



Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru



Современные геодезические координаты пунктов полигонометрии Санкт-Петербурга

Н.О. Борисов ^{1*}, К.С. Лебедева ², М.Н. Печерских ³

¹⁻³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

doi: 10.18720/CUBS.61.2

ИСТОРИЯ

Подана в редакцию: 22.02.2017

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

местная сеть;
полигонометрия города;
геодезические координаты;
спутниковый навигатор;
геодезический спутниковый

АННОТАЦИЯ

В статье исследуются значения геодезических координат пунктов городской геодезической сети Санкт-Петербурга. Современными приборами проверяются значения, полученные традиционными методами. Для этого применяются спутниковый геодезический приёмник, два навигатора и два современных мобильных телефона с геолокационными чипами. Полученные значения наглядно демонстрируют смещение координат относительно исходных на северо-восток более, чем на 5 метров. В итоге, можно утверждать о наличии необходимости комплексной проверки значений координат пунктов полигонометрии.

Содержание

1.	Введение	23
2.	Описание работы	23
3.	Анализ полученных данных	25
4.	Результаты	26
5.	Вывод	26

Контактная информация:

- 1 * +7(921)7924245, borisov_n@spbstu.ru (Борисов Никита Олегович, студент)
 2 +7(911)9135786, ksenialebedeva8@gmail.com (Лебедева Ксения Сергеевна, студент)
 3 +7(951)6584897, rostomyan868@gmail.com (Печерских Мария Николаевна, студент)

1. Введение

Одной из основных задач геодезии является распространение единой системы координат на территории государства. Эту задачу реализуют путем создания государственных геодезических сетей – совокупности полигонометрических пунктов, закрепленных на местности специальными центрами, для которых определены геодезические координаты и/или превышения.

Все геодезические сети России можно разделить на две категории:

- классические геодезические сети – геодезические сети, создаваемые по результатам традиционных астрономо-геодезических наблюдений;
- современные геодезические сети – геодезические сети, создаваемые методами спутникового позиционирования.

Поскольку в соответствии с основным назначением геодезическая сеть специального назначения (ГССН) строится на застроенных и подлежащих застройке территориях, традиционным способом её создания является полигонометрия. Однако построение городских геодезических сетей при помощи спутниковых систем [3, 4, 6-9, 12] является и по точности, и по времени более эффективным методом [3, 12-14, 19, 20].

В советские времена (30-е гг. XX в. и позже) проделана колоссальная работа по определению и уточнению координат пунктов [10, 11, 16]. Многие исследователи интересуются различиями в точности между современными и классическими методами определения геодезических координат и других измерений [1, 15, 17], а также существуют разработки, где описываются приёмы проведения различных топографо-геодезических работ, опирающиеся на данные существующих сетей и разрабатываемых современных [1, 2, 5, 18]. Однако до сих пор не проводилось масштабных измерений геодезических координат, которые бы проверяли значения существующих пунктов городской (местной) сети полигонометрии современными методами спутникового позиционирования.

Многие виды строительных работ требуют выполнения топографо-геодезических изысканий. Важно знать, где находятся пункты полигонометрии, поскольку все плановые работы ведутся с координатной привязкой именно по ним. С другой стороны, совсем не так часто проверяют координаты самих геодезических пунктов.

Основной целью статьи является исследование значений геодезических координат пунктов полигонометрии Санкт-Петербурга на наличие расхождения между данными полученными классическими и современными методами.

- обнаружить сохранившиеся пункты городской (местной) геодезической сети;
- определить значения геодезических координат пунктов городской сети полигонометрии с помощью устройств с современными геолокационными чипами, различных спутниковых навигаторов и спутникового геодезического приёмника;
- проанализировать полученные в ходе работы данные;
- сделать выводы на основании результатов исследования.

2. Описание работы

Перед началом работ была изучена карта, с указанием точек геодезической сети и их координат, рассчитанных ещё в советское время. Для исследования выбраны три точки, две из которых располагаются в парке Политехнического университета. Поиск третьей точки занял достаточно много времени, так как многие пункты оказались уничтожены. Сохранившаяся точка найдена на улице Бутлерова рядом с Пискаревским парком.

