

Данная статья была подготовлена Ю.Е. Федосеевым совместно с С.В. Лебедевым (02.08.1937–20.09.2015) при его жизни, но не была опубликована. По мнению Ю.Е. Федосеева, появление этой статьи будет лучшей памятью о Святославе Владимировиче как об ученом, посвятившем свою жизнь фундаментальным исследованиям в области высшей геодезии и подготовке специалистов этой непростой профессии, способных применять свои знания при решении разноплановых практических задач.

Святослав Владимирович Лебедев родился 2 августа 1937 г. в Белграде (Югославия). В 1963 г. он окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». После окончания института работал в Забайкальском АГП (Чита) и в институте «Гидропроект» имени С.Я. Жука.

С 1965 г. вся его научная и педагогическая деятельность была связана с кафедрой высшей геодезии МИИГАиК, где он работал аспирантом, ассистентом, доцентом, профессором. В 1971 г. под руководством А.В. Кондрашкова он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1988 г. — докторскую. С.В. Лебедев занимался современными проблемами геодезии и гравиметрии, теории фигуры Земли, являлся инициатором появления новых дисциплин в МИИГАиК и как никто умел связывать повседневную производственную деятельность с фундаментальными теоретическими знаниями.

За более чем 40 лет преподавательской и научной деятельности им опубликовано более 70 работ по физической геодезии, теоретической геодезии, сфероидической геодезии и системам геодезических координат.

Под его руководством были защищены одна докторская и десятки кандидатских диссертаций. С.В. Лебедев обладал широким кругозором и глубокими теоретическими знаниями. Открытый и доступный, он всегда был готов поделиться своими знаниями, а его консультации оказывали незаменимую помощь многим поколениям инженеров и молодых ученых.

Человек уходит, а его опыт и знания, материализованные в публикациях, остаются навсегда.

Редакция журнала

КОРПОРАТИВНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ СУБЪЕКТОВ РФ

С.В. Лебедев

В 1963 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». После окончания института работал в Забайкальском АГП, затем в институте «Гидропроект» имени С.Я. Жука. С 1965 г. по 2015 г. работал на кафедре высшей геодезии МИИГАиК. Профессор, доктор технических наук.

Ю.Е. Федосеев (МИИГАиК)

В 1970 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-геодезист». После окончания института работал на предприятиях Министерства среднего машиностроения СССР. В 1974 г. поступил в аспирантуру МИИГАиК и после защиты кандидатской диссертации работал на кафедре прикладной геодезии ассистентом, доцентом и профессором. С 2001 г. по 2004 г. работал главным инженером МЦГК. В настоящее время — ведущий научный сотрудник НИЧ МИИГАиК.

В работе [1] было предложено рассматривать геодезию как область знаний, направленную, в основном, на решение практических задач. Если продолжить

анализ именно с этой точки зрения, то все задачи, стоящие перед геодезией, можно разделить на две взаимосвязанные части:

— обеспечение рынка геодезических работ;

— развитие и поддержание теории, в том числе фундаментальных исследований, и тех-

нологий на современном уровне.

В настоящее время в России сформировался рынок геодезических работ и услуг, выходящий далеко за ранее привычный круг. К сферам, остро нуждающимся в геодезических данных, можно отнести:

- кадастр недвижимости;
- инженерные изыскания для строительства;
- градостроительство и эксплуатацию урбанизированных территорий;
- транспортную инфраструктуру.

В качестве примера в табл. 1 и табл. 2 приведены требования к точности создания сетей специального назначения МПС РФ и государственной геодезической сети (ГГС) [2].

Особенностью отраслей, использующих геодезические данные, является широкое распространение баз простран-

ственных данных и географических информационных систем (ГИС). Примерно в 80% случаев эти информационные базы успешно обходятся без точных значений координат, например, государственная информационная система участкового врача. Для принятия решений достаточно схематичного графического изображения, сами же данные могут иметь пространственные связи по почтовым адресам или по значениям координат, полученным навигационными спутниковыми приемниками. В остальных случаях эксплуатация баз пространственно распределенных данных немаловажна без точных сведений о взаимном положении объектов.

В связи с широким внедрением в топографо-геодезическое производство информационных технологий необходимо рассматривать и непривычное для геодезии требование к прост-

ранственно распределенным данным — целостность. Это стандартное требование системы ISO, предъявляемое к содержанию баз данных, суть которого заключается в предоставлении следующих гарантий:

1. Данные не устарели и не потеряли актуальность.

2. Численные значения данных и их точностные характеристики соответствуют декларированным.

3. Содержание данных не изменено путем ввода поправок с момента их включения в базу.

4. Данные не имеют внутренних противоречий.

Естественно, при объединении нескольких баз данных в одну, требования к целостности сохраняются.

