

ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ

УДК 528.31/.41(574)

DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-1-6-15

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Константин Федорович Афонин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)343-29-11

Самат Мураханович Кинжигужин

Республиканское государственное казенное предприятие «Казгеодезия», 010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, проспект Богенбай батыра, 3/3, руководитель управления аэрокосмосъемочных, топографо-геодезических и картографических работ, тел. (705)159-25-70

Андрей Сергеевич Дрозд

Республиканское государственное казенное предприятие «Казгеодезия», 010000, Республика Казахстан, г. Нур-Султан, проспект Богенбай батыра, 3/3, руководитель отдела топографо-геодезических работ, тел. (705)913-91-54

Координатное обеспечение территорий невозможно без создания государственных геодезических сетей (ГГС). Целью публикации является анализ перспектив развития государственной геодезической сети Республики Казахстан с использованием ГНСС-технологий. Анализ перспектив нельзя представить без исторической ретроспективы по данному вопросу. Поэтому авторами, во-первых, выполнен анализ результатов обследования пунктов астрономо-геодезических сетей и геодезических сетей сгущения, созданных во времена СССР на территории Республики Казахстан. Было обследовано более 40 000 пунктов, что составило более 77 % от общего их числа. Число утраченных пунктов не превысило 9,5 % от количества обследованных. Во-вторых, перечислены существующие современные спутниковые геодезические сети постоянно действующих референционных станций, созданные частными фирмами. Приведены схемы этих сетей, количество пунктов. Однако такие сети не свободны от ряда недостатков, которые обусловлены их ведомственной принадлежностью. Проанализированы действующие нормативно-технические документы по построению сетей. В результате выполненных исследований сделаны предложения по созданию новой государственной геодезической сети Республики Казахстан. Такая сеть должна состоять из сетей трех уровней: фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), высокоточной геодезической сети (ВГС), спутниковой геодезической сети 1-го класса (СГС-1). Авторы показывают необходимость создания постоянно действующих пунктов ФАГС и ВГС.

Ключевые слова: системы координат, государственная геодезическая сеть, сети референционных станций, программа развития ГГС, фундаментальная астрономо-геодезическая сеть, высокоточная геодезическая сеть, спутниковая геодезическая сеть 1-го класса, астрономо-геодезическая сеть, геодезическая сеть сгущения, геодезический пункт, рабочий центр

Введение

В соответствии с основными положениями [1] государственная геодезическая сеть

Республики Казахстан (РК) определяется как система пунктов, которые, во-первых, равномерно расположены на территории республики и, во-вторых, закреплены на местности

специальными центрами. Закрепление на местности необходимо для обеспечения сохранности и устойчивости пунктов в плане и по высоте на длительное время. На наш взгляд, в этом определении не хватает еще одного положения. Координаты пунктов ГГС должны вычисляться в единой для них системе координат.

В этом случае геодезическую сеть можно будет считать физическим представлением принятой в РК системы координат, и она обоснованно будет являться главным элементом системы координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО). Именно геодезическая сеть во многом будет определять основные характеристики КВНО [2–5].

Как отмечено в [1], ГГС Республики Казахстан является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов и предназначается для решения задач, имеющих общегосударственное, оборонное и научно-исследовательское значение.

Данная статья посвящена анализу состояния ГГС Республики Казахстан с учетом перспектив ее дальнейшего развития.

Современное состояние государственных геодезических сетей

Правительством РК в соответствии с законодательными актами [6, 7] установлены для территории страны единые государственные системы координат, высот, гравиметрических и ГНСС-измерений. В этих документах устанавливается и масштабный ряд топографических карт и планов. Так как РК входила ранее в состав единого государства – СССР, то перечисленные государственные сети республики являются по сути фрагментами соответствующих сетей СССР [8].

Поэтому плановая ГГС РК в настоящее время состоит из двух блоков:

- астрономо-геодезические сети (АГС) 1-го и 2-го классов;
- геодезические сети сгущения (ГСС) 3-го и 4-го классов.

В соответствии с постановлением Правительства РК [7] плановые координаты пунктов ГГС РК в каталогах хранятся в системе координат 1942 года (СК-42), а нор-

мальные высоты – в Балтийской системе высот 1977 года.

