**Геодезическая сеть Москвы**

**Где находится геодезический центр Москвы?**

Е. Константинов

Где находится центр Москвы? Не торопитесь сразу называть Красную площадь: с исторической точки зрения это скорее Соборная площадь Кремля. Можно подойти к делу и по-другому — отыскать центральную точку на карте города с помощью циркуля и линейки. Автомобилисты должны считать центром столицы марку “нулевой километр”, заложенную перед Иверской часовней. Расстояние “до Москвы” на всех трассах страны означает путь именно до нее.

Геодезическая сеть Москвы и Подмосковья содержит свыше двухсот точек, соединенных опорной сетью. Около двадцати из них находятся в центре Москвы. Расстояния между всеми точками и от них до нулевого пункта на здании МИИГАиК измерены с очень высокой точностью.

А для геодезических измерений в городе существует четвертая, совершенно иная система отсчета — центральный пункт опорной городской геодезической сети. Находится он на крыше Московского государственного Университета геодезии и картографии (МИИГАиК), который вообще расположен за пределами Садового кольца. Центральный пункт переместили сюда с Пушкинской площади после завершения работ по реконструкции опорной геодезической сети, проведенной специалистами этого университета.

В 1996 году с помощью спутниковой аппаратуры от этого пункта измерили расстояния до 222 точек в пределах городской черты и в ближнем Подмосковье и рассчитали расстояние между этими пунктами. Москва покрылась невидимой сетью точно измеренных отрезков, составляющих опорную геодезическую сеть столицы.

Здание МИИГАиК — Московского государственного университета геодезии и картографии (Гороховский переулок, д. 1), на крыше которого находится геодезический центр столицы.

Строительство, прокладка дорог и коммуникаций, выделение земли, составление карт и планов невозможно без геодезических измерений. Геодезическая опорная сеть создает на местности систему координат и тем самым связывает все объекты города в единое целое.

История создания Московской городской геодезической сети начинается с двадцатых годов прошлого столетия, когда генералом Г. Л. Шубертом была создана первая триангуляционная сеть, охватывающая целиком Москву и ее окрестности. В последующие годы сеть города развивалась, неоднократно перестраивалась, становилась плотнее, утраченные пункты заменялись на новые. Менялись приборы, технологии, люди, изменялись требование к точности и густоте пунктов — сеть совершенствовалась, решая задачи, которые вставали перед развивающимся городом. Но, несмотря на это, качество сети постоянно отставало от растущих потребностей города.

Это привело к тому, что различные ведомства, не сумев объединиться, начали создавать собственные локальные геодезические сети, менее точные и, в ряде случаев, с иной системой координат. Какое-то время эта ситуация устраивала многих, позволяя независимо друг от друга делать одну и ту же работу. Но когда экономика страны стала переходить к рыночным отношениям, все недостатки такого подхода проявились в полной мере.

В условиях современной Москвы особую актуальность приобрела проблема совершенствования системы управления и рационального использования городских ресурсов — промышленности, транспорта и, самое главное, — земли, каждый сантиметр которой вдруг оказался золотым. Для успешного решения этой задачи стали абсолютно необходимы более полные и достоверные сведения о состоянии земель, природных объектов, построек, коммуникаций и других элементов городской инфраструктуры. А чтобы эта информация отвечала требованиям не только сегодняшнего дня, но и перспективным задачам, ей необходимо иметь хорошую метрологическую основу. Основа эта должна состоять из высокоточных, оперативно обновляемых, представленных в цифровом виде топографо-геоде-зических и картографических данных, объединенных в единую геоинформационную систему (ГИС), и быть совместимой с экономическими, правовыми, социальными, техническими и другими данными. Ее опорная сеть при расстоянии между точками в 3—5 километров должна обеспечивать возможность измерений с погрешностью не более сантиметра. Все традиционные методы геодезической съемки не только трудоемки, но и не позволяют добиться такой точности.

Разрозненная и разнородная геодезическая сеть города решить эту задачу не могла, а на проведение ее реконструкции старыми методами потребовалось бы не одно десятилетие, и эта работа легла бы тяжелым грузом на городской бюджет. Поэтому для создания новой сети геодезисты пошли “иным путем”, применив систему спутниковой навигации, которую давно используют во флоте.

