

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 528.23

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – СОВРЕМЕННАЯ ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

канд. техн. наук **Б.А. ФУРМАН**
(Белазрокосмогеодезия, Минск)

Рассмотрено в историческом ракурсе развитие Государственной геодезической сети Республики Беларусь. Выполнен сравнительный анализ сети, уравниваемой в СК-42 и СК-95. Показаны преимущества спутниковых методов модернизации Государственной геодезической сети. Приведена новая структура, точностные характеристики Государственной геодезической сети, построенной спутниковыми методами, и Государственной нивелирной сети. Обоснованы причины и целесообразность совершенствования системы геодезического обеспечения территории Республики Беларусь на основе реализации принципа спутниковой дифференциальной системы, функционирующей в реальном режиме времени. Представлен макет спутниковой системы точного позиционирования Минского региона.

Введение. В настоящее время требования со стороны потребителей геодезической информации к точности и оперативности ее получения значительно возросли. Эти требования основываются на расширении круга задач, которые представилось возможным решать в современных условиях использования спутниковых- и ГИС-технологий, средств передачи данных и современных программных средств.

Единую базовую пространственно-координатную основу для решения различных задач формирует Государственная геодезическая сеть (ГГС) Республики Беларусь. Обеспечение необходимого уровня сети связано с ее постоянным совершенствованием на основе новейших достижений науки, техники, повышения квалификации кадров и др.

Построение Государственной геодезической сети Беларуси в настоящее время осуществляется на основе применения относительных методов спутниковых местоопределений.

В качестве альтернативы относительному методу может служить организация спутниковой дифференциальной системы, функционирующей в реальном режиме времени.

Рассматриваемые в настоящей статье положения по развитию спутниковых геодезических систем основываются на общей концепции развития системы геодезического обеспечения территории Республики Беларусь.

Основные этапы развития геодезического обеспечения территории Республики Беларусь

При рассмотрении данного вопроса следует иметь в виду, что в прошлом государственные геодезические сети Республики Беларусь представляли собой часть сетей дореволюционной России, а затем бывшего СССР.

1. Губернские триангуляции. В 1832 году организован Корпус военных топографов, деятельность которого продолжалась до 1917 года [1]. Получили развитие триангуляционные работы. Однако из-за отсутствия общего плана выполнения триангуляционных работ сети строились по отдельным губерниям (или по группам) без надежной связи с триангуляциями соседних районов. Пункты триангуляции плохо закрепляли центрами на местности. Для геодезических работ последующих лет они в большей своей части оказались безвозвратно утерянными.

Были организованы так называемые «Триангуляции»: Виленская, Курляндская, Гродненская, Минская, Могилевская, Смоленская, Московская и др.

2. Дуга Струве (1815 – 1852 гг.). Началом истории построения единой геодезической сети и в единой системе координат можно считать 1816 год. С этого года начались работы под руководством академика Петербургской Академии Наук, основателя и первого директора Пулковской обсерватории В.Я. Струве и генерала от инфантерии, почетного члена Петербургской Академии Наук К.И. Теннера по проложению триангуляционного ряда по территории Беларуси и девяти других государств от устья Дуная до Северного Ледовитого океана. Этот ряд триангуляции, образованный в 1852 году, протяженностью 25°20', получил название дуги Струве [2]. За исходный пункт при вычислении координат пунктов Дуги Струве принята астрономическая обсерватория в Дерпте (г. Юрьев, теперь г. Тарту, Эстония), а за поверхность отсисности – эллипсоид Бесселя.

3. Единая схема и программа государственной триангуляции 1924 и 1928 годов. По этим программам и схемам были проложены ряды триангуляции I класса, образующие при взаимном пересечении

полигоны с периметром 800...1000 км. Работы по уравниванию 8 полигонов 1 класса Европейской части СССР и Уральского полигона были завершены в 1932 году. Вычисления велись на эллипсоиде Бесселя, за исходный принимался пункт Саблино. Принятая система координат получила название 1932 года [2].