В системе координат 1942 года было установлено следующее:

- исходным пунктом является пункт Пулковско, находящийся в центре Круглого зала Пулковской обсерватории (рис. 1);
- в качестве геометрической модели Земли использован эллипсоид Красовского с большой полуосью 6 378 245 м и сжатием 1/298,3;
- высота геоида над эллипсоидом Красовского в Пулково принята равной нулю;
- нормальные высоты вычисляются относительно нуля Кронштадтского футштока (рис. 2).



Рис. 1. Пункт Пулково



Рис. 2. Нуль Кронштадтского футштока

При реализации СК-42 на территории СССР в состав ГГС вошли 87 полигонов триангуляции 1-го класса, созданных в 1941–1946 гг. и покрывавших большую часть Европейской и Среднеазиатской территории СССР. Далее по югу Сибири до Хабаровска шла практически одиночная цепочка триангуляции 1-го класса.

В дальнейшем развитие ГГС выполнялось крупными блоками в разные годы. На рисунке (рис. 3) показана схема расположения таких блоков полигонов триангуляции и полигонометрии 1-го класса. Математическая обработка результатов полевых изме-

рений также выполнялась последовательно по блокам полигонов. За исходные пункты при уравнивании очередного нового блока принимались пункты, расположенные на границах с ранее созданными блоками.

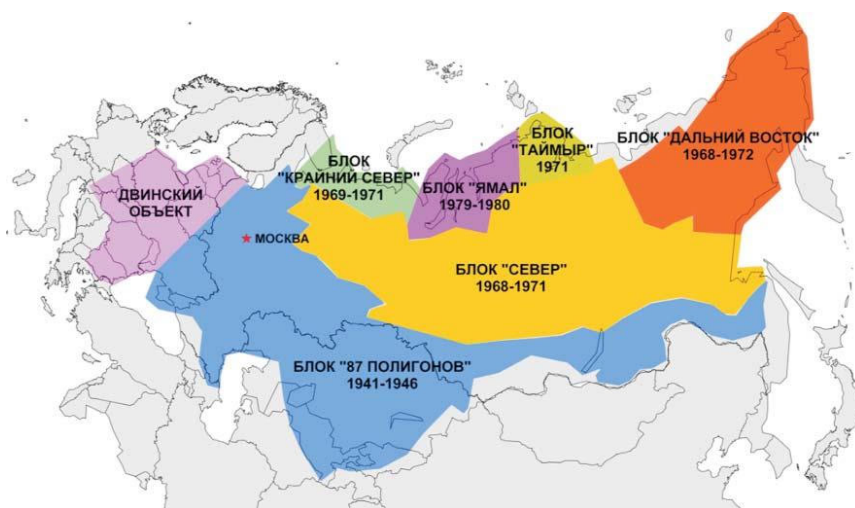


Рис. 3. Схема блоков уравнивания ГГС СССР и распространения СК-42

Такое нарушение строгости уравнивания геодезической сети неизбежно повлекло накопление ошибок в координатах по мере развития сети в направлении на северо-восток территории СССР (до 30 м по координатам x и y) и появление значительных искажений (до 10 м) на границах блоков уравнивания [9].

Кроме этого источником деформации ГГС стал выбранный метод дальнейшего сгущения ГГС. Сеть триангуляции 1-го класса создавалась блоками полигонов без заполнения внутри. При дальнейшем сгущении ГГС в жесткий каркас, образованный такими полигонами, вставлялась заполняющая сеть 2-го класса [8]. При уравнивании сети 2-го класса пункты 1-го класса принимались за исходные.

В настоящий момент структура ГГС Республики Казахстан следующая:

- космическая геодезическая сеть – 2 пункта (законсервированы);
- астрономо-геодезическая сеть – около 25 000 пунктов;
- геодезическая сеть сгущения – около 27 000 пунктов.

В период с 2010 по 2019 г. подведомственной организацией Республиканским государ-

ственным казенным предприятием «Казгеодезия» Комитета геодезии и картографии Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан проведена работа по обследованию 40 240 геодезических пунктов астрономо-геодезической сети и сети сгущения. Это составило более 77 % от общего объема. В результате обследования было установлено, что утрачено 3 822 пункта. Нетрудно подсчитать, что утрачены 9,5 % от общего количества обследованных пунктов. На наш взгляд, это неплохие показатели сохранности ГГС РК.