Определение координат полигонометрических пунктов производилось приборами из ниже следующего списка:

- спутниковым геодезическим приёмником GRX-1: GPS/ГЛОНАСС, точность в статике ± 1 см;
- двумя GPS навигаторами:
 - Garmin eTrex 30: GPS+ГЛОНАСС, точность определения координат на местности ± 2 м;
 - Garmin GPSMAP78: GPS+ГЛОНАСС, точность определения координат на местности ± 2 м;
- двумя мобильными телефонами
 - iPhone 5S: GPS+ГЛОНАСС, точность определения координат на местности ± 3 м;
 - Samsung SM-A510F: GPS, точность определения координат на местности ± 3 м;

Для повышения точности получаемых данных в соответствии с рекомендациями (СП 126.13330.2012 «Геодезические работы в строительстве», СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства») по исследованию определённых величин измерения производились с

промежутком во времени каждым прибором (кроме спутникового приёмника) по десять раз. Полученные данные представлены в таблицах (1, 2, 3 и 4).

Условия проведения измерений соответствовали требованиям, предъявляемым к проводимым измерениям: безоблачная погода, нормальное атмосферное давление, температура воздуха 10-13°C.

Номера исследуемых точек городской (местной) сети полигонометрии и их исходные геодезические координаты, рассчитанные ранее традиционными способами:

- **5116** 60°00'19,13" с.ш., 30°22'49,76" в.д.
- **5085** 60°00'20,97" с.ш., 30°22'38,44" в.д.
- **7501** 59°59'51,58" с.ш., 30°23'38,86" в.д.

Таблица 1. Координаты, снятые спутниковым навигатором Garmin eTrex 30

№	5116		5085		7501	
	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.
1	60°00'19.74"	30°22'50.40"	60°00'20.70"	30°22'38.76"	59°59'52.02"	30°23'39.12"
2	60°00'19.26"	30°22'49.74"	60°00'21.12"	30°22'38.64"	59°59'52.20"	30°23'39.00"
3	60°00'19.26"	30°22'49.74"	60°00'21.18"	30°22'38.34"	59°59'52.08"	30°23'39.90"
4	60°00'19.44"	30°22'49.92"	60°00'21.18"	30°22'38.52"	59°59'51.96"	30°23'38.88"
5	60°00'19.20"	30°22'49.92"	60°00'21.18"	30°22'38.46"	59°59'52.08"	30°23'38.76"
6	60°00'19.44"	30°22'49.92"	60°00'21.24"	30°22'38.52"	59°59'51.84"	30°23'38.58"
7	60°00'19.50"	30°22'49.86"	60°00'21.24"	30°22'38.76"	59°59'52.56"	30°23'39.24"
8	60°00'19.20"	30°22'49.74"	60°00'21.12"	30°22'38.34"	59°59'52.02"	30°23'38.82"
9	60°00'19.32"	30°22'49.92"	60°00'21.12"	30°22'38.22"	59°59'51.90"	30°23'39.06"
10	60°00'19.44"	30°22'50.04"	60°00'20.94"	30°22'38.46"	59°59'52.08"	30°23'39.00"
X_{cp}	60°00'19.38"	30°22'49.92"	60°00'21.10"	30°22'38.50"	59°59'52.07"	30°23'39.04"
Δx	±00°00'0.21"	±00°00'0.15"	±00°00'0.21"	±00°00'0.15"	±00°00'0.22"	±00°00'0.27"