Первое условие применительно к топографо-геодезической информации отвечает привычному регламенту обновлений, но при сохранении ис-

Требования к точности создания плановых сетей специального назначения Таблица 1

Тип сетей	Расстояние между пунктами, км	СКО	Сравнение с ГГС
Каркасные	20–50	$M = 50$ мм	СГС-1
Главные	6–10, 0,5–0,7 (в паре)	$M = 30$ мм $M_s = 5$ мм $M_\alpha = 5''$	АГС 2 класса, геодезические сети сгущения 3 класса
Промежуточные	0,25–0,75	$M_s = 8$ мм	Геодезические сети сгущения 4 класса
Рабочие	0,05–0,14	$M_s = 5$ мм	Полигонометрия 1 разряда

Примечания:

M — СКО определения координат в МСК по отношению к принятому началу счета;

M_s — СКО определения длины стороны сети;

M_α — СКО определения дирекционного угла стороны сети в МСК.

Требования к точности создания высотных сетей специального назначения Таблица 2

Тип сетей	Расстояние между пунктами, км	СКО высотного положения, мм
Каркасные	20–50	
Главные	5–10	$M_h = 5$, $M_h/\text{км} = 4$
Промежуточные	0,25–0,75	$M_h = 5$, $M_h/\text{км} = 4$
Рабочие	0,05–0,14	$M_h = 3$, $M_h/\text{км} = 4$

Примечания:

M_h — СКО определения превышения между смежными пунктами;

$M_h/\text{км}$ — СКО определения превышения на 1 км хода.

ходной системы координат. База данных должна соответствовать определенному моменту времени.

Второе требование приводит к необходимости дополнения привычных списков или каталогов координат информацией об их точности, а также установлении начала счета, по отношению к которому оценка точности будет легитимна.

Третье условие накладывает запрет на «латание дыр», т. е. при возникновении необходимости вносить поправки, базу придется менять целиком. Можно в качестве альтернативы создать дополнительную, временную базу, жестко связанную с исходной, и содержащую текущие изменения в форме поправок.

В соответствии с четвертым требованием необходимо гарантировать единство по трем координатам. Усеченный вариант, например, размерностью 2D, может привести к неоднозначности, т. е. к конфликтам.

Для обеспечения градостроительной деятельности и эксплуатации урбанизированных территорий следует знать координаты точек с точностью, определяемой величинами средней квадратической ошибки (СКО) порядка 2 см [3]. При решении задач применительно к застроенным территориям, не обремененным плотными сетями подземных коммуникаций, такое требование может быть сокращено до 5 см. Отметим, что в обоих случаях необходимы плоские прямоугольные координаты, дополненные нормальными высотами, пусть и в условной системе.

Существует множество управленческих задач, для решения которых достаточно иметь координаты точек в метровом диапазоне.

При решении административных задач на уровне субъекта РФ, в подавляющем числе

случаев, невозможно создать одну плоскую прямоугольную систему координат, приходится делить территорию на зоны, что неудобно. Представляется целесообразным перейти к геоцентрической прямоугольной системе координат, на основе которой и соответствующей модели гравитационного поля Земли можно использовать параметры пространственной местной системы координат (ПМСК). Плоские прямоугольные координаты этой системы не будут сильно отличаться от координат уже эксплуатируемых местных систем координат (МСК) на смежных территориях.

Во всех случаях ПМСК должны, как минимум, по характеристикам точности (речь идет об искажениях, связанных с редуцированием криволинейной поверхности на плоскость) соответствовать техническим требованиям потребителя, а по эксплуатационным характеристикам, т. е. доступности, не иметь каких-либо ограничений.

Они не должны приводить к конфликтам (в том числе и к юридическим коллизиям) с иными системами координат, используемыми на данной территории.

Все геодезические системы координат и высот закрепляются на местности сетью геодезических пунктов, координаты которых известны в установленной системе координат. В противном случае ими невозможно будет пользоваться. Таким образом, на местности необходимо иметь некоторую каркасную геодезическую сеть, взаимное положение пунктов которой в пределах заданной территории отвечало бы перечисленным выше требованиям.

В настоящее время можно выделить два подхода модернизации местных систем координат, предназначенных для структуризации баз простран-

ственно распределенных данных [4] и [5].

Согласно [4], предлагается для каждого субъекта РФ создавать собственную ПМСК, отличную от других. Причем «параметры ориентировки этих ПМСК в теле Земли выбираются такими, чтобы координаты опорных геодезических сетей в новой (создаваемой) ПМСК отличались от координат в общеземной геоцентрической и государственной геодезической СК–95 системах координат на величине, больше 10 м».

В 2010 г. Распоряжением Правительства РФ была утверждена Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 г. [5] (далее — Концепция). Значительная часть Концепции посвящена модернизации МСК, которая заключается в «сокращении количества местных систем координат, переводе существующих в местных системах координат массивов координатных описаний пространственных объектов, содержащихся в государственных фондах и реестрах, в высокоточную геоцентрическую систему координат Российской Федерации», а также за счет создания и внедрения новых методов установления МСК минимизации расхождения параметров, измеренных на локальном участке местности и крупномасштабном плане.