В настоящее время на территории Республики Казахстан развернуты постоянно действующие сети референцных станций частных геодезических компаний, не вошедшие в состав ГГС. Данные референцные станции успешно используются для выполнения топографо-геодезических работ с применением спутниковых методов позиционирования. Такие постоянно действующие сети созданы тремя фирмами: АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», ТОО «Leica Geosystems Kazakhstan», ТОО «Геокурс».

В АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары» имеется сеть, состоящая из 60 постоянно действующих референционных станций системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан [10]. Эта фирма предоставляет услуги по определению местоположения с сантиметровой точностью в реальном времени в радиусе 30 км от места расположения станции. Использование режима постобработки позволяет увеличить этот радиус до 200 км. Схема расположения постоянно действующих референционных станций АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары» приведена на рис. 4.

ТОО «Leica Geosystems Kazakhstan» владеет сетью, состоящей из 28 референционных станций, и предоставляет услуги, связанные с точным позиционированием. Схема расположения постоянно действующих референционных станций ТОО «Leica Geosystems Kazakhstan» показана на рис. 5 [11].

Для предоставления услуг, связанных с точным позиционированием, в ТОО «Геокурс» создана сеть, состоящая из 28 референционных станций. Схема расположения постоянно действующих референционных станций этой фирмы изображена на рис. 6 [12].

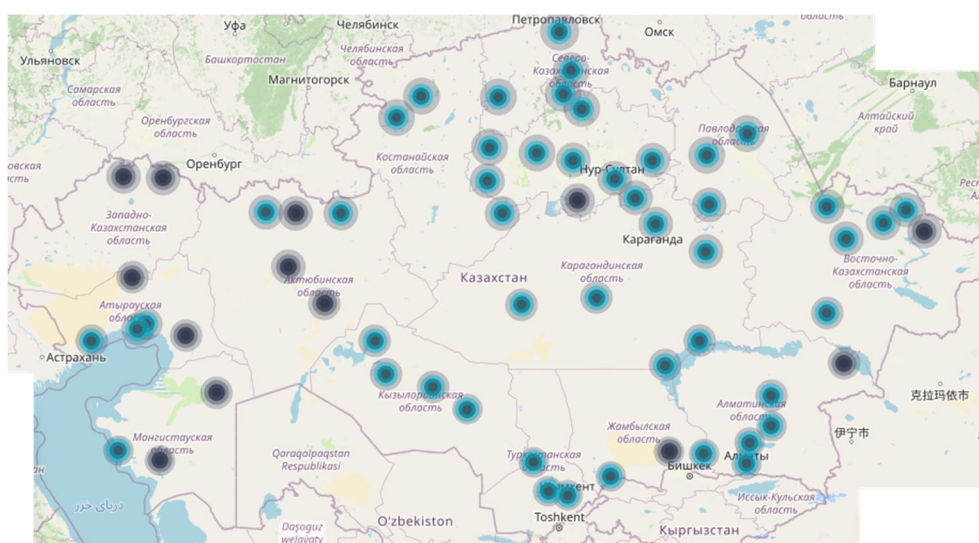


Рис. 4. Схема расположения постоянно действующих референционных станций АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары»

