

ГСК — 2011. ПРОБЛЕМА ПЕРЕХОДА

В.А. Попрыгин (АО «Роскартография»)

В 1971 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института служил в кадрах Вооруженных сил СССР и РФ. С 1998 г. работал в ФГУП «ФКЦ «Земля», с 2005 г. — в ФГУП «Госземкадастрсъемка» — ВИСХАГИ, с 2009 г. — в ФГУП «Ростехинвентаризация — Федеральное БТИ». С 2015 г. работает в АО «Роскартография», в настоящее время — заместитель начальника отдела научно-технологического центра. Кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

В.И. Третьяков (АО «Роскартография»)

В 1983 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». После окончания института работал в в/ч 63708, с 1995 г. — в Госцентре «Землемер», с 2002 г. — в ФГУП «Госземкадастрсъемка» — ВИСХАГИ, с 2006 г. — в ЗАО «Картгеобюро». С 2016 г. работает в АО «Роскартография», в настоящее время — главный специалист научно-технологического центра.

1 января 2017 г., одновременно с вступлением в действие Федерального закона от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее — Федеральный закон № 431-ФЗ) [1] была введена новая государственная система координат 2011 года (ГСК–2011), установленная постановлениями Правительства РФ [2, 3].

Разработка и введение ГСК–2011 является закономерным этапом в развитии геодезического обеспечения РФ. Таким образом, появилась система координат, точность которой не уступает спутниковым геодезическим измерениям, основанным на данных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). До введения ГСК–2011 исполнители геодезических работ, выполнив спутниковые геодезические измерения, вынуждены были искажать полученные данные, переходя к государственной системе координат СК–95 (или, тем более, к

СК–42). В результате точность информации, предоставляемой потребителям, снижалась. ГСК–2011 практически на порядок точнее по сравнению с СК–95 и на два порядка — по сравнению с СК–42 [4].

Специалистами АО «Роскартография» при выполнении работ на пунктах государственной геодезической сети (ГГС) в рамках перехода на ГСК–2011 был выявлен ряд проблем технического и нормативно-технического характера.

Технические проблемы включают:

- недостаточное количество доступных для измерений пунктов ФАГС;

- конструктивные особенности пунктов ВГС и СГС-1, которые вызывают ограничения при выполнении спутниковых геодезических измерений;

- недостаточное количество пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1, на которых проведены спутниковые геодезические измерения при создании ГСК–2011, и их неравномерное распределение по территории РФ;

- большой интервал между эпохами наблюдений на пунк-

тах ФАГС, ВГС и СГС-1 и отсутствие или недостаточный учет геодинамики при создании ГСК–2011.

К проблемам, связанным с недостаточным нормативно-техническим обеспечением, относятся:

- большая задержка выхода нормативно-правовых актов (далее — НПА) и нормативно-технических документов (далее — НТД), обеспечивающих выполнение требований Федерального закона № 431-ФЗ;

- отсутствие требований к геодезическим и картографическим работам и их результатам;

- отсутствие НТД, определяющих структуру и содержание информации в каталогах координат пунктов ГГС;

- отсутствие НТД, определяющих создание и функционирование сетей дифференциальных геодезических станций.

Рассмотрим подробнее указанные проблемы.

Точность реализации системы координат определяется точностью определения координат исходных пунктов ГГС, а возможность обеспечения точ-

ности при распространении системы координат — количеством и доступностью этих пунктов. В этой связи, возникает вопрос о количестве пунктов ГС в ГСК–2011.

Нормы плотности размещения на территории РФ пунктов ГС и их количество утверждены Распоряжением Правительства РФ № 2347-р [5]. При этом основной упор сделан на развитие пунктов СГС-1 и использование ранее созданных пунктов астрономо-геодезической сети и полигонометрии.

В соответствии с [6], государственную систему координат ГСК–2011 устанавливают пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети, а остальные пункты обеспечивают распространение системы координат по территории государства.

В настоящее время общее количество пунктов, на которых проведены спутниковые

геодезические измерения, превышает 6 тысяч. Эти пункты неравномерно распределены по территории РФ. Имеются районы, в которых пункты ВГС и СГС-1 отсутствуют или их расположение вызывает трудности при выполнении работ (рис. 1, 2) [8]. По этой причине исполнителям геодезических работ приходится использовать постоянно действующие пункты ФАГС.

На начало 2017 г. общее количество пунктов ФАГС составило 61. Они расположены в 52 населенных пунктах, причем в ряде городов находится по 2–3 пункта ФАГС, размещенных на расстояниях от 12 м до 5 км друг от друга. Таким образом, можно утверждать, что в действительности функционирует 52 пункта ФАГС.

