

УДК 528.443:52-87

Воронежский государственный
архитектурно - строительный университет
Студент группы М1276 факультета
магистратуры
С. В. Курасов
Россия, г. Елец, тел.:
+7-920-505-66-88
e-mail:webmaster_kelt@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and
Civil Engineering
Student of group M1276 Faculty of
Magistrates
Sergey V. Kurasov
Russia, Yelets, tel.:
+7-920-505-66-88
e- mail: webmaster_kelt@mail.ru

Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет
К. т. н., доц. кафедры кадастра
недвижимости, землеустройства и
геодезии
Н. Б. Хахулина
Россия, г. Воронеж, тел.:+7(473) 271-50-
72; e-mail: hahulina@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and
Civil Engineering
Candidate of Technical Sciences, dotsute the
Department of Real Estate Cadastre, Land
Management and Geodesy
N. B. Khakhulina
Russia, Voronezh, tel.: +7(473) 271-50-72;
e-mail: hahulina@mail.ru

С. В. Курасов, Н.Б. Хахулина

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ В КАДАСТРЕ

В работе кратко обзревается история создания спутниковой навигации в мире и анализируется зарубежный опыт использования спутниковых систем в кадастре. К настоящему времени в мире сформировалась международная служба глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), одновременное использование которых возможно и целесообразно. Режимы использования спутниковой навигации в кадастре совершенствовались более 50 лет, увеличивалась точность измерений и удобство их проведения конечными исполнителями. Сейчас наибольшее развитие получил режим кинематики в реальном времени с использованием виртуальных базовых станций, который значительно сокращает расходы на проведение кадастровых работ при возросшей точности. Доступность спутниковых технологий и стремительно развивающаяся методика их использования делают возможным и необходимым создание полностью либо частично независимых друг от друга спутниковых систем государствами, их союзами и даже отдельными регионами.

Ключевые слова: геодезия, кадастр, международная служба глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), режим кинематики в реальном времени, виртуальная базовая станция.

S. V. Kurasov, N. B. Khakhulina

INTERNATIONAL EXPERIENCE OF USING SATELLITE SYSTEMS IN THE CADASTRE

The work is surveyed briefly the history of creation in the world of satellite navigation and analyzed international experience of using satellite systems in the inventory. To date, the world has formed an international office of global navigation satellite systems (GNSS), the simultaneous use of which is possible and appropriate. Modes of use of satellite navigation in the inventory improved more than 50 years, increased accuracy and convenience of their end-performers. Now the most developed is mode of kinematics in real time using the virtual base

stations, which significantly reduces the cost of the cadastral works with increased accuracy. Availability of satellite technology and rapidly developing methods of their use and make it possible to create fully or partially independent from each other satellite systems states, their unions and even individual regions.

Keywords: geodesy, cadastre, international service of Global Navigation Satellite Systems (GNSS), the mode of real-time kinematic, a virtual base station.

Впервые спутниковая навигация стала интересовать ученых более 50 лет назад после запуска первых искусственных спутников Земли. Более 30 лет спутниковая навигация развивалась в чисто теоретической плоскости, точность измерений исчислялась десятками метров, но и это требовало применения дорогостоящей аппаратуры, масштабных вычислений с применением кропотливого ручного труда.

В начале 1980-х годов был совершен прорыв в космической геодезии, появились спутниковые радионавигационные системы второго поколения — американская система GPS (Global Positioning System) и советская система ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система). Практическое применение этих навигационных систем продемонстрировало точности, превышающие точность методов классической геодезии.

Подготовку к запуску навигационной системы второго поколения США начали в 1973 году и первый навигационный спутник был запущен в 1978 году. К моменту запуска первого советского навигационного спутника «Ураган» в 1982 году на орбите уже работали 6 американских. Именно по ним были получены первые впечатляющие результаты геодезических измерений. Массачусетская исследовательская группа под руководством Ч.Кунсельмана провела испытания прототипа приемника Макрометр. При статических измерениях базовых линий в сеансах по несколько часов были достигнуты относительные ошибки, равные $(1-2) \cdot 10^{-6}$. Позднее участник этой группы А. Лейк напишет в своей книге: «Это было шоковое открытие. Внезапно появилась измерительная система, способная превзойти точность традиционных первоклассных геодезических сетей».

Целью работы является анализ зарубежного опыта использования спутниковых систем в кадастре.

В соответствии с целью работы решались следующие задачи:

1. Краткий обзор истории создания спутниковой навигации в мире.
2. Анализ развития режимов использования спутниковой навигации в кадастре.
3. Изучение текущей ситуации развития межнациональных, национальных и региональных навигационных спутниковых систем.