Таблица 2. Координаты, снятые спутниковым навигатором Garmin GPSMAP78

№	5116		5085		7501	
	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.
1	60°00'19.74"	30°22'50.10"	60°00'21.36"	30°22'38.58"	59°59'52.08"	30°23'39.00"
2	60°00'19.86"	30°22'50.10"	60°00'21.36"	30°22'38.52"	59°59'52.14"	30°23'38.88"
3	60°00'19.68"	30°22'50.10"	60°00'21.42"	30°22'38.52"	59°59'52.08"	30°23'38.82"
4	60°00'19.62"	30°22'49.92"	60°00'21.48"	30°22'38.52"	59°59'51.96"	30°23'39.00"
5	60°00'19.62"	30°22'50.04"	60°00'21.42"	30°22'38.52"	59°59'52.02"	30°23'39.00"
6	60°00'19.74"	30°22'50.16"	60°00'21.36"	30°22'38.70"	59°59'52.02"	30°23'38.88"
7	60°00'19.68"	30°22'50.04"	60°00'21.36"	30°22'38.64"	59°59'52.14"	30°23'38.94"
8	60°00'19.68"	30°22'50.10"	60°00'21.30"	30°22'38.58"	59°59'52.14"	30°23'38.88"
9	60°00'19.56"	30°22'50.04"	60°00'21.30"	30°22'38.64"	59°59'51.90"	30°23'39.24"
10	60°00'19.50"	30°22'50.04"	60°00'21.30"	30°22'38.58"	59°59'52.02"	30°23'38.94"
X_{cp}	60°00'19.67"	30°22'50.06"	60°00'21.36"	30°22'38.58"	59°59'52.05"	30°23'38.96"
Δx	±00°00'0.18"	±00°00'0.11"	±00°00'0.17"	±00°00'0.11"	±00°00'0.18"	±00°00'0.13"

Таблица 3. Координаты, снятые смартфоном с современным геолокационным чипом iPhone 5S

№	5116		5085		7501	
	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.
1	60°00'19.34"	30°22'49.96"	60°00'21.16"	30°22'38.67"	59°59'51.97"	30°23'38.83"
2	60°00'19.53"	30°22'50.00"	60°00'21.09"	30°22'38.76"	59°59'52.11"	30°23'39.03"
3	60°00'19.33"	30°22'49.79"	60°00'21.10"	30°22'38.54"	59°59'51.93"	30°23'39.17"
4	60°00'19.37"	30°22'49.55"	60°00'21.07"	30°22'38.64"	59°59'52.06"	30°23'38.63"
5	60°00'19.46"	30°22'49.79"	60°00'21.13"	30°22'38.66"	59°59'51.86"	30°23'38.98"
6	60°00'19.35"	30°22'49.84"	60°00'21.11"	30°22'38.55"	59°59'51.76"	30°23'39.33"
7	60°00'19.39"	30°22'49.98"	60°00'21.07"	30°22'38.62"	59°59'52.03"	30°23'38.87"
8	60°00'19.55"	30°22'50.10"	60°00'21.10"	30°22'38.63"	59°59'51.91"	30°23'39.08"
9	60°00'19.53"	30°22'49.98"	60°00'21.16"	30°22'38.62"	59°59'52.05"	30°23'38.85"
10	60°00'19.51"	30°22'50.04"	60°00'21.06"	30°22'38.79"	59°59'51.82"	30°23'39.01"
X_{cp}	60°00'19.44"	30°22'49.90"	60°00'21.10"	30°22'38.65"	59°59'51.95"	30°23'38.98"
Δx	±00°00'0.21"	±00°00'0.16"	±00°00'0.20"	±00°00'0.12"	±00°00'0.22"	±00°00'0.17"

Таблица 4. Координаты, снятые смартфоном с современным геолокационным чипом Samsung Galaxy A5 2016 (SM-A510F)

№	5116		5085		7501	
	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.	с.ш.	в.д.
1	60°00'19.95"	30°22'50.10"	60°00'20.52"	30°22'38.63"	59°59'52.44"	30°23'39.34"
2	60°00'20.79"	30°22'49.91"	60°00'20.78"	30°22'38.48"	59°59'52.87"	30°23'39.65"
3	60°00'20.06"	30°22'49.76"	60°00'20.91"	30°22'38.05"	59°59'52.23"	30°23'38.04"
4	60°00'19.48"	30°22'49.94"	60°00'21.02"	30°22'38.34"	59°59'52.30"	30°23'38.44"
5	60°00'19.47"	30°22'50.15"	60°00'21.29"	30°22'38.39"	59°59'52.02"	30°23'39.43"
6	60°00'19.27"	30°22'49.97"	60°00'21.06"	30°22'38.44"	59°59'51.97"	30°23'39.57"
7	60°00'19.29"	30°22'49.95"	60°00'21.07"	30°22'38.48"	59°59'51.90"	30°23'37.72"
8	60°00'19.38"	30°22'49.93"	60°00'21.21"	30°22'38.49"	59°59'52.09"	30°23'38.14"
9	60°00'19.50"	30°22'49.98"	60°00'21.26"	30°22'38.66"	59°59'52.10"	30°23'38.76"
10	60°00'19.46"	30°22'49.89"	60°00'21.16"	30°22'38.76"	59°59'52.04"	30°23'39.14"
x_{cp}	60°00'19.67"	30°22'49.96"	60°00'21.03"	30°22'38.47"	59°59'52.20"	30°23'38.82"
Δx	±00°00'0.40"	±00°00'0.12"	±00°00'0.26"	±00°00'0.17"	±00°00'0.29"	±00°00'0.52"

