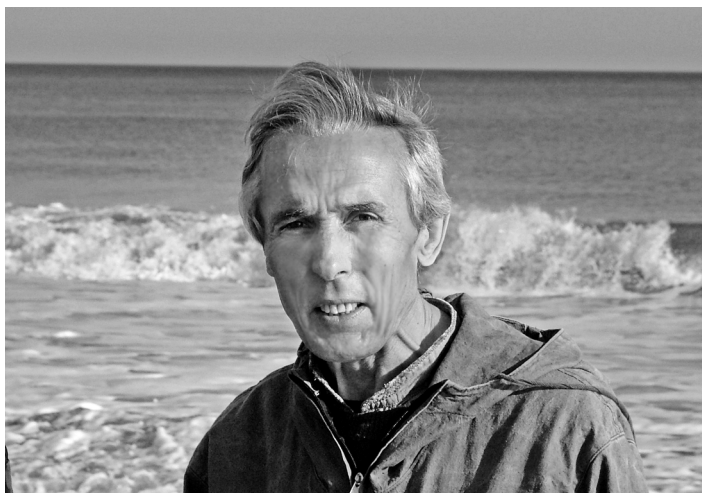


ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ



Кафтан Владимир Иванович

д.т.н., зав. лабораторией спутниковой геодезии и геодинамики ЦНИИГАиК, почетный геодезист

Сегодня в связи с активизацией экономического развития страны все в большей мере возникает необходимость использования единой высокоточной координатной основы для решения широкого круга практических задач и, особенно, для картографирования или построения цифровых моделей местности больших территорий, имеющих размеры в десятки тысяч квадратных километров и более. Таковыми, например, являются территории субъектов федерации, для которых сегодня пытаются создавать специальные «местные» системы координат, призванные заменить государственную. При этом остаются большие сомнения в преимуществе нового решения по сравнению с использованием единой государственной системы.

Попытаемся проанализировать сложившуюся ситуацию. Во-первых, рассмотрим, что именно представляют собой современные государственные системы координат. Сегодня в нашем государстве они представлены координатными системами отсчета [1] СК-95 и ПЗ-90. Сразу оговоримся, что нам неизвестны подобные примеры использования за рубежом одновременно двух государственных «систем координат», аналогичные нашей российской ситуации. Правда, в постановлении правительства оговорено, что ПЗ-90 используется для геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач, а СК-95 – для осуществления геодезических и картографических работ. Но, при этом, не вполне понятно, что подразумевается под решением навигационных задач, так как навигация невозможна без навигационных карт, а таковые с использованием ПЗ-90 не составляются. Заметим также, что нам неизвестны примеры использования американского аналога глобальной системы отсчета WGS84 в качестве государственной. Таковой в США остается NAD83, аналог российской СК-95.

Российская система ПЗ-90 представляет собой совокупность астрономо-геодезических и физических параметров, а также, моделей, обеспечивающих практическое решение глобальных геодези-

ских и навигационных задач. Координаты в системе отсчета ПЗ-90 представлены в пространственной прямоугольной (Декартовой) и геодезической (эллипсоидальной) системах координат. Заметим, что они математически строго могут быть преобразованы в плоские прямоугольные координаты с использованием различных проекций. Начало Декартовой системы координат и центр отсчетного эллипсоида совмещаются с центром масс Земли, а пространственная ориентировка координатных осей осуществляется в соответствии с рекомендациями Международной службы вращения Земли (ныне Международной службы систем отсчета) и Международного бюро времени. Глобальная система отсчета ПЗ-90 представлена двумя основными реализациями: земной и космической. Первая представляет собой сеть станций слежения спутников системы ГЛОНАСС и астрономо-геодезических пунктов Министерства обороны России, а также их координаты, а вторая – созвездие и широковегательные эфемериды спутников системы ГЛОНАСС и других российских геодезических космических систем. В сентябре 2007 года реализация системы отсчета ПЗ-90 официально изменена путем ее приближения к координатам одной из современных реализаций Международной системы отсчета ITRS. Начала российской и международной систем отсчета согласованы, т.е. совмещены, на уровне первых дециметров, а ориентировка осей – на уровне угловых миллисекунд. Это создает значительные удобства пользователям, так как теперь широковегательные эфемериды спутников систем GPS и ГЛОНАСС для решения массовых задач не требуют взаимного преобразования при их одновременном использовании. Можно говорить, например, что решение навигационных задач с точностью 1–10 м как по спутникам GPS, так и ГЛОНАСС сегодня осуществляется в единой системе отсчета. Появление нового названия ПЗ-90.02 не означает перехода на новую систему параметров Земли, которые не были изменены, а изменению подвергнута пространственная ориентировка координатных осей по отношению к Земле. Это привело к изменению параме-