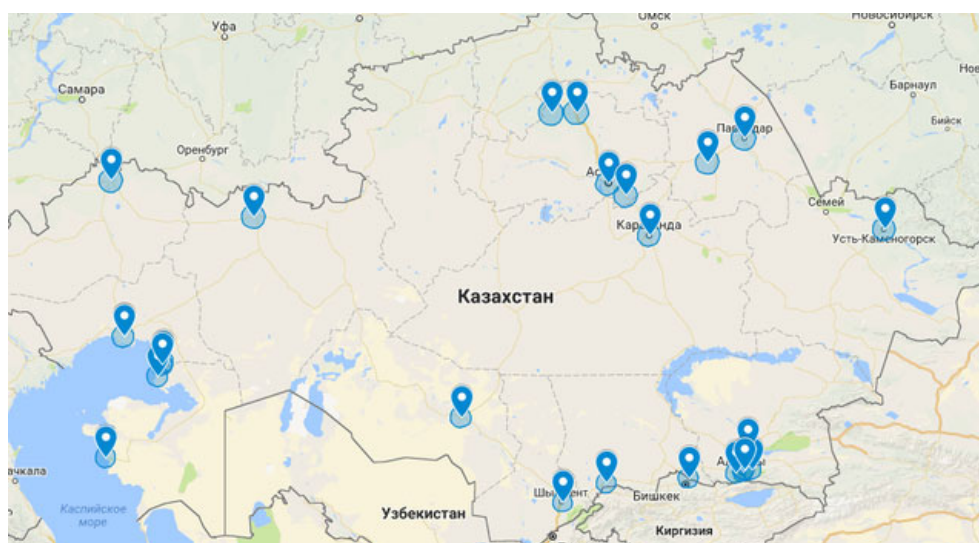


Рис. 5. Схема расположения постоянно действующих референционных станций ТОО «Leica Geosystems Kazakhstan»

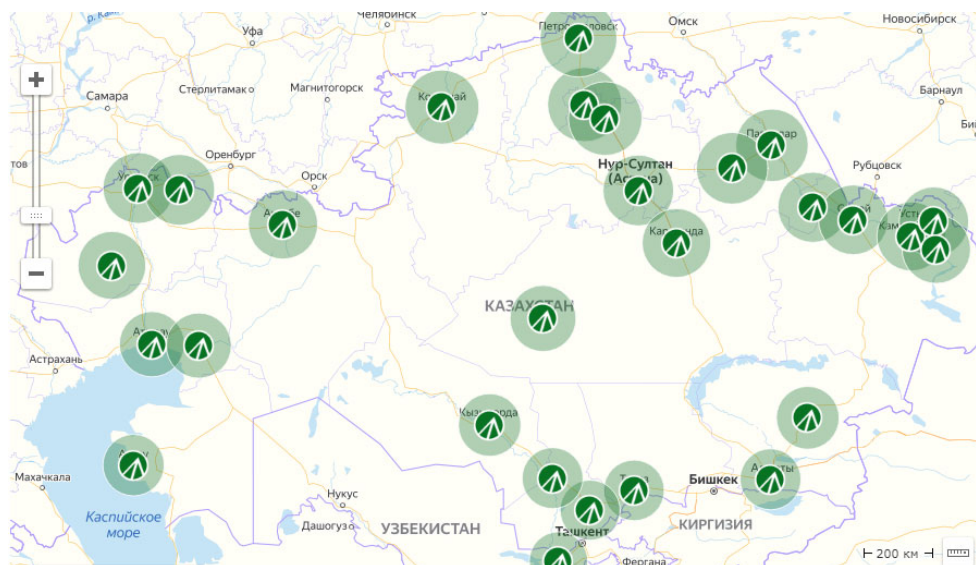


Рис. 6. Схема расположения постоянно действующих референционных станций ТОО «Геокурс»

Существующие частные сети референционных станций не могут выполнять функции государственного геодезического обеспечения и обеспечить полный охват территории РК продуктами высокоточного спутникового позиционирования по ряду причин:

- отсутствие полного охвата территории РК. Референционные станции расположены в основном в экономически развитых районах страны;
- дублирование мест расположения референционных станций различными фирмами;
- ограничение доступа к функциям сети со стороны уполномоченного органа в сфере геодезии и картографии Республики Казахстан;
- несоответствие требованиям нормативно-технических документов по закладке, установке и монтажу референционных станций;
- отсутствие привязки к линиям нивелирования и гравиметрическим пунктам.

Однако стоит учесть, что большая часть референционных станций может быть использована в качестве пунктов будущей государственной спутниковой геодезической сети 1-го класса (СГС-1). При этом потребуются доработка конструкции рабочих центров и привязка к линиям нивелирования. Так как сети СГС-1 создаются в экономически развитых районах страны, то наиболее эффективным вариантом является включение постоянно действующих станций перечисленных фирм в состав ГГС республики.

