

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ  
КЫРГЫЗСТАНА****PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF IMPLEMENTATION OF THE SATELLITE  
POSITIONING TECHNOLOGY IN ROAD CONSTRUCTION IN CONDITIONS  
OF KYRGYZSTAN**

*Бул макалада орунду аныктоочу глобалдык жандоочтук системаларды жол курулушунда колдонууга киргизүүнүн көйгөйлөрү жана перспективалары каралган. Мамлекеттик геодезиялык тегиздик жана бийиктик торлордун азыркы абалы, координата системаларынын айырмалары, жандоочтук ченөөлөрдө тордук дифференциалдык оңдоолордун камчилиги, жогорку тактыктагы орунду аныктоо (PPP) ыкмасы жана бийик тоолуу шарттарда жандоочтук системалардын жардамы менен орунду аныктоонун өзгөчөлүктөрү изилденген.*

***Ачык сөздөр:** GPS, GNSS, орунду аныктоочу жандоочтук системалар, жол курулушу, геодезиялык торлор.*

*В данной работе рассмотрены существующие проблемы и перспективы внедрения глобальных спутниковых систем позиционирования в дорожном строительстве. Изучены современное состояние государственных плановых и высотных геодезических сетей, разные системы координат, ограниченность спутниковых измерений с сетевыми дифференциальными поправками, метод высокоточного позиционирования пунктов (PPP) и особенности использования спутникового позиционирования в высокогорных условиях.*

***Ключевые слова:** GPS, GNSS, спутниковые системы позиционирования, дорожное строительство, геодезические сети*

*The existing problems and perspectives of implementing the global satellite positioning technology in road construction are considered in this article. Present conditions of the geodetic planar and leveling networks, different coordinate systems, limitations of the network based differential correction in satellite measurements, precise point positioning (PPP) method and peculiarities of the satellite positioning are investigated.*

***Keywords:** GPS, GNSS, satellite positioning systems, road construction, geodetic networks.*

Современные технологии глобальных спутниковых систем позиционирования позволяют решать инженерно-геодезические задачи в дорожном строительстве самого разного уровня: от развития опорных геодезических сетей до автоматизированного управления строительно-дорожными машинами. Применение глобальных навигационных [спутниковых систем (ГНСС) в высокоточном позиционировании быстро развивается и уже играет основную роль во многих видах геодезических измерений. Мировая практика показывает, что переход к методам спутниковой геодезии позволит значительно снизить финансовых затрат и трудоемкости инженерно-геодезических изысканий и геодезических работ при строительстве, эксплуатации и реконструкции линейных сооружений. Также использование технологий спутникового позиционирования в дорожном строительстве доказало высокую эффективность при их внедрении в автоматизированное управление строительно-дорожными машинами и механизмами. Увеличение количества и совершенствование технических параметров спутников глобального позиционирования, эксплуатируемых разными странами (GPS в США, ГЛОНАСС в РФ, GALILEO в ЕС,

BEIDOU в КНР), дополняют их возможностей при совместном и открытом использовании, а также повышают надежности и точности геодезических измерений.

Несмотря на очевидное преимущество технологий спутникового позиционирования, ее применение в Кыргызстане развивается медленными темпами. Исследование существующих проблем и их решение позволит увеличить эффективности вложения финансовых средств и использования трудовых ресурсов.

Одним из основных проблем широкого внедрения технологий спутникового позиционирования является все еще высокая стоимость приемников геодезического класса. Сравнительный анализ показывает, что большинство местных проектно-изыскательских и строительных компаний имеют ограниченных финансовых средств, требуемых для приобретения многочастотных приемников ГНСС со стоимостью более 10 тыс. долларов США. Но в то же время можно отметить недооценку или незнания ими современных технологий спутникового позиционирования, позволяющих достичь высокой геодезической точности спутниковых измерений с применением одного приемника GPS или одночастотных приемников с постобработкой данных наблюдений.

