



УДК 528.31 + 528.01/.06

**ЧЫМЫРОВ А.У.**, КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: akylbek2005@yahoo.com  
**СНУМЫРОВ А.У.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

**МУРАТ КЫЗЫ СЫРГА**, КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: syrqa24@mail.ru  
**MURAT KYZY SYRGA.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

**ЭРМЕКОВ А.Э.**, КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: azamat.ermekovi4@gmail.com  
**ЕРМЕКОВ А.Е.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

**КУБАНЫЧБЕКОВА Д.К.**, КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: kdkgdz@gmail.com  
**KUBANYCHBEKOVA D.K.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГНСС ПРИ СОЗДАНИИ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ Г.БИШКЕК**

### **USE OF GNSS TECHNOLOGY IN ESTABLISHING A GEODETIC SATELLITE NETWORK OF THE BISHKEK CITY**

*Бул макалада GNSS технологияларын колдонуп Бишкек шаарында жандоочтук геодезиялык торду түзүү боюнча технология көрсөтүлгөн. Мамлекеттик геодезиялык тордун жана шаардык полигометриянын пункттарын рекогносцировкалоо, жандоочторду колдонуп ченөөлөргө даярдануу, аткаруу, чогулган маалыматты иштетүү жана анализдөө боюнча иштердин комплекси аткарылган.*

**Өзөк сөздөр:** геодезиялык тор, GPS, GNSS, рекогносцировкалоо, жандоочторду колдонуп орунду аныктоо, маалыматты иштетүү.

*В данной работе приведена технология спутникового позиционирования при построении спутниковой геодезической сети города Бишкек. Был выполнен комплекс работ по рекогносцировке пунктов государственной геодезической сети и городской полигометрии, по подготовке, выполнению, обработке и анализу данных спутниковых измерений.*

**Ключевые слова:** геодезическая сеть, GPS, ГНСС, рекогносцировка, спутниковое позиционирование, обработка данных.

*The satellite positioning technology used for establishment of the Bishkek city geodetic network is presented in this article. The complex of activities on reconnaissance of the State Geodetic Network and City Polygonometry Points, satellite positioning preparation, observation, data processing and analysis is realized.*

**Keywords:** geodetic network, GPS, GNSS, reconnaissance, satellite positioning, data processing.

В настоящее время все больше видов геодезических работ выполняют с помощью спутниковых технологий. Современные технологии и методы спутникового позиционирования дают возможность определить местоположение объектов с высокой



точностью и эффективностью по сравнению со старыми методами и технологиями [1].

Создание и развитие Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (ГНСС-GNSS), таких как GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), GALILEO (ЕС) и COMPASS/Бейдоу (Китай) сегодня требует реконструкции и обновления геодезических сетей для обеспечения точности получения плановых и высотных координат геодезических пунктов в единой системе координат на всей территории Земли. В связи с этим создается современная Государственная геодезическая сеть (ГГС) Кыргызской Республики, которая опирается на Международную общеземную наземную каркасную сеть ITRF-2005 и распространяет Национальную систему координат Kurg-06 на всю территорию Кыргызской Республики [2].

Создание городской спутниковой геодезической сети служит для получения каталогов высокоточных геодезических координат пунктов на территории г.Бишкек. Каталоги координат служат фундаментом при проведении всех геодезических и изыскательских работ на территории города и они будут использованы при реализации различных научных и прикладных задач с использованием технологий ГНСС.

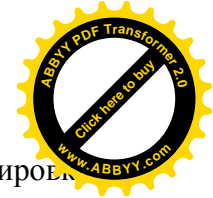
Проектирование городских геодезических сетей включает следующие стадии работ:

- Изучение задания на проектирование геодезической сети и особых требований, которые должны быть выполнены при ее построении;
- Изучение района предстоящих геодезических работ;
- Выбор схемы проектируемой сети;
- Выбор метода построения геодезической сети и его экономическое обоснование;
- Разработка предложений и мероприятий, содействующих успешному выполнению отдельных видов работ;
- Оформление технического проекта [3].