В таблицах x_{cp} обозначает среднее арифметическое для отснятых измерений, а Δx обозначает погрешность, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{случ}^2 + \Delta x_{приб}^2},$$

$$\Delta x_{случ} = \sigma_x \cdot t,$$

где $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N=10} (x_i - x_{cp})^2}{N(N-1)}}$ – стандартное отклонение среднего результата,

t – коэффициент Стьюдента;

N – количество измерений;

x_i – измерение номер i ;

$\Delta x_{случ}$ – случайная погрешность;

$\Delta x_{приб}$ – приборная погрешность (навигаторы 2-2,5 м, телефоны 3 м).

При помощи спутникового геодезического приёмника с высокой точностью получены следующие результаты для расположенных близко друг к другу двух точек (пункты, находящиеся в парке Политехнического университета):

Точка под номером **5116** 60°00'19.2952" с.ш. 30°22'49.7975" в.д. (базовая станция)

Точка под номером **5085** 60°00'21.1283" с.ш. 30°22'38.4791" в.д.

3. Анализ полученных данных

Современные GPS приемники, даже в безоблачную погоду и на открытом пространстве, позволяют определить координаты с погрешностью ±2 метра. Для широт, в которых располагается Санкт-Петербург, рассчитаны следующие данные взаимосвязи значений геодезических координат и горизонтальных проложений на местности:

- в одной секунде по долготе содержится 30,87 м (или же 0,30 м в 0,01");
- в одной секунде по широте содержится 15,46 м (или же 0,15 м в 0,01").

Согласно ФЗ «О геодезии и картографии» точность выполненных в АГС астрономических определений координат характеризуется следующими средними квадратическими ошибками: широты - 0,36", долготы - 0,043". С учётом наших условий измерений в пересчёте на стандартное отклонение получаем погрешность исходных значений ±00°00'0,11" по широте и ±00°00'0,013" по долготе.

Следует отметить, что, в целом, прослеживается определённая тенденция отклонения проведённых измерений от исходных данных:

- геодезические координаты точек по широте получились больше исходных значений, что означает смещение на север (в среднем имеем отклонение на 0,25" или 3,75 м);
- геодезические координаты точек по долготе также получились больше исходных значений, что означает смещение на восток (в среднем имеем отклонение на 0,17" или 5,10 м).

4. Результаты

Сопоставление координат показало, что есть отличие между значениями, снятыми современными методами и классическими.

Разница геодезических координат в сравнении с наименее точными из современных устройств (геолокационные чипы в смартфонах и навигаторы):

- по широте составляет от 0,06" до 0,49", что соответствует на местности диапазону от 0,90 м до 7,35 м;
- по долготе составляет от 0,03" до 0,54", что соответствует на местности диапазону от 0.90 м до 16,20 м.

Полученные значения наглядно демонстрируют, что ранее рассчитанные координаты имеют отклонения от данных, получаемых современными способами.

Что касается наиболее точного из современных устройств, спутникового приёмника, то его погрешность составляет менее 1 см. Отсюда видно, что даже при условии колебания исходных значений в пределах установленных погрешностей:

5116 (60°00'19.13±0.11" с.ш. 30°22'49,76±0,01" в.д.);

5085 (60°00'20,97±0,11" с.ш. 30°22'38,44±0,01" в.д.);

с высокой точностью определённые координаты пунктов:

5116 (60°00'19,295±0,001" с.ш. 30°22'49,798±0,001" в.д.);

5085 (60°00'21,128±0,001" с.ш. 30°22'38,479±0,001" в.д.);

имеют явное отклонение от определённых классически.

5. Вывод

В ходе исследования обнаружены три сохранившихся пункта местной геодезической сети. Проведены измерения их координат при помощи пяти различных приборов (две точки) и четырёх различных приборов (одна точка).

