

С. С. Баус

Россия, Томск, национальной исследовательский Томский политехнический  
университет

S.S. Baus

Russia, Tomsk, Tomsk Polytechnic University

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

### **COMPARATIVE ANALYSIS AND EVALUATION OF TECHNICAL SOLUTIONS AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF MODERN NAVIGATION SYSTEMS**

#### Аннотация

Данная статья посвящена современным навигационным системам. В статье представлен сравнительный анализ и оценка технических решений и функциональных характеристик современных навигационных систем. Для каждой системы рассмотрены принципы реализации, технические решения, функции, а также достоинства и недостатки.

#### Annotation

This article deals with modern navigation systems. The article presents a comparative analysis and assessment of technical solutions and functional characteristics of modern navigation systems. For each system, the principles discussed implementation of technical solutions, features, and advantages and disadvantages.

Навигационные системы можно разделить на множество категорий в зависимости от назначения, объема получаемой навигационной информации и используемых методов навигации. В зависимости от области применения навигационные системы разделяют на системы морской, наземной и воздушной навигации. Навигационные системы являются в настоящее время развивающейся областью науки и техники [1]. Производством навигационных систем занимаются как отечественные, так и зарубежные производители навигационной аппаратуры. Рассмотрим две передовые навигационные системы – GPS, ГЛОНАСС, Галилео и Compass.

ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система) – разработанная в первую очередь для повышения обороноспособности СССР, а далее и России, была принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 года. Точность гражданского сигнала, без использования систем дифференцированных поправок на данный момент 3-6 метров, в уже наступающем 2015 году её планируют

увеличить до 1,4 метра. С 2008 года слово «ГЛОНАСС» стало на слуху у всех. Дмитрий Медведев, на тот момент президент Российской Федерации, подписал федеральный закон «О навигационной деятельности» и положил начало глобальным проектам, таким как «ЭРА-ГЛОНАСС», интеллектуальные транспортные системы и прочие. На данный момент спутниковая система ГЛОНАСС включает в себя 24 спутника и покрывает всю территорию нашей планеты.

Галилео — совместный проект Европейского союза и Европейского космического агентства, анонсированный в 2002 году. Изначально рассчитывали, что уже в 2010 году в рамках этой системы на средней околоземной орбите будут работать 30 спутников [2]. Но этот план не был реализован. Сейчас предположительной датой начала эксплуатации Galileo считается 2014 год. Однако ожидается, что полнофункциональное использование системы начнется не ранее 2020 года.

Compass — это следующая ступень развития китайской региональной навигационной системы Beidou, которая была введена в эксплуатацию после запуска 10 спутников в конце 2011 года. Сейчас она обеспечивает покрытие в границах Азии и Тихоокеанского региона, но, как ожидается, к 2020 году система станет глобальной.

GPS (Global Positioning System — система глобального позиционирования) — разработана и эксплуатируется министерством обороны США. Первоначально это был исключительно военный проект, но трагические события на Сахалине (в 1983 году советский истребитель сбил корейский самолет с 269 пассажирами на борту), заставили президента Рейгана пересмотреть данный момент. Единственным, учеными был создан алгоритм, ухудшающий точность спутникового сигнала для гражданских. В 2000 году президент Клинтон отменил коррекцию сигнала, это дало невероятный толчок для развития огромного количества отраслей [2]. Сигналы спутников стали применяться для строительных работ, сельского хозяйства, транспортной логистики и многого другого. Современные люди не представляют жизнь без спутника. На данный момент спутниковая система GPS включает в себя 29 спутников, это дает возможность получать точность без применения дифференцированных поправок 3-5 метров.

Первые спутники системы GPS запущены 20 лет назад [3]. Современные GPS-приемники имеют от 5 до 12 каналов, т.е. они могут одновременно принимать сигналы от 5 до 12 спутников. Задержки распространения сигналов и их прохождение через верхние слои атмосферы приводят к ошибкам порядка 20-30 м днем и 3-6 м ночью. Министерство Обороны США намеренно снижает точность определения местонахождения для гражданских лиц. В режиме S/A формируются ошибки искусственного происхождения, вносимые в сигнал на борту GPS-спутников с целью огрубления навигационных измерений.