4. Построение сети в соответствии с «Основными положениями о построении Государственной опорной геодезической сети СССР» (1939 г.). Становление и развитие основных геодезических работ на территории бывшего СССР связано с разработкой и научным обоснованием Ф.Н. Красовским фундаментальной программы построения государственной триангуляции, которая была опубликована в 1928 году и в последующем нашла отражение в «Основных положениях о построении Государственной опорной геодезической сети СССР» (1939 г.).

Триангуляция, построенная в соответствии с программой Ф.Н. Красовского, характеризуется погрешностями определения взаимного положения смежных пунктов около 0,3 м [3].

5. Построение сети в соответствии с «Основными положениями о построении Государственной геодезической сети СССР» (1954 – 1961 гг.). Сеть построена в виде полигонов 1 класса периметром около 800 км; в отдельных районах вместо полигонов развита сплошная сеть триангуляции 1 класса.

Звенья полигонов построены методами триангуляции и полигонометрии.

Сети 2, 3 и 4 классов построены методами триангуляции и полигонометрии.

6. Сеть полигонометрии 1 и 2 класса, развитая в соответствии с «Инструкцией по полигонометрии и трилатерации» 1976 года. Начиная с 1970 года, в связи с появлением современных высокоточных электронных дальномеров, наряду с методом триангуляции в создании геодезических сетей стали применяться методы полигонометрии и частично трилатерации.

Нормативные требования к Государственной геодезической сети Республики Беларусь, построенной традиционными методами

Геодезическая сеть СССР, построенная в соответствии с «Основными положениями о построении Государственной геодезической сети СССР» (1954 – 1961 гг.), характеризуется следующими обобщенными нормативными техническими показателями (табл. 1) [3].

Таблица 1

Обобщенные нормативные технические показатели Государственной геодезической сети СССР

Класс сети	Длины сторон, км	Средняя квадратическая погрешность измерения углов	Ошибка стороны в самом слабом месте	Средняя квадратическая погрешность взаимного положения смежных пунктов, м
1	20...25	0,7"	1 : 150 000	~ 0,15
2	7...20	1,0"	1 : 200 000	~ 0,07
3	5...8	1,5"	1 : 120 000	~ 0,07
4	2...5	2,0"	1 : 70 000	~ 0,07

Для сравнения укажем, что погрешности взаимного положения пунктов геодезической сети, построенной в соответствии с «Основными положениями о построении Государственной опорной геодезической сети СССР» (1939 г.), составляли 0,3 м [3].

Система координат, высот и гравиметрических данных

Для осуществления топографо-геодезической и картографической деятельности на территории Республики Беларусь применяются введенные Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1065 от 12 июля 1999 года «О государственной системе координат, высот, гравиметрических измерений и масштабном ряде топографических карт и планов на территории Республики Беларусь» единая система геодезических координат 1942 года (СК-42) и Балтийская система высот 1977 года. Начальным пунктом для счета координат является пункт Пулковое. Счет высот ведется от нуля Кронштадского футштока.

Характеристика Государственной геодезической сети Республики Беларусь, уравненной в СК-42

Построение Государственной геодезической сети Республики Беларусь – это работа нескольких поколений геодезистов.

Точность этой сети позволяла уверенно использовать ее для обоснования съемок вплоть до масштабов 1 : 5 000 и 1 : 2 000 и крупнее. Плотность пунктов государственной геодезической сети составляет 1 пункт на 30 кв. км.

Вместе с тем следует признать, что принятый и оправдываемый на предшествующий период (отсутствие алгоритмов, мощных и сверхмощных ЭВМ) метод уравнивания отдельными блоками и вставки

сплошной сети триангуляции 2 класса в «жесткий каркас» полигонов 1 класса привел к распространению СК-42 в виде системы нанизанных друг на друга отдельно урavnенных блоков. Такой принцип неизбежно приводил к деформациям геодезической сети на границе блоков, на границе рядов 1 класса и заполняющей сети 2 класса.

Общие региональные деформации на территории Республики Беларусь по нашим исследованиям достигают 4 м и более, а локальные деформации еще недостаточно изучены.