На текущий момент имеет смысл говорить о формировании в мире международной службы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), одновременное использование которых возможно и целесообразно. В настоящее время активно развиваются межнациональные, национальные и региональные навигационные спутниковые системы. Европейская система Galileo предназначена для решения геодезических и навигационных задач, находится в стадии развертывания; для завершения формирования к 2020 году необходимо вывести на орбиту 27 операционных спутников и 3 резервных. Китайская национальная система «Бейдоу» в настоящий момент в стадии развертывания и позволяет коммерческое использование в Китае и на соседних территориях. Индийская национальная система IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System с англ.: индийская региональная навигационная спутниковая система) по проекту должна завершить свое развертывание к 2015 году и составит 7 спутников, обеспечивающих покрытие самой Индии и частей сопредельных государств. Японская система QZSS (Quasi-Zenith Satellite System с англ.: Квазизенитная Спутниковая Система) будет состоять из 3 спутников к 2017 году и станет по сути системой дифференциальной коррекции, дополнением системы GPS, улучшающей ее работу в Японии и соседних территориях.

Использование спутниковых навигационных систем в кадастре значительно упрощается по мере выведения на орбиту новых спутников, а также по мере создания сети непрерывно действующих опорных станций CORS (Continuously Operating Reference Stations с англ.: непрерывно действующие опорные станции) на поверхности Земли. В 1995 году в США началось строительство такой сети, в которой на каждой точке установлены постоянно работающие GPS-приемники. Затронем исторический аспект необходимости формирования сетей CORS.[3]

На заре использования спутниковой навигации в кадастровых и геодезических работах наиболее доступным режимом использования оборудования был так называемый режим "Статика", при использовании которого одновременные измерения на двух или нескольких пунктах выполняются неподвижными приемниками. При этом один из приемников принимают за базовый, а положение остальных приемников определяется относительно него. Время наблюдений зависит от расстояния между пунктами, числа видимых спутников, состояния ионо- и тропосферы, требуемой точности, аппаратуры и составляет обычно не менее 1 ч. В режиме "Быстрая статика" существует возможность применения на линиях до 15 км активных алгоритмов разрешения неоднозначности. Продолжительность наблюдения в этом режиме составляет 5-20 мин. На начальном этапе формирования ГНСС также был распространен режим "Реокупация" используемый в случаях одновременной видимости недостаточного количества спутников. В этом случае измерения выполняют за несколько сеансов, накапливая нужный объем данных. На этапе компьютерной обработки все данные объединяют для выработки одного решения.

Режим "Кинематика" используется для определения координат станции в процессе ее перемещения. В данном режиме необходим непрерывный контакт со спутниками и базовой, и передвижной станций в течение всего времени измерений. До начала движения необходимо выполнить инициализацию — разрешение неоднозначности фазовых измерений, которая занимает значительное время.

В процессе применения разновидности кинематического режима, так называемого «Стой-иди», передвижную станцию перемещают с точки на точку, делая на каждой точке остановку на 5-30 секунд для выполнения несколько этапов измерений с целью повышения точности.

Очевидно, что все указанные выше режимы обладали целым рядом недостатков, таких как существенная длительность измерений, значительные трудозатраты, необходимость приобретения второго приемника и оплаты труда его оператора. Сети CORS в значительной степени решают данную проблему благодаря технологиям RTK (Real Time Kinematic, с англ.: кинематика в реальном времени) и дальнейшему их развитию — виртуальным базовым станциям (VRS). Кинематика в реальном времени представляет собой совокупность приёмов и методов получения плановых координат и высот точек местности сантиметровой точности с помощью спутниковой системы навигации посредством получения поправок с базовой станции, принимаемых аппаратурой пользователя во время съёмки. Однако, режим RTK ограничен в своем использовании по причине возникновения систематических погрешностей при прохождении сигнала через ионо- и тропосферу.

Благодаря технологии VRS моделируется сетевое решение, в котором учитываются погрешности ионосферы. Технология VRS наилучшим образом подходит для выполнения работ на больших по площади территориях. Расстояния между базовыми станциями при применении технологии VRS могут достигать от 50 до 70 км. Сеть базовых станций аккумулирует информацию со всех спутниковых приемников в едином центре управления и формирует постоянно обновляющуюся базу данных коррекций для локальных площадей. В процессе инициализации подвижный спутниковый приемник ГНСС связывается с центром управления сетью и передает координаты своего приблизительного местоположения с точностью 10–15 м, т.е. "виртуальная базовая станция" расположена как бы на некотором

расстоянии от передвижного приёмника (ровера) и принимает RTK поправки от неё. Затем программно генерируется набор виртуальных измерений, подобных тем, которые наблюдала бы реальная базовая станция, расположенная в месте нахождения подвижного приемника. Эти данные используются подвижным спутниковым приемником так, будто они получены от реально существующей базовой станции. При использовании виртуальных базовых станций в режиме RTK время работы в поле сокращается в 2–3 раза, к тому же отпадает необходимость в постобработке измерений. [7]