Перспективы развития государственной геодезической сети Республики Казахстан

Задание, поддержание и воспроизведение системы координат на уровне требований, обеспечивающих решение фундаментальных перспективных задач в области геодезии, геофизики, геодинамики и космонавтики, невозможно без создания геодезической сети на качественно новом, более высоком, уровне точности.

Построение такой сети – составная часть новой высокоэффективной государственной системы геодезического обеспечения территории страны, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo, БЭЙДОУ.

ГГС РК, создаваемая в соответствии с Основными положениями [1], в зависимости от точности и других параметров составляющих ее элементов, методов и последовательности развития, структурно формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности на основе спутниковых методов высокоточного позиционирования:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- высокоточную геодезическую сеть (ВГС);
- спутниковую геодезическую сеть 1-го класса (СГС-1).

При этом часть пунктов новой сети должны быть совмещены с пунктами существующих сетей триангуляции и полигонометрии 1–4-го классов [1].

ГГС высшего уровня должна обеспечивать решение трех основных задач.

1. Установление и распространение государственной системы координат на всю территорию страны.

2. Поддержание координатной основы на современном уровне с учетом перспективных требований.

3. Эфемеридное обеспечение группировок ИСЗ ГЛОНАСС и GPS.

Для определения пространственного положения пунктов ФАГС необходимо использовать абсолютные методы ГНСС-определений. Средняя квадратическая погрешность (СКП) определения положения пунктов ФАГС относительно центра масс Земли не должна превышать 10 см. Взаимное положение любых пунктов сети высшего уровня должно быть получено с СКП не более 2 см в плане и 3 см по высоте [13].

Геодезической сетью второго уровня является высокоточная геодезическая сеть. Эта геодезическая сеть будет служить:

1) для уточнения параметров ориентирования государственной системы координат;

2) создания исходной координатной основы для геодезических построений последующих классов и тем самым распространения принятой в РК системы координат на ее территорию;

3) изучения поверхности и гравитационного поля Земли, а также их изменений во времени.

Для получения пространственного положения пунктов ВГС должны применяться методы относительных спутниковых ГНСС-определений. Точностные показатели должны быть следующие: пункты ВГС и ФАГС должны определяться с СКП взаимного положения, не превышающей $3 \text{ мм} + 5 \cdot 10^{-8} D$ в плане и $5 \text{ мм} + 7 \cdot 10^{-8} D$ по высоте. Здесь и далее буквой D обозначена длина стороны, выраженная в миллиметрах [14].

На третьем уровне в современной структуре ГГС будет находиться спутниковая геодезическая сеть 1-го класса. Данная сеть

предназначена для создания оптимальных условий перевода геодезического обеспечения РК на спутниковые методы определения координат. СГС-1 создается фрагментами по мере необходимости (объем фрагмента не менее трех пунктов). С точки зрения экономической целесообразности СГС-1 следует создавать в первую очередь в промышленных районах страны.

Для создания СГС-1 необходимо применять методы относительных спутниковых ГНСС-определений. В СГС-1 должны выполняться следующие точностные требования: СКП взаимного положения любых пунктов не должна превышать $3 \text{ мм} + 1 \cdot 10^{-7} D$ в плане и $5 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-7} D$ по высоте [15].

По мере развития сетей ФАГС, ВГС и СГС-1 выполняется уравнивание ГГС и уточняются параметры взаимного ориентирования геоцентрической системы координат и системы координат РК [1].

Основным условием определения мест размещения и количества пунктов ФАГС является равномерное размещение их на каждой из литосферных плит на территории Республики Казахстан. Это позволит изучать геодинамические явления на территории страны. Другие задачи, для решения которых будет создаваться ФАГС, заключаются в установлении основных параметров новой государственной геоцентрической системы координат, создании исходной геодезической основы для дальнейшего повышения точности определения положения пунктов государственной геодезической сети, связи пунктов ФАГС с международными сетями ITRF. Таким образом, при решении практических задач координатно-временного обеспечения РК ФАГС будет реализовывать геоцентрическую систему координат [1].

Для обеспечения однородной точности спутниковых геодезических сетей, развитие ВГС необходимо осуществлять наряду с пунктами ФАГС. Плотность пунктов ВГС должна быть не менее одного пункта на 35 000 кв. км.