Анализ полученных результатов показал отклонение исследуемых значений на северо-восток. Такие данные показывают, что необходимы дальнейшие масштабные работы в этой области с использованием высокоточного современного оборудования.

Литература

- [1]. Amiri-Simkooei, A. R.(2004).A new method for second order design of geodetic networks: aiming at high reliability. Surv. Rev. 2004. No.37(293).pp. 552-560.
- [2]. Amiri-Simkooei, A. R., J. Asgari, F. Zangeneh-Nejad and S. Zaminpardaz (2012) Basic Concepts of Optimization and Design of Geodetic Networks. Journal of Surveying Engineering.2012. No. 138 (4). pp. 172- 183.
- [3]. Belyaev N., Krupin V., Mikhaleiko E., Smirnov A., Vilkevich V., Zagriadskaya N. Satellite technologies in monitoring of ecosystems. Environment. Technology. Resources Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. 2015. pp. 60-63.
- [4]. Berber M., Ustun A., Yetkin M. (2014). Rapid static GNSS data processing using online services. Journal of Geodetic Science. 2014. No4(1) pp.123-129.
- [5]. Borkowski Andrzej, Kosek Wieslaw.(2015). Theoretical geodesy. Geodesy and Cartography. 2015. No. 64(2). pp. 261-279
- [6]. D. Pandey, R. Dwivedi, O. Dikshit, A. K. Singh.(2016) GPS and GLONASS combined static precise point positioning (ppp). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2016. No. 23. pp.483-488.
- [7]. Ebner, R. and Featherstone, W. E. (2008).How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks. Journal of Applied Geodesy. 2008. No. 2. pp. 149–157.
- [8]. Ghoddousi-Fard, R. and Dare P.(2006). Online GPS processing services: An initial study, GPS Solutions. 2006.No. 10.pp.12–20.
- [9]. Mehrabi H., Voosoghi B.(2014). Optimal observational planning of local GPS networks: assessing an analytical method. Journal of Geodetic Science. 2014. No. 4(1) pp. 87-97.
- [10]. Sokolov Y. G., Gurskiy I. N., Strus S. S., Pshidatko S. K.(2016). The coordinates of the points backwards the angular notch. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2016. No. 118. pp. 1387-1395.

- [11]. Steven A Weaver, ZennureUcar, Pete Bettinger, Krista Merry.(2015). How a GNSS Receiver Is Held May Affect Static Horizontal Position Accuracy. PLoS ONE. 2015. No.10(4)pp. 1-17.
- [12]. Tegeodor J., Øvstedal O., Vigen E. Precise orbit determination and point positioning using GPS, Glonass, Galileo and BeiDou. Journal of Geodetic Science. 2014.No. 4(1). pp.65-73.
- [13]. Аксентьева Ю.Ю., Базарова Е.А., Плохих М.А., Капустин В.К. Установление связи со спутниками// Труды ЮЗГУ. №5(Молодежь и XXI век - 2015 материалы V Международной молодежной научной конференции: в 3-х томах). Курск.: Изд-во ЮЗГУ, 2015. С. 232-235.
- [14]. Антонов Д.В., Лебедева О.А. Спутниковые системы навигации // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2014. № 8. С. 155-160.
- [15]. Беляев Н.Д., Ковязин А.В., Кузин А.А., Михаленко Е.Б. Современное состояние геодезических сетей России // Научная дискуссия: вопросы технических наук. 2016. № 3 (33). С. 75-90.
- [16]. Борисов Н.О., Лебедева К.С., Печерских М.Н., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А. Проверка значений географических координат пунктов городской геодезической сети с помощью спутниковых навигаторов// Труды СПбПУ. (Политехническая неделя в Санкт-Петербурге материалы научного форума с международным участием. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства). СПб.: Изд-во СПбПУ, 2016. С. 433-436.
- [17]. Д.О.Смирнов, А.А.Кузин, Я.А.Олехнович, А.В.Ковязин, Е.В.Бровков. Сравнительный анализ точности определения координат традиционными наземными и спутниковыми методами при строительстве инженерных сооружений // Труды СПбПУ. (Сборник докладов молодежной НПК в рамках Недели науки Санкт-ПетербургПУ, НОЦ «ВИЭ»). СПб.:Изд-во СПбПУ, 2015.С. 57-60.
- [18]. Кафтан В.И. Системы координат и системы отсчета в геодезии, геоинформатике и навигации //Геопрофи. 2008. № 3. С. 60-63.
- [19]. Комиссарова Т.С., Петров Д.В. Определение координат с помощью систем спутниковой навигации. Санкт-Петербург, Изд-во: Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, 2010. с. 200-205.
- [20]. Котовщикова В.А. Особенности систем координат, применяемых в спутниковой геодезии // Труды КузГТУ. № 8 (материалов VIII всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая»). Кемерово.:Изд-воКузГТУ, 2016.С. 47.

