

УДК 531.76

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ОПОРНОГО БАЗИСНОГО ПУНКТА В ИРКУТСКЕ

Е.П. Гладкевич, В.А. Емельянов

*Восточно-Сибирский филиал ФГУП "ВНИИФТРИ", Иркутск**office@niiftri.irk.ru*

Представлены описание и методика мониторинга опорного базисного пункта в Иркутске средствами ГНСС. Приведены основные результаты измерений за 2011-2014 гг. Сделан вывод о качестве базиса как метрологического инструмента

Ключевые слова: опорный базисный пункт, спутниковые методы, координаты пунктов, базисные линии

Опорный базисный пункт (ОБП-И) в Восточно-Сибирском филиале ФГУП "ВНИИФТРИ" (г. Иркутск) был заложен в рамках создания государственного первичного специального эталона длины в диапазоне 24 м – 4000 км (ГПСЭД), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы длины - метра в области измерения больших длин. ОБП-И состоит из восьми фундаментальных пилонов (марки И1, Ит, И11, И4, И0, Икос, Иг, Им). Пилоны, которые являются основой эталонных пространственных базисов, удалены друг от друга на расстояние от 21 м до 4 км. Шесть пунктов с максимальной длиной базисной линии до 170 м компактно расположены на астрогеодинамическом полигоне Восточно-Сибирского филиала ФГУП "ВНИИФТРИ", еще две марки вынесены за пределы на расстояния 500 м и 3500 м от полигона. Способ закладки пилонов и конструкция геодезического основания дает возможность выполнять измерения с заявленной точностью [1]. Структура, полное описание пункта и его метрологи-

ческие характеристики были представлены в сентябре 2012 года на 6-м Международном симпозиуме «Метрология времени и пространства» в Менделеево [2]. В настоящее время накоплен измерительный материал для исследования поведения пунктов базиса, что и является целью данной работы.

Измерения параметров базиса спутниковыми методами с помощью ГНСС-приемников выполняются с 2011 г. на временном отрезке от недели до двух в весенний, летний и осенний периоды по специальной программе. Используются 5 ГНСС-приемников SIGMA TRE_G3TAJ со штатным программным обеспечением, четыре из которых - мобильные. Так как необходимо получить координаты шести компактно расположенных и двух выносных марок, то измерения ведутся 2-3-дневными циклами с неизменной пространственной конфигурацией приемников, затем приемники переставляются для следующего цикла.

Для обработки измерений была выбрана программа GIODIS, входящая в состав аппаратно-программно-

го обеспечения ОБП-И. Она представлена как инструмент, позволяющий получать более строгое решение, чем другие коммерческие программы [3, 4]. Обработываются данные со всех пунктов, одновременно участвовавших в сеансе измерений. Такой процесс обработки называют «мультибазовым» или «сессионным». Он снимает проблему так называемых тривиальных векторов и позволяет получать координаты всех пунктов в едином решении. Есть программная возможность длительные измерения разбивать на более короткие, что и было сделано. 9-10 часовые сессии были разделены на 3-4 часовые. Каждая сессия обрабатывается отдельно для дальнейшего усреднения координат по циклу (2-3 дня) измерений с получением СКО по внешней сходимости. Таким способом получался статистический материал для исследования повторяемости координат пунктов ОБП-И и оценки их качества не только по погрешностям, полученным непосредственно в программе, но и по реальным разбросам результатов.