Таким образом, реализация современных технологий глобальных навигационных спутниковых систем, таких как кинематика в реальном времени и виртуальная базовая станция обеспечивают значительную экономию ресурсов и трудозатрат при выполнении кадастровых работ посредством спутниковой навигации. Использование ГНСС в геодезической деятельности уже сейчас позволяет выполнять работы с более высокой точностью, удобством для исполнителя и меньшими затратами для заказчика. Дальнейшее развитие технологий позволит охватить сетями базовых станций максимально необходимую площадь поверхности Земли, а программные разработки сделают эти технологии еще более удобными и простыми в использовании. В этом случае извечные споры между государствами и собственниками о границах своих владений будут однозначно и быстро разрешаться непосредственно на месте спора с миллиметровой точностью в режиме реального времени.

Создание Lantmäteriet (с швед.: Межевание. Шведский орган картирования, кадастра и регистрации земель) повлекло возникновение и развитие национальной системы CORS Швеции и сети станций RTK. В 1993 году было начато создание первых станций системы SWEPOS (торговая марка, принадлежащая одноименно шведской компании-оператору сервиса дифференциальной коррекции навигационного сигнала; используется для обозначения всей системы базовых станций, принадлежащих данной компании), требуемая точность которых составляла один метр в режиме RTK и один сантиметр в режиме пост-обработки. На протяжении более чем 20 лет система SWEPOS доказывает свою эффективность для съемок в режиме реального времени, а также для геодинамических исследований. Сейчас система CORS Швеции состоит из более чем трехсот базовых станций, эксплуатацию, техническое обслуживание и развитие которых осуществляется Lantmäteriet.[5]

Национальный сервис RTK, созданный в 2004 году, к настоящему моменту имеет почти 3000 зарегистрированных пользователей в Швеции. Основными потребителями услуг являются изыскательские компании и местные органы власти, регулирующие землеустроительную и кадастровую деятельность.

В 2011 году SWEPOS первой из аналогичных западных систем официально стала применять оборудование для использования радионавигационной системы российского производства ГЛОНАСС наряду с традиционной американской GPS. Особенности орбиты спутников ГЛОНАСС делают ее наиболее подходящей для использования в высоких широтах (северных и южных полярных регионах), где сигнал GPS ловится значительно хуже, что и обусловило предпочтительное использование ГЛОНАСС в Швеции к настоящему моменту.

Турецкая система базовых станций получила название CORS-TR была создана в стране в период с 2006 по 2008 годы и продолжает развиваться. CORS-TR состоит из более чем 150 базовых станций ГНСС, трех контрольных центров. Благодаря поддержке технологии VRS, CORS-TR предоставляет сервис RTK с сантиметровой точностью для кадастровых и геодезических работ, а также строительства дорог и мостов, мониторинга землетрясений, тектонического движения плит, деформации инженерных сооружений и многих других сфер деятельности, где необходимо точнейшее позиционирование в реальном времени. Глобальной задачей обеспечения кадастровых работ в рамках CORS-TR на данный момент является уточнение координат контрольных точек традиционной для Турции системы

координат ED50 и вычисление их в системе ITRF (International Terrestrial Reference Frame, с англ.: Международная земная система (каркас) отсчета) -2005.[3]

Косовская региональная система позиционирования KOPOS эксплуатируется с 2012 года. Создателями KOPOS поставлена цель вобрать в себя все новейшие мировые разработки с целью соответствия современным нормам и принципам управления земельными ресурсами и ведения кадастра недвижимости. Ввиду различных внешне- и внутривитических обстоятельств создатели KOPOS с 2001 года создают на территории региона опорную геодезическую сеть на основе измерений с использованием ГНСС. Система координат получила название Kosovaref01 и базируется на общеевропейской EUREF. Kosovaref01 охватывает всю территорию региона Косово, где созданы 32 геодезических пункта первого порядка и 452 точки второго. Эти точки устанавливаются в качестве базы для кадастровых и других геодезических измерений.