Одним из немаловажных направлений развития государственного геодезического обеспечения наряду с ГГС является создание доступных интернет-сервисов, содержащих полную информацию о ГГС, параметрах си-

стем координат, используемых в Республике Казахстан, а также сервиса точного дифференциального позиционирования (ТДП), более известного под англоязычным названием «Precise Point Positioning» (PPP) [16].

В настоящее время обработка результатов суточных сеансов наблюдений по методике ТДП позволяет получать взаимное положение с СКП, не превышающей 1,5 см по каждой плановой координате и 2 см по геодезической высоте [17].

Сегодня в связи с увеличением количества спутников и спутниковых созвездий, а также совершенствованием технических и точностных характеристик ГНСС-оборудования и специализированного программного обеспечения наблюдается устаревание требований действующих нормативно-технических документов, в частности основных положений [1]. К примеру, классификация по точности при использовании данных с постоянно действующих референцных станций сетей СГС-1 нуждается в изменении. Дело в том, что эти станции имеют более высокую точность и прогнозируемость изменений местоположения рабочего центра по сравнению с периодически определяемыми пунктами ФАГС. В связи с этим может возникать «парадокс», когда периодически определяемый пункт ФАГС задает координаты для сетей СГС-1, оборудованных постоянно действующими дифференциальными станциями.

Принимая во внимание современные реалии развития ГНСС-технологий, теория создания однородной по точности государственной спутниковой геодезической сети

для территории Республики Казахстан имеет большую актуальность. Однородная точность геодезических сетей достигается созданием постоянно действующих пунктов ФАГС и ВГС.

Необходимость создания однородной по точности ГСГС РК практически подтверждается возникшими техническими проблемами, с которыми столкнулись специалисты АО «Роскартография» при выполнении работ по переходу на Российскую государственную систему координат 2011 года (ГСК-2011). Эти проблемы можно сформулировать следующим образом [18]:

- недостаточное число доступных для рядовых пользователей пунктов ФАГС;
- конструктивные недостатки центров на пунктах ВГС и СГС-1, которые затрудняют выполнение спутниковых измерений;
- недостаточное количество и неравномерное размещение по территории РФ пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1;
- разное время наблюдений на пунктах ФАГС, ВГС и СГС-1, а также недостаточный учет геодинамики.

Заключение

Анализируя российский опыт перехода на ГСК-2011, можно утверждать, что одной из немаловажных составляющих ГСГС РК должна быть плотность пунктов спутниковой геодезической сети и наличие на них постоянно действующего ГНСС-оборудования, т. е. на все рабочие центры пунктов ФАГС и ВГС должно устанавливаться спутниковое оборудование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГКИНП (ГНТА)–01–020–09. Основные положения о государственной геодезической и нивелирной сетях Республики Казахстан. – Введ. 15.12.2009. – Астана : АЗР РК, 2009. – 3 с.
2. Мазурова Е. М., Антонович К. М., Лагутина Е. К., Липатников Л. А. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований // Вестник СГУГиТ. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 84–89.
3. Терещенко В. Е., Лагутина Е. К. Сравнение относительных смещений пунктов сети постоянно действующих базовых станций Новосибирской области, полученных с использованием различных онлайн-сервисов обработки спутниковых измерений // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 2. – С. 76–94.
4. Карпик А. П., Косарев Н. С., Антонович К. М., Решетов А. П., Устинов А. В. Методика метрологической поверки ГНСС-приемников системы мониторинга высоконапорной ГЭС // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 4. – С. 34–43.
5. Ходаков П. А., Басманов А. В. Создание и обновление нивелирной сети I и II классов на территории Республики Крым // Геодезия и картография. – 2020. – № 3. – С. 2–7.

