калужская область), Чехов и Коломна (на юге МО);
- Наро-Фоминск, Звенигород и Истра (на западе МО).

Поэтому в мае 2014 г. проведены работы по определению параметров (ключей) перехода от ПМСК Москвы к ГСК-2011, введенной Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.12.2012 № 1463 [7].

тия геодезических методов. Все они включены в состав Каркасной геодезической сети Москвы (КГС Москвы), соответствующей СГС-1 в классификации основных положений о ГГС РФ [6]. Это позволяет использовать базовые станции указанных систем в качестве единой геодезической основы (исходных пунктов) Московского региона для решения любых геодезических задач в единой системе пространственных координат.

#### **Создание каркасной геодезической сети Московского региона**

**Состав и объемы работ.** В 2012 г. начаты работы по созданию каркасной геодезической сети Московского региона. Вдоль основных автомобильных магистралей на участке между Малым Московским кольцом и границей Московской области заложено 225 пунктов, закрепленных грунтовыми реперами, среднее расстояние между ни-

ми составляет 5 км. В 2013 г. были завершены спутниковые измерения на всех вновь заложённых пунктах и 45 существующих пунктах ГГС 1 и 2 класса. Измерения проводились по методике статических наблюдений, дискретность записи измерений составляла 5", угол маскирования — 10°, высоты антенн измерялись до миллиметров. Продолжительность сеанса наблюдений на каждом пункте была не менее двух часов. На 2014 г. запланировано завершение работ по определению нормальных высот пунктов геометрическим нивелированием II и III класса и построение цифровой модели высот квази-геоида на всю территорию Московской области.

#### **Основные результаты математической обработки спутниковых определений.**

С целью исключения из обработки векторов (базовых линий) с грубыми погрешностями проведено предварительное (свободное) уравнивание. Уравнивание выполнялось по фрагментам, в каждом фрагменте фиксировались пространственные координаты одной из базовых станций СНОГ Москвы. В ходе уравнивания из состава сети последовательно исключались векторы, нормализованные поправки которых превышали их допустимые значения. После исключения векторов с грубыми погрешностями для дальнейшего уравнивания принят 3341 вектор. Эти векторы уравниваются совместно в ПМСК Москвы. Уравнивание выполнялось с опорой на базовые станции спутниковых систем Московского региона. С целью исключения векторов, не согласующихся с фиксированными координатами станций спутниковых систем Московского региона, в ходе уравнивания последовательно исключались векторы, нормализованные поправки которых превышали их допустимые значения. Было исключено 88

векторов. Для 85% определяемых пунктов средние квадратические погрешности пространственных координат не превышают 6 мм, а оставшиеся находятся в пределах от 6 мм до 9 мм. Таким образом, получен каталог пространственных координат 270 пунктов каркасной геодезической сети Московского региона, в состав которой включены 45 пунктов государственной геодезической сети 1 и 2 классов и 225 новых геодезических пунктов.

**Уравнивание в МСК–50 с опорой на пункты ГГС.** Каталог координат пунктов в пространственной системе необходим для определения координат спутниковыми методами. Но при ведении государственного кадастра недвижимости и выполнении инженерных изысканий на территории Московской области применяют плоскую топоцентрическую систему координат МСК–50. В связи с этим требовалось сформировать каталог координат пунктов каркасной геодезической сети Московского региона в указанной системе отсчета.

Для этого были проведены исследования исходного каталога координат 45 пунктов ГГС 1 и 2 классов в МСК–50. Первоначально было выполнено предварительное уравнивание первой очереди каркасной сети, наблюдавшейся в 2012 г., с опорой на 45 исходных пунктов ГГС с учетом погрешностей исходных данных. Было установлено, что примерно в 40% случаев координаты пунктов ГГС имеют отклонения в диапазоне от 1 до 40 см, максимальное отклонение превышает 2 м. На основании этих данных был сделан вывод о том, что исходный каталог координат 45 пунктов ГГС в МСК–50 содержит грубые ошибки и не соответствует точности современных методов геодезических измерений. Его требуется заменить, без этого эффек-

тивно использовать спутниковые методы для вычисления координат в МСК–50 невозможно (на территории Москвы подобная работа для МСК Москвы была завершена в 2003 г. [1]).

Решение о замене исходного (ранее созданного) каталога пунктов ГГС очень ответственное. Координаты пунктов ГГС из этого каталога в течение ряда лет использовались при выполнении работ различного назначения, требуется, чтобы изменения в координатах пунктов ГГС в новом каталоге были минимальными. Поэтому были проведены исследования по возможности формирования каталога координат пунктов ГГС в МСК–50 на базе каталогов координат этих пунктов в СК–95 и ПМСК Москвы.

Сводные показатели, характеризующие величины отклонений координат исследуемых пунктов ГГС новых каталогов (в

**Исследования способов формирования каталога координат пунктов ГГС в МСК–50**

В МСК–50 координаты 45 пунктов ГГС были определены двумя принципиально разными способами:

1) Пересчетом из СК–95 по алгоритму, представленному в разделе 4.7 монографии [8] и последующего уточнения в ходе уравнивания с учетом погрешностей исходных данных каркасной геодезической сети Московского региона;

2) Преобразованием координат из ПМСК Москвы по алгоритмам и с использованием параметров (ключей) перехода, приведенных в Положении о ПМСК Москвы [5].

СК–95 и ПМСК Москвы) от координат исходного, приведены в табл. 1.