Кроме того, согласно Концепции, предполагается к 2020 г. завершить создание координатно-высотного обеспечения РФ в соответствии с основными положениями о государственной геодезической сети [6] и частично снять режимные ограничения на использование высокоточной геодезической информации. Таким образом, к 2020 г. РФ в части координатно-высотного обеспечения будет иметь уровень, достигнутый к настоящему времени Республикой Беларусь [7]. При таком уровне

назначение ПМСК субъектов РФ станет всего лишь административной формальностью.

Однако, зададимся вопросом, действительно ли сеть геодезических пунктов с шагом порядка 20–30 км между пунктами решит проблему создания ПМСК? Нет, так как плотность такой сети окажется недостаточной и придется развить сети специального назначения, чтобы обеспечить выполнение практических задач, обозначенных выше, например, транспортной инфраструктуры или градостроительства.

А что делать участникам рынка геодезических работ и услуг до достижения «светлого завтра» [5]? Очевидно, что жизнь остановить невозможно и, следовательно, МСК будут создаваться в явочном порядке в виду настоятельной необходимости

сти. Согласно Концепции, предлагается сократить число МСК до минимума, а содержание баз данных конвертировать в высокоточную геоцентрическую систему координат РФ. Необходимо отметить, что конвертация с точки зрения требования к целостности содержания баз данных, является далеко не безобидной процедурой, так как ключи перехода придется получать путем аппроксимации имеющихся массивов координат и высот. Это приведет к неоднозначности численных значений параметров предлагаемых алгоритмов ввиду естественных ошибок исходных массивов. Можно озадачиться и иными вопросами, однако до 2020 г. еще далеко, а финансирования пока нет.

Наконец, последний факт, вытекающий в неявном виде из

рассматриваемой Концепции. В косвенном виде признается, что существующая государственная геодезическая сеть и государственная высотная основа не могут в полной мере служить исходной базой для координатного обеспечения потребностей рынка геодезических работ и услуг. Последнее утверждение можно подкрепить ссылкой на работы [4, 8]. В руководстве [8] приведены векторы расхождений между положением пунктов ГГС 1–2 классов в СК–42 и СК–95 в границах листа карты М37 масштаба 1:1 000 000 (рис. 1).

Если бы разговор шел только о сдвиге и развороте, т. е. о линейном преобразовании, векторы были бы почти параллельны. В действительности мы имеем дело с некоторым вихревым полем и говорить о неизменности взаимного положения пунктов в системах координат СК–42 и СК–95 не приходится.

Отметим сразу, что оба подхода, описанные в [4] и [5], в конечном итоге приведут к одному и тому же результату.

В связи с перечисленными обстоятельствами, которые были очевидны и до появления Концепции [4], на протяжении последнего десятилетия разрабатывался и апробировался в реальных условиях иной подход к координатному обеспечению территорий, который предлагают авторы статьи. Его реализация потребует меньших единовременных затрат и даст возможность начать работы уже сейчас.

▼ Последовательность создания ПМСК субъекта РФ

Суть предложения заключается в следующем. Объективно на территории каждого субъекта РФ возникает потребность в местных системах плоских прямоугольных координат различного назначения, и по мере появления финансирования такие МСК будут создаваться. В дальнейшем эти МСК будут дополнять третью координатой в ви-