тров взаимного ориентирования российской глобальной системы отсчета по отношению к другим международным, отечественным и зарубежным системам. Таким образом, система отсчета ПЗ-90 сегодня по иному реализована и новое название ПЗ-90.02 соответствует ее текущей реализации (а не собственно системе параметров) по аналогии с реализациями Международной земной системы отсчета (например, ITRF00 или ITRF05), фундаментальные параметры и модели которой также остаются постоянными. Реализации системы отсчета WGS84 также регулярно пересматривались в сторону их приближения к координатам ITRF (сегодня вплоть до первых см), но при этом фундаментальные параметры, а также название глобальной геодезической системы не изменялись. Сегодня, можно говорить, что пространственная ориентировка и начала счета координат пунктов всех трех глобальных геодезических основ близки друг другу, а на уровне бортовых эфемерид спутников эти координаты можно считать относящимися к единой системе отсчета. Но, в то же время, параметры эллипсоидов этих систем, например, большие полуоси, различаются до 1 м, поэтому геодезические координаты пунктов каждой из геодезических основ будут отличаться друг от друга более существенно, чем пространственные прямоугольные. Указанные обстоятельства говорят о том, что формально системы отсчета WGS84, ITRS и ПЗ-90 не одинаковы, хотя и близки друг другу. При построении новых локальных геодезических сетей на территории России невозможно их точные (с ошибками порядка см) координаты определить в системах WGS84 и ПЗ-90, так как гражданскому пользователю доступны только их космические реализации, т.е. широко-вещательные эфемериды спутников, известные с ошибками порядка 1–10 м. При этом приращенные пространственных координат могут быть получены с сантиметровой точностью. Но, в то же время, точные координаты российских пунктов можно получить в системе ITRS, так как на территории России имеются пункты этой системы отсчета. Например, вблизи Москвы такими пунктами являются Звенигород (Институт астрономии РАН), Менделеево (ВНИИФТРИ) и Обнинск (Геофизическая служба РАН). Они удалены друг от друга не более чем на 90 км, поэтому точные локальные спутниковые геодезические сети можно строить с использованием координат указанных пунктов и выполняемых на них наблюдений, доступных из открытых архивов Интернет. В других регионах страны аналогичные пункты международной отсчетной основы распределены гораздо реже, что затрудняет их использование в качестве исходных для построения локальных сетей.

Для построения точных геодезических сетей, а также, последующих топографических и картографических работ предназначена Государственная геодезическая сеть (ГГС), сегодня представленная в системе отсчета СК-95, отличающейся от СК-42 пространственной ориентировкой и более точными, за счет более строгого уравнивания, координатами пунктов ее новой реализации. Современная ГГС состоит не только из классической сети 1–4 классов, но также и трех уровней спутниковых сетей Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), Высокоточной геодезической сети (ВГС) и

Спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1) [2]. Классическая ГГС является, как бы, сетью сгущения первых трех уровней новой ГГС – спутниковых геодезических сетей. Сегодня производственные предприятия и организации Роскартографии осуществляют передачу пространственных геоцентрических координат единой глобальной системы отсчета на пункты ГГС. Таким образом, будущая ГГС постепенно становится реализацией общеземной глобальной системы отсчета.

