

УДК 528.583

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И СОСТОЯНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИС-ПРОЕКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*канд. тех. наук В.В. МКРТЫЧЯН, канд. тех. наук Б.А. ФУРМАН
(РУП аэрокосмических методов в геодезии «Беларокосмогеодезия», Минск)*

Рассматриваются вопросы геодезического обеспечения, учитывающего возможности создания современных геоинформационных систем в условиях Республики Беларусь. Особое внимание уделено приданию пространственных свойств объектам местности. Рекомендовано в качестве геодезической основы ГИС-проектов использовать геодезические сети, созданные спутниковыми методами.

Возрастающие требования потребителей геодезической информации и современные научно-технические возможности в области спутниковых технологий местоопределений, в цифровом представлении данных и компьютерной обработке информации обусловили необходимость перехода к геодезическому обеспечению территорий на качественно новый уровень.

Это связано с тем, что в современных условиях геодезическое обеспечение играет роль важной составляющей по удовлетворению экономических и общественных потребностей общества в информации об окружающей среде. Использование этой информации направлено на выработку решений в интересах жизнедеятельности населения и устойчивого развития территорий.

Предшествовавший период развития геодезического обеспечения характеризовался построением раздельных плановых (x, y) и высотных (Y) государственных сетей, что обусловлено недостаточной универсальностью традиционных методов, не позволяющим одновременно и с необходимой точностью определять все три координаты пунктов.

Современная концепция геодезического обеспечения базируется на целевой ориентации всего комплекса работ на пространственные свойства территории. Именно полная характеристика пространственных свойств позволяет получить объективное представление об объектах местности. Эти свойства выражаются посредством координат X, Y, Z пространственного предмета.

Акцентируем внимание на трех основных современных требованиях геодезического обеспечения ГИС-проектов:

- 1) обеспечение разработчиков ГИС-проектов возможностями придания объектам пространственных свойств;
- 2) значительным повышением точности метрической информации объектов;
- 3) однородностью координатной среды.

Получение пространственных координат X, Y, Z объектов с высокой точностью в единой и однородной системе для разработки различных ГИС-проектов должно базироваться на использовании в качестве основы пунктов государственных и городских геодезических сетей Республики Беларусь.

Необходимость такого подхода связана с тем, что в настоящее время государственные и городские геодезические сети создаются исключительно с применением спутниковых технологий. Основными преимуществами таких технологий являются:

- возможность передачи координат практически на любые расстояния с оперативностью и на порядок высшей точностью по сравнению с наземными измерениями. Это открывает возможности изучения деформаций крупных инженерных сооружений. Традиционные геодезические измерения плохо приспособлены к проведению мониторинговых измерений на больших объектах;
- отсутствие требований к взаимной видимости между пунктами, что позволяет без сооружения дорогостоящих геодезических знаков располагать пункты в местах, более благоприятных для их сохранности и последующего использования. При использовании традиционных наземных геодезических методов возникала потребность обеспечения прямой видимости между смежными пунктами, что приводило к необходимости выбора пунктов на командных высотах, доступ к которым не всегда был удобным;
- резкое понижение требований к плотности исходной геодезической основы, позволяющее на два порядка сократить количество пунктов опорных геодезических сетей и более благоприятно их расположить, что сокращает затраты на постоянные работы по обследованию и восстановлению пунктов;
- значительное уменьшение временных затрат, чем при традиционных измерениях;
- удобство подъезда к создаваемым пунктам и сокращение переездов между пунктами;
- создание условий значительного маневра в выборе схем развития геодезического обоснования вследствие снижения требований к наличию связей и оптических видимостей между пунктами;
- ограничение влияния внешних условий, вызванных высокочастотными неустойчивыми приземными слоями атмосферы, являвшимися основным источником ошибок традиционных геодезических

измерений. Использование спутниковых технологий позволяет уменьшить влияние атмосферы в десятки раз, за счет чего повышается точность измерений на один-два порядка;

- возможность развития динамических методов измерений;
- большая простота в организации и выполнении работ, особенно в труднодоступных и климатически сложных районах;
- большой уровень автоматизации на всех стадиях проведения работ, отсутствие технической зависимости от времени суток, погодных условий.

