

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.2, Ч.1 - С.185-188

## **ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ КООРДИНАТ, ПОЛУЧЕННЫХ СПУТНИКОВЫМ МЕТОДОМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕВЫЧИСЛЕНИЯ В ПРЯМОУГОЛЬНУЮ СИСТЕМУ**

*Алибекова Ж.М.*

Методом математической обработки вычислить координаты известных точек  $X$   $Y$  в плоской системе координат Гаусса, полученных из спутниковой системы GPS в пространственной системе координат В-Широта L- Долгота и методом сверки уточнить несоответствие между ними.

Космический сегмент, состоящий из навигационных спутников, представляет собой совокупность источников радионавигационных сигналов, передающих одновременно значительный объем служебной информации. Основные функции каждого спутника - формирование и излучение радиосигналов, необходимых для навигационных определений потребителей и контроля бортовых систем спутника.

Существующие в настоящее время глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) GPS и ГЛОНАСС позволяют удовлетворить потребности в навигационном обслуживании обширный круг потребителей. Но существует ряд задач, которые требуют высоких точностей навигации.

Геодезические GPS/ГЛОНАСС приемники позволяют определять координаты с точностью от нескольких метров до нескольких миллиметров. ГЛОНАСС приемник является российской альтернативой американским приёмникам системы спутникового позиционирования GPS.

Наиболее существенный вклад в навигационные измерения вносят ошибки, связанные с распространением сигнала атмосфере Земли, а именно в ионосферных и тропосферных ее слоях. Ионосфера Земли представляет собой слой заряженных частиц на высоте от 120 до 200 км. Эти частицы снижают скорость распространения сигнала, и, следовательно, увеличивают его время. Соответственно вносится ошибка в оценку расстояния от GPS приемника до спутника.

Ошибка, связанная с переотражением навигационного сигнала от близкорасположенных объектов – зданий, металлических конструкций, деревьев и т.п., называется ошибкой многолучевости. (рис.1) В результате этого эффекта время распространения отраженного сигнала превышает время

«прямого» сигнала. Если уровень переотраженного сигнала выше уровня «прямого» сигнала, то происходит ошибочный «захват», и в результате, вносится ошибка в вычисления расстояния до спутника.

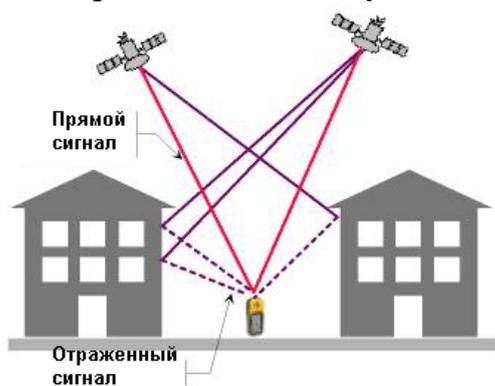


Рис.1 Ошибка многолучевости

Современные навигационные спутниковые системы позволяют определить пространственные координаты любой точки поверхности Земли в той системе координат, которую реализует данная система. Для совместной обработки результатов спутниковых и наземных определений необходимо все измерения привести в единую координатную систему. Совместное уравнивание в системе координат Гаусса-Крюгера заключается в переводе пространственных координат в плоские прямоугольные координаты в любой из используемых ныне систем не вызывает затруднений, поскольку глобальная взаимная ориентировка этих систем надежно определена. Совместное уравнивание в системе плоских прямоугольных координат позволит устранить возможные локальные отличия.

Этот способ основана на том, что спутниковым методом получены геоцентрические прямоугольные координаты  $X, Y, Z$  пунктов локальной сети, параметры связи которой с ГГС неизвестны. Для установления этих связей необходимо перейти от координат  $X, Y, Z$  к плоским прямоугольным координатам  $x, y$  в заданной проекции в государственной системе координат и затем найти параметры взаимного преобразования плоских прямоугольных координат в локальной и государственной системах.

Координаты, полученные со спутниковой системы GPS  $B$  и  $L$ , расположенной в зоне с осевым меридианом  $L_0$ . Вычисление плоских прямоугольных координат  $X$  и  $Y$  этой точки и гауссово сближение меридианов  $γ$  в этой точке выполняется следующими формулами:

$$X = 6367558,4969 \frac{B''}{\rho''} - (a_0 - 0,5Nl^2 - a_4 Nl^4 - a_6 Nl^6) \sin B \cos B$$

$$Y = (Nl + a_3 Nl^3 + a_5 Nl^5) \cos B$$

Значение ординаты  $Y$  получают относительно осевого меридиана. Широты и долготы вычисляются с точностью до  $0,0001''$ , координаты  $X$  и  $Y$  – до  $0,001$ м.

