

**СОЗДАНИЕ СЪЕМОЧНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ
СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ**
**DEVELOPMENT OF THE GEODETIC SURVEY NETWORK BY USING SATELLITE
GEODESY**

Рысбеков С.Р.¹, Сяолян Л.², Сайдуллаев А.Б.³, Чымыров А.У.⁴

S. Rysbekov¹, L. Syalolyan², A. Saidullaev³, A. Chymyrov⁴

КГУСТА им. Н.Исанова, г.Бишкек, КР, N.Isanov KSUCTA, Bishkek, KR

¹geostar2018@mail.ru, ²lxlgcs@163.com, ³romeo-2012-89@mail.ru, ⁴chymyrov@gmail.com

**Кыргызский Государственный Университет Строительства Транспорта и
Архитектуры им. Н. Исанова**
Kyrgyz State University of Transport and Architecture after named N. Isanov

Была макалада Кыргыз Республикасынын шарттарында глобалдык навигациялык жандоочтук системаларды колдонуу менен ченеп-өлчөөчү геодезиялык торлорду жасоонун технологиясы изилденген. Жандоочту колдонуп өлчөөлөрдү инженердик геодезиянын иштерин аткарууда кеңири жайылтуу боюнча негизги көйгөйлөр жана технологиялык чечимдер каралган. Жандоочтор менен орунду аныктоого байланышкан көйгөйлөрдү чечүү жаңы ченеп-өлчөөчү геодезиялык торлорду жасоонун экономикалык эффективдүүлүгүн жана тактыгын жогорудлатууга мүмкүнчүлүк берет.

Негизги сөздөр: геодезиялык ченеп-өлчөө тору, жандоочтор менен орунду аныктоо, GPS, ГЛОНАСС, ГНСС, координата системалары, СК-42, WGS-84

В данной работе изучена технология создания съёмочных геодезических сетей с использованием глобальных навигационных спутниковых систем в условиях Кыргызской Республики. Рассмотрены основные проблемы и технологические решения по широкому внедрению спутниковых измерений в решении задач инженерной геодезии. Решение существующих проблем, связанных со спутниковым позиционированием, позволяет повысить экономическую эффективность и точности вновь создаваемых съёмочных геодезических сетей.

Ключевые слова: геодезическая съёмочная сеть; спутниковое позиционирование; GPS; ГЛОНАСС; ГНСС; системы координат; СК-42; WGS-84.

The technology of establishing the geodetic survey network in local conditions of the Kyrgyz Republic by using Global Navigation Satellite Systems is studied in this research. The main problems and technologies on the wider implementation of the satellite measurements in solving of the engineering geodesy tasks are considered. Solution of the existing problems with satellite positioning will improve the economic efficiency and accuracy of the new geodetic survey networks.

Keywords: geodetic survey network; satellite positioning; GPS; GLONASS; GNSS; reference systems; SK-42; WGS-84.

Съёмочная геодезическая сеть или съёмочное обоснование создается для сгущения высотной и плановой основы до того уровня плотности, который позволит обеспечить выполнение теодолитной, тахеометрической или нивелирной съёмки рельефа и ситуации при. Плотность пунктов высотной и плановой государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения, как правило, не обеспечивает проведение всех необходимых инженерно-геодезических изысканий. Расположение и плотность пунктов нового съёмочного обоснования обычно определяется в зависимости от масштаба плана и выбранного метода съёмки. Развитие геодезических сетей осуществляется по принципу – «от общего к частному» или «от более точных к менее точным». Поэтому создание

съемочной геодезической сети обычно начинают с геодезических измерений на пунктах государственных геодезических сетей первого и второго разряда, а также технического нивелирования от реперов нивелирной сети.

Сегодня все чаще применяются глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) для определения планово-высотного положения пунктов, как сетей сгущения, так и съемочных сетей (рис. 1). Но они не полностью исключают применение традиционных методов из-за имеющихся ограничений, в основном связанных с используемыми системами плоских и пространственных координат. Создание съемочной геодезической сети в застроенных территориях часто требует использования теодолитных и тахеометрических измерений, а также геометрического нивелирования требуемой точности.

Определение местоположения точек на земной поверхности с применением технологий спутникового позиционирования предъявляет особых требований к системам координат [1]. Существующие ГНСС используют своих систем координат, которые не совпадают с системой координат 1942 года (СК-42), до сих пор официально используемой в Кыргызской Республике в качестве основной во всех топографо-геодезических работах. Полноценно действующие глобальные системы - Глобальная система позиционирования Соединенных Штатов Америки - NAVSTAR GPS использует международную геодезическую систему координат «WGS-84 (G1150)», система ГЛОНАСС Российской Федерации использует Систему координат «Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.02)». Разница между геоцентрическими координатами точек в этих системах и их координатами в референцной системе координат 1942 года составляет более 140 метров и требуются преобразования для высокоточного спутникового позиционирования точек [2].