Кроме того, из общего количества пунктов ФАГС только 27 являются постоянно действующими, с которых можно полу-

чить корректирующую информацию. Очевидно, что такого количества постоянно действующих пунктов ФАГС для территории РФ явно мало и исполнители геодезических работ вынуждены использовать пункты сети IGS (International GNSS Service), расположенные в сопредельных государствах.

Информация с остальных 34 пунктов ФАГС отсутствует по разным причинам: одни пункты не введены в эксплуатацию, а другие — относятся к категории «периодически определяемых» пунктов. Такие пункты ФАГС, практически, ничем не отличаются от пунктов ВГС, поэтому предназначение «периодически определяемых» пунктов не понятно.

По нашей оценке, при наличии на территории РФ не менее 75 постоянно действующих пунктов ФАГС можно выполнять практически все виды геодезических работ, используя диф-



Рис. 1
Расположение пунктов ФАГС и ВГС (по состоянию на 2016 г.)

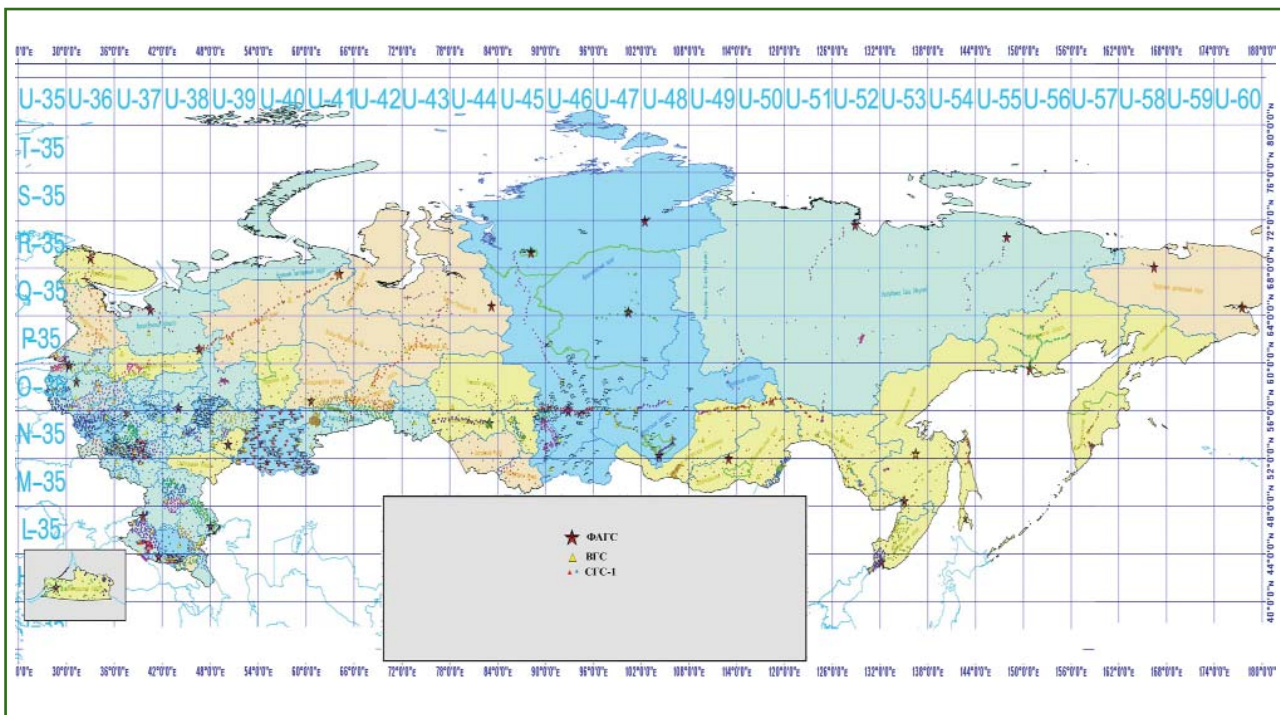


Рис. 2

Расположение пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 (по состоянию на 2016 г.)

ференциальные поправки только с ближайших пунктов ФАГС. В этом случае исполнитель геодезических работ будет находиться на расстоянии 350–400 км от ближайших пунктов ФАГС, количество которых составит не менее 2–3. Это позволит определять координаты характерных точек объектов с необходимой точностью при использовании соответствующей методики наблюдений.