При обработке измерений использовались данные двухчастотного 40-канального приемника сигналов GPS/ГЛОНАСС Javad Legacy E-GGD, который оснащен антенной JPSREGANT_SD_E. Приемник входит в сеть международной ГНСС службы для целей геодинамики (IGS, станция IRKJ). Обработка выполнялась с фиксацией в качестве исходных значений координат пункта IRKJ в системе ITRF2005 на эпо-

ху наблюдений. Орбитальная информация использовалась в виде навигационных файлов, полученных программой GIODIS из сырых файлов приемников. Обработывались GPS и ГЛОНАСС измерения совместно. Выполнялась ручная отбраковка явных промахов с выяснением причин. Например, отрицательной особенностью работы GIODIS в нашем случае использования является значительная отбраковка данных первой сессии как некачественных. Количество отбракованных данных зависит от выбора утилиты-разборщика исходных файлов. Причину такого большого количества якобы некачественных данных выяснить не удалось даже с помощью переписки с разработчиками. По результатам обработки измерений 2011-2012 гг. в программу испытаний были внесены изменения: количество дней в цикле при измерениях на 6 пунктах локальной сети было уменьшено с 3 до 2, продолжительность непрерывных измерений в течение одного дня была уменьшена с 12 до 9 часов, исключен поворот антенны в процессе измерений без потери качества результатов.

Полученные СКО сессионных измерений координат пунктов приемниками ГНСС сигналов, входящими в состав ОБП-И, в подавляющем большинстве случаев не выходят за пределы точностных характеристик использованных приемников.

К оцениваемым параметрам можно отнести прямоугольные геоцентрические координаты XYZ, ко-

ординаты в системе WGS-84 (и те, и другие - средние за цикл), приращення координат базисных линий и их длины. В таблице приведены координаты пунктов ОБП-И за три сезона измерений 2013 года, усредненные по всем коротким сессиям. $N_{\text{изм}}$ – полное количество измерений за сезон по всем циклам. Соответству-

ющие максимальные СКО по X – координате составили 3 мм, по Y – 6 мм, по Z – 9 мм. Такие погрешности были получены для выносных пунктов, координаты пунктов, расположенных на полигоне, были определены точнее (с погрешностями не более 3 мм).

Таблица

Геоцентрические координаты пунктов ОБП-И (2013 г.)

Пункт	$N_{\text{изм}}$	$X, \text{ м}$	$Y, \text{ м}$	$Z, \text{ м}$
IRKJ	12	-968 328.787	3 794 426.517	5 018 167.223
	4	-968 328.793	3 794 426.517	5 018 167.222
	5	-968 328.797	3 794 426.517	5 018 167.221
Икос	33	-968 339.994	3 794 413.578	5 018 179.940
	10	-968 339.999	3 794 413.575	5 018 179.936
	12	-968 340.004	3 794 413.578	5 018 179.938
Ит	36	-968 363.678	3 794 381.739	5 018 198.750
	10	-968 363.686	3 794 381.736	5 018 198.750
	14	-968 363.691	3 794 381.741	5 018 198.752
И4	30	-968 373.929	3 794 499.164	5 018 101.370
	10	-968 373.936	3 794 499.162	5 018 101.368
	14	-968 373.941	3 794 499.164	5 018 101.370
И11	12	-968 415.611	3 794 431.929	5 018 146.236
	4	-968 415.618	3 794 431.927	5 018 146.235
	6	-968 415.623	3 794 431.930	5 018 146.237
И0	30	-968 357.556	3 794 447.775	5 018 144.420
	6	-968 357.563	3 794 447.772	5 018 144.419
	6	-968 357.569	3 794 447.777	5 018 144.421
И1	18	-968 333.426	3 794 372.044	5 018 207.707
	10	-968 333.432	3 794 372.042	5 018 207.705
	12	-968 333.439	3 794 372.045	5 018 207.707
Иг	9	-968 861.691	3 794 072.045	5 018 314.542
	2	-968 861.704	3 794 072.046	5 018 314.543
Им	9	-964 855.260	3 794 298.463	5 018 925.789
	2	-964 855.275	3 794 298.463	5 018 925.790

За все время измерений усреднение значений координат по ЦИК лам дает возможность получить результирующие координаты с мень-

шими погрешностями, в том числе по внешней сходимости, чем погрешности вычисленных по каждому дню координат. За это время явных

выбросов в значениях координат нет. Такая же картина наблюдалась в 2012 году и в весенний сезон измерений 2014 года.