Определение местоположения точек на земной поверхности с применением технологий спутникового позиционирования предъявляет особых требований к системам координат. Существующие ГНСС используют своих систем координат, которые не совпадают с Системой координат 1942 года (СК-42), до сих пор официально используемой в Кыргызстане в качестве основной во всех топографо-геодезических работах. Полноценно действующие глобальные системы - Глобальная система позиционирования Соединенных Штатов Америки - GPS использует международную геодезическую систему координат «WGS84 (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 [1]. Из-за отсутствия регламентации использования WGS84 при осуществлении геодезических и картографических работ, а также из-за требований секретности использования СК-42 в картографических материалах, почти все электронные карты изготавливаются в международной геодезической системе координат WGS84 и в картографической проекции UTM [2]. Такое несоответствие создает значительные сложности при выполнении геодезических измерений, инженерных изысканий и создании геоинформационных систем (ГИС). Особую важность решение этой проблемы приобретает в дорожном строительстве, привлекающем все больше международных компаний при строительстве и эксплуатации транспортной инфраструктуры страны, интегрированной в международные транспортные коридоры.

Существующая государственная геодезическая сеть (ГГС) и государственная нивелирная сеть Кыргызстана являются фрагментом общей ГГС на территории СНГ, основанного на референц-эллипсоиде Красовского, рассчитанный в 1940 г. В настоящее время Постановлением Правительства Кыргызской Республики от 7 октября 2010 года введена в действие Государственная система координат 2006г. (Kurg-06) с использованием Международной системы координат ITRF-2005 и параметров Системы координат 1963 года. Новая система базируется на Международной наземной опорной сети ITRF-2005 и распространяется через каркасные сети Kurg-06 Нулевого и Первого порядков с более 70 пунктами на основе плановых, планово-высотных и высотных ГГС. Спутниковые наблюдения на этих геодезических пунктах были выполнены в 2005-2006г.г. Государственной картографо-геодезической службой Кыргызской Республики совместно с Геодезической службой Швеции «Свидсервей» и уравниены с использованием данных наблюдений ближайших опорных станций Международной службы ГНСС (IGS) [3]. Внедрение Государственная система координат Kurg-06 позволило начать переход к новой системе с использованием современных геоинформационных систем и программных комплексов для обработки данных геодезических измерений. Но нерешенным остаётся

вопрос применения спутниковых систем позиционирования в определении нормальных высот для целей инженерно-геодезических изысканий и строительства. Исследования показали, что существующие разницы между эквипотенциальными поверхностями цифровой Гравипотенциальной модели Земли (EGM2008) и квазигеоида, основанного на Балтийской системе высот 1977г. достигают до -1,63м (Рис.1). Это обусловлено высокогорными условиями страны и не позволяет пользоваться моделью геоида EGM2008 для определения нормальных высот в решении задач инженерной геодезии методами спутникового позиционирования. В настоящее время ведутся исследования для создания локальной модели квазигеоида Кыргызстана на основе цифровой модели EGM2008 [4]. Создание новой цифровой модели локального квазигеоида позволит использовать широких возможностей ГНСС в решении геодезических и инженерных задач, в том числе в дорожном строительстве.

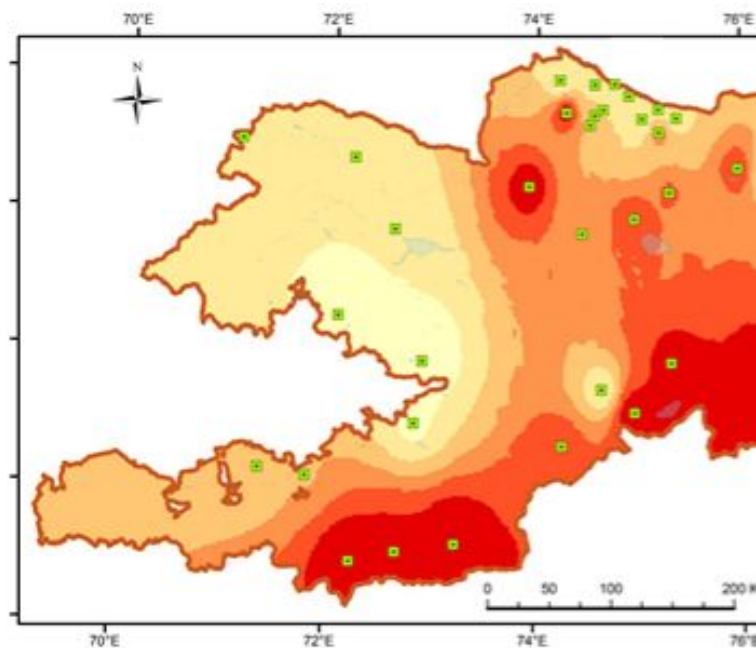


Рис. 1. Карта разниц высот между поверхностью квазигеоида на основе уровенной поверхности