6. О геодезии и картографии : Закон Республики Казахстан от 03.07.2002 № 332 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kodeksy-kz.com/ka/ogeodeziiikartografii.htm>. – Загл. с экрана.
7. Об установлении единых государственных систем координат, высот, гравиметрических и спутниковых измерений, а также масштабного ряда государственных топографических карт и планов : постановление Правительства Республики Казахстан от 28.12.2002 № 1403 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geoid.kz/Resolution_of_the_Government_RK_December_28_2002_№1403. – Загл. с экрана.
8. Андреев В. К., Джанпейсов М. Э., Новиков Е. В., Сагындык М. Ж., Самратов У. Д., Филатов В. Н., Хасенов К. Б., Хвостов В. В. Состояние и актуальные проблемы модернизации ГГС Республики Казахстан // Геопрофи. – 2012. – № 6. – С. 12–17.
9. Демьянов Г. В., Майоров А. Н., Побединский Г. Г. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России // Геопрофи. – 2011. – № 3. – С. 23–29.
10. АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары». Карта покрытия сети дифференциальных станций СВСН РК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://svsn.kz/map/>. – Загл. с экрана.
11. ТОО «Leica Geosystems Kazakhstan». Расположение базовых станций и покрытие RTK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geosystems.kz/p35823739-predostavlenie-gsm-rtk.html>. – Загл. с экрана.
12. ТОО «Геокурс». Базовые станции – зоны покрытия RTK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geokurs.kz/base-stations>. – Загл. с экрана.
13. ГОСТ Р 57374–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС). Технические условия. – Введ. 06.01.2017. – М. : Стандартиформ, 2017.
14. ГОСТ Р 57372–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты высокоточной геодезической сети (ВГС). Технические условия. – Введ. 06.01.2017. – М. : Стандартиформ, 2017.
15. ГОСТ Р 57373–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1). Технические условия. – Введ. 06.01.2017. – М. : Стандартиформ, 2017.
16. Липатников Л. А. О методике точного дифференциального позиционирования (Precise Point Positioning) и перспективах ее совершенствования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : сб. молодых ученых СГГА (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 48–53.
17. Виноградов А. В., Войтенко А. В., Жигулин А. Ю. Оценка точности метода Precise Point Positioning и возможности его применения при кадастровых работах // Геопрофи. – 2010. – № 2. – С. 27–30.
18. Попрыгин В. А., Третьяков В. И. ГСК-2011. Проблема перехода // Геопрофи. – 2018. – № 1. – С. 8–12.

Получено 11.09.2020

© К. Ф. Афонин, С. М. Кинжигужинов, А. С. Дрозд, 2021

ANALYSIS OF THE STATE GEODETIC NETWORK OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN TAKING INTO ACCOUNT THE DEVELOPMENT TRENDS

Konstantin F. Afonin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)343-29-11

Samat M. Kinzhiguzhinov

Republican State Enterprise "Kazgeodeziya", 3/3, Bogenbay Batyr Prospect St., Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, Head of the Department of Aerospace, Topographic, Geodesic and Cartographic Works, phone: (705)159-25-70

Andrey S. Drozd

Republican State Enterprise "Kazgeodeziya", 3/3, Bogenbay Batyr Prospect St., Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, Head of the Department of Topographic and Geodetic Works, phone: (705)913-91-54

Coordination support of the territories is impossible without the creation of state geodesic networks. The purpose of the publication is to analyze the prospects for the development of the state geodesic network in the Republic of Kazakhstan using GNSS technologies. Perspective analysis cannot be imagined without a historical retrospective on the subject. Therefore, the authors, firstly, analyzed the survey results of the astronomical and geodesic networks points and geodesic networks of condensation, created during the Soviet era on the territory of the Republic of Kazakhstan. More than 40,000 items were surveyed, representing more than 77 per cent of the total. The number of lost points did not exceed 9.5 % of the number of examined items. Secondly, the existing modern satellite geodesic networks of permanent reference stations created by private firms are listed. The schemes of these networks, the number of points are given. However, such networks are not free from a number of shortcomings that are due to their departmental affiliation. The existing regulatory and technical documents on network construction have been analyzed. As a result of the completed studies, proposals have been made to create a new state geodesic network of the Republic of Kazakhstan. Such a network should consist of networks of three levels: FICS, HCV, SGS-1. The authors show the need to establish permanent FICS and HCV points.