Modern geodetical coordinates of Saint Petersburg polygonometry

N.O. Borisov ^{1*}, K.S. Lebedeva ², M.N. Pecherskikh ³

¹⁻³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

scientific article

doi: 10.18720/CUBS.61.2

Article history

Received 22.02.2017

Keywords

local network;
urban polygonometry;
geodetical coordinates;
satellite navigator;
satellite geodetic receiver;

ABSTRACT

The object of this work is geodetic points. The spread of a unified coordinate system is one of the main tasks of geodesy. This task is implemented by creating state geodetic networks: combination of geodetic points which are fixed on the site by special centers and their coordinates are determined. Reference and survey networks are geodetic basis of large-scale fieldworks. It is important to know location of such points because overall planning and leveling works are carried out with reference to the coordinates for these points. The determination of the polygonometric points coordinates was carried out with geodetic receiver GRX-1, two GPS navigators and two mobile phones equipped with modern geolocation chips. The comparison of coordinates showed that there is difference between data gauged with the use of conventional and modern methods. The difference is from 0.06" to 0.49" latitude that complies afield to range from 0.90 m to 7.35 m; from 0.03" to 0.54" longitudinally that complies afield to range from 0.90 m to 16.20 m. The study established that known coordinates of the local (urban) geodetic network points require being clarified using modern geoposition methods. Moreover, further researches are needed in this area.

Contact information:

- 1 * +7(921)7924245, borisov_n@spbstu.ru (Nikita Borisov, Student)
2 +7(911)9135786, ksenialebedeva8@gmail.com (Kseniya Lebedeva, Student)
3 +7(951)6584897, rostomyan868@gmail.com (Mariya Pecherskikh, Student)