При построении спутниковой городской геодезической сети необходимо использовать максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников, что позволяет за счет избыточных измерений повысить надежность и точность результатов наблюдений [4].

При планировании и проектировании исследовательской спутниковой геодезической сети города использован картографический сервис Google Maps. Во время проектирования спутниковой геодезической сети города были выбраны несколько вариантов схемы для проведения спутниковых измерений. Плановые и высотные координаты геодезических пунктов были получены из Государственной картографо-геодезической службы при Государственном комитете промышленности, энергетики и недروпользования Кыргызской Республики (Госкартография КР).

После анализа полученных данных и камеральных работ был составлен первый вариант спутниковой геодезической сети города Бишкек (Рис.1). Пункты спутниковой городской геодезической сети (СГГС) должны быть максимально совмещены с сохранившимися пунктами городской триангуляции, основными узловыми пунктами городской полигонометрии, государственных плановых и высотных сетей. Пункт KSUCTA является опорным учебной геодезической сети Кыргызского Государственного Университета Строительства, Транспорта и Архитектуры им. Н.Исанова (КГУСТА) и была добавлена в проектируемую сеть для интеграции университетской сети в новую спутниковую геодезическую сеть города. Также в первый вариант создаваемой сети была добавлена постоянно действующая референц станция (CORS) «BIK0», входящая в сеть Международной службы ГНСС (IGS) с целью дальнейшего уравнивания данных спутниковых измерений.



Самым первым и обязательным этапом полевых работ считается рекогносцировка. В процессе рекогносцировки было выполнено следующие виды работ:

- Уточнение проекта сети для максимального совмещения пунктов проектируемой сети с плановыми и высотными пунктами ранее созданных сетей;
- Отсутствие на пунктах препятствий, закрывающих горизонт выше 15°;
- При обследовании расчищена площадка вокруг пункта от растительности, мешающей прохождению радиосигналов от спутников.

При проведении рекогносцировки было выяснено, что геодезический пункт KYRG на здании Госкартографии КР был разрушен и утерян, а пункт полигонометрии №3283PP находится на территории парка «Карагачевая роща» под кронами деревьев и не пригоден для спутниковых измерений. Дальнейшие обследования более 20 пунктов показали, что большинство пунктов городской полигонометрии были утеряны из-за отсутствия контроля за их сохранностью при застройке и реконструкции городских улиц и площадей. Например, пункт полигонометрии №4631 на пересечении ул. Гагарина-Чапаева и пункт №1047 на пересечении ул. Гагарина-6 линия были заасфальтированы, на месте пункта №2809 ГГС построен жилой дом, пункт «Попеновские Курганы» ГГС оказался в огороде частного дома в новом жилмассиве города и т.д. Также установлено, что геодезические знаки на большинстве пунктов ГГС были разрушены или повреждены (Рис.2).

По окончании работ по рекогносцировке и обследованию были составлены: журнал абриса препятствий (Рис.3), кроки (краткое описание пунктов) и объяснительная записка проекта. Были выбраны 10 геодезических пунктов для дальнейших измерений в качестве пунктов создаваемой спутниковой геодезической сети города Бишкек (Табл. 1).

Для проведения съемки был использован комплект ГНСС приемников Leica GS15, которые состоят из следующих компонентов: приемник, антенна, вежа, уровень, крепление, контроллер. Это модель приемника поддерживает 4 спутниковые системы (GPS L2, GPS L5, GLONASS, Galileo), работает в режиме RTK и статика. Статический режим применяется в геодезии в основном при относительных определениях, требующих высокой точности. Используются точные геодезические приёмники, а измерения выполняются на опорных и определяемых пунктах по фазе несущей частоты сигнала [3].