Рис. 2. Топографическая съемка в режиме RTK

Высокая стоимость многочастотных приемников ГНСС геодезического класса не позволяет повсеместного применения относительных методов спутникового позиционирования, требующих одновременной работы не менее двух приемников для выполнения высокоточных измерений в режиме кинематики в реальном времени (RTK) с базовой станцией. Но развитие технологий измерения методами сетевой RTK, поддерживаемых сетью постоянно действующих ГНСС референц станций (CORS) и современных коммуникационных технологий открывает новые перспективы выполнения высокоточных измерений с одним приемником ГНСС (Рис. 2.).

Центр управления сетью CORS – КугPOS функционирует при Департаменте

земельного кадастра и регистрации прав на недвижимое имущество при Государственной службе регистрации (Госрегистр) Кыргызской Республики и оказывает услуги предоставления дифференциальных поправок по данным спутниковых измерений на территории страны с 2010г. КугPOS контролирует работу 18 постоянно действующих ГНСС референц станций (CORS), 6 из которых находятся в Чуйской области, 8 станций действуют в Ферганской долине, 1 станция в Нарынской области и 3 станции расположены в Иссык-Кульской области [5]. Надо отметить, что они предоставляют услуги спутниковых дифференциальных поправок в наиболее густо населенных и экономически активных регионах страны для целей земельного и городского кадастров, что ограничивает использование методов сетевой RTK в других отдаленных районах. Даже с учетом увеличения радиуса зоны покрытия станций сети CORS до максимально возможного 50 км более 55% территории и большая часть дорожной сети страны остаются без доступа к услугам дифференциальных поправок к спутниковым измерениям от КугPOS (Рис.3.). Международный опыт показывает, что метод сетевого RTK измерения становится одним из наиболее популярных и эффективных способов спутниковых геодезических измерений в инженерно-изыскательских и дорожно-строительных работах. Дальнейшее развитие сети постоянно действующих ГНСС референц станций КугPOS должно быть одним из приоритетных направлений научно-технического развития страны.

Еще одним из новых эффективных и надежных методов геодезических измерений становится высокоточное позиционирование пунктов (PPP). При позиционировании пунктов 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 [6]. Такая точность позиционирования позволяет использовать данный метод при создании опорных сетей для инженерно-геодезических изысканий и топографических съемок в отдаленных и труднодоступных районах с одним спутниковым приемником геодезического класса.