References

- [1]. Amiri-Simkooei, A. R. A new method for second order design of geodetic networks: aiming at high reliability. *Surv. Rev.* 2004. No. 37(293). Pp. 552-560.
- [2]. Amiri-Simkooei, A. R., J. Asgari, F. Zangeneh-Nejad and S. Zaminpardaz. Basic Concepts of Optimization and Design of Geodetic Networks. *Journal of Surveying Engineering*. 2012. No. 138 (4). Pp. 172-183.
- [3]. Belyaev N., Krupin V., Mikhailenko E., Smirnov A., Vilkevich V., Zagriadskaya N. Satellite technologies in monitoring of ecosystems. *Environment. Technology. Resources Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference*. 2015. pp. 60-63.
- [4]. Berber M., Ustun A., Yetkin M. Rapid static GNSS data processing using online services. *Journal of Geodetic Science*. 2014. No. 4(1) pp. 123-129.
- [5]. Borkowski Andrzej, KosekWiesław. Theoretical geodesy. *Geodesy and Cartography*. 2015. No. 64(2). pp. 261-279
- [6]. D. Pandey, R. Dwivedi, O. Dikshit, A. K. Singh. GPS and GLONASS combined static precise point positioning (ppp). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2016. No. 23. Pp.483-488.
- [7]. Ebner, R. and Featherstone, W. E. How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks. *Journal of Applied Geodesy*. 2008. No. 2. pp. 149–157.
- [8]. Ghoddousi-Fard, R. and Dare P. Online GPS processing services: An initial study, *GPS Solutions*. 2006. No. 10.pp.12-20.
- [9]. Mehrabi H., Voosoghi B. Optimal observational planning of local GPS networks: assessing an analytical method. *Journal of Geodetic Science*. 2014. No. 4(1). Pp. 87-97.
- [10]. Sokolov Y. G., Gurskiy I. N., Strus S. S., Pshidatko S. K. The coordinates of the points backwards the angular notch. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2016. No. 118. pp. 1387-1395.
- [11]. Steven A Weaver, ZennureUcar, Pete Bettinger, Krista Merry. How a GNSS Receiver Is Held May Affect Static Horizontal Position Accuracy. *PLoSONE*. 2015. No. 10(4). Pp. 1-17.
- [12]. Tegedor J., Øvstedal O., Vigen E. Precise orbit determination and point positioning using GPS, Glonass, Galileo and BeiDou. *Journal of Geodetic Science*. 2014. No. 4(1). Pp.65-73.
- [13]. AksentevaJu.Ju.,BazarovaE.A., PlohihM.A., KapustinV.K. Ustanovlenie svjazi so sputnikami [Communication with satellites]. *Trudy JuZGU. No.5 Molodezhi HHI vek - 2015 materialy V Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii: v 3-h tomah. Kursk.:Izd-voJuZGU, 2015. Pp. 232-235. (rus)*
- [14]. Antonov D.V., Lebedeva O.A. Sputnikovye sistemy navigacii [Satellite navigation system]. *Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2014. No.8. pp. 155-160. (rus)
- [15]. Beljaev N.D., Kovjazin A.V., Kuzin A.A., Mihalenko E.B. Sovremennoe sostojanie geodezicheskikh setej Rossii [The current state of geodetic networks in Russia]. *Nauchnaja diskussija: voprosy tehničeskikh nauk*. 2016. No.3 (33). Pp. 75-90. (rus)
- [16]. Borisov N.O., Lebedeva K.S., Pecherskikh M.N., Mihalenko E.B., OlehnovichJa.A. Proverka znachenij geograficheskikh koordinat punktov gorodskoj geodezicheskoi seti s pomoshhju sputnikovyh navigatorov [Checking the geographical coordinates values of the geodetic city network points using satellite navigators]. *Trudy SPbPU. Politehnicheskaja nedelja v Sankt-Peterburge materialy nauchnogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem. Kafedra vodohozjajstvennogo I gidrotehnicheskogo stroitelstva. Saint-Petersburg.:Izd-voSPbPU, 2016. Pp. 433-436. (rus)*
- [17]. D.O.Smirnov, A.A.Kuzin, Ja.A.Olehnovich, A.V.Kovjazin, E.V.Brovkov. Sravnitelnyj analiz tochnosti opredelenija koordinat tradicijonnyh i nazemnyh I sputnikovymi metodami pri stroitelstve inženernyh sooruzhenij [Comparative analysis of the accuracy of the determination of coordinates by traditional terrestrial and satellite methods in the construction of engineering structures]. *Trudy SPbPU. Sbornik dokladov molodezhnoj NPK v ramkah Nedeli nauki Sankt-Peterburg PU, NOC «VIJe». Saint-Petersburg.:Izd-voSPbPU, 2015. Pp. 57-60. (rus)*
- [18]. Kaftan V.I. Sistemy koordinat i sistemy otscheta v geodezii, geoinformatike I navigacii [Coordinate system and reference systems in geodesy, geoinformatics and navigation]. *Geoprofi*. 2008. No. 3. Pp. 60-63. (rus)
- [19]. Komissarova T.S., Petrov D.V. Opredelenie koordinat s pomoshhju system sputnikovoj navigacii [Determination of coordinates using satellite navigation systems]. *Saint-Petersburg, Izd-vo: Leningradskij gosudarstvennyj universitet im. A.S. Pushkina, 2010. Pp. 200-205. (rus)*
- [20]. Kotovshhikova V.A. Osobennosti system koordinat, primenjaemyh v sputnikovoj geodezii [Features of coordinate systems used in satellite geodesy]. *Trudy KuzGTU. No. 8 (materialov VIII vserossijskoj, nauchno-prakticheskoi konferencii molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem «Rossija molodaja»)*. *Kemerovo.:Izd-voKuzGTU, 2016. pp. 47. (rus)*

Борисов Н.О., Лебедева К.С., Печерских М.Н., Современные геодезические координаты пунктов полигонометрии Санкт-Петербурга, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №10 (61). С. 22-29.

Borisov N.O., Lebedeva K.S., Pecherskikh M.N. Modern geodetical coordinates of Saint Petersburg polygonometry, Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. 10 (61). Pp. 22-29. (rus)