

## АВТОТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

УДК 629.371.21

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ  
ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ГОНОЧНОГО АВТОМОБІЛЯ

А.М. Туренко, професор, д.т.н., А.В. Ужва, доцент, к.т.н., І.В. Лукашов, зав. ЛША,  
Є.Л. Савченко, майстер виробн. навчання ЛША, ХНАДУ,  
М.С. Щербак, інженер ТОВ «ЕКТОС Україна»

*Анотація.* Представлено пристрій глобального позиціонування для відтворення траєкторії руху гоночного автомобіля, наведено концепцію моделювання траєкторії руху одиночного гоночного автомобіля.

*Ключові слова:* гоночний автомобіль, траса, траєкторія.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ГОНОЧНОГО  
АВТОМОБИЛЯ

А.Н. Туренко, профессор, д.т.н., А.В. Ужва, доцент, к.т.н.,  
И.В. Лукашов, зав. ЛСА, Е.Л. Савченко, мастер произв. обучения ЛСА, ХНАДУ,  
М.С. Щербак, инженер ООО «ЕКТОС Украина»

*Аннотация.* Представлено устройство глобального позиционирования для воспроизведения траектории движения гоночного автомобиля, приведена концепция моделирования траектории движения одиночного гоночного автомобиля.

*Ключевые слова:* гоночный автомобиль, трасса, траектория.

DEVELOPMENT OF GLOBAL POSITIONING UNIT TO PLAY A TRAJECTORY  
OF A RACING VEHICLE

A. Turenko, Professor, Doctor of Technical Science, A. Uzhva, Associate Professor,  
Doctor of Technical Science, I. Lukashov, Head of LSV, E. Savchenko, Training Officer,  
KhNAHU, M. Shcherbak, engineer EKTOS Ukraine A/S

*Abstract.* The global positioning device for playing a race vehicle trajectory was presented. The concept of modeling a trajectory of a particular racing vehicle was given.

*Key words:* race vehicle, track, trajectory.

## Вступ

З початку 90-х років ХХ сторіччя до світової практики визначення місцеположення все більше входять навігаційні системи, що базуються на використанні супутників в якості носіїв координат – глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС).

Використання у практиці сучасних супутникових технологій визначення місцеположення має ряд переваг, серед яких найбільш важливими є:

- визначення загальноземних координат довільної точки простору поза її зв'язками з іншими точками земної поверхні або простору;
- можливість визначення положення рухомого об'єкта у просторі в загальноземних і топографічних координатах;

– можливість дослідження й аналізу зміни положення (руху) об'єкта.

### Аналіз публікацій

За останні 15 років системи ГНСС набули широкого розповсюдження і є добре відомими,

а принцип роботи, основні характеристики, балістична структура, параметри орбіт супутників тощо достатньо детально висвітлені у спеціалізованій літературі [1, 2]. Короткі характеристики існуючих ГНСС (GPS і ГЛОНАСС) і створюваної (Galileo) наведено в табл. 1.

Таблиця 1 Основні характеристики глобальних навігаційних супутникових систем (станом на жовтень 2012 р.)

Характеристика	Система		
	ГЛОНАСС	GPS	Galileo
Кількість супутників у номінальному сузір'ї	24	24	4 (перспектива 21-30)
Параметри орбіт:			
висота, км	19400	20200	236 00-2400 0
нахил, град,	64,8	55	55-60
період обігу, год, хв, с	12,00,00	12,00,00	
Частоти несучої випромінюваних сигналів, МГц	L1 1598,0625-1607,0625 L2 1242,9375-1249,9375 L3 1197,648-1212,606	L1 1575,42 L2 1227,60 L5 1176,45	E5 1164-1188 E6 1260-1300 E1 1587-1591 E2 1559-1563
Максимальна точність позиціонування споживачів			
положення, м	20–30	2,5	4–6
швидкість, м/с	0,33	0,05	0,05

Разом з тим для обґрунтування вибору ГНСС, які використовувалися, необхідно зупинитися на ключових моментах, що стосуються їх конструктивних особливостей і принципу роботи.