Keywords: coordinate systems, state geodetic network, reference stations, SGN Development program, fundamental astronomical and geodesic network, high-precision geodesic network, satellite geodesic network of class 1, astronomical and geodesic network, geodesic network of condensation, geodesic point, work center

REFERENCES

1. Geodetic, Cartographic Instructions, Norms and Regulations GKINP (GNTA)-01-020-09. (2009). Basic provisions on the state geodetic and leveling networks of the Republic of Kazakhstan. Astana: ADR RK Publ., 3 p. [in Russian].
2. Mazurova, E. M., Antonovich, K. M., Lagutin, E. K., & Lipatnikov, L. A. (2014). Analysis of the Russian National Reference Network condition considering modern and prospective requirements *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(27), 84–89 [in Russian].
3. Tereshchenko, V. E., & Lagutina, E. K. (2019). Determining of Novosibirsk region reference stations offsets by comparison method of free online GNSS post-processing services. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(2), 76–94 [in Russian].
4. Karpik, A. P., Kosarev, N. S., Antonovich, K. M., Reshetov, A. P., & Ustinov A. V. (2019). Method of metrological inspection of GNSS receivers of a high-connector heps monitoring system *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(4), 34–43 [in Russian].
5. Khodakov, P. A., & Basmanov, A.V. (2020). Creation and renewal of the 1st and second grades of the niche network in the territory of the Republic of Crimea. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 3, 2–7 [in Russian].
6. The Law of the Republic of Kazakhstan of July 3, 2002 No. 332. On geodesy and cartography. Retrieved from <https://kodeksy-kz.com/ka/ogeodeziiikartografii.htm>.
7. Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan of December 28, 2002 No. 1403. On the establishment of unified state systems of coordinates, heights, gravimetric and satellite measurements, as well as a large-scale series of state topographic maps and plans. Retrieved from https://geoid.kz/Resolution_of_the_Government_RK_December_28_2002_No1403.
8. Andreev, V. K., Djanpeisov, M. E., Novikov, E. V., Sagyndyk, M. Y., Samratov, U. D., Filatov, V. N., Hasenov, K. B., & Khvostov, V. V. (2012). The state and current problems of modernization of the GHAS of the Republic of Kazakhstan. *Geoprofi*, 6, 12–17 [in Russian].
9. Demyanov, G. V., Mayorov, A. N., & Pobedinsky, G. G. (2011). Problems of continuous improvement of the GGS and geocentric coordinate system of Russia. *Geoprofi*, 3, 23–29 [in Russian].
10. Map of the coverage of the network of differential stations of the SVSN RK. (n. d.). Retrieved from <http://svsn.kz/map/>.
11. Leica Geosystems Kazakhstan LLP. (n. d.). The location of the base stations and the coverage of the RTK. Retrieved from <https://geosystems.kz/p35823739-predostavlenie-gsm-rtk.html>.
12. Geocurs LLN. (n. d.). Base stations are RTK coverage areas. Retrieved from <https://geokurs.kz/base-stations>.

13. Standards of Russian Federation. (2017). GOST P 57374-2016. Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodesic work. Items of the Fundamental Astronomical and Geodesic Network (FAGS). Specifications. Moscow: Standartinform Publ. [in Russian].
14. Standards of Russian Federation. (2017). GOST P 57372-2016. Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodesic work. Points of high-precision geodesic network (HCV). Specifications. Moscow: Standartinform Publ. [in Russian].
15. Standards of Russian Federation. (2017). GOST P 57373-2016. Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodesic work. Class 1 satellite geodesic network points (SGS-1). Specifications. Moscow: Standartinform Publ. [in Russian].
16. Lipatnikov, L. A. (2012). On the method of precise differential positioning (Precise Point Positioning) and prospects for its improvement. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 7. Sbornik molodykh uchenykh SSGA [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 7. Collection of Young Scientists SSGA]* (pp. 48–53). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
17. Vinogradov, A. V., Beitenko, A. V., & Jigulin, A. Y. (2010). Assessment of the accuracy of the Precise Point Positioning method and the possibility of its use in cadastral works. *Geoprofi*, 2, 27–30 [in Russian].
18. Popygin, V. A., & Tretyakov, V. I. (2018). GSK-2011. The problem of transition. *Geoprofi*, 1, 8–12 [in Russian].

Received 11.09.2020

© K. F. Afonin, S. M. Kinzhiguzhinov, A. S. Drozd, 2021