Координаты «Байтерека»:  $B = 51^{\circ}07'41''$  и  $L = 71^{\circ}25'49''$

Значение осевого меридиана вычисляется следующим образом: долгота пункта  $L=71^{\circ}25'49''$ , в долях градуса она будет составлять  $L=71,430403^{\circ}$ . Разделив полученное значение на шесть градусов, получим:  $L/6 = 71,430403^{\circ}/6^{\circ} = 11,905$ ; округлив до большего целого числа, получим номер зоны  $n = 12$ . Исходя из номера зоны величина осевого меридиана вычисляется по формуле:

$$L_0 = 6^{\circ} \times n - 3^{\circ}$$

Таким образом, при  $n = 12$  осевой меридиан равен  $L_0 = 6^{\circ} \times 12 - 3^{\circ} = 69^{\circ}$

Расчеты:

$$\frac{B''}{\rho''} = \frac{184\,061.0000016}{2069\,264.806046867} = 0.892352910$$

$$l^{\circ} = L - L_0 = 71^{\circ}25'49'' - 69^{\circ} = 2^{\circ}25'49''$$

$$l = \frac{8749}{206\,264.806046867} = 0.042416349$$

$$N = 6\,391\,223.275064736$$

$$\sin B \cos B = 0.488604235$$

$$Nl^2 = 6\,391\,223.275064736 \times 0.001799146 = 11\,498.748024559$$

$$Nl^4 = 6\,391\,223.275064736 \times 0.000003237 = 20.688389741$$

$$Nl^6 = 6\,391\,223.275064736 \times 0.0000000058 = 0.037069095$$

$$(a_0 - 0.5Nl^2 - a_4Nl^4 - a_6Nl^6)\sin B \cos B = 26336.6557194565 \times 0.488604235 = 12868.201520263$$

$$X = 6367558,4969 \frac{B''}{\rho''} - (a_0 - 0,5Nl^2 - a_4Nl^4 - a_6Nl^6)\sin B \cos B = 5\,669\,241.152783677$$

$$a_3 = 0.131286349 + 0.000442304 - \frac{1}{6} = -0.034938013$$

$$a_5 = 0.0083 - 0.065656303 - 0,030528590 - 0,000244398 = -0.088129282$$

$$1 + a_3l^2 + a_5l^4 = 0.999936857$$

$$Y = (1 + a_3l^2 + a_5l^4)N \cos B = 170\,121.915404133$$

Таблица 1. Вычисление прямоугольных X и Y координат по геодезическим координат B и L

Номера действий	Обозначение величин	Числовые значения величин
1	$B^{\circ}$	$51^{\circ}07'41''$
2	$B''$	184061.0000016
3	$B''/\rho''$	0.892352910
4	$\sin B$	0.778550545
5	$\cos B$	0.606140951
6	$\cos^2 B$	0.393859049
7	$l^{\circ} = L - L_0$	$2^{\circ}25'49''$
8	$l''$	8749
9	$l = l''/\rho''$	0.042416349
10	$N$	6 391 223.275064736

11	$\sin B \cos B$	0.488604235
12	$l^2$	0.001799146
13	$l^4$	0.000003237
14	$l^6$	0.0000000058
15	$Nl^2$	11 498.748024559
16	$Nl^4$	20.688389741
17	$Nl^6$	0.037069095
18	$a_0$	32 087.212746352
19	$-0.5 Nl^2$	- 5 749.3740122795
20	$-a_4 Nl^4$	- 1.183286459
21	$-a_6 Nl^6$	0.000271843
22	$(a_0 - 0.5 Nl^2 - a_4 Nl^4 - a_6 Nl^6) \sin B \cos B$	12 868.201520263
23	$6367558,4969 B''/p''$	5 682 109.354303940
24	$X$	5 669 241.152783677
25	$a_3$	- 0.034938013
26	$a_5$	- 0.088129282
27	$a_3 l^2$	- 0.000062858
28	$a_5 l^4$	- 0.000000285
29	$1 + a_3 l^2 + a_5 l^4$	0.999936857
30	$Y = (1 + a_3 l^2 + a_5 l^4) l N \cos B$	170 121.915404133

В современных условиях возрастают требования к точности определения координат пунктов ГГС, являющихся физической реализацией систем координат. При создании ГГС, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, необходимо учитывать все факторы влияющие на точность определения координат.

Данные полученные в виде координат с приемников GPS принимаются за основу без дополнительной проверки, доверяя только заявленным характеристиками изготовителей и организациям оказывающие услуги по данному вопросу. Если учесть что ряд атмосферных, природных и антропогенных явления влияет на точность работы спутниковых систем, возникает необходимость контроля достоверности информации полученных данных с использованием спутниковых систем. При наличии на местности точки с известными координатами методом математического пересчета можно без ошибочно определить погрешности спутниковых систем и причины искажении данных.

#### Список литературы

1. Спутниковая геодезия: метод. Указания для выполнения практических и лабораторных работ / сост.: Н.Б. Хахулина ; ВГТУ. – Воронеж.

[[https://cchgeu.ru/upload/iblock/43e/metod\\_sputnikovye-sistemy-i-tehnologii-rozitsionirovaniya\\_gidz\\_2017.pdf](https://cchgeu.ru/upload/iblock/43e/metod_sputnikovye-sistemy-i-tehnologii-rozitsionirovaniya_gidz_2017.pdf)]

2. Высшая геодезия и основы координатно-временных систем. Контрольная работа №2: учебно-методическое пособие. — М.: МИИГАиК, 2017.— 60 с. [file:///C:/Users/Admin/Downloads/56fdabc10e1da4a146b391c8ae149483.pdf]

3. Системы координат в геодезии. Научная монография / сост.: В.Л.Клепко, А.В.Александров ; УГГУ. — Екатеринбург. [https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-cistemy-koordinat-v-geodezii.pdf]

4. Markus Metz, Markus Neteler, M.Hamish Bowman, Martin Landa. A multi – purpose open source GIS: article. – 2012.