Сопоставление средних квадратических погрешностей взаимного положения смежных пунктов, полученных из традиционных полигонометрических и современных спутниковых определений, показано в таблице 2. При проведении сравнительного анализа предполагалось, что спутниковые определения выполнены по программе построения спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1).

Таблица 2

Сопоставление средних квадратических погрешностей взаимного положения смежных пунктов

Метод определения координат	Средние квадратические погрешности взаимного положения пунктов, расположенных на максимально допустимом расстоянии, мм			
	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
Полигонометрия	75	90	100	62
Спутниковый	9	6	5	4
Отношение: полигонометрия/спутниковый	8,4	15	20	15,5

Приведенные в таблице 2 данные свидетельствуют о потенциальных возможностях повышения на порядок точности Государственной геодезической сети Республики Беларусь при условии применения спутниковых методов определения местоположения.

Выводы по Государственной геодезической сети Республики Беларусь, урavnенной в референционной СК-42

1. Дальнейшее использование СК-42 не может обеспечивать возрастающие требования к решению задач геодезического обеспечения республики. Применяемая в Беларуси СК-42 становится сдерживающим фактором в использовании выполненных высококачественных спутниковых измерений при создании фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), высокоточной геодезической сети (ВГС), спутниковой геодезической сети 1 класса.

2. Дальнейшее повышение точности Государственной геодезической сети и Республики Беларусь, и городских геодезических сетей связано с применением спутниковых методов определения местоположения.

Референцная система координат 1995 года

Повышение точности взаимного положения пунктов ГГС на больших расстояниях, как показал опыт России, возможно при урavnивании астрономо-геодезической сети (АГС) совместно с имеющимися высокоточными спутниковыми измерениями. Результаты такого урavnивания, выполненного в 1995 году Роскартографией, были положены в основу системы геодезических координат 1995 года (СК-95).

Сеть, полученная из совместного урavnивания всех измерений и получившая название СК-95, качественно превосходит систему координат 1942 года по уровню точности и обеспечивает возможность перехода к общеземной геоцентрической системе координат на определенном уровне точности для всей ГГС в целом.

История развития нивелирных сетей на территории Республики Беларусь

В прошлом Государственная нивелирная сеть Республики Беларусь представляла собой часть нивелирной сети дореволюционной России, а затем бывшего СССР [2].

1. **Первые нивелирные работы на территории Беларуси (1875 – 1877 гг.).** Первые нивелирные работы на территории Беларуси были выполнены в 1875 – 1877 годах по железным дорогам Смоленско-Витебской, Витебско-Динабургской железным дорогам. Нивелирование выполнялось тригонометрическим методом нивелир-теодолитами с вертикальными кругами. На этих линиях была достигнута точность 4,1 мм на 1 км хода.

2. **Первая общая программа нивелирования и первое общее урavnивание нивелирной сети (1881 – 1894 гг.).** В 1881 году Военно-топографическим отделом Главного штаба была разработана общая программа нивелирования на территории России. Помимо решения практических задач данной Программой ставились и научно-технические задачи: определение уровней Балтийского, Черного и Азовского морей; связь нивелирной сети России через прусские и австро-венгерские нивелировки с Северным и

Средиземным морями. Линии нивелирования проходили и по территории Беларуси – с Вильнюса на Ровно, Одессу.

Впервые было установлено, что уровень морей Черного и Азовского на 0,85 м, Адриатического на 0,68 м и Северного на 0,49 м ниже уровня Балтийского моря.

В 1894 году было проведено первое уравнивание русской нивелирной сети, выполненной с 1871 по 1893 год. Для вычисления С.Д. Рильке ошибочно принял уровни Черного и Балтийского морей равными. Все вычисления проведены от среднего Балтийско-Черноморского уровня. Точность нивелирования из уравнивания характеризовалась погрешностью ± 3 мм.

3. Второе общее уравнивание нивелирной сети (1933 г.). Второе общее уравнивание нивелирной сети было выполнено в 1933 году.