Сегодня координаты пунктов ГГС в системе отсчета СК-95 определены с точностью, обеспечивающей решение большинства практических задач. Взаимное положение плановых координат смежных пунктов ГГС определено с точностью 2–3 см. Остается проблемой точное преобразование координат СК-95 в глобальные пространственные системы отсчета. Во-первых, эта проблема связана с отсутствием точных значений геодезических высот пунктов ГГС, во-вторых, с отсутствием точных параметров преобразования координат СК-95 в глобальные системы отсчета. Для строгого и точного решения этой проблемы необходимо иметь точные значения аномалий высот (или, иными словами, высот квазигеоида над эллипсоидом Красовского). Для этого сегодня в ЦНИИГАиК разрабатывается новая глобальная модель квазигеоида, более детальная и точная, чем предшествующие. Точность и детальность новой модели непосредственно зависят от качества глобальной гравиметрической информации, которая устаревает со временем и, сегодня, не всегда соответствует современным требованиям. Тем не менее, глобальная модель геоида необходима, главным образом, для решения глобальных задач. Сегодня не дожидаясь ее получения для многих локальных топографо-геодезических задач на территориях радиусом порядка сотен километров можно получать локальные нестрогие параметры преобразования координат СК-95 к координатам глобальных систем отсчета. При этом значения геодезических высот пунктов ГГС можно заменять точными значениями нормальных высот, полученными из государственного нивелирования. Опыт многочисленных работ по построению локальных точных спутниковых сетей показывает, что точность таких нестрогих преобразований достигает 1–2 см по плановым компонентам и ~5 см и точнее по высоте. Естественно, что ошибки получаемых таким образом параметров зависят от класса пункта ГГС и класса нивелирования, в которое он включен. Нестрогость такого подхода заключается в том, что он не учитывает неоднородных изменений гравитационного поля на данной территории. Возможно, что в ряде ситуаций (например, в горных и предгорных районах) такой подход вообще не обеспечит сантиметровой точности преобразования координат СК-95 в глобальные системы отсчета и потребует использования детальной и точной модели геоида. Но, как показывает опыт, подобные случаи для территории России достаточно редки. Используя данный подход, следует иметь ввиду, что полученные таким образом параметры взаимных преобразований координат нельзя использовать для других территорий.

Необходимо отметить возможные проблемы, которые у неопытного пользователя могут создавать

Сферы деятельности

неправильное представление о существующей государственной системе отсчета. Сегодня нередко можно услышать мнение специалистов (как правило, не имеющих достаточного опыта соответствующих работ), что координаты пунктов ГГС имеют ошибки порядка дециметров. Такие заключения обычно делаются на основе рассмотрения результатов некорректного взаимного согласования координат СК-95 и глобальных систем отсчета. В то же время существуют и реальные проблемы, связанные с использованием СК-95, на которые мы хотели бы обратить внимание пользователей.

Основным фактором, влияющим на качество координат ГГС, является ее «старение» с течением времени. Ведь измерения, включенные в единое общее уравнивание, выполнялись с начала и по 70-е годы прошлого столетия. Т.е. даже самым «свежим» основным геодезическим работам, если не говорить о спутниковых сетях, уже более 35 лет. В результате «старения» разрушаются наружные геодезические знаки, нарастают направления наблюдений на смежные геодезические пункты, пункты ГГС прекращают свое существование из-за застройки и экономического освоения территорий. Нередки случаи вандализма по отношению к верхним центрам геодезических пунктов. Встречаются разбитые верхние части первых монолитов геодезических центров, которых, как известно, может быть от одного до четырех. Для пунктов 1–3 классов такие ситуации не страшны, так как для нормального использования такого пункта достаточно откопать его второй или более глубокий центр.