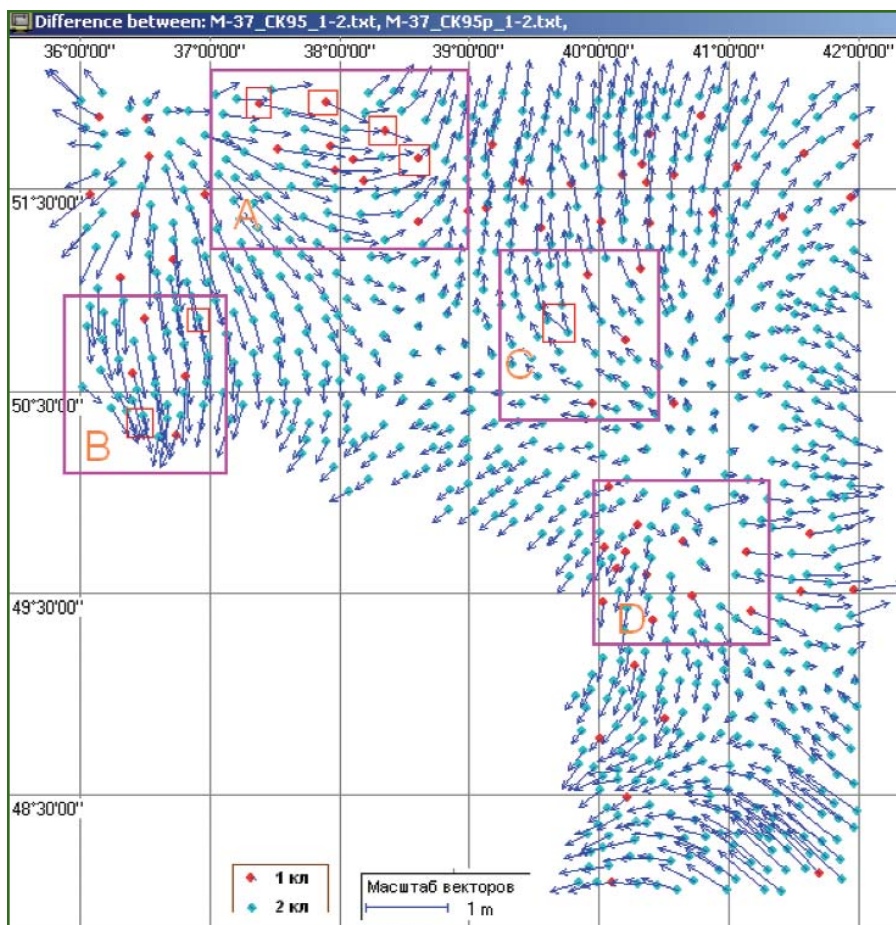


Рис. 1

Деформации СК–42 на участке листа карты М37 масштаба 1:1 000 000 [6]

де нормальных высот, отнесенных к условному началу счета и локальной модели квазигеоида, преобразуя их в локальные ПМСК. Это позволит использовать третью координату для распространения нормальных высот, вычисленных по результатам только спутниковых измерений, с заданной точностью на территории отдельного субъекта РФ.

Для ПМСК и реализующих их каркасных геодезических сетей можно использовать пункты фрагментов астрономо-геодезических сетей (АГС) или опорных межевых сетей (ОМС), в которых пункты, входящие в каркас, сохранили взаимное положение с СКО 10 см. В этом случае, за исключением территорий со сложным гравитационным полем, систему местных нормальных высот можно развивать методом спутникового нивелирования. При этом в качестве исходных пунктов следует использовать реперы нивелирных сетей I–III классов включительно и пункты ГГС, высоты которых определены методом геометрического нивелирования [9]. Расстояния между исходными пунктами с известными значениями нормальных высот (при соблюдении указанных выше условий) могут быть порядка нескольких десятков километров (например, 30 км). Значение допустимого расстояния между пунктами с известными нормальными высотами определяется при полевом инструментальном обследовании пунктов ГГС и реперов, выбранных в качестве пунктов каркасной геодезической сети.

Для ПМСК и реализующих их каркасных геодезических сетей можно использовать пункты АГС или ОМС, взаимное положение которых в плане и по высоте сохранилось с СКО 5 см, и дополнить их реперами государственной нивелирной сети. Требования к плотности пунктов с

известными из геометрического нивелирования нормальными высотами будут более жесткими, по сравнению с приведенными выше. Для сгущения высотной основы часть пунктов каркасной геодезической сети следует связать геометрическим нивелированием не ниже, чем III класса. Требования к плотности и составу пунктов каркасной геодезической сети определяются по материалам инструментального полевого обследования и используются при составлении технического проекта производства геодезических работ (ППГР) по установлению данной ПМСК.

Для ПМСК и реализующих их каркасных геодезических сетей с СКО взаимного положения в плане и по высоте 2 см в состав сети должны входить пункты спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1), а при объединении таких ПМСК в корпоративные ПМСК субъекта РФ, и пункты высокоточной геодезической сети. При этом нормальные высоты всех пунктов каркасной геодезической сети должны быть получены методом геометрического нивелирования II класса.

Все работы по созданию локальных МСК и ПМСК можно разделить на три цикла, которые должны следовать друг за другом и включать подготовительные, проектные, а также аналитические и специальные виды работ. Изменение последовательности этих циклов крайне нежелательно. Сами циклы работ и включенные в них этапы могут быть распределены во времени в зависимости от условий и графика финансирования.

Рассмотрим подробнее содержание работ в каждом из циклов.

Подготовительный цикл работ

Этап 1. Зонирование территории субъекта РФ. Выбор тех-

нологической схемы создания ПМСК субъекта РФ.

С учетом фактического распределения объектов по территории субъекта РФ должны быть выделены зоны по четырем категориям:

1. Местность, на которой преобладают города или активно развивается градостроительная деятельность (городские агломерации), включая промышленные площадки с развитой инфраструктурой подземных и иных инженерных коммуникаций. Сюда же следует отнести крупные склады, терминалы, речные и морские порты, аэропорты и вокзалы на узловых станциях.

2. Сельскохозяйственные районы с преобладанием сельских населенных пунктов с подземными коммуникациями, не создающими сложных перекрывающихся сетей. К этой категории следует также отнести площадные объекты, такие как горные отводы, полосы воздушных подходов к аэропортам, акватории водохранилищ, всевозможные полигоны, не имеющие постоянных сооружений.

3. Транспортные коридоры двух видов: железные дороги и шоссейные дороги I и II категорий; прочие автомобильные дороги, ЛЭП, трубопроводы, кабельные сети и т. п.