Нивелирная сеть состояла из 106 линий. Нивелировки соединили Кронштадский футшток с равномерными станциями Белого, Черного, Азовского морей и бухты Золотой Рог во Владивостоке. По результатам уравнивания уровень Черного моря на футштоках Севастополя, Одессы, Феодосии и Новороссийска оказался ниже Балтийского моря на 0,41 м, а Азовского – на 0,39 м.

В уравнивание 1933 года были включены нивелировки, выполненные только в Европейской части СССР.

Совместное влияние случайной и систематической ошибок на 1 км нивелирного хода, вычисленное по невязкам полигонов, составило 2,7 мм. Этим уравниванием был подведен полугодовой итог работы геодезистов.

До 1950-х годов применялись ортометрические высоты.

4. Третье общее уравнивание нивелирной сети (1950 г.). Второе уравнивание нивелирной сети (1933 г.) не было совсем строгим. Единого каталога высот не было. Требовалось выполнить Постановление Совета Министров СССР № 760 от 7 апреля 1946 года «О введении единой системы координат и высот на территории СССР», согласно которому в стране вводилась единая Балтийская система высот.

5. Четвертое общее уравнивание нивелирной сети (1977 г.). К этому времени протяженность нивелирных линий СССР I класса составила около 70 тыс., км, а II класса – 360 тыс. км. Возникла необходимость в уравнивании, которое было завершено в 1977 году. Вся сеть была разбита на 2 блока: «Запад» и «Восток». Средняя квадратическая ошибка из уравнивания блока «Запад» составила 1,6 мм/км.

По результатам этого совместного уравнивания нивелировок I и II классов на территории бывшего СССР введена Балтийская система высот 1977 года.

Высоты пунктов Государственной нивелирной сети вычислены в системе нормальных высот.

За исходный пункт системы высот принят средний уровень Балтийского моря (нуль Кронштадтского футштока).

6. Пятое общее уравнивание нивелирной сети (2008 г.). В настоящее время на территории Республики Беларусь линии нивелирования I класса образуют 6 полигонов; их протяженность составляет около 4000 пог. км.

Планируется выполнить совместное с Россией уравнивание нивелирной сети I класса.

Развитие геодезического обеспечения территории Республики Беларусь на основе спутниковых методов

В течение нескольких последних лет на территории Республики Беларусь на основе относительных спутниковых определений построены ФАГС и ВГС, завершаются работы по созданию СГС-1.

Преимущества и реализация возможностей применения спутниковых методов геодезического обеспечения

1. Возможность передачи координат практически на любые расстояния и с оперативностью на порядок выше по сравнению с наземными измерениями.

2. Отсутствие требований к взаимной видимости между пунктами, что позволило без сооружения дорогостоящих геодезических знаков располагать пункты в местах, более благоприятных для их сохранности и последующего использования.

3. Резкое понижение требований к плотности исходной геодезической основы, что позволяет сократить количество пунктов опорных геодезических сетей и более благоприятно их расположить. Это приводит к сокращению затрат на постоянные работы по обследованию и восстановлению пунктов.

4. Значительное уменьшение временных затрат по сравнению с традиционными измерениями.

5. Удобство подъезда к создаваемым пунктам и сокращение переездов между пунктами.

6. Создание условий значительного маневра в выборе схем развития геодезического обоснования вследствие снижения требований к наличию связей и оптических видимостей между пунктами.

7. Ограничение влияния внешних условий, вызванных высокодинамичными неустойчивыми приземными слоями атмосферы, являвшимися основным источником погрешностей традиционных геодезических измерений. Использование спутниковых технологий позволяет уменьшить влияние атмосферы в десятки раз, за счет чего повышается точность измерений на один-два порядка.

8. Возможность развития динамических методов измерений.

9. Большая простота в организации и выполнении работ, особенно в труднодоступных и климатически сложных районах.

10. Большой уровень автоматизации на всех стадиях проведения работ, отсутствие технической зависимости от времени суток, года, погодных условий.

11. Возможности решения задач замены геометрического нивелирования спутниковым.

12. Расширение возможностей геодинамических исследований.

Новые возможности

1. Задание, поддержание и воспроизведение системы координат на территории Республики Беларусь на уровне требований, обеспечивающих решение фундаментальных перспективных задач в области геодезии, геофизики, геодинамики и космонавтики.