Измерения были проведены в мае 2016 года с тремя ГНСС приемниками Leica GS15 в режиме статика непрерывно во время 6 сеансов наблюдений. Каждый сеанс наблюдений продолжался не менее 6 часов. Из-за технических неполадок вторая сессия была выполнена только двумя приёмниками, но в дальнейшем эти пункты были измерены на последней 6 сессии, что обеспечило необходимую избыточность измерений. При этом один из трех приемников ГНСС служил в качестве связывающей точки результатов двух

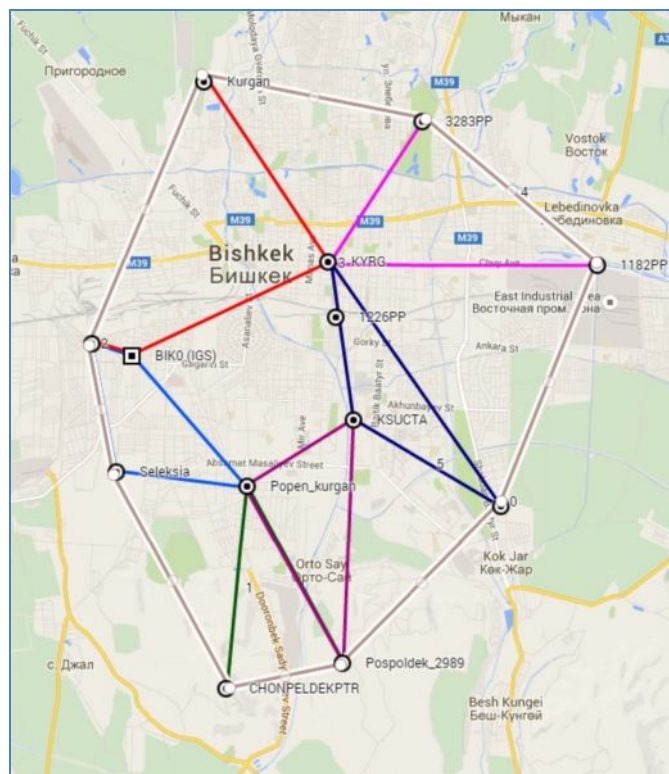
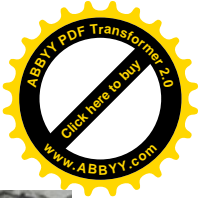


Рис.1. Первоначальный план геодезической сети г. Бишкек (до рекогносцировки)



сеансов спутниковых измерений (Рис.4).



Рис.2. Отыскание и обследование пунктов

Таблица 1 - Выбранные геодезические пункты и их координаты (СК-63)

№ точки	Название пункта	X, м	Y, м
1	Чонпельдек	4723401,99	8303807,16
2	Поспольдек 1	4724056,76	8306755,17
3	Попеновский Курган	4728514,90	8304327,30
4	Селекционный	4728873,48	8301012,98
5	Станция Пишпек	4732130,60	8300399,09
6	1276PP	4732814,76	8306554,04
7	Курган	4738742,08	8303247,89
8	Аламединка	4742272,32	8310587,00
9	1182PP	4734124,63	8313188,24
10	Кок-Жар	4728019,33	8310770,32

После ГНСС измерений проводится скачивание данных из приемников в компьютер и их предварительная обработка в камеральных условиях. Задача предварительной обработки – оценить качество полученных измерений и их пригодность для дальнейших вычислений координат пунктов опорной (съёмочной) сети. При обнаружении некачественных измерений требуется провести повторные измерения на неудачных пунктах. В результате обработки модулем фазового процессора ПО Trimble Business Center мы получаем компоненты базового вектора. Это программа назначена для обработки и анализа спутниковых, воздушных и наземных геодезических данных, зарегистрированных в полевых условиях, а также для их экспорта в пакет программ CAD. Данная программа содержит ряд новейших уникальных функций, проста в освоении и использовании.

Для дальнейшей работы импортируем файл в программу, после импорта на экран программы появляется схема геодезической сети с сырыми данными. Перед обработкой нужно объединить похожие точки, чтобы не было проблем при уравнивании. В качестве опорного пункта был задан Пункт «ВІК0», для этого импортируем точные эфемериды GPS и GLONASS (igs18960.sp3 и igl18960.sp3). Точные эфемериды состоят из общеземных геоцентрических координат каждого спутника, определенных в Общеземной наземной системе отчета и включают поправки часов. Эфемериды вычисляются для каждого спутника с интервалом 15 мин. Точные эфемериды – это продукт постобработки и они становятся доступными приблизительно через 2 недели после времени сбора данных и имеют точность менее 5 см и 0.1 нс [5].