Другой основной проблемой применения технологий спутникового позиционирования в решении задач инженерной геодезии является разница ее высотной системы от используемой в Кыргызской Республике Балтийской системы высот. Сегодня можно сказать, что технология ГНСС в Кыргызстане используется, в основном в решении задач земельного кадастра и Геоинформационных систем (ГИС) высокоточным позиционированием на двумерной горизонтальной плоскости, так как нет разработанных научных и методологических основ для измерений нормальных абсолютных высот точек. Проведенные исследования показывают, что определение нормальных высот на территории Кыргызстана возможно со стандартным отклонением около 40 см, что позволяет использовать высокий потенциал спутниковой геодезии при выполнении топографических и картографических работ невысокой точности [3]. Но такая небольшая точность высотных измерений не позволяет использование спутникового позиционирования в создании высотной съемочной сети и требует выполнения геометрического нивелирования соответствующего разряда и точности.

Создание съемочной геодезической сети со спутниковыми определениями координат для целей строительства должно выполняться методами, обеспечивающими точность в соответствии с требованиями СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» [4].



Рисунок 1. Спутниковое позиционирование в режиме «Статика»

Точки съёмочных геодезических сетей, а иногда и разбивочных сетей закрепляют временными знаками - деревянными или бетонными столбами, металлическими штырями, отрезками рельсов и т.д. Их закрепляют в земле на глубину до 2 м и в верхней части такого знака крестом, точкой, гвоздем или риской отмечают местоположение центра или точки с высотной отметкой. При продолжительном использовании более полугода временные знаки закладывают на глубину 0,5 м. На твердых поверхностях, таких как бетон, асфальтобетон или скалы, точки можно закреплять дюбелями. При наличии твердого покрытия и отсутствии интенсивного движения транспорта используют штыри из отрезков арматуры и труб. Пункты съёмочных сетей закрепляются постоянными знаками, когда планируется долговременное их использование.

Средняя плотность пунктов государственной геодезической и нивелирной сетей для создания съёмочного обоснования топографических съёмок с применением глобальных навигационных спутниковых систем, в зависимости от масштаба съёмки и характера территории, должна соответствовать значениям, указанным в табл. 1 и требованиям, регламентированным «Инструкцией по топографической съёмке в масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500» [6] для тех или иных методов съёмки.

В связи с отсутствием национальных нормативных и методических документов проектирование съёмочной сети может производиться с учётом требований «Инструкции по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS» [5], разработанной Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъёмки и картографии им. Ф.Н. Красовского, РФ. При этом должны быть также учтены специальные требования к геодезическим сетям проектных и других организаций.

Таблица 1. Средняя плотность пунктов съёмочных геодезических сетей для топографических съёмок с применением ГНСС [5]

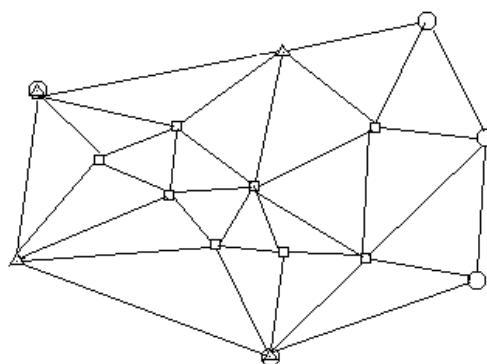
Масштаб съёмки	Площадь территории, на которую должен приходиться 1 пункт государственной геодезической / нивелирной сети, км ²		
	застроенные и подлежащие застройке в ближайшие годы территории городов	трудно-доступные районы	прочие территории
1:5 000	5 / 5	20 – 30 / 10 – 15	20 – 30 / 10–15
1:2 000 и крупнее	5 / 5	5 – 15 / 5 – 7	5 – 15 / 5 – 7

Графическую часть проекта съёмочного обоснования составляют, как правило, на картах масштаба 1:50 000 – при проектировании съёмки масштаба 1:10 000, и на картах масштаба 1:10 000 и 1:25 000 – при проектировании крупномасштабных съёмок.

Определить тип и эксплуатационные характеристики спутниковой аппаратуры, метод спутниковых определений и метод развития съёмочного обоснования надлежит использовать для производства работ, руководствуясь рекомендациями, данными в «Инструкции по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS» [5].

Для развития съёмочного обоснования с использованием спутниковой технологии, в зависимости от проектируемого масштаба съёмки и высоты сечения рельефа, следует применять один из двух методов – метод построения сети (рис. 2) или метод определения

висячих пунктов. При проектировании съёмочного обоснования для съёмки конкретного объекта в требуемом масштабе с заданной высотой сечения рельефа необходимо выбрать метод спутниковых определений – статический, быстрый статический или метод реокупации. Быстрый статический метод спутниковых определений при производстве работ по развитию съёмочного обоснования является основным. Он позволяет производить определение плановых координат пунктов и их высоты с достаточной точностью и высокой оперативностью. Метод реокупации заменяет быстрый статический метод в тех случаях, когда по условиям проведения работ выгодно осуществить два кратковременных приёма наблюдений спутников, разнесённых во времени, вместо одного длительного приёма. Статический метод спутниковых определений из-за сравнительно невысокой оперативности выполнения работ может быть применён в тех случаях, когда при высоте сечения рельефа 0,5 м технико-экономически целесообразно для получения высотной съёмочной основы проводить не нивелирные работы, а спутниковые определения (табл. 2) [5].