2. Определение больших расстояний, что обеспечивает изучение тектонических деформаций на больших расстояниях.

3. Объединение точной плановой и высотной геодезической основы на базе использования единой технологии, совмещения пунктов-носителей координат и высот и связи существующих плановых и высотных сетей.

4. Объединение различных геодезических построений и создание единых городских сетей.

5. Создание координатной основы для решения навигационных транспортных задач.

6. Определение координат пунктов с одинаковой точностью в любой точке.

7. Более активное использование за счет совершенствования доступа к данным Государственной геодезической сети Республики Беларусь различными ведомствами взамен вынужденного создания ими своих сетей в условных системах координат.

8. Установление связей с европейскими и мировыми системами координат, что обеспечивает развитие возрастающих экономических контактов между странами Европы и мира.

Основные концептуальные положения построения

Государственной геодезической сети Республики Беларусь

1. Обеспечение пользователей геодезической информации возможностями придания объектам пространственных свойств.

2. Значительное повышение точности метрической информации объектов.

3. Однородность координатной среды.

Структура современной Государственной геодезической сети Республики Беларусь

Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь включает [4]:

- пункт фундаментальной астрономо-геодезической сети;

- высокоточную геодезическую сеть;

- спутниковую геодезическую сеть 1 класса;

- геодезическую сеть сгущения.

Основные характеристики современной Государственной геодезической сети

Республики Беларусь (табл. 3).

Таблица 3

Класс	Расстояние между пунктами, км	Средняя квадратическая погрешность взаимного положения пунктов
ФАГС	700...2000	Не более 1...2 см по плановому положению и 2...3 см по высоте
ВГС	150...300	Соответственно 2 см и 2 см
СГС-1	15...25	Соответственно 1...2 см и 1...2 см
ГСС	2...8	Соответственно 5 см и 5 см

Совершенствование системы геодезического обеспечения территории Республики Беларусь на основе применения принципа спутниковой дифференциальной системы

Недостатки относительного метода позиционирования:

1) необходимость наличия базовой станции, что приводит к неоправданным экономическим затратам;

2) значительны временные задержки получения потребителями геодезической информации о местоположении объектов;

- 3) существует необходимость отыскания исходных пунктов Государственной геодезической сети при производстве топографических и земельно-кадастровых работ, возможные повреждения их центров;
- 4) усложнение организации работ.

Альтернатива методам относительного позиционирования: создание на территории государства постоянно действующих референцных станций. Сеть референцных станций при наличии постоянной связи подвижной станции с вычислительным центром обеспечивает возможность передачи потребителю дифференциальных поправок и определения координат в режиме реального времени.

Преимущества создания и функционирования референцных станций. Создание и функционирование референцных станций позволяет:

- 1) более активно использовать за счет совершенствования доступа к данным существующую геодезическую сеть различными ведомствами взамен вынужденного создания ими своих сетей в условных системах координат;

- 2) повысить качество выполняемых работ за счет использования высокоточных исходных данных, накапливаемых на постоянно действующих пунктах;

- 3) упростить организацию и технологию работ по развитию съемочного обоснования при выполнении землеустроительных, топографических и других работ за счет появляющейся возможности передачи координат от референцных станций (РС) на любые расстояния с оперативностью, недоступной для традиционных технологий;

- 4) повысить экономическую эффективность работ по развитию геодезического и съемочного обоснования за счет сокращения переездов между пунктами резким снижением требований к плотности исходной геодезической основы и необязательностью использования всех существующих пунктов, их раскопок и т.п., а также нецелесообразностью использования некоторых из них, особенно находящихся в лесу или в других труднодоступных местах;

- 5) создать условия значительного маневра в выборе схем развития геодезического обоснования вследствие снижения требований к наличию связей и оптических видимостей между пунктами, создания удобства подъезда к создаваемым пунктам;

- 6) обеспечить за счет доступа к данным РС возможность использования потребителем только одного приемника вместо двух-трех, которые он вынужден приобретать с целью установки их на пунктах с известными координатами для проведения полноценных геодезических работ, что приводит к значительным дополнительным затратам;