На рис. 1 можно видеть поведение в зависимости от времени

длин базисных линий ОБП-И с пунктом IRKJ на одном конце и шести пунктов полигона на другом за весь период измерений 2012-2014 гг.

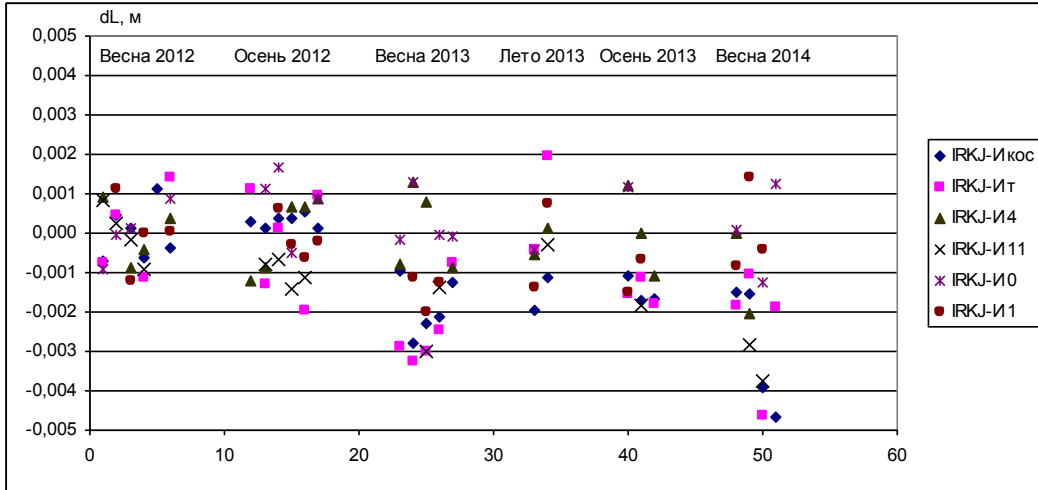


Рис. 1. Приведенные длины базисных линий, образованные пунктами ОБП-И и IRKJ

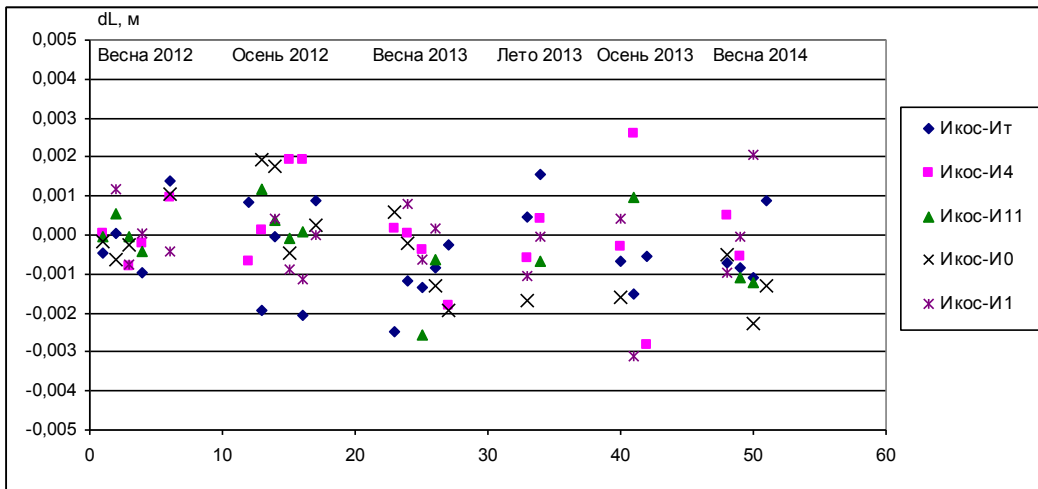


Рис. 2. Приведенные длины базисных линий, образованные пунктами ОБП-И и Икос

На график нанесены средние приведенные значения длин за цикл измерений, сезон 2012 года, для возможно-

сти сравнительного анализа по всем длинам на одном графике. Видимый разброс результатов вычислений (внешняя сходимость) достигает максимум 5 мм и не превышает как СКО, полученных с помощью GIODIS координат по 3-часовым сессиям, так среднецикловые и среднесезонные погрешности. На рис. 2 – поведение базисных линий, образованных пунктом $I_{\text{КОС}}$, где приемник работает непрерывно, и остальными пунктами полигона.