Важно отметить, что спутниковые технологии открывают возможность одновременного создания единых плановых и высотных сетей. Самые трудоемкие и дорогостоящие нивелирные работы со временем будут заменены спутниковыми определениями.

Практическую реализацию создания государственных и городских геодезических сетей в республике осуществляет Республиканское унитарное предприятие аэрокосмических методов в геодезии «Белэрокосмогеодезия» по поручению Комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь. В течение последних 4 лет предприятием выполнены значительные работы по созданию пространственных государственных и городских геодезических сетей и соответственно распространению общеземных геоцентрических систем координат.

Первой производственной работой в республике, связанной с применением WGS-84, является создание высокоточной опорной геодезической аэродромной сети (ВОГАС).

В число мероприятий по контролю за распространением и использованием на территории республики общеземных геоцентрических систем координат входит обеспечение функционирования постоянно действующего пункта Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) «Минск», являющегося высшим звеном государственной геодезической сети Республики Беларусь. Он является пунктом единой с Россией ФАГС и состоит из системы 9 наземных пунктов специально созданной локальной высокоточной сети. Пункты расположены на расстоянии до 10 км от основного пункта. Постоянно действующий пункт (ПДП) функционирует с 1 сентября 2001 года, обеспечивая решение различных геодезических и других внутригосударственных задач. Функционирование ПДП и использование его потребителями осуществляется на основе специально разработанных и утвержденных Приказом Комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь № 13 от 31 января 2005 года Методических рекомендаций.

Координаты пункта определены в системе координат ITRF на соответствующую эпоху из совместного с Россией уравнивания ФАГС. На ПДП выполняется циклический контроль его пространственного положения. Основной центр пункта снабжен устройством принудительного центрирования.

Последнее определение координат выполнено по данным 5-дневных спутниковых наблюдений в декабре 2003 года (5 независимых суточных циклов).

Исходными для вычисления координат послужили координаты близлежащих пунктов Европейской перманентной сети (EPN) в СК ITRF-2000, приведенные на эпоху наблюдений по скоростям движения V_x, V_y, V_z :

- METS (Финляндия) - пункт, расположенный на расстоянии 727 км по хорде;
- JOSE, LAMA (Польша) - 482,7 и 453,0 км соответственно;
- GLSV (Украина) - 443,1 км.

Скорости движения указанных исходных пунктов составляют: по X - от (-16) до (-17,5) мм/год; по Y - от 14,3 до 16,2 мм/год; по Z - от 6,6 до 8,8 мм/год, а колебания в скоростях движения выбранных пунктов - соответственно 1,5, 1,9 и 2,2 мм/год.

Получение координат и высот точек, определяемых от постоянно действующего пункта, осуществляется реализацией метода относительного позиционирования в режиме постобработки. Заинтересованные организации могут в установленном порядке воспользоваться накапливаемой на ПДП информацией, организовав у себя реализацию относительного метода позиционирования, используя вместо двух один приемник.

Следует ожидать, что функционирование различных ГИС будет в дальнейшем осуществляться на основе массовых спутниковых координатных определений, картографических материалов и данных дистанционного зондирования, приведенных в общеземную систему координат.

Дальнейшее распространение системы общеземных координат на территории государства осуществлено от пункта ФАГС посредством развития высокоточной геодезической сети, включающей 9 пунктов, расположенных в среднем друг от друга на расстоянии 187 км, и спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1), пункты которой расположены на расстоянии от 15 до 30 км.

Построение сетей выполнено с ошибками, не превышающими регламентируемых нормативно-техническими документами:

- ошибки взаимного положения пунктов ВГС не превышают 1,5 см по каждой из плановых компонент и 2 - 3 см по высотной компоненте;
- ошибки взаимного положения пунктов СГС-1 не превышают 3 см по каждой из плановых компонент и 5 см по высотной компоненте.