Теперь вернёмся к вопросу «Что же лучше?». Если брать только технические характеристики, то объективно GPS даёт более качественный

сигнал приёма. Но есть один нюанс. Практически все навигационные модули, устанавливаемые во все портативные устройства: мобильные телефоны, навигаторы, трекееры используют мультисистемные приемники. Т.е. они принимают сигналы и американской, и Российской спутниковой систем одновременно. Модули ГЛОНАСС/GPS. Т.е. одновременно современные приемники могут принимать 18-20 спутников, вместо 9-10 ранее (когда использовались только модули GPS). Это повышает качество сигнала, тем самым сокращается погрешность и практически сводится к 0 возможность ошибки. Но это не предел, в ближайшем будущем полностью вводятся в эксплуатацию европейская и китайская спутниковые системы: Galileo и BEIDOU (компас). Теперь мы все сможем получать бесплатный сигнал с сантиметровой точностью и при развитии наземных базовых станций даст небывалый скачок для развития технологий для всех сфер нашей жизни.

Имеет преимущества на высоких широтах, а GPS — на средних широтах. Точность и детализация у навигаторов ГЛОНАСС заведомо выше. Параметры определения координат:

- горизонтальных координат с точностью 50-70 м (вероятность 99,7%);
- вертикальных координат с точностью 70 м (вероятность 99,7%);
- составляющих вектора скорости с точностью 15 см/с (вероятность 99,7%);
- точного времени с точностью 0,7 мкс (вероятность 99,7 %).

За счет частотного разделения каналов в ГЛОНАСС обеспечивается лучшая по сравнению с GPS точность. Согласно статистике, в годы солнечной минимальной активности в ГЛОНАСС по 6 НКА по открытому дальномерному коду СКО ошибок определения широты и долготы составляет 20-28 м, а высоты 40-52 м, что в 2,5 раз меньше, чем для GPS при тех же условиях!

Наибольший интерес в существовании ГЛОНАСС заключается в совместном использовании ГЛОНАСС и GPS. Дело в том, что для точного определения координат нужно четыре спутника той или иной системы. Однако, в большинстве случаев такое определение дает достаточно низкую точность: ее сложно использовать в условиях городской застройки для решения определенных задач. С ростом числа наблюдаемых спутников точность растет. Обычно наблюдается 6-9 спутников системы GPS. Если мы работаем на закрытой местности: в горах, в лесу, особенно в городском ландшафте, когда мы фактически ходим в джунглях, то количество спутников, которые мы видим, может очень сильно уменьшаться - или геометрия их расположения может становиться неэффективной. Например, спутники могут выстраиваться в одну линию вдоль улицы. В этом случае, общее количество спутников, которые мы можем наблюдать, является очень важным аспектом: чем их больше, тем выше качество в столь стесненных условиях. Поскольку основная масса потребителей GPS/ГЛОНАСС используют их в качестве навигационных устройств в городах, то это немаловажный шаг.

Однако в последние несколько лет появились способы определения координат повышенной точности с использованием данных систем. Изначально система GPS (в ГЛОНАССе это немного по-другому) содержала два вида приема информации: это так называемый C/A код - гражданский код с низкой точностью определения координат - и так называемый P-код или военный код. Точность определения с помощью гражданского кода составляет несколько метров, примерно 3-4 метра в плане и 5-7 по высоте. Военный код в 8-10 раз точнее, но он доступен только для пользователей стран НАТО и для пользователей, входящих в систему оборонных ведомств, поэтому для простого обывателя это неактуально.

Вышеприведенный анализ показывает, что ни один из известных систем полностью не удовлетворяют требованиям к навигационному обеспечению основных групп потребителей. Это не дает возможности использовать какое-то одно навигационное оборудование в качестве основного. Этот факт подтверждается еще и тем, что операторы сотовых телефонов и других навигационных систем используют в своих технических решениях именно две основные навигационные системы ГЛОНАСС и GPS.

### Литература

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Петрова, В.Н. Харисова. – М.: Радиотехника, 2010.
2. Баус С. С. Геоинформационная интеллектуальная система для моделирования макроэкономического уровня региона и стратегического планирования // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов III Международной конференции. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 2 - С. 549-553
3. Руководство по требуемым навигационным характеристикам (RNP). 2-е изд. 1999.
4. ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ (редакция 5.1). 2008 г.
5. Контроль целостности радионавигационного поля СНС ГЛОНАСС. URL: <http://www.seaman-sea.ru/glonass/510-kontrolnavigacionogopolja-glonass.html>.