Рис.3. Абрис возвышающихся препятствий

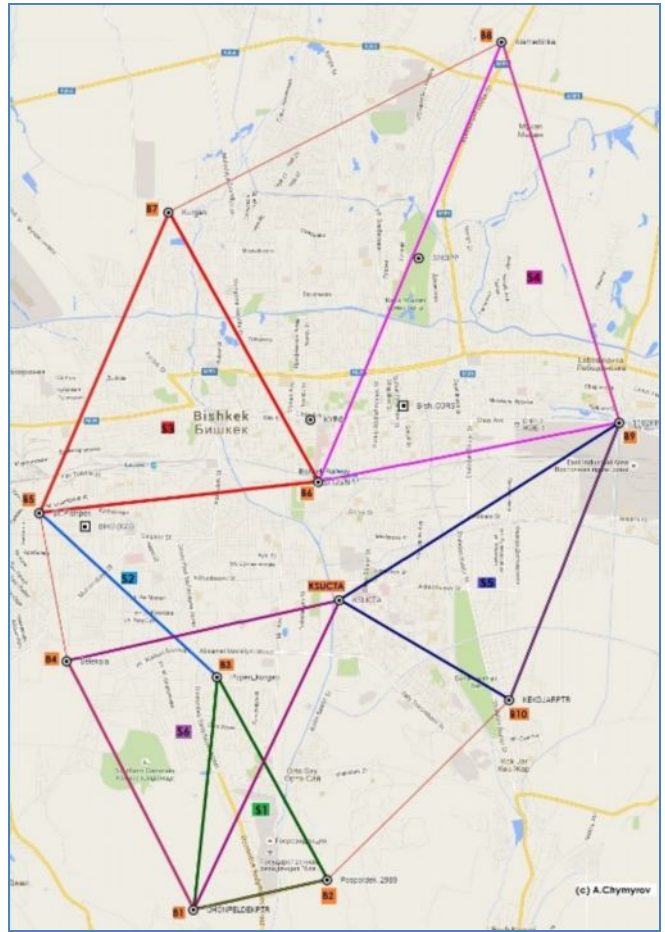
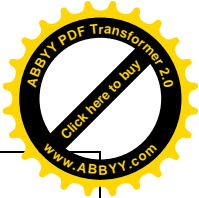


Рис.4. Спутниковое измерение создаваемой геодезической сети г.Бишкек



Карточка спутниковых наблюдений на пункте				
Название пункта контроллере		B3 - C T A T И K A		
$t^s = 25$				
1	Сеанс №1		Сеанс №2	
	Начало	Конец	Начало	Конец
Дата	08.05.2016	08.05.2016	09.05.2016	09.05.2016
Время	12:07:14	18:31:26	10:00:48	16:03:13
Высота антенны	2,0 м	2,0 м	2,0 м	2,0 м
Высота штатива				
Номер антенны спутникового приемника	GS_1515493		GS_1515493	
Номер блока управления	CS10_2883817		CS10_2883817	
Тип памяти	SD карта		SD карта	
Количество и тип источника питания	3 аккумулятора		3 аккумулятора	
Элементы приведения к центру				
Чертеж				
I = мм		-		
Θ = мм		-		
На пункт		Попеновский курган		

Рис.3. Карточка спутниковых наблюдений на пункте

Уравнивание сети обработанных векторов выполнено с помощью анализа методом наименьших квадратов с использованием ПО Trimble Business Center. Целью уравнивания является оценка и исключение случайных ошибок, минимизировать поправки, внесенные в измерения. Вычисленные и уравненные координаты пунктов в геодезической системе координат WGS-84 приведены в Табл.2.