Создавая спутниковым методом сети, РУП «Белаэрокосмогедезия» решает не только задачи геодезического обеспечения территории государства, но и создает благоприятные предпосылки для создания ГИС, предназначенных для решения навигационных задач, мониторинга окружающей среды и т.д.

Следует отметить, что отсутствие достаточно густой сети, обеспечивающей привязку снимаемых объектов к истинной WGS-84, вынуждает различные организации на практике использовать псевдо WGS, началом в которых служит пункт с близкими к WGS-84 координатами. Дорогостоящие и высокоточные спутниковые измерения в таком случае используются разово, так как производителя конкретной работы интересуют только полученные в результате трансформирования спутниковых измерений плоские координаты в принятых системах координат: СК-42, СК-95, МСК и т.п.

С целью последующего многократного использования дорогостоящей измерительной спутниковой информации, полученной различными ведомствами, целесообразно обеспечить инфраструктуру пространственных геодезических данных на основе межведомственного архива, основным назначением которого является накопление, обработка, анализ информации и предоставление потребителям необходимых, приведенных к единой системе координат пунктов.

Немаловажным аспектом удовлетворения потребителей картографо-геодезической продукции является изготовление и распространение цифровых и аналоговых карт в системах координат WGS-84 и ITRF.

С целью обеспечения более активного использования создаваемых спутниковых геодезических сетей, координаты пунктов которых определены в ITRF (WGS-84), в Республике Беларусь разработана программа и технический проект на создание сети постоянно действующих станций.

Реализация программы позволит повысить качество выполняемых работ за счет использования высокоточных исходных данных, накапливаемых на постоянно действующих пунктах, упростить организацию и технологию работ, повысить их экономическую эффективность, внедрять технологии создания сетей долговременных опорных навигационно-технологических станций, например, вдоль дорог и т.д.

Использование достоинств создания сети постоянно действующих станций особенно актуально в условиях Беларуси, где сплошная геодезическая сеть СГС-1 еще не развита на всей территории и где наблюдается значительная утрата пунктов геодезической сети. Например, в пригородной зоне столицы республики утрачено около 50 % пунктов геодезической сети.

Сеть постоянно действующих станций будут использовать как спутники ГЛОНАСС, так и GPS-спутники, а в последующем и GALILEO для реализации высокоточных режимов реального времени и постобработки.

Целью реализации указанных выше мероприятий является:

- построение перманентной сети станций спутниковых радионавигационных наблюдений, реализующих систему WGS-84 на территории Республики Беларусь и включение ее в Европейскую перманентную сеть (EPN);
- создание государственной геодезической сети первого класса (СГС-1) на всю территорию республики и обеспечение ее связи с системой WGS-84 и ETRS89 (Европейская земная референциальная система 1989 года) и ITRS (Международная земная референциальная система);
- выполнение работ по созданию регионального геоида в системе WGS-84.

Придавая важное значение вопросам геодезического обеспечения города Минска и пригородов (размер территории 80x80 км), за последние три года по заданию Комитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь РУП «Белаэрокосмогедезия» выполнены работы по созданию высокоточной спутниковой городской геодезической сети.

Средние квадратические ошибки определения координат пунктов не превышают 1 см.

Следует отметить, что существовавшая до выполнения указанных работ городская геодезическая сеть создавалась в разные годы разными организациями с применением различных технологий и на основе различных нормативно-технических документов. Вновь создаваемые сети преимущественно подсоединялись или нанизывались на существующие без выполнения совместного уравнивания.

В значительной степени эти недостатки проявлялись при развитии фрагментов сети, создаваемых на договорных условиях.

Влияние указанных обстоятельств привело к неоднородности сети, нарушению топологии (пересечение ходами низшего класса ходов высшего класса) и в конечном счете к несоответствию ее по точности действующим нормативно-техническим документам.

При этом значительная часть пунктов полигонометрии и нивелирования утрачена. Существовавшая схема построения высотной основы города не удовлетворяет требованиям возрастающей площади города и пригородов.