Часть пунктов ГГС признана содержащей грубые ошибки в координатах, величины измене-

**Сводные показатели отклонения координат исследуемых пунктов ГГС новых каталогов (в СК–95 и ПМСК Москвы) от координат исходного** Таблица 1

Показатель	СК–95			ПМСК Москвы		
	dx, м	dy, м	S, м	dx, м	dy, м	S, м
<b>СКП</b>	0,44	0,46	0,64	0,29	0,47	0,55
<b>Разброс</b>	1,80	1,47	0,94	1,20	1,75	1,47

**Величины изменений, внесенных в координаты пунктов ГГС (содержащих грубые ошибки) в новом каталоге** Таблица 2

Название пункта	dx, м	dy, м	S, м
Тиунцово	1,88	1,59	2,46
Жирково	–0,84	0,57	1,02
Климовская	–0,14	–0,61	0,63
Волченки	–0,04	0,99	0,99
Владычино	–0,34	–0,36	0,50
Буево	–0,49	1,56	1,64
Стариково	–0,46	1,24	1,32
Копылово	–0,82	0,60	1,02
Васино	–0,57	0,49	0,75
<b>СКП</b>	<b>0,80</b>	<b>0,99</b>	<b>1,28</b>
Максимальное отклонение			<b>2,46</b>

ний их координат приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 1, показатели практически совпадают — взамен показателей из исходного каталога пунктов ГГС можно ввести любой из них. Новый каталог пунктов ГГС был сформирован пересчетом из пространственных координат ПМСК Москвы с использованием параметров (ключей) перехода, приведенных в Положении [5], по следующим причинам. Указанные параметры перехода получены как результат масштабных работ по созданию геодезического обеспечения СНГО Москвы. Они выведены с использованием обновленного каталога координат пунктов ГГС, расположенных на территории города Москвы и участке МКАД — Малое Московское кольцо. Эти параметры едины для всей зоны покрытия СНГО Москвы. Результаты работ имеют положительное заключение ФГУП «ЦНИИГАиК» (в настоящее время — ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных»).

Уравнивание сети на участке МКАД — Малое Московское кольцо в МСК–50 удалось выполнить при условии минимизации расхождений «старых» и «новых» координат пунктов ГГС. В среднем изменения координат пунктов из нового каталога относительно координат пунктов из исходного каталога составили всего 4 см, а для 94% пунктов линейные смещения не превысили 10 см. Погрешности в координатах пунктов ГГС на участке Малое Московское кольцо — граница Московской области оказались заметно выше. В среднем координаты пунктов ГГС в новом каталоге МСК–50 будут отличаться от координат из исходного на 0,55 м (табл. 1).

#### ▼ Развитие ОГС Москвы на присоединенных территориях

Плотность геодезических пунктов на территориях, присоединенных к Москве в 2012 г., в настоящее время не соответствует нормативным требованиям, установленным для старых границ города, — 20 пунктов на 1 км<sup>2</sup>. СНГО Москвы позволила снизить нормативную плотность геодезической сети на присоединенных территориях по сравнению с Москвой в ее старых границах более чем в 3 раза. В настоящее время на территории «новой» Москвы проводятся работы по развитию ОГС Москвы, плановая плотность — 6 пунктов на 1 км<sup>2</sup>. Всего планируется выполнить измерения на 9100 новых пунктах. Завершение этих работ запланировано на конец 2016 г. Одной из важнейших задач в части создания высотной основы является построение нивелирного полигона I класса точности, на реперы которого будут опираться заполняющие нивелирные сети. В 2013 г. заложены нивелирные пункты, измерения на них запланированы на 2014 г. После совместной обработки результатов нивелирования на всей территории Москвы будет создана высотная основа в соответствии с требованиями федеральных нормативно-технических документов.

Таким образом, ввод в действие полученного каталога координат пунктов каркасной геодезической сети Московского региона в МСК–50 исключит «исторические» погрешности, обусловленные технологиями развития ГГС, применяемыми в СССР. Кроме того, это позволит использовать единые параметры (ключи) перехода к МСК–50 и создаст предпосылки для эффективного совместного использования всех сетей дифференциальных базовых станций на территории Московского региона. Результаты описанных выше работ осенью 2013 г. направлены в Управление Росреестра по Московской области.

#### ▼ Список литературы

1. Антипов А.В., Гаврилов С.Г. Совершенствование геодезической сети Москвы // Геодезия и картография. — 2003. — № 9.
2. Антипов А.В., Гаврилов С.Г. Нормативно-техническое обеспечение работ по развитию ОГС Москвы // Геопрофи. — 2003. — № 4.
3. Гаврилов С.Г. Развитие опорной геодезической сети города Москвы // К 65-летию Мосгоргеотреста. Год рождения — 1944. — М.: Москомархитектура, ГУП «Мосгоргеотрест», 2009.
4. Гаврилов С.Г., Черников А.Я., Ефремова И.Б. Опорная геодезическая сеть города Москвы. Создание базовой региональной системы навигационно-геодезического обеспечения города Москвы на основе спутниковых технологий ГЛОНАСС/GPS // Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста. — М.: Издательство «Проспект», 2012.
5. Положение о пространственной местной системе координат города Москвы (ПМСК Москвы). — М., 2011. — [http://mggt.ru/documents/sngo/PMSK\\_Moscow.pdf](http://mggt.ru/documents/sngo/PMSK_Moscow.pdf).
6. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. — ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. — М., 2004.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.12.2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат».
8. Герасимов А.П., Назаров В.Г. Местные системы координат. — М.: Издательство «Проспект», 2010.

#### RESUME

Results of the studies performed by the Mosgorgeotrest to assess the state of the geodetic datum for the territory of Moscow and the Moscow region are given. It is noted that commissioning the new catalog of the coordinates for the control points of the geodetic network of the Moscow region in the system MSK–50 provides for using common parameters (keys) to move to MSK–50. In addition it will create the preconditions for the effective sharing of all the differential base stations networks currently operating in the Moscow region.