- 7) внедрять технологии создания сетей долговременных опорных навигационно-геодезических станций, например, вдоль железных дорог для использования их различными службами, а не устанавливать оборудование каждый раз по мере необходимости. При увеличении грузооборота, усложнении обстановки на дорогах, развитии системы страхования, необходимости повышения уровня безопасности вопрос эффективного управления и контроля транспортными средствами на разветвленных маршрутах или дальних расстояниях становится актуальным. Особого внимания требует транспортировка специфических грузов (токсичные и радиоактивные отходы, взрывчатые и отравляющие вещества, негабаритные грузы, деньги и драгоценные металлы, оружие и др.). Кроме задач глобальной навигации международных (междугородных) перевозок, существуют не менее важные задачи локальной навигации: постоянное автоматическое определение местоположения, направления и скорости движения объектов, контроль за движением транспортных средств службы инкассации, милиции, ГАИ, такси, аварийных служб, грузов, сигнализация угона и отслеживание пути угнанного автомобиля.

Сферы применения сетевых технологий. Использование сетевых технологий находит широкое применение в следующих областях деятельности:

- геодезическое обеспечение кадастровых, землеустроительных работ, регистрации прав на недвижимость;
- поддержка ГИС-технологий;
- строительство, и особенно строительство линейных объектов (дорог, трубопроводов, ЛЭП);
- координатная поддержка аэрофотосъемочных работ;
- геологические изыскания и добыча полезных ископаемых;
- система контроля и управления транспортом пожарных, скорой помощи, милиции, автомобильного и железнодорожного транспорта;
- воздушная, морская и сухопутная навигация;
- военные цели;
- решение на основе европейских и мировой систем координат глобальных задач геодинамики и в других областях.

Показатели оценки системы геодезического обеспечения, основанной на принципах спутниковой дифференциальной системы, по сравнению с существующей

Таблица 4

Наименования	Показатели для оценки
1. Преимущества сети опорных дифференциальных станций	
1. Значительное (в 15...20 раз) сокращение времени наблюдений	Сокращение затрат, повышение производительности труда
2. В сетевом методе, если одна или две станции неисправны одновременно, то их вклад можно исключить из решения, а остальные опорные станции могут взять его на себя	Расширение избыточности, улучшение доступности, надежности и доступности обслуживания потребителей дифференциальных поправок
3. Использование сетевого метода позволяет осуществлять контроль качества поправок, образуемых по каждой опорной станции	Если отдельная станция генерирует ошибочные поправки, сеть позволяет выявить и исключить эту ошибку из окончательного решения
4. Возможности сетевого метода моделировать зависящие от расстояния такие ошибки, как ионосферные и тропосферные влияния и ошибки орбит	При объединении наблюдений от нескольких постоянных опорных станций влияние упомянутых ошибок можно уменьшить
5. Разрешение неоднозначностей на длинных базовых линиях приводит к важному преимуществу сетевого метода: к большему допустимому расстоянию между опорными станциями	Вместо 10...15 км расстояния при одиночных станциях до 50...70 км при сетевых. Это позволяет уменьшить количество опорных станций
6. Сетевой метод позволяет образовывать наблюдения для фиктивной или виртуальной опорной станции, которая может располагаться ближе к станции пользователя, чем любая из постоянных реальных опорных станций, что приводит к улучшению позиционирования	Такие преимущества метода виртуальных станций обеспечивают большую гибкость в организации работ
7. Возможность работы с одним приемником. Второй (или вторые) освобождаются для выполнения дополнительных работ, т.е. повышается производительность	Обеспечивается повышение производительности труда
8. У потребителей отпадает необходимость посещения геодезических пунктов	Исключается необходимость выполнения земляных работ по отысканию центров пунктов, исключая их повреждение
9. Более высокая производительность определения координат пунктов по сравнению с наземными методами	Уменьшение плотности геодезической сети
10. Единая СК для всех потребителей	Однородность сети
Недостаток сети опорных дифференциальных станций	
Дополнительные линии связи	
2. Преимущества виртуальной станции над сетевым методом	
1. Сеть опорных станций должна обрабатываться только один раз	Сокращение затрат на обработку
2. Необходимо меньше данных, нужны данные только виртуальной станции на период измерений	Сокращение затрат на обработку
3. Атмосферные задержки от опорной станции сети можно интерполировать на виртуальную	Повышение качества обработки
4. Можно использовать коммерческое стандартное программное обеспечение (ПО)	Исключение затрат на приобретение дополнительных программ
5. Улучшенные и новые модели в ПО должны вводиться только на вычислительном центре (ВЦ). Потребителю они не нужны, так как виртуальную станцию создает и работает с ней ВЦ	Исключение затрат на приобретение дополнительных программ
6. «Наблюдения» на виртуальной станции «ведутся» 24 часа в сутки	Повышение оперативности обработки
7. Для создания виртуальной станции используются данные, которые уже были проконтролированы (при сетевом решении)	Сокращение затрат на обработку
8. Не нужна сложная обработка (можно использовать бортовые эфемериды и простые модели)	Сокращение затрат на обработку
9. Можно работать одночастотным приемником от виртуальной станций	Увеличение применяемости оборудования
10. Более надежное разрешение неоднозначностей, достигаемое за более короткий период наблюдений	Повышение качества обработки
11. Для распределения данных виртуальных станций между пользователями хорошо подходит Интернет	Сокращение затрат на передачу данных