Значительная часть пунктов в центральной части города закреплена геодезическими знаками на зданиях. Такое закрепление было оправданным при применении триангуляции как наиболее экономичного и технологически удобного метода создания и использования городских геодезических сетей. Переход к использованию технологий, связанных с применением спутниковых приемников и тахеометров, ограничивает возможности использования этих пунктов и снижает точность привязки к геодезической опоре.

На основе спутниковых измерений нами выявлены значительные, имеющие неравномерный характер распространения деформации.

Выполненные нами исследования существующих деформаций из-за ограниченной плотности развитой спутниковой сети позволяют говорить только об общем характере проявления деформаций, не касаясь локального характера их распространения.

Построенная спутниковая городская геодезическая сеть является высокоточной, однородной и задающей единую систему координат на всю территорию города и пригородов. Она является высококачественной основой для развития сетей более низких классов.

Однако созданная высокоточная спутниковая городская геодезическая сеть по плотности не соответствует принятым в России и других странах нормам и не имеет достаточной связи с сетью городской полигонометрии, пункты которой используются всеми потребителями геодезических данных. В сложившейся ситуации пока невозможно улучшить точность существующей сети полигонометрии. Построенная спутниковая сеть является только высшим, начальным звеном модернизации опорной геодезической сети города.

Устранение локальных деформаций существующей геодезической сети, достигающих в некоторых местах значительных величин, возможно только на основе развития последующего звена спутниковой городской геодезической сети - СГГС-2.

Полученные координаты пунктов высокоточной спутниковой городской геодезической сети (ВСГГС) задают местную систему координат (МСК), основанную на точных спутниковых измерениях. В сложившейся ситуации, т.е. при недостаточной плотности пунктов ВСГГС и слабой связи ее с полигонометрической сетью, не представляется возможным распространить высокоточную местную систему координат, задаваемую ВСГГС, на все пункты существующей городской геодезической сети без дополнительных спутниковых определений.

Игнорирование этим требованием приводит к выполнению топографических съемок масштаба Г.500 и инженерно-геодезических работ на недостаточно точном геодезическом обосновании, что впоследствии приведет к решению вопроса о невозможности использования материалов этих работ и в конечном счете к их корректировке или переделке.

Для приведения городской сети к установленным нормативно-техническими документами стандартам требуется ее модернизация на основе специальной программы, предусматривающей проведение ряда научно-производственных мероприятий.

В число таких мероприятий необходимо включить выполнение работ по определению нормальных высот на всех пунктах высокоточной спутниковой городской геодезической сети с точностью, соответствующей требованиям, предъявляемым к нивелирным сетям II - III классов, привязку городской нивелирной сети к государственной. Реализация этих требований потребует кардинального пересмотра существующей схемы высотной основы города и пригородов.

Целесообразно эту программу согласовать с Минским горисполкомом. Такой подход практикуется при модернизации геодезических сетей крупных городов во многих странах.

Перспективными направлениями развития геодезического обеспечения территории республики и городов являются:

- создание сети постоянно действующих станций, обеспечивающих такие области деятельности, как геодезия и картография, ГИС-технологии, аэрофотосъемочные работы, землеустройство и кадастры, система контроля и управления транспортом, военные цели и др.;
- создание спутниковой дифференциальной геодезической системы, функционирующей в реальном масштабе времени;
- создание координатной основы для решения навигационных транспортных задач;
- одновременные определения с сопоставимыми точностями как плановых координат, так и геодезических высот, что создает предпосылки замены дорогостоящего геометрического нивелирования спутниковым;
- создание сетей долговременных опорных навигационно-геодезических сетей, например, вдоль железных дорог, трубопроводов и других сооружений для использования их различными службами;
- интеграция геодезической сети Республики Беларусь в европейские и мировые;
- создание высокоточных метрологических полигонов;
- построение и использование детальных карт высот квазигеоида на территории городов и на всю территорию республики.