ГНСС GPS (Global Positioning System) – це глобальна, всепогодна космічна (супутникова) система позиціонування і навігації пасивного типу. Система GPS складається з трьох сегментів: космічного, сегмента керування і споживчого сегмента. Концепція роботи системи GPS базується на вимірюванні відстані до групи супутників, які відіграють роль опорних точок. Кожен із GPS супутників передає точні відомості про своє місцезнаходження (ефемериди) і вимірює затримку сигналу від кожного супутника, що дає можливість визначити відстань до кожного з них. Одночасно зібрані вимірювання від чотирьох або більше супутників обробляються процесором приладу для розрахунку тривимірних координат у просторі, а також швидкості та часу.

Сигнал від супутників, який передається на частоті  $L1 = 1575,42$  МГц, призначений для цивільного використання, поширюється без обмежень, без будь-якої плати за використання.

Система GPS забезпечує два рівні обслуговування – Стандартний (SPS – Standard Positioning Service) для загального користування і закодований Точний (PPS – Precise Positioning Service), призначений, насамперед, для використання Міністерством оборони США. Точність визначення місцезнаходження для Стандартного рівня (SPS) була значно знижена з метою захисту національних інтересів США (так званий режим Selective Availability (SA)). З 1 травня 2000 року режим SA відключений. Після цього точність підвищилася приблизно в п'ять разів і становить від 2 метрів і більше залежно від кількості супутників, сигнал від яких може приймати прилад користувача, а також від їх взаємного розташування у просторі.

Російська Федерація розвиває свою систему – ГЛОНАСС [3]. Станом на 2012 рік склад орбітального угруповання ГЛОНАСС доведений до 24 супутників, після чого це угруповання стало забезпечувати 100 % покриття поверхні Землі цілодобово. На сьогодні ГЛОНАСС розглядається як система подвійного призначення, що є стратегічним елементом Російської доктрини національної безпеки. У той же час забезпечується відкритий доступ споживачів до цивільних сигналів ГЛОНАСС, а також до виробництва та вико-

ристання відповідної апаратури споживачів. Незважаючи на це перелік споживчої апаратури, сумісної з ГЛОНАСС, на сьогодні є ще не досить широким, хоча і динамічно поповнюється.

З 1993 р. за ініціативою Європейського космічного агентства (ESA), Європейської комісії (ЄС) та Європейської організації із забезпечення безпеки літаководіння (Eurocontrol) почалися роботи зі створення супутникової системи функціонального доповнення до систем ГЛОНАСС і GPS. Ця система, що отримала назву EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) – Європейська додаткова геостаціонарна навігаційна служба, – і послужила прологом до створення Європейської навігаційної супутникової системи Galileo. Планується, що система буде передавати сигнал у двох діапазонах, що дозволить знизити похибку визначення координат до менш ніж 1 метра. У 2011 році на орбіту 23600 км виведено 4 супутники системи Galileo, що дозволило перейти до другого етапу тестування сегментів системи. Незважаючи на видимі успіхи в розвитку системи Galileo, з її допомогою поки не можна забезпечити навігаційного сигналу з гарантованою доступністю і необхідними споживчими характеристиками.

Як видно, наразі тільки система GPS працює в повнофункціональному режимі, тобто має повну групу супутників, яка забезпечує навігацію з достатнім ступенем точності для всіх цивільних користувачів.

### **Мета і постановка задачі**

Метою статті є опис розробки пристрою ГНСС GPS і його застосування для відтворення траєкторії руху гоночного автомобіля по замкненому маршруту траси автодрому.

