так и для СВ. Таким образом, для практического описания модели объектов водоподготовки достаточно использовать однофакторную модель $W_{э/э}(Q_6)$.

Предложенный метод прогнозирования объемов потребления э/э на объектах системы водоподготовки проверен на одном из городов. Проверка предложенных прогнозных моделей со статистикой электропотребления показывает, что средние относительные отклонения представленных однофакторных моделей потребления э/э от фактических кривых за последние пять лет составляют 9,43% и 3,7% соответственно для НС и СВ. Данная точность является приемлемой для прогнозных расчетов, составленные регрессионные модели рекомендуются применяться на практике. Корреляционно-регрессионного анализа так же показал, что введение температурного фактора в модель потребления э/э на объектах системы водоподготовки города со среднегодовой температурой до 10 градусов тепла снижает точность предсказания.

1. Кошарная Ю.В. Разработка методики анализа параметров электропотребления для их нормирования и оценки объемов энергосбережения при проведении энергоаудита предприятий и организаций: дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03/

1. Кошарная Юлия Васильевна. – М., 2015. – 134 с.

2. Средние месячные и годовые температуры воздуха в г. Москве [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm>

3. Минашкин В.Г. Теория статистики / В.Г. Минашкин, Р.А. Шмойлова, Н.А. Садовникова, Л.Г. Моисейкина, Е.С. Рыбакова. – М.: МФПА, 2004. – 198 с.

4. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов / А.С. Минашкин. – М.: ГУ ВШЭ, 2005. – 254 с.

Чистогова В.А., Богданец Е.С.

Исследование точности позиционирования спутниковых навигационных систем

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Россия, Пермь)*

doi: 10.18411/lj-06-2019-148

idsp: ljjournal-06-2019-148

Аннотация

В данной статье произведено сравнение зависимости точности позиционирования GNSS-станций от типа используемых навигационных систем. В качестве исследуемых навигационных систем выступают GPS и ГЛОНАСС. Произведена количественная оценка числа спутников на орбите в зависимости от продолжительности измерений, рассчитаны СКП измерений, а также найдено отклонение исследуемых навигационных систем от измерений с использованием всех спутников.

Ключевые слова: базовая станция, ГЛОНАСС, GPS, GNSS, CSRS-PPP, PPP

Abstract

This article compares the accuracy of GNSS station positioning with the type of navigation systems used. GPS and GLONASS are the studied navigation systems. A quantitative estimate was made of the number of satellites in orbit, depending on the duration of the measurements, the UPC measurements were calculated, and the deviation of the studied navigation systems from measurements using all the satellites was found.

Keywords: GLONASS, GPS, GNSS, CSRS-PPP, PPP

В современном мире повсеместно применяется технология спутникового позиционирования. Первый запуск американской спутниковой системы GPS состоялся в 1978 году. Данная технология давала важнейшие стратегические преимущества, из-за

чего СССР необходимо было так же иметь возможность использовать данную технологию. В 1982 году были начаты летные испытания отечественной навигационной спутниковой системы, известной ныне, как ГЛОНАСС. Использовать всецело навигационную систему другой страны, означает, брать на себя риск возможной зависимости экономики от работоспособности данной системы. Тем более, что изначально ГНСС система разрабатывалась исключительно в военных интересах.

Так же стоит отметить, что комбинированное использование GPS/ГЛОНАСС исключает политическое давление со стороны США, но и значительно увеличивает точность позиционирования, поскольку возрастает количество наблюдаемых спутников.

На данный момент на орбите находятся 31 спутник GPS и 25 спутников ГЛОНАСС. Спутники ГЛОНАСС имеют более малый срок эксплуатации, по сравнению со спутниками GPS, но ГЛОНАСС лучше работает в приполярных широтах, хоть и отстает в точности в общем плане от системы GPS. Российские инженеры ставят перед собой задачу – достигнуть точности наблюдений не ниже чем у GPS.

Цель данной работы, сравнить точность определения координат базовой станции с помощью систем GPS и ГЛОНАСС.

Для исследования выбирались данные суточных измерений GNSS станции, которая принимает одновременно сигналы спутников GPS и ГЛОНАСС. В интернете много различных баз данных в открытом доступе, мы же воспользовались российским сервисом РГС-Центр.

Данные были загружены с базовой станции ЕКТГ – Екатеринбург. Рассматривались отдельно измерения со спутников GPS, со спутников ГЛОНАСС, совместное использование GPS + ГЛОНАСС. Данные были разбиты на интервалы в 3, 6, 12 и 24 часа. Количество спутников навигационных систем, находящиеся на орбите представлены в таблице 1. Их количество влияет на точность позиционирования, чем больше спутников, тем точнее определяются координаты.

Таблица 1

Количество спутников на орбите

	24ч	12ч	6ч	3ч
G+R	Min-11 Max-22	Min-7 Max-12	Min-8 Max-12	Min-8 Max-12
GPS	Min-7 Max-13	Min-7 Max-12	Min-8 Max-12	Min-8 Max-12
ГЛОНАСС	Min-4 Max-9	Min-4 Max-9	Min-5 Max-9	Min-5 Max-9

Обработка данных проводилась с помощью канадского сервиса CSRS-PPP.

По полученным результатам были построены графики значений СКП в зависимости от продолжительности измерений, представленные на рисунке 1.

Рисунок 1 – СКП позиционирования базовой станции в зависимости от продолжительности измерений

Если принять измерения G+R за 100%, так как данные измерения наиболее точны, то получим следующий усредненный результат отклонения измерений GPS и ГЛОНАСС по отдельности в процентах, представленный в таблице 2.

Таблица 2

Отклонение измерений GPS и ГЛОНАСС от измерений, с использованием всех спутников

	GPS, %	ГЛОНАСС, %
24ч	100	100
12ч	133	177
6ч	138	190
3ч	191	213

При рассмотрении таблицы 2, можно отметить, что при интервале измерений 6 и 12 часов, ГЛОНАСС значительно уступает GPS в точности измерений. Однако при 24 часовом интервале СКП позиционирования одинаков. Так же, при кратковременных интервалах измерений (менее 3 часов), разницей в точности измерений можно будет пренебречь. Большинство съемочных геодезических работ выполняются с интервалом гораздо меньшим 3 часов. Можно сказать, что ГЛОНАСС, пока еще не достиг уровня точности GPS, однако полученные результаты весьма хорошие, можно надеяться на дальнейшее развитие отечественной навигационной системы.

1. ГЛОНАСС вчера, сегодня и завтра // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.osp.ru/nets/2008/06/5120395>
2. История развития ГЛОНАСС // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/guide/>
3. Система ГЛОНАСС // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://cyberpedia.su/6x7a5f.html>
4. Зачем нужен ГЛОНАСС, когда есть GPS? // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://tatcenter.ru/affiliate/zachem-nuzhen-glonass-esli-est-gps/>