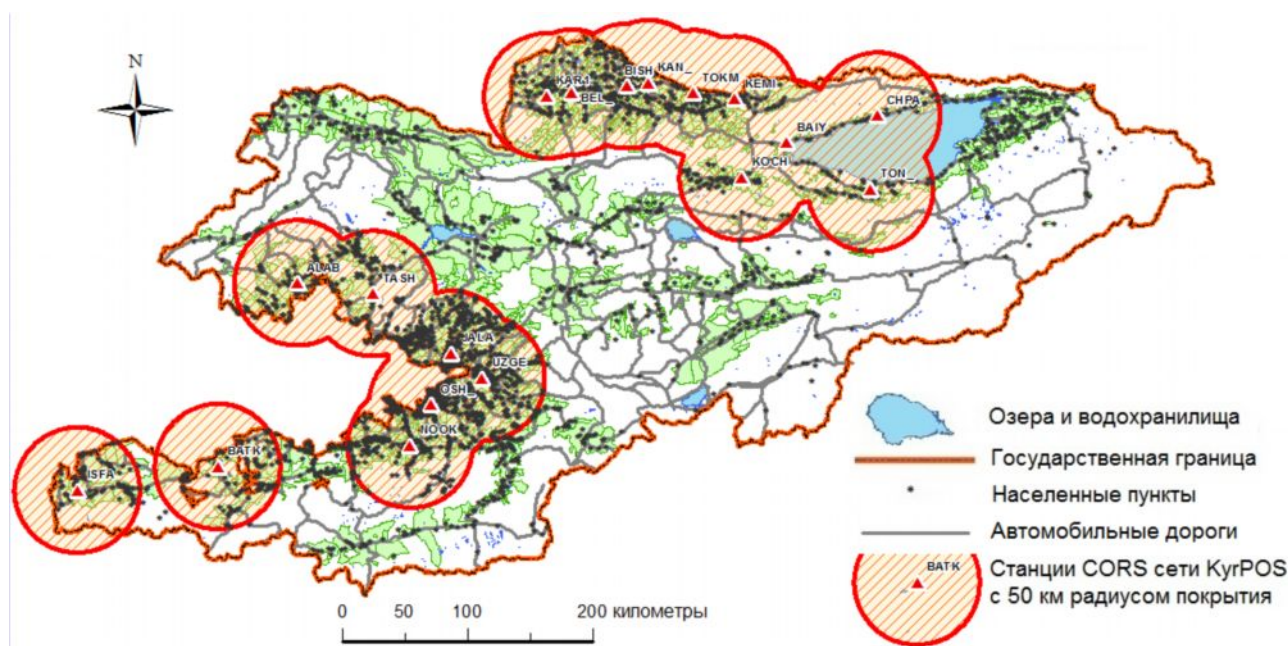


Рис. 3. Сеть постоянно действующих ГНСС референц станций КугPOS

Выполнение спутниковых измерений в высокогорных условиях страны Кыргызстана требует особого внимания к различным видам помех, влияющих на прохождение сигналов навигационных спутников. Многолучевость сигналов, факторы снижения точности измерений из-за плохой спутниковой геометрии в условиях сильно пересеченной горной местности и сложные тропосферные помехи оказывают большое влияние и требуют детального изучения во всех случаях спутниковых наблюдений.

Появление принципиально новых технических средств - спутниковых геодезических приемников потребовало существенного пересмотра традиционных подходов к созданию геодезических сетей и выполнению инженерно-геодезических работ. Требуется создание концепции, нормативной документации и стандартов, регламентирующих применения спутниковой геодезии в решении инженерных задач, реконструкции геодезических сетей, повышение точности и надежности определения параметров преобразования между геоцентрической общеземной координатной системой, государственными и местными геодезическими системами координат и формирование каталогов координат пунктов во всех используемых координатных системах. Дорожное строительство является отраслью, где применение спутникового позиционирования может значительно повысить эффективности капитальных вложений и использования трудовых ресурсов.

### Список литературы

1. ГОСТ РФ 51794-2008 «Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек» [Текст]. - Москва: Стандартинформ, 2009.
2. Инструкция по определению и обеспечению секретности топографо-геодезических, картографических, гравиметрических, аэрофотосъёмочных материалов и материалов космических съёмок на территории Кыргызской Республики [Текст] / Постановление Правительства Кыргызской Республики №622 от 11 ноября 2013г.
3. Abдиев А. and Чымыров А. The Kyrgyz National Reference System “Kyrg-06” and GNSS Control Centre “KyrgPOS”. [Текст] / Материалы Международной ГИС конференции Центральной Азии «Взаимосвязанные регионы: сообщества, хозяйства и окружающая среда», 2-3 мая 2013г. – Алматы: 2013. - с. 85-90.
4. Чымыров А.У. Исследование применения GNSS технологий в определении нормальных высот в условиях Кыргызстана [Текст] / А.У.Чымыров // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова (КГУСТА). – Бишкек: № 4 (46). - 2014. – с. 41-47.
5. Чымыров А. and Карыпов А. GNSS Permanent Networks in Kyrgyzstan. [Текст] / Материалы 9-й Международного Симпозиума по прикладной информатике и смежным направлениям - AIS 2014. - Шекесфехервар: 2014. - с. 62-66.
6. Чымыров А. Precise point positioning (PPP) services in Kyrgyzstan [Текст] / Материалы Международной ГИС конференции Центральной Азии - GISCA 2015 - «Геопространственное управление землей, водой и ресурсами», 14-16 мая 2015г. – Ташкент: 2015. - с. 93.