На рис. 3 приведены длины линий, образованных пунктом IRKJ и выносными пунктами ОБП-И (Иг и Им) за весь период измерений, от-

несенные к средним значениям за весенний сезон 2012 года. Для длинных линий также характерен разброс не более 5 мм, но наблюдается некоторый тренд. Его причина может заключаться в расположении пунктов Иг и Им на отдаленном расстоянии от IRKJ и, соответственно, других скальных основаниях. Пункт Иг, кроме того, располагается вблизи Иркутского водохранилища. Для определения достоверности тренда пока данных недостаточно. Поведение коротких базисных линий показывает отсутствие статистически значимого тренда в колебаниях длин.

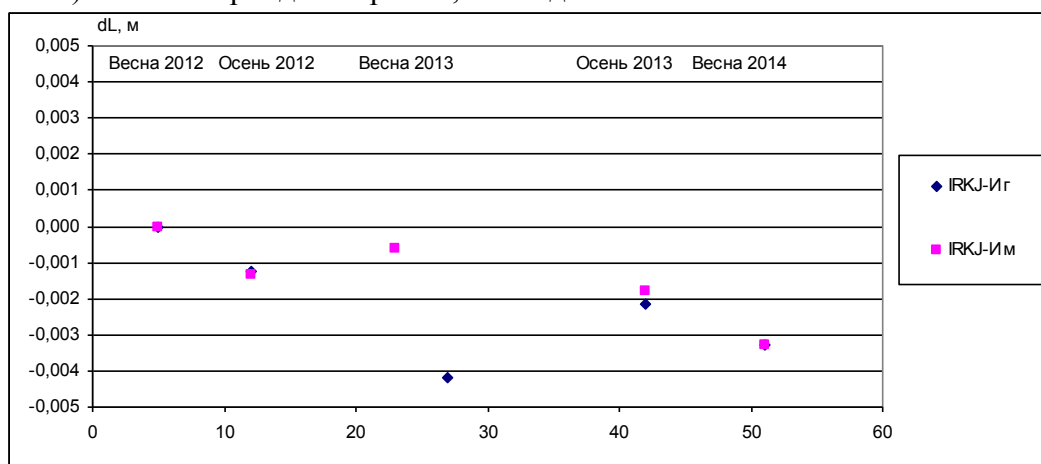


Рис. 3. Приведенные длины базисных линий, образованные пунктами Иг, Им и IRKJ

В настоящий момент накопленная за период 2012- 2014 гг измерительная информация позволяет делать выводы о стабильности взаимного расположения пилонных. Качество базисного пункта позволяет использовать его как метрологический инструмент для решения прикладных задач.

Литература

1. Комплекс аппаратно-программных средств опорного базисного пункта и базисов в Иркутске. Программа и методика испытаний. Иркутск, 2011.
2. Модестова Г.И., Мясникова Е.Н., Расчетин С.И., Емельянов В.А., Гладкевич Е.П. Опорный базисный пункт ГПСЭД в Иркутске – основа

метрологического обеспечения средств измерения длин и координат в Восточной Сибири. Материалы 6-го международного симпозиума «Метрология времени и пространства», Менделеево, 2012, с. 222-223.

3. Горобец В.П., Майоров А.Н. Обработка фрагмента спутниковой

геодезической сети 1-го класса в программе GIODIS// Геопрофи, 2010. № 3, с. 51-55.

4. Бойков А.В. GIODIS — новая программа обработки спутниковых измерений// Геопрофи, 2010, № 3, с. 45–47.