Государственная геодезическая сеть состоит из пунктов СГС-1 и пунктов ранее созданных сетей, количество которых приближается к 100 тысячам. Из них только 6% являются пунктами СГС-1, которые реально позволяют распространять систему координат ГСК–2011. Этого количества пунктов явно недостаточно для обеспечения установленной точности новой государственной системы координат. При использовании остальных пунктов — пунктов АГС и полигонометрии — для целей распространения

ГСК–2011, по нашему мнению, могут возникнуть проблемы в связи с тем, что реальная точность этих пунктов неизвестна. ЦНИИГАиК провел несколько уравниваний пунктов ГГС. Первое было выполнено при создании системы геодезических координат 1995 года (СК–95) путем совместного уравнивания трех самостоятельных, но связанных между собой, геодезических построений различных классов точности: КГС, ДГС, АГС. Затем уравнивания выполнялись с использованием пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1, которые начали создаваться в 1990-е гг. после принятия Концепции перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых определений пространственных координат [7]. Была проделана большая работа, точность пунктов ГГС удалось повысить, убрав значительное количество ошибок, главным образом систематического характера [8]. Однако, погреш-

ности, обусловленные ошибками геодезических средств измерений, которые использовались при создании сетей, и ошибки случайного характера уравниванием устранить невозможно. Нельзя, используя линейку с ценой деления 50 см, получить результат с ошибкой 1–2 см.

Реальную точность СК–42 и СК–95 можно оценить из анализа данных, приведенных в таблице. Следует обратить внимание на то, что погрешности ряда элементов трансформирования составляют 10% от их абсолютных значений, а в отдельных случаях — сопоставимы или даже больше значений элементов трансформирования.

Специалисты АО «Роскартография» принимали участие в определении элементов трансформирования на территории ряда субъектов РФ. При этом полученные ими значения элементов трансформирования и их погрешности для большин-

ства субъектов превосходят значения, относящиеся ко всей территории РФ и приведенные в Приказе Росреестра от 23.03.2016 г. № П/134 [9]. Это указывает на то, что в координатах пунктов ГГС в системах координат СК-42 и СК-95 имеются значительные погрешности, которые остаются и при перевычислении координат указанных пунктов в ГСК-2011.

Конструктивные особенности вновь создаваемых пунктов ФАГС, ВГС, СГС-1 и ГГС накладывают определенные ограничения. Во-первых, их можно использовать только для измерений, выполняемых спутниковой аппаратурой, так как в их составе не предусмотрено создание ориентирных пунктов. Другим ограничением является наличие метрической резьбы на устройствах принудительного центрирования, несмотря на то, что крепления антенн всех спутниковых приемников ГНСС имеют дюймовую резьбу. Вследствие указанных выше обстоятельств, использование новых пунктов по их прямому назначению невозможно, либо требует дополнительных издержек — изготовления (приобретения) «переходников» с дюймовой на метрическую резьбу.

В процессе обработки полевых измерений было установ-

лено, что текущее значение длин ряда базисных линий существенно отличается от значений длин, которые вычислены по координатам пунктов, приведенных в каталоге и отнесенных на эпоху 2011.1. Кроме того, имеется ряд пунктов ФАГС, у которых скорость движения существенно отличается, как от скорости движения литосферных плит, на которых они находятся, так и от скорости соседних пунктов ФАГС.

Кроме глобальных движений литосферных плит имеются региональные движения, а в отдельных случаях и довольно значительные местные, обычно обусловленные смещением грунтов. Явления регионального движения подтверждаются реальными наблюдениями. В [10] приведены примеры «кругового» движения пунктов ГГС в восточной части Байкало-Монгольской геодинимической сети и у ряда пунктов ГГС Горно-Алтайского геодинимического полигона.

Наглядный пример изменения скорости движения участков земной поверхности наблюдается на острове Хоккайдо (Япония), где для получения данной информации используется сеть пунктов с постоянно действующими дифференци-

альными геодезическими станциями. Пункты этой сети, расположенные в западной части острова, смещаются со скоростью 3–4 см/год, а скорость движения пунктов в его восточной части превышает 40 см/год. Расстояния между станциями острова относительно невелико и составляет 450–500 км.

Территория РФ располагает на четырех литосферных плитах и большом количестве блоков, скорости и направления движения которых могут существенно отличаться. И поскольку мы не знаем параметров этих движений, необходимо значительно сократить интервал между эпохами, на которые фиксируются координаты пунктов ФАГС. В настоящее время интервал между эпохами не установлен. Прошло 7 лет с эпохи 2011.0, когда была построена система координат ГСК-2011. В то же время, например, для международной сети IGS интервал между эпохами реализаций Международной земной системы отсчета (ITRF) составляет 6 лет: ITRF2008 была установлена на эпоху 2008.0, а следующая — ITRF2014 — на эпоху 2014.0. И это при том, что сеть IGS формируют наиболее устойчивые пункты, характеризующиеся

Значения элементов трансформирования и их оценки точности для основных систем координат, используемых на территории РФ [9]