### **Вимоги до обладнання та обґрунтування вибору компонентів пристрою**

На сьогодні ГНСС GPS широко використовується в різних сегментах навігації. За типом використання навігаційних приладів їх можна спрощено розділити на такі групи:

1) спеціалізовані навігатори для використання в авіації;

2) спеціалізовані навігатори для навігації на морських або річкових суднах;

3) персональні спеціалізовані навігатори для туристів, мисливців, рибалок і т.п. Такі навігатори мають користувальницький інтерфейс, що вимагає певних знань у галузі навігації, а також вологозахисний корпус;

4) портативні (переносні) автомобільні і мотоциклетні навігатори. Корпус автомобільних навігаторів не захищений від попадання вологи, корпус мотоциклетних має такий захист. Користувальницький інтерфейс спрощено, щоб мінімізувати витрати часу на пошук необхідних функцій при керуванні автомобілем або мотоциклом;

5) навігатори, які входять до складу вбудованих автомобільних мультимедійних систем. Блоки навігації, розраховані на підключення до вбудованих автомобільних мультимедійних систем, до складу яких не входить GPS-навігатор, підключаються через відео- та аудіовходи. Багато з них підтримують керування через сенсорний дисплей мультимедійної системи, мають також пульт дистанційного керування;

6) кишенькові персональні комп'ютери і комунікатори, до складу яких входить GPS-модуль, або які можуть підключатися до зовнішнього GPS-модуля через Bluetooth, COM-порт або USB-порт з використанням відповідного програмного забезпечення;

7) ноутбуки чи нетбуки з додатковим GPS-модулем і відповідним програмним забезпеченням.

В основі конструкції будь-якого типу обладнання користувальницького сегмента – приймач сигналу супутника однієї або декількох ГНСС з набором системної логіки, портами вводу-виводу і т.д., виконаний у вигляді інтегральної мікросхеми, який називають чипсетом.

Одними з найвідоміших виробників чипсетів, які на сьогодні є найбільш популярними і такими, що забезпечують найкращі характеристики навігаційних приладів, є компанії SiRF Technology Holdings, Inc. (Чипсет SiRFstar IV), MediaTec Inc. (MTK) (чипсети MT3328 і MT3329), а також SkyTraq Technology Inc. (чипсети Venus 634LPx, 638LPx). Інтерес являли собою чипсети виключно для використання з ГНСС GPS. Основні характеристики найбільш популярних чипсетів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 Основні характеристики найбільш популярних чипсетів для прийому і обробки сигналу ГНСС GPS

	SiRF Star IV	u-Blox 5	SkyTraq V634	MTK 3329
Кількість каналів (загальне)	48	50	65	66
«Гарячий» старт, с	<1	<1	<1	<1
«Теплий» старт, с	<35	<29	<28	<34
«Холодний» старт, с	<35	<29	<29	<35
Чутливість при «холодному» старті, дБм	-148	-144	-148	-148
Чутливість при повторному включенні, дБм	-158	-160	-158	-160
Чутливість при стеженні, дБм	-163	-160	-161	-165
Сила струму при стеженні, мА	40	44	28	40
Точність позиціонування, м	2,5	2,5	2,5	2

Для застосування на гоночному автомобілі навігаційний прилад повинен задовольняти таким вимогам:

- 1) мати високу точність позиціонування;
- 2) мати частоту оновлення не менше 10 Гц;
- 3) відрізнятися низьким енергоспоживанням;
- 4) мати мінімальний час «теплого» старту;
- 5) зберігати працездатність в умовах високої вібрації та запиленості;
- 6) мати зручну програму-конфігуратор для ПК, що дозволяє оперативно налаштувати основні параметри.

### Конструкція та функціональні можливості пристрою

З огляду на те, що жоден із доступних на ринку навігаційних приладів не задовольняє повною мірою пропонованим вимогам, було виготовлено автономний пристрій – реєстратор, що базується на модулі GPS-09171 [4] виробництва компанії SparkFun Electronics Inc. (Боулдер, Колорадо, США), обладнаний системами живлення, керування і передачі даних власної розробки. Модуль являє собою плату з роз'ємом для підключення зовнішньої антени, реалізовану на базі чипсета Venus 634LPx [5] виробництва компанії SkyTraq Technology Inc. (Сіньчжу, Тайвань) (рис. 1), основні характеристики якого наведено в табл. 3. Наявна утиліта для налаштування.