4. Незаселенные участки местности, на которых не происходит активная хозяйственная деятельность, включая территории пастбищ.

Результаты работ. Решение руководящего органа исполнительной власти субъекта РФ об утверждении технологической схемы создания ПМСК на территории данного субъекта РФ. Это связано с распределением приоритетов, объемов и порядка финансирования, поскольку изменение категории территории приведет к необходимости дополнительного финансирования.

В качестве примера рассмотрим схему зонирования терри-

тории Владимирской области, предложенную авторами. Вся местность разделена на зоны разных категорий, нуждающиеся в создании ПМСК, которые выделены пунктиром на рис. 2. На этой схеме также приведены сведения о геодезической изученности территории.

Этап 2. Сбор и обобщение материалов по местным системам координат и высот, используемых на территории субъекта РФ, и геодезическим построениям, реализующим эти системы.

По сути, разговор идет об инвентаризации документов, в которых оговорены те или иные системы координат и закрепляющие их геодезические сети. Особое внимание при геодезических построениях должно быть уделено точности определения координат пунктов по отношению к некоторому выбранному (или вновь назначенному) началу счета. Системы координат, отнесенные к выбранному началу счета, будем называть

адресной системой координат. Результаты работ этого этапа существенно скажутся на выборе технологической схемы на этапе 4.

Результаты работ. Аналитическая записка по координатному обеспечению субъекта РФ.

Этап 3. Полевое инструментальное обследование пунктов и реперов, предполагаемых для использования в каркасных геодезических сетях, каждой зоны территории субъекта РФ.

Состав работ несколько изменен по сравнению с традиционным. Работы должны проводиться по зонам, определенным на этапе 1. Кроме стандартных операций необходимо выполнить предварительные спутниковые измерения при условии, что базовая станция расположена на первом из обследованных пунктов. Наблюдения на каждом пункте проводятся спутниковыми приемниками геодезического класса не менее 1 часа. При дальности до базовой

станции более 7 км необходимо использовать двухчастотные приемники или перемещать базовую станцию на расстояние менее 7 км от приемника, временно принятого за базовый и работающего в режиме «статика». В смежных зонах целесообразно организовать работу нескольких бригад, при этом синхронизация спутниковых измерений не требуется.

Результаты работ. Оценка фактического состояния координатного обеспечения каждой зоны на территории субъекта РФ. Список координат и высот пунктов в принятой адресной системе координат и высот.

Работы этого этапа на всей территории субъекта РФ желательно завершить за один полевой сезон.

Проектные работы

Этап 4. Подготовка проектов производства геодезических работ по созданию ПМСК на каждую зону территории субъекта РФ.

Разработка ППГР имеет ряд особенностей по сравнению со стандартным случаем. Проектирование выполняется индивидуально для каждой зоны территории субъекта РФ, отнесенной к той или иной категории, в последовательности, приведенной на этапе 1. Сдаче подлежит весь комплекс ППГР для данной зоны.

В состав проекта должны быть включены результаты аналитической работы по оценке соответствия фактического положения пунктов в плане и по высоте значениям координат и высот, выбранным из каталогов и иных источников (см. этап 2).

Если число пунктов ГС и нивелирных реперов, пригодных для использования в качестве пунктов каркасной геодезической сети, на территории данной зоны окажется менее 7, то можно использовать пункты, расположенные на прилегающей территории, отнесенной к