Исходная система (А)	Конечная система (Б)	Смещение центров систем координат / оценка точности, м			Развороты осей систем координат / оценка точности, 10 ⁻³ угл. с			m×10 ⁶
		ΔX	ΔY	ΔZ	ωx	ωy	ωz	
СК-42	ГСК-2011	+23,56	-140,86	-79,77	-2	-346	-794	-0,227
		±2,00	±2,00	±3,00	±10	±10	±10	±0,25
СК-95	ГСК-2011	+24,65	-129,14	-83,06	-67	+4	+129	-0,175
		±0,43	±0,37	±0,54	±10	±10	±10	±0,2
WGS-84 (G1150)	ГСК-2011	-0,34	+0,47	+1,13	-1,738	+3,559	+65,737	-0,1074
		±0,1	±0,1	±0,2	±1	±0,5	±0,5	±0,05
ITRF-2008	ГСК-2011	+0,002	-0,003	-0,003	+0,053	+0,093	-0,012	+0,0008
		±0,01	±0,02	±0,01	±0,7	±0,26	±0,23	±0,001

стабильностью параметров движения.

Пункты ФАГС служат для установления государственной системы координат ГСК–2011. Следовательно, при изменении координат пунктов ФАГС необходимо заново выполнить уравнивание всей государственной геодезической сети.

Однако здесь мы сталкиваемся с проблемой: скорость и направления движения пунктов ГГС не известны. Следовательно, новое уравнивание ГГС может быть выполнено только после проведения повторных измерений на всех пунктах ВГС и СГС-1, а это, практически, нереальная задача.

Для решения указанной проблемы необходимы исследования и, возможно, разработка новой концепции создания и поддержания в актуальном состоянии государственной геодезической сети.

Для обеспечения геодезических работ в рамках реализации положений Федерального закона № 431-ФЗ к настоящему времени разработаны и введены в действие 11 НПА и НТД.

Для обеспечения надлежащего нормативного регулирования геодезических работ необходимо в кратчайшие сроки принять следующие НТД:

— Требования к размещению дифференциальных геодезических станций (аналог [11–13]);

— О форме и содержании информации в каталогах координат пунктов ГГС.

Действующий ГОСТ 25634-83 [14] был разработан для регистрации информации, получаемой традиционными методами геодезических измерений, и не отражает структуру информации, получаемой при использовании спутниковой геодезической аппаратуры. При этом координаты пунктов ГГС опре-

деляются спутниковыми методами с середины 1990-х гг.

Кроме того, необходимо переработать практически все НТД, используемые в настоящее время. Для этого существуют две причины:

— действующие нормативно-технические документы устарели (последние из них приняты в 2003 г. [15, 16]), поскольку за этот период времени произошли значительные изменения в методах и средствах спутниковых геодезических измерений;

— в соответствии с п. 5 ст. 32 Федерального закона № ФЗ-431, с 1 января 2018 г. все НТД, разработанные до дня вступления в силу данного закона, отменяются.

Перечисленные выше причины, с нашей точки зрения, не позволяют полностью реализовать потенциал новой государственной системы координат ГСК–2011.

▼ Список литературы

1. Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Постановление Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат».
3. Постановление Правительства РФ от 24 ноября 2016 г. № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы».
4. Побединский Г.Г., Столяров И.А. Современное состояние государственной системы геодезического обеспечения Российской Федерации и основные направления ее развития. Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск: Пленарное заседание: сб. материалов. — Новосибирск: СГУГиТ, 2017. — С. 14–27.
5. Распоряжение Правительства РФ от 03.11.2016 г. № 2347-р «Об

утверждении норм плотности размещения на территории Российской Федерации геодезических пунктов государственной геодезической сети, нивелирных пунктов государственной нивелирной сети и гравиметрических пунктов государственной гравиметрической сети».

6. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 29.03.2017 г. № 138 «Об установлении структуры государственной геодезической сети и требований к созданию государственной геодезической сети, включая требования к геодезическим пунктам».

7. Концепция перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений. — М.: ЦНИИГАиК, 1995. — 24 с.

8. Ефимов Г.Н., Зубинский В.И., Попадёв В.В. Объяснение к геодезической системе координат 2011 года (находится в печати).

9. Приказ Росреестра от 23.03.2016 № П/134 «Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года».

10. Мазуров Б.Т., Дорогова И.Е. Геодинамика и геодезические методы ее изучения. Учебное пособие. — Новосибирск: СГГА, 2014. — 175 с.

11. Рекомендации по размещению и эксплуатации постоянно действующих референцных станций CORS. — www.topcon.by.

12. Guideline for Continuously Operating Reference Stations. Commonwealth of Australia (ICSM) 2014. — www.icsm.gov.au.

13. GNSS Reference Station Installation and Operation // Best practices for GNSS RTK service providers. — September 1, 2017. — www.nrcan.gc.ca.

14. ГОСТ 25634-83. Каталог координат геодезических пунктов. Форма и содержание.

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

16. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. — М.: ЦНИИГАиК, 2004.