Для підвищення чутливості GPS-приймача було застосовано зовнішню активну антену для прийому сигналу GPS ANT-555 (GPS-00464) виробництва компанії SparkFun Electronics Inc. (рис. 2).

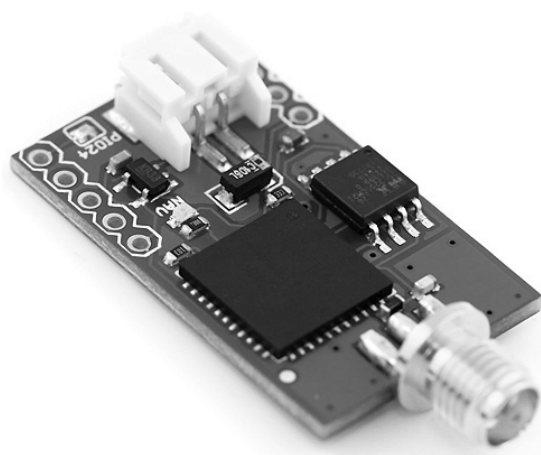


Рис. 1. Модуль SparkFun GPS-09171



Рис. 2. Зовнішня антена ANT-555 GPS-00464

Таблиця 3 Основні характеристики чипсета Venus 634LPx ГНСС GPS

Використовувані супутники	Системи GPS/SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS)
Система координат (СК) (датум)	WGS-84
Канали стеження	14
Канали пошуку/захоплення	51
Можливості пошукового механізму	12 млн частотно-часових гіпотез у секунду
Точність	Позиціонування – до 2,5 м
	Швидкості – 0,1 м/с
	Часу – 300 нс
Чутливість	Виявлення – 148 дБ м
	Стеження – 161 дБ м
TTFF	«Гарячий» старт 1 с
	«Теплий» старт 28 с
	«Холодний» старт 29 с
Максимальна частота оновлення	10 Гц
Інтерфейс	UART, SPI, I <sup>2</sup> C, GPIO, 1PPS

**Перевірка працездатності пристрою**

Тестування працездатності пристрою проводилося на дорозі загального користування зі встановленням обладнання на легковому автомобілі. Місцем проведення тестових заїздів було обрано транспортну розв'язку на перетині Кільцевої дороги та Белгородського шосе. Автомобіль рухався із середньою швидкістю 40,65 км/год по кільцевому маршруту довжиною 1700 м. Для візуальної оцінки форми траєкторії використовувалася ГІС «Google Планета Земля», яка застосовує СК WGS-84 як референтну загальносвітову систему. Для візуалізації зображень використовувалися перетворені просторові дані, перенесені на динамічні шари, відображені накладенням поверх карт відповідної місцевості (рис. 3).



Рис. 3. Зображення траєкторії руху

**Висновки**

Розроблений і виготовлений пристрій ГНСС GPS дозволяє отримувати просторові дані та достатньо точно відтворювати траєкторію руху автомобіля. Відтак отримання залежності швидкості автомобіля від його положення на дистанції траси дасть змогу синтезувати закон керування гоночним автомобілем, який відтворить розрахунковий швидкісний режим руху.

**Література**

1. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации / Ю.А. Соловьев. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 270 с.
2. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения / Ю.А. Соловьев. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 326 с.
3. Глобальная спутниковая навигационная система ГЛОНАСС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GLONASS/>.
4. SparkFun GPS-09171 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sparkfun.com/products/9171>.
5. SkyTraq Venus 634LPx [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sparkfun.com/products/9060>.

Рецензент: О.П. Алексієв, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 22 квітня 2013 р.