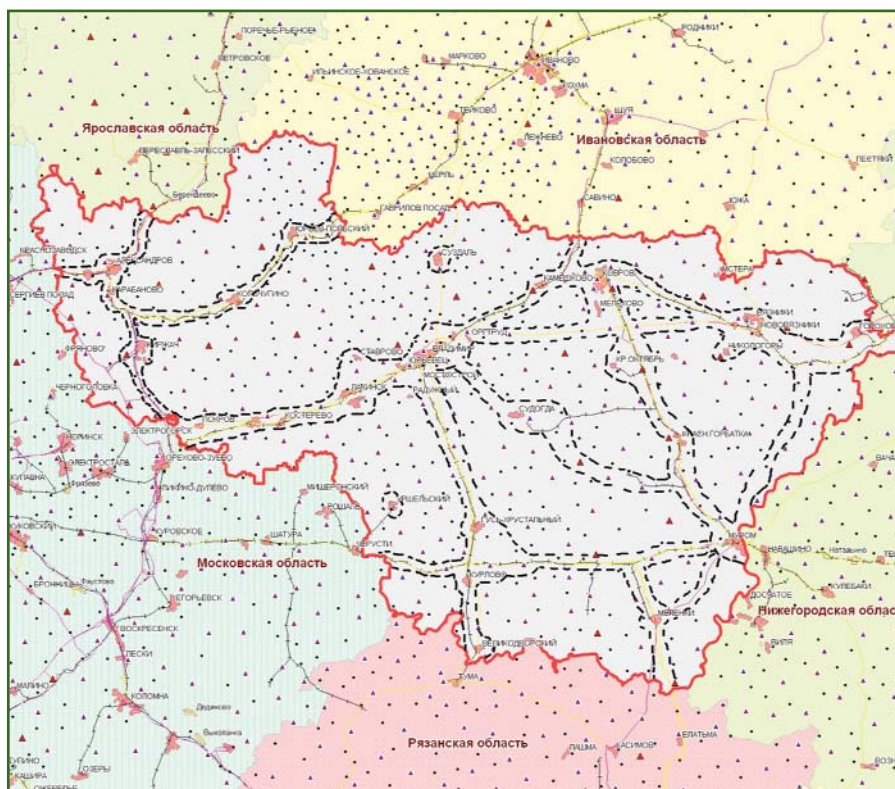


Рис. 2

Предложения по зонированию территории Владимирской области

иной категории, или выполнить закладку новых пунктов. В крайнем случае, используются пункты, расположенные на территории смежных зон, но, по возможности, ближе к границам района, для которого создается данное построение.

Все пункты, выбранные в качестве пунктов каркасной геодезической сети, должны быть связаны ходами нивелирования II или III классов, с заданной точностью конечных результатов. При необходимости нужно предусмотреть выполнение инструментального определения силы тяжести по трассе нивелирования.

При проектировании схем ходов предпочтение следует отдавать построениям в виде полигонов, но допустимы и висячие звенья.

На всех реперах высотной сети должны быть предусмотрены спутниковые наблюдения по программе спутникового нивелирования, а сами реперы рассматриваются как пункты сети сгущения.

В связи с отсутствием нормативной документации все технологические действия должны быть отражены в ППГР. Кроме того, ППГР должен включать:

- сведения о предварительной оценке точности положения пунктов по отношению к пункту, принятому за исходный (эти оценки должны удовлетворять требованиям по категориям ПМСК);

- работы по выбору поверхности относимости геодезической проекции и системы высот;

- требования к метрологической аттестации оборудования, используемого при выполнении полевых работ, в соответствии с Федеральным законом № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [10].

ППГР должны быть согласованы с территориальным органом Росреестра или иным орга-

ном, осуществляющим надзор за геодезическими работами на территории данного субъекта РФ.

Результаты работ. Индивидуальный проект полевых и камеральных работ по созданию пространственной местной системы координат и высот на каждую зону территории субъекта РФ.

Этап 5. Рекогносцировка нивелирных трасс и закладка реперов при необходимости, примерно через 4–5 км, по каждой зоне территории субъекта РФ.

Результаты работ. Уточнения и поправки в ППГР по каждой зоне территории субъекта РФ.

Этап 6. Полевые и камеральные работы по определению координат пунктов каркасной геодезической сети по каждой зоне территории субъекта РФ.

Полевые и камеральные работы должны выполняться в строгом соответствии с положениями ППГР. Отклонения от ППГР допустимы только после внесения в него поправок и согласования нового ППГР.

Спутниковые измерения для сетей, расположенных в зонах каждой категории, должны выполняться однотипными приборами и обрабатываться в единой версии программного обеспечения.

При выполнении камеральных работ недопустимо использовать данные в формате RINEX, а также «плавающие» решения. Камеральные работы могут проводиться только в стандартных сертифицированных программах.

В качестве исходного пункта должен приниматься пункт, координаты и высота которого определены из спутниковых измерений в адресной системе координат.

Выбор исходного пункта оформляется протоколом. Изменения положения исходного пункта допустимы только в ре-

зультате форс-мажорных обстоятельств.

Результаты работ. Списки координат пунктов каркасной геодезической сети по каждой зоне территории субъекта РФ в ПМСК с приложением протоколов, содержащих:

- изменения исходной редакции ППГР;

- выявленные сомнительные результаты работ по предыдущим этапам;

- форс-мажорные обстоятельства.

Этап 7. Полевые и камеральные работы по определению нормальных и геодезических высот пунктов каркасной геодезической сети по каждой зоне территории субъекта РФ.

Превышение по каждой секции нивелирной сети должно быть определено как превышение в нормальной системе высот с введением поправок Еремеева за переход к нормальным высотам или как разность между геодезическими высотами пунктов, полученными из спутниковых измерений.

Сети уравниваются отдельно с оценкой точности, а затем совместно с определением приращений высот местного квазигеоида по секциям и оценкой точности.

Результаты работ. Списки высот пунктов каркасной геодезической сети по каждой зоне территории субъекта РФ в местной системе высот. Высоты квазигеоида, отнесенные к местному началу счета.

Аналитические и специальные работы

Этап 8. Подготовка проекта положения о пространственной местной системе координат и высот каркасной геодезической сети по каждой зоне территории субъекта РФ и их согласование в территориальных органах Росреестра.

Под проектом положения о пространственной местной системе координат и высот пони-

мается описание, позволяющее использовать данное геодезическое построение без дополнительных пояснений.