Работает эта система следующим образом. На высоте около 20 тысяч километров вокруг Земли по разным орбитам вращаются 24 спутника системы глобального позиционирования (GPS). Они посылают на Землю радиосигналы с информационными сообщениями. Сигналы каждого спутника содержат сведения о его координатах, времени отправки сигнала и ряд других необходимых данных. Их принимает аппаратура, стоящая в точке измерения, обрабатывает с учетом поправки на время и скорость прохождения сигнала через атмосферу и вычисляет свои координаты. Для этого ей необходимо получать сигналы одновременно от четырех спутников: от трех, чтобы определить положение, и от четвертого, чтобы рассчитать, насколько ушли или отстали часы в приемнике, так как сверить показания земного и космического хронометров иным способом невозможно. На всех же спутниках время едино: их атомные часы регулярно сверяются с эталоном Центра управления полетом и при необходимости корректируются. Чем больше спутников “видит” приемник, чем равномернее они разнесены в пространстве, тем точнее получаются искомые координаты пунктов на земной поверхности.

Точность простого определения абсолютных координат приемника (положения точки на поверхности земного шара) — несколько метров — вполне достаточна для навигации, но для задач геодезии ее не хватает. Геодезистов больше интересует максимально точное определение взаимного положения пунктов — расстояний и азимутов между ними. Для этого в разных точках одновременно работают несколько приборов. После сеанса таких совместных наблюдений компьютер может рассчитывать многокилометровые расстояния на земле с точностью до нескольких миллиметров. Разумеется, получить такую точность при одном измерении невозможно, сеанс наблюдений должен быть достаточно продолжительным. Если, например, приемники разнесены на 10—15 километров и требуется получить точность 2 — 3 миллиметра, на сеанс уйдет целых 3 — 4 часа. Чем больше расстояние между пунктами и выше необходимая точность, тем длительнее сеанс измерений.

Новая опорная геодезическая сеть объединила пункты старых городских сетей, уточнив их координаты. Существовавшая геодезическая информация была максимально сохранена, и на ее базе возникла новая метрика столицы.

Одновременно специалисты МИИГАиК совместно с Институтом физики Земли проделали еще одну, не менее важную работу. В 36 точках города были проведены измерения еще более высокой точности. Эти пункты образовали каркас опорной городской геодезической сети, одновременно создав основу геодинамической сети города, необходимой для непрерывного слежения за деформациями земной поверхности. Москва, как и многие другие города, расположена на нескольких тектонических плитах, которые медленно, но постоянно смещаются. В городе существует несколько тектонических разломов, которые в основном проходят через его центр и вдоль Москвы-реки. На активность плит существенно влияет деятельность человека: плотная многоэтажная застройка, например, вызывает прогиб плиты и ее опускание. И все деформационные процессы в черте города нужно обязательно учитывать при планировке, проектировании и строительстве. Хотя геодинамические явления разрушительными землетрясениями Москве не угрожают, некоторые сюрпризы, вроде трещин в стенах и фундаментах, они вполне могут преподнести. Поэтому за всеми подвижками плит необходимо следить, контролируя их смещение как минимум два раза в год, а на самых опасных участках — еще чаще. Но сегодня изучение геодинамики города только началось, и о каких-то конкретных результатах можно будет говорить только после цикла повторных измерений.

Наша столица — не единственный город, где геодезическая сеть оказалась весьма запутанной, требующей уточнения и стандартизации. Подобная ситуация сложилась и в большинстве крупных городов России. Поэтому реконструкция опорных сетей с помощью новой спутниковой технологии, а попутно и геодинамические исследования сегодня ведутся во многих регионах страны.

Геодезическую сеть Москвы начали создавать в 20-х годах прошлого века при помощи оптических приборов — теодолитов и буссолей. Сегодня для этих целей используют новейшие электронные приборы, принимающие данные со спутников.

Инженер Московского государственного университета геодезии и картографии Марина Коврова работает с приемной аппаратурой спутникового “теодолита” на крыше МИИГАиК. В бетонную подушку, на которой стоит прибор, вделана марка нулевого пункта геодезической сети Москвы. Эта точка — своего рода центр столицы.

Во время измерений приемники измерительной аппаратуры принимают сигналы одновременно с четырех спутников глобального позиционирования. Аппаратура обрабатывает эти сигналы с учетом различных поправок и вычисляет свои координаты и расстояние до другого пункта, где установлен аналогичный прибор.