Для обеспечения работы KOPOS на территории Косово было установлено 8 CORS, зона действия которых охватывает более 95% территории региона. Примечательно, что самая северная CORS установлена таким образом, чтобы зона ее действия не покрывала большую часть территории Северного Косово (населенного преимущественно сербами), несмотря на то, что технические возможности построенной сети позволяли разместить станцию севернее без нарушения ее работоспособности и точности измерений.[6]

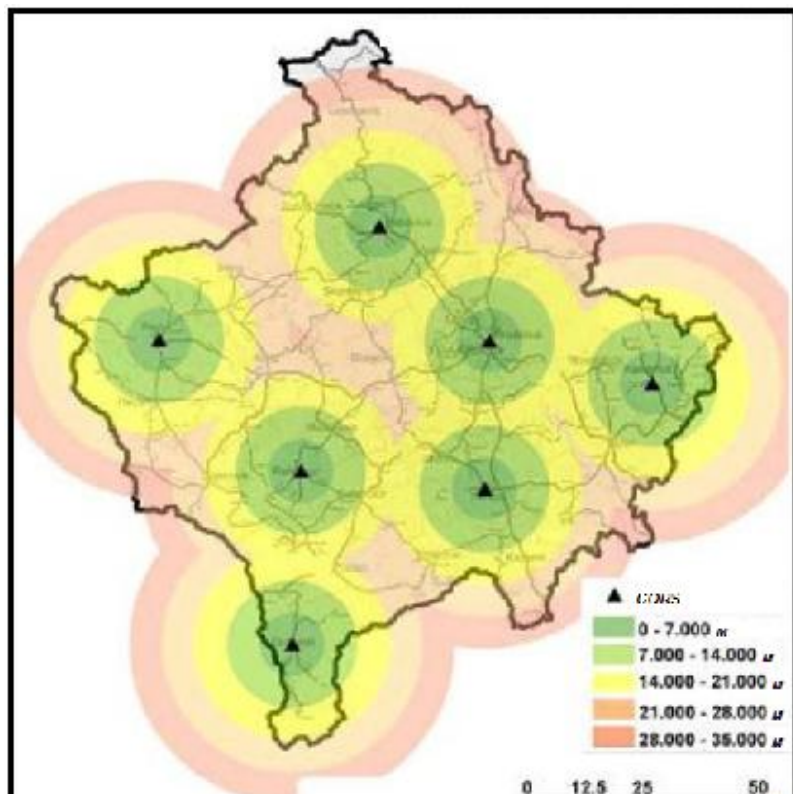


Рис. Установленные CORS в Косово.

Выводы.

1. Реализация современных технологий глобальных навигационных спутниковых систем, таких как RTK и виртуальная базовая станция обеспечивают значительную экономию ресурсов и трудозатрат при выполнении кадастровых работ посредством спутниковой навигации.

2. Использование ГНСС в геодезической деятельности уже сейчас позволяет выполнять работы с более высокой точностью, удобством для исполнителя и меньшими затратами для заказчика, чем традиционные геодезические методы.
3. Дальнейшее развитие технологий позволит охватить сетями базовых станций максимально необходимую площадь поверхности Земли, а программные разработки сделают эти технологии еще более удобными и простыми в использовании. В этом случае извечные споры между государствами и собственниками о границах своих владений будут однозначно и быстро разрешаться непосредственно на месте спора с миллиметровой точностью в режиме реального времени.
4. Намеренный отказ от предоставления сервисов ГНСС жителям части подконтрольной территории государства или региона может свидетельствовать об умышленном затягивании процесса межнационального, межрегионального и межхозяйственного межевания, поддержания статуса спорности территорий, нарастанию количества неразрешенных ситуаций и их напряженности.

Библиографический список

1. Хахулина Н.Б., Курдюкова Ю.А. Особенности геодезических работ при установлении охранной зоны высоковольтных линий электропередачи. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 2 т. Т. 1. – Новосибирск : СГГА, 2014, 121-127 с.
2. Хахулина Н.Б. Ненуженко Е.С. Перспективы ведения кадастра недвижимости в Российской Федерации. Молодежный вектор развития аграрной науки: Матер.64-й науч.студен.конф. Ч II., 71-75 с.
3. Eren, K. CORS-TR for Precise GNSS Positioning in Turkey / K. Eren, T. Uzel, O. Erkan, F. Kartal [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.saudigis.org/fckfiles/file/saudigisarchive/4thgis/papers/7_e_kamileren_ksa.pdf — Англ. 01.2015 г.
4. Leick, A. GPS Satellite Surveying. [text] / A. Leick. — New York: A Willey-Interscience Publication. — 1995. — 560 p. — Англ.
5. Lilje, M. The Use of GNSS in Sweden and the National CORS Network SWEPOS / M. Lilje, P. Wiklund and G. Hedling // FIG Congress 2014. Engaging the Challenges – Enhancing the Relevance. Kuala Lumpur, Malaysia, 16-21 June 2014. — Англ.
6. Meha, M. KOPOS – Kosovo Positioning System / M. Meha, M. Çaka and R. Murati // FIG Working Week 2013. Environment for Sustainability. Abuja, Nigeria, 6 – 10 May 2013. — Англ.
7. Shuanggen, J. Global Navigation Satellite Systems: Signal, Theory and Applications / J. Shuanggen. — Shanghai: InTech, 2014. — 458 p. — Англ.