Таблица 2 - Уравненные геодезические координаты пунктов спутниковой сети

Обозначение точки	Широта (WGS-84)	Долгота (WGS-84)	Высота над EGM96, (м)	Ошибка на плоскости (м)	Название пункта (код)
<u>B1</u>	N42°46'41,809"	O74°33'45,117"	1351,931	0,062	Чонпельдек (Chonpeldekptr)
<u>B2</u>	N42°47'02,956"	O74°35'54,836"	1165,792	0,064	Поспольдек 1 (Pospoldek 2989)
<u>B3</u>	N42°49'27,488"	O74°34'08,137"	826,224	0,052	Попеновский Курган (Popen_kurgan)
<u>B4</u>	N42°49'39,148"	O74°31'42,229"	796,573	0,058	Селекционный (Seleksia)
<u>B5</u>	N42°51'24,701"	O74°31'15,207"	715,625	0,042	Станция Пишпек (St_Pishpek)
<u>B6</u>	N42°51'46,777"	O74°35'46,344"	736,466	0,110	1276PP (1276PP)
<u>B7</u>	N42°54'58,929"	O74°33'20,822"	663,577	0,066	Курган (Kurgan)
<u>B8</u>	N42°56'53,094"	O74°38'44,646"	638,005	0,091	Аламединка (Alamedinka)
<u>B9</u>	N42°52'28,916"	O74°40'38,700"	712,897	0,059	1182PP (1182PP)
<u>B10</u>	N42°49'11,203"	O74°38'51,752"	887,342	0,066	Кок-Жар (KEKDJARPTR)
<u>BIK0</u>	N42°51'15,094"	O74°31'59,444"	744,862	0,028	CORS IGS (ЦАИИЗ)
<u>KSUCTA</u>	N42°50'22,202"	O74°36'06,686"	787,040	0,049	Опорный пункт сети КГУСТА



Вновь создаваемая спутниковая геодезическая сеть имеет 10 пунктов, закреплённых на пунктах городской полигонометрии, государственных плановых и высотных сетей, созданных современными технологиями ГНСС. Особое внимание было уделено уравниванию требуемой точности и насыщенности создаваемой сети. Рассмотрена концепция построения геодезической сети спутниковыми методами с учетом влияния собственных и основных источников ошибок: ошибок эфемерид спутников, влияния атмосферы (ионосферы и тропосферы), многопутности прохождения радиосигналов и инструментальных источников. Максимальную ошибку измерений, равную 11 см на плоскости имеет пункт полигонометрии №1276PP, которую можно объяснить с его близким расположением к большим деревьям с густыми кронами.

Для дальнейшего расширения спутниковой геодезической сети города Бишкек требуется продолжение настоящей исследовательской работы с увеличением количества и улучшением качества геодезических пунктов и созданием их официального каталога для решения научных и прикладных задач.

### Список литературы

1. С.Мурат кызы Современные системы спутникового позиционирования в решении геодезических задач [Текст] / С. Мурат кызы, А.У.Чымыров // Журнал «Наука и инновационные технологии». – 2016. - №1. - С. 176-179.

2. Абдиев А. The Kyrgyz National GNSS Reference System “Kyrg-06” and Control Centre “KyrgPOS” [Текст] / А. Абдиев, А.У. Чымыров // Материалы Международной ГИС конференции Центральной Азии «Взаимосвязанные регионы: сообщества, хозяйства и окружающая среда». – Алматы: 2013. - С. 85-90.

3. ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS [Текст]. - Москва: ЦНИИГАиК, 2003. - С. 12.

4. Мазурова Е.М. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований [Текст] / Е.М. Мазурова, К.М. Антонович, Е.К. Лагутина, Л.А. Липатников // Вестник СГУГИТ. - 2014. - №3 (27) - Сибирский государственный университет геосистем и технологий. - Новосибирск: С. 84-89.

5. Чымыров А.У. Технология GNSS и ее интеграция с государственной геодезической сетью Кыргызстана [Текст] / А.У. Чымыров, З.К. Суеркулов, А.А. Дженалиев // Вестник КГУСТА. – 2009. - № 2 (24). -С. 32-38.