Положение о пространственной местной системе координат и высот должно содержать все открытые ключи перехода между различными МСК, применяемыми на территории субъекта РФ, вне зависимости от времени построения этих систем и их ведомственного статуса.

Положение о пространственной местной системе координат и высот готовится и утверждается в двух книгах. Одна книга предоставляет открытый доступ к данным как документ для служебного пользования, а другая — включает сведения о ключе перехода к государственной системе координат и имеет ограниченный доступ, например, гриф «Секретно».

Обе книги утверждаются в руководящих органах исполнительной власти субъекта РФ после согласования со службами, несущими ответственность за эксплуатацию объектов инженерной инфраструктуры на данной территории, и проходят регистрацию в территориальных органах Росреестра.

Результаты работ. Проект положения о пространственной местной системе координат и высот в двух книгах, согласованный с организациями, ответственными за эксплуатацию объектов инженерной инфраструктуры на данной территории.

Этап 9. Разработка проекта по созданию корпоративной пространственной местной системы координат субъекта РФ.

Под корпоративной пространственной местной системой координат понимается система координат, полученная в результате составительских работ из совокупности ПМСК разных зон, созданных и применяемых на территории субъекта РФ (см. этапы 1–8).

В проекте предусматривается выполнение минимума специальных полевых работ, необходимых для объединения разрозненных систем координат в единое целое без использования внешних связей.

Результаты работ. Проект по созданию корпоративной пространственной местной системы координат субъекта РФ.

Этап 10. Разработка ППГР специального назначения для определения связей между различными ПМСК, используемыми на территории данного субъекта РФ.

Для объединения удаленных друг от друга участков местности в разных ПМСК необходимо иметь возможность выполнять спутниковые измерения между пунктами каркасной геодезической сети присоединяемого участка и пунктами каркасной геодезической сети участка, ПМСК которого принята за исходную. На обоих участках выбирается минимум по три пункта, не лежащих на одной прямой линии и максимально удаленных друг от друга. Эти пункты образуют соединительную геодезическую сеть. Взаимное положение выбранных пунктов определяется из спутниковых наблюдений.

Помимо спутниковых наблюдений, желательно, чтобы высотное положение пунктов соединительной геодезической сети имело контрольные измерения в Балтийской системе высот 1977 года, например, методом классического геометрического нивелирования. В связи с этим при выборе местоположения пунктов соединительной геодезической сети необходимо предусмотреть возможность выполнения нивелирных работ.

Количество пунктов соединительной геодезической сети для отдельного субъекта РФ может быть определено как количество объединяемых ПМСК, умноженное на 3. В общем случае

спутниковые наблюдения на пунктах соединительной геодезической сети должны выполняться по методике, предусмотренной для сетей СГС-1 со следующими допущениями:

- в качестве знаков используются те, которые имеются на местности, без дополнительной закладки и с отменой требования принудительного центрирования;

- измерения следует выполнять двумя сериями менее, чем по 4 часа каждая, но разнесенными во времени, т. е. по две оккупации для каждого пункта;

- связи со смежными пунктами при разных оккупациях могут различаться;

- спутниковые приемники должны быть одной фирмы-изготовителя;

- внешние связи с пунктами ГГС желательны, но не являются обязательными.

Результаты работ. Проект ППГР для территории данного субъекта РФ.

Этап 11. Полевые и камеральные работы по определению координат и высот пунктов соединительных геодезических сетей.

Полевые и камеральные работы должны выполняться в строгом соответствии с положениями ППГР, с использованием стандартных сертифицированных программ.

В качестве исходного принимается пункт, координаты и отметка которого определены из спутниковых измерений в ПМСК, к которой приводятся все остальные ПМСК. Выбор пункта оформляется протоколом.

Определение высот проводится только методом геометрического нивелирования, желательно, II класса.

Результаты измерений по соединительным геодезическим сетям уравниваются отдельно с оценкой точности, а затем совместно с определением приращений высот местного квази-

геоида по секциям и оценкой точности.

Включение в уравнильные вычисления данных, полученных из других источников, является недопустимым.

Высоты местного квазигеоида пересчитываются по отношению к пункту, принятому за исходный для данного субъекта РФ.

Контрольные вычисления выполняются с использованием ранее полученных результатов. В случае расхождений, необъяснимых с точки зрения теории ошибок измерений, необходимо вернуться к технологиям оценки взаимного положения пунктов (см. этап 4, п. 3).

Результаты работ. Списки координат и высот пунктов соединительных геодезических сетей.

Этап 12. Компоновка корпоративной пространственной местной системы координат субъекта РФ.

ПМСК субъекта РФ должна являться прямоугольной декартовой квазигеоцентрической системой координат, дополненной приращениями высот квазигеоида по отношению к пункту, принятому за исходный для данного субъекта РФ.

Каталоги координат получают путем составительских ра-

бот, суть которых — аналитическое объединение каркасных геодезических сетей в различных ПМСК.