- – пункт высотной геодезической основы
- △ – пункт плановой геодезической основы
- – пункт съёмочного обоснования

Рисунок 2. Пример развития съёмочного обоснования методом построения сети

По полученным в результате прогнозирования периодам времени, оптимальным для наблюдения спутников на каждом пункте геодезической основы и участке съёмки, находят зоны перекрытия и устанавливают периоды времени, оптимальные для выполнения сеанса (при выполнении привязки) или съёмки участка. Эти данные в виде даты проведения работ и времени начала и конца интервала (периода), в который параметры конфигурации спутникового созвездия оптимальны для спутниковых определений, заносят в рабочую программу полевых работ.

Подготовка отчётных материалов по результатам съёмки ситуации и рельефа с применением спутниковой технологии выполняется с целью составления технического отчёта по работам, произведённым на объекте. Отчётные материалы должны быть составлены в полном соответствии с требованиями действующих инструкций и с исчерпывающей полнотой характеризовать методы, качество выполненных работ и все особенности технологии их исполнения.

Таблица 2. Рекомендации по применению методов развития съёмочного обоснования и методов спутниковых определений для различных масштабов съёмки и высот сечения рельефа

Масштаб съёмки; высота сечения рельефа	Плановое обоснование		Планово-высотное или высотное обоснование	
	Метод развития съёмочного обоснования	Метод спутниковых определений	Метод развития съёмочного обоснования	Метод спутниковых определений
1:10 000, 1:5 000; 1 м	определение висячих пунктов	быстрый статический или реокупация	построение сети	быстрый статический или реокупация

1:2 000, 1:1 000, 1:500; 1 м и более	построение сети	быстрый статический или реокупация	построение сети	быстрый статический или реокупация
1:5000; 0,5 м	определение висячих пунктов	быстрый статический или реокупация	построение сети	статический
1:2 000, 1:1 000, 1:500; 0,5 м	построение сети	быстрый статический или реокупация	построение сети	статический

Еще одним из новых эффективных и надежных методов геодезических измерений становится высокоточное позиционирование пунктов (PPP). При позиционировании пунктов съемочных геодезических сетей этим методом измерений применяется один приемник ГНСС, а также используются точные параметры орбит спутников и исправления погрешностей часов, получаемые от Международной службы ГНСС (IGS) и других организаций. Выполнены исследования с использованием данных наблюдений с четырех перманентных станций ГНСС, расположенных на разных регионах Кыргызстана и статистический анализ полученных результатов PPP показал, что ГНСС наблюдения продолжительностью 24 часов и 4 часов дают наибольшее отклонение позиционирования на горизонтальной плоскости соответственно 2,5 см и 4,5 см и отклонения геодезических высот около 10 см [7]. Такая точность позиционирования позволяет использовать данный метод при создании съемочных геодезических сетей для инженерно-геодезических изысканий и топографических съемок в отдаленных и труднодоступных районах с одним спутниковым приемником геодезического класса. При этом остается необходимость точной трансформации координат или использования базовых станций с местными или принятыми системами координат для получения дифференциальных поправок к данным измерений.

Появление принципиально новых технических средств - спутниковых геодезических приемников потребовало существенного пересмотра традиционных подходов к созданию геодезических сетей и выполнению инженерно-геодезических работ. Требуется создание национальной концепции, нормативной документации и стандартов Кыргызской Республики, регламентирующих применения спутниковой геодезии в решении инженерных задач, создании и реконструкции геодезических сетей. Также необходимо обращать особое внимание повышению точности и надежности определения параметров преобразования между геоцентрической общеземной координатной системой, государственными и местными геодезическими системами координат и формированию каталогов координат геодезических пунктов во всех используемых координатных системах.

Литература

1. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H. and Wasle E. GNSS - Global Navigation Satellite Systems (GPS, GLONASS, Galileo and more). Springer – Verlag Wien, 2008.
2. ГОСТ Р 51794-2008 «Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек». Москва, Стандартинформ, 2009.
3. Чымыров А.У. Об использовании современных гравитационных моделей Земли на территории Кыргызской Республики. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. № 2, 2017. МИИГАиК, Москва. С. 13-17.

4. СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве». Госстрой СССР, Москва, 1985.
5. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. ЦНИИГАиК, Москва, 2002.
6. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500 (ГКИНП-02-033-83). Утверждена ГУГК 05.10.79 г. Введена в действие с 01.01.83 г. с поправками, утвержденными ГУГК 09.09.82 г. (приказ № 436п). – М., Недра, 1982 (сфера действия общеобязательная).
7. Chumurov A. Precise point positioning (PPP) services in Kyrgyzstan. International Journal of Geoinformatics, Vol.11, No.4, December 2015. С. 1-8.