Нередко приходится слышать несправедливые упреки в полном отсутствии пунктов ГГС на территориях выполнения тех или иных топографо-геодезических работ. Но такое возможно лишь только на интенсивно застраиваемых и, следовательно, достаточно локальных территориях. Отметим, например, что на территории московской области так называемая «утрата» пунктов ГГС составляет не более 15%. Т.е. большинство пунктов сохранено. Причиной упреков в отсутствии пунктов ГГС может являться неудовлетворительное их отыскание на местности, которое представляет определенную проблему из-за отсутствия наружных знаков (сигналов, пирамид и др.). Проблема отыскания заключается в том, что точные координаты этих пунктов имеются лишь в системе СК-95, а для поиска используются (или вообще не используются) портативные спутниковые приемники, работающие в системе отсчета WGS84. Плановые различия этих координат на территории России достигают 100–150 м. Естественно, что в радиусе 100 метров отыскать центр геодезического пункта, не имеющего наружного знака, крайне трудно. Поэтому необходимо иметь для данной территории примерные, с точностью метров, значения расхождений плановых (широты и долготы) координат пунктов ГГС и учитывать их при отыскании этих пунктов. Такой подход

позволяет отыскивать даже запаханые центры.

Другой причиной возникающих недоразумений является в ряде случаев недостаточно точное совмещение вновь закладываемых центров пунктов ГГС взамен старых конструкций. Такая ситуация возникала при создании сетей 2–3 классов на основе уже созданной ранее сети полигонов триангуляции 1 класса. Звенья триангуляции 1 класса начали создаваться независимо от заполняющих сетей начиная с первых десятилетий прошлого века и нередко использовали уже имеющиеся на местности центры ведомственных работ, закрепленные только одним небольшим монолитом, что не соответствовало требованиям современной инструкции. При создании заполняющих сетей эти центры заменялись на новые (имеющие несколько монолитов), но их достаточно точное совмещение не всегда удавалось обеспечить. Это является одним из объяснений, почему координаты пунктов 1 класса хуже согласуются с координатами глобальных систем отсчета, чем координаты пунктов ГГС низших классов. В связи с этим мы рекомендуем обращать особое внимание на использование координат 1 класса при получении параметров взаимного преобразования координат и обязательно при выполнении данной процедуры использовать достаточно большое количество избыточных координат 2–4 классов. Это позволит проконтролировать возможные грубые ошибки совмещения старых и новых центров, как показывает практика, достигающие в ряде случаев 15–30 см.

Еще раз напомним, что большинство недоразумений по поводу точности и детальности государственной геодезической основы, реализующей систему отсчета СК-95, возникает из-за неопытности пользователей, хорошо знакомых с геодезическими задачами на плоскости, но, в силу объективных причин, плохо представляющих решение таковых в глобальных пространственных системах отсчета. Виной тому, на наш взгляд, является отсутствие предмета «высшая геодезия» в негеодезических ВУЗах, готовящих специалистов смежных областей деятельности, таких как сельское хозяйство, строительство, геологоразведка, транспорт и др. и сегодня вынужденных решать свои задачи с использованием глобальных координатных систем отсчета.

В заключение заметим, что многие современные пользователи системы отсчета СК-95 нередко ошибочно считают, что она представлена только плановыми координатами в проекции Гаусса-Крюгера, приводимыми в каталогах. Эти координаты являются производными от геодезических широт и долгот, представленных в единой, можно говорить, глобальной системе отсчета. Поэтому проблемы связанные с переходом от одной координатной зоны к другой не будут возникать, при построении локальных точных спутниковых сетей с использованием именно геодезических координат.

Литература

1. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 52572–2006. Географические информационные системы. Координатная основа. Общие требования. – Москва: Стандартинформ.– 2006.– 11 с.
2. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации.– М., Роскартография.– 2004.– 28 с.