Ключ перехода к государственной системе координат, имеющий гриф «Секретно», должен совпадать с аналогичным ключом, оговоренным для ПМСК, принятой за исходную при компоновке корпоративной ПМСК субъекта РФ [11].

Корпоративная ПМСК оформляется в виде нормативно-технического документа «Положение о пространственной местной системе координат субъекта РФ» и проходит регистрацию в уполномоченных органах Росреестра. После этого документ должен быть юридически оформлен и введен в эксплуатацию законом данного субъекта РФ.

Результаты работ. Отчет о разработке и реализации корпоративной пространственной местной системы координат на территории субъекта РФ, содержащий:

- положение о ПМСК субъекта РФ;
- пакет документов, подтверждающих статус ПМСК;
- подробное описание всех работ, выполненных при создании ПМСК;

— электронные базы, содержащие результаты полевых работ (оригиналы);

— электронные базы, содержащие результаты камеральных работ;

— иные документы.

Следует отметить, что после создания государственных плановых и высотных сетей РФ и принятия их в эксплуатацию ключи перехода от корпоративной ПМСК субъекта РФ в государственные системы координат должны быть уточнены и зарегистрированы в установленном порядке.

▼ **О создании пространственной местной системы координат отдельного региона**

По мнению авторов, наибольший интерес при создании ПМСК региона представляет каркасная геодезическая сеть. Например, для ПМСК, предназначенной для обеспечения эксплуатации городской инфраструктуры, потребуется каркасная геодезическая сеть, эквивалентная СГС-1 [6], характеристики которой приведены в табл. 3.

Приведенные в табл. 3 характеристики показывают, что каркасная геодезическая сеть на территории отдельного реги-

Технические характеристики каркасной геодезической сети на территорию города

Таблица 3

Наименование характеристики	СГС-1	Каркасная геодезическая сеть на территорию города
Плотность	Средняя — 1 пункт на 1 тыс. км ² ; максимальная — 0,3 пункта на 1 тыс. км ²	Минимальная — 0,3 пункта на 1 тыс. км ²
Размерность	3D	2D + 1 + ξ'
СКО в плане и по высоте	2–3 см по отношению к ближайшим пунктам ВАГС	2–3 см для любой пары пунктов на ограниченной площади, например, административного района
Регламент обновления	1 раз в 10 лет	Текущий мониторинг в процессе использования
Связь с главной высотной основой	Частичная	Полная, в том числе методом спутникового нивелирования при обеспечении точности геометрического нивелирования III класса

она создается по тем же требованиям, что и СГС-1. Отличие состоит только в том, что система координат региона создается для решения наперед заданной технологической задачи и имеет следующие особенности:

1. Плановые координаты определяются в проекции, подобранной специально для данного региона.

2. Плоские конформные плановые координаты дополняются высотами в Балтийской системе высот 1977 года.

3. Плановые координаты и высоты отнесены к началу счёта, декларированному для данного региона, и поэтому эти сведения можно и необходимо дополнить соответствующими корреляционными матрицами.

Предложенный авторами подход, апробированный в ряде субъектов РФ, позволяет избежать необоснованных затрат на создание и поддержание в актуальном состоянии каркасной

геодезической сети, закрепляющей пространственную местную систему координат субъекта РФ или отдельного региона с заданной точностью.

▼ Список литературы

1. Федосеев Ю.Е. Геодезия как область знаний // Геопрофи. — 2009. — № 5. — С. 4–8.

2. Технические требования МПС РФ от 26.06.1998 г.

3. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. — М.: ЦНИИГАиК, 2003.

4. Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Местные системы координат, существующие проблемы и возможные пути их решения // Геопрофи. — 2009. — № 2. — С. 52–57.

5. Распоряжение Правительства РФ от 17 декабря 2010 г. № 2378-р «Об утверждении концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года».

6. Основные положения о государственной геодезической сети

Российской Федерации. ГКИНП (ГНТИ)-01-006-03. — М.: ЦНИИГАиК, 2004.

7. Рудницкая Н.И. Определение параметров связи международной общеземной системы отсчета и государственной системы координат Республики Беларусь СК-95 // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2010. — № 2(39). — С. 67-71.

8. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). ГКИНП (ГНТА)-06-278-04. — М.: ЦНИИГАиК, 2004.

9. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. ГКИНП (ГНТА)-03-010-03. Утверждена Приказом Федеральной службы геодезии и картографии России 25 декабря 2003 г. № 181-пр. Введена в действие с 01.02.2004 г.

10. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

11. Постановление Правительства РФ от 3 марта 2007 г. № 139 «Об утверждении Правил установления местных систем координат».

Поставка
Ремонт
Обучение
Метрология

ООО «УГТ-Холдинг»
<http://ugt-holding.com>

Екатеринбург (343) 210-91-91
Москва (495) 935-79-90
Санкт-Петербург (812) 910-91-20
Самара (846) 276-35-55
Уфа (347) 256-92-20

Trade-in
Лизинг
Тех. поддержка
Индивидуальный подход