Макет спутниковой системы точного позиционирования (ССТП) Минского региона

Спутниковая система точного позиционирования Минского региона [5] предназначена для оказания услуг точного позиционирования на территории данного региона и может явиться прообразом создания подобных систем для других областей Республики Беларусь.

Спутниковая система точного позиционирования представляет собой сеть опорных (референсных) станций, принимающих сигналы спутников глобальных навигационных спутниковых систем и передающих их в качестве измерительной информации в вычислительный центр, который формирует корректирующую информацию и по каналам связи транслирует её пользователям на обслуживаемой территории.

Пользователи с применением полевых приемников высокой точности (геодезического класса), объединяя спутниковую и корректирующую информацию, получают координаты объектов с сантиметровой точностью.

Наиболее экономичным вариантом является создание ССТП, состоящей из 15 референсных станций и одного ВЦ, развёрнутых на территории региона.

Спутниковая система точного позиционирования реализует режимы реального времени и постобработки. Режим реального времени позволяет определять в пределах минуты после установки спутникового приёмника на определяемой точке координаты объекта со средней квадратической погрешностью 2 см в плане и 3 см по высоте.

Территория, охватываемая режимом реального времени, зависит от числа и расположения референсных станций. Для разрабатываемой ССТП – это полное покрытие территории Минского региона.

В режиме отложенного времени (постобработки) величина средней квадратической погрешности определения плановых координат находится на субсантиметровом уровне.

Дополнительно ССТП может предоставлять различным пользователям услуги позиционирования пониженной точности.

Заключение. Геодезию сегодняшнего дня характеризует высокая степень автоматизации, оперативность, возможность пространственного и временного анализа, высокая точность координатных определений, в том числе в движении. Планирование и проведение мероприятий по совершенствованию Государственной геодезической сети Республики Беларусь с применением указанных характеристик обеспечивает ее научно-технический, социальный, экологический и политический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вировец, А.М. Высшая геодезия / А.М. Вировец. – М.: Недра, 1970. – Ч. 1: Основные геодезические работы. – С. 44 – 47.
2. Кашин, Л.А. Построение классической астрономо-геодезической сети России и СССР (1816 – 1991) / Л.А. Кашин. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999. – 192 с.
3. Практикум по высшей геодезии (вычислительные работы) / под ред. Н.В. Яковлева. – М.: Недра, 1982. – С. 4 – 13.
4. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь. Основные положения: СТБ 1653-2006.
5. Разработка системы геодезического обеспечения административно-территориальных единиц с использованием глобальных навигационных спутниковых систем. – М.: Госкомимущество, 2007. – 89 с.

Поступила 03.04.2008