

АНАЛИЗ НА ТОЧНОСТТА НА GPS СИСТЕМА, ИЗПОЛЗВАНА ПРИ ИЗПИТАНИЯ В ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ

Веселин Стоянов, Олег Кръстев

ves@vtu.bg, okrastev@tu-sofia.bg

*Катедра „Транспортна техника“, Факултет „ТСТТ“, ВТУ „Тодор Каблешков“
Катедра „Железопътна техника“, Факултет по транспорта, ТУ – София
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *железопътен транспорт, GPS*

Резюме: *Направен е обстоен анализ на резултатите от проведени експерименти с GPS система, монтирана на електрически локомотиви. Изследвани са грешките при работа на системата. Определена е точността на позициониране на обекта и са разгледани възможностите за нейното повишаване.*

1. Въведение

Едно от най-важните научни и приложни достижения през последните години са спътниковите системи за позициониране и навигация. Чрез тях, всяко време може да се определи по положението, посоката и скоростта на движение на обекти, разположени на сушата, във водата и в околното пространство. В момента се експлоатират или са в процес на изграждане три такива системи - GPS, Galileo и ГЛОНАСС. Най-развита и със световно покритие е Глобалната система за позициониране GPS (Global Positioning System). Тя е проектирана и разработена от Министерството на отбраната на САЩ, за да предоставя точна информация за местоположение, скорост и време на военни обекти. По-късно е разсекретена и предоставена за гражданска употреба без заплащане на потребителска такса.

GPS е в динамичен процес на обновление и развитие и е свързана с други навигационни спътникови системи. Това е от изключително значение за различни области на науката и практиката, за световното и националното стопанство.

Една от основните области на приложение на GPS е транспорта, където освен за навигация, проследяване и контрол на транспортни средства, тя се използва активно и за научно-изследователската дейност. Поради тази причина възниква въпроса за точността при позициониране на транспортните обекти.

В настоящата публикация е направен анализ на резултатите получени при проведени експерименти с GPS система, монтирана на електрически локомотиви. Разгледани са възможните грешки на системата и е определена точността при позициониране на возилото.

2. Маршрути и методика за анализ на точността на резултатите

През м. май 2010 г. бяха проведени серия пътувания с електрически локомотиви, на които бе монтирана GPS система. Целта на експеримента бе да се натрупа база от

данни, които впоследствие да се използват за различни анализи, свързани с движението влаковете състави. Системата бе изградена с апаратура и софтуер на фирмата U-Blox, а на преносим компютър се събираха данни за параметрите на движението.

Както е известно точността, с която даден GPS приемник може да определи своето местоположение и скорост, зависи от сложното взаимодействие на различни фактори. Като цяло GPS точността зависи от качеството на приеманите сигнали, под формата на псевдоразстояния и/или фазови измервания, както и от получените радионавигационни данни по време на измерването [1].

Всеки един източник на грешка влияе върху GPS наблюденията по различен начин и с различна големина, като основно се разграничават следните видове грешки в измерванията: грешки, дължащи се на йоносферната и тропосферна рефракция; грешки, дължащи се на отразените сигнали; грешка в ефемеридите на спътника; грешка в часовниците на спътника и на приемника; грешки, произтичащи от шум на приемника и др. Степента на влияние на видовете грешки е отразена в таблица 1 [1].

Табл. 1. Източници на грешки и влиянието им върху GPS измерванията [1].

Източник на грешки	Абсолютно влияние върху измерванията
Ефемериди на спътника	3 – 5 m
Часовник на спътника	3 – 5 m
Офсет на антената на спътника	1 – 2 m
Йоносфера (със стандартен модел)	2 – 100 m
Тропосфера (със стандартен модел)	5 – 40 cm
Фазов център на антената на приемника	1 – 10 cm
Отразени сигнали (кодери измервания)	1 – 10 m
Отразени сигнали (фазови измервания)	1 – 5 cm
Шум (кодери измервания)	10 – 100 cm
Шум (фазови измервания)	0,2 – 5 m
Латентност на хардуера	1 – 10 dm

Голяма част от горните фактори не зависят от профила на маршрута, по който се извършва движението, но други (състояние на атмосферата, местоположение на антената, закриване на видимостта към спътниците, отразен сигнал) са от съществено значение и са взети предвид при избор на маршрутите за експеримента.

И трите маршрута (София – Благоевград – Сандански – Кулата; София – Септември – Пловдив; София – Лакатник) са подходящи за снемане на информация и анализ на работата на GPS системата. Те включват дефилета, равнинни терени с добра видимост на хоризонта, тунели, райони с постоянна промяна на профила на пътя, надморската височина и скорости на движение. Измерванията и запис на данни са извършвани в двете посоки на движение, а така също и при престой.

За определяне точността на позициониране на локомотива е използвана възможността, която дава софтуера, базата данни от пътуването да се визуализират с помощта на програмата Google Earth. В Google Earth има възможност с голяма точност да се установи какво е отклонението на получените чрез GPS системата данни за позиционирането от действителното местоположение както по хоризонталната, така и по вертикалната координата.

Използваната GPS система позволява позициониране с и без използване на EGNOS. Както е известно при допълващата диференциална система EGNOS с помощта на геостационарни спътници се дава възможност за подобряване точността на

позициониране в Европа и част от Африка.[2, 3, 4] Тази възможност бе използвана при експеримента и са събрани данни за едни и същи участъци и в двата варианта.

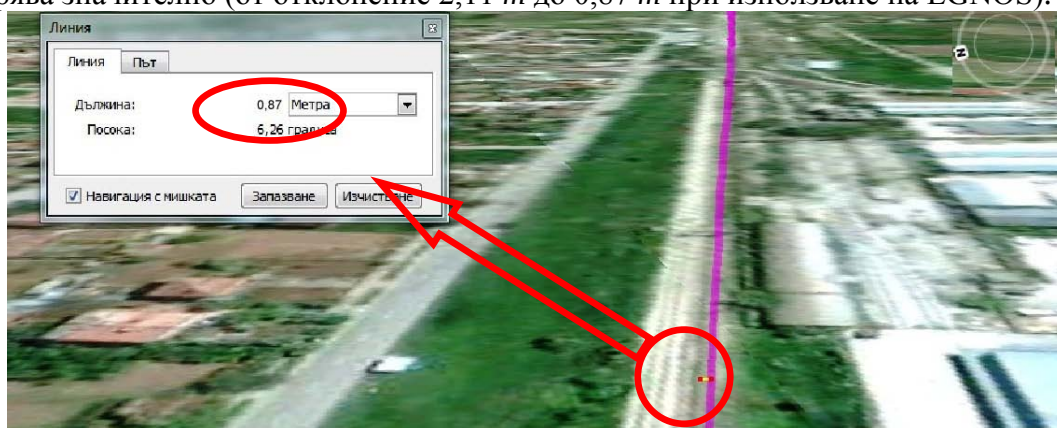
3. Получени резултати

Представени са някои характерни и по-интересни резултати. Показаните примерите са за: равнинни участъци, хълмисти участъци, планински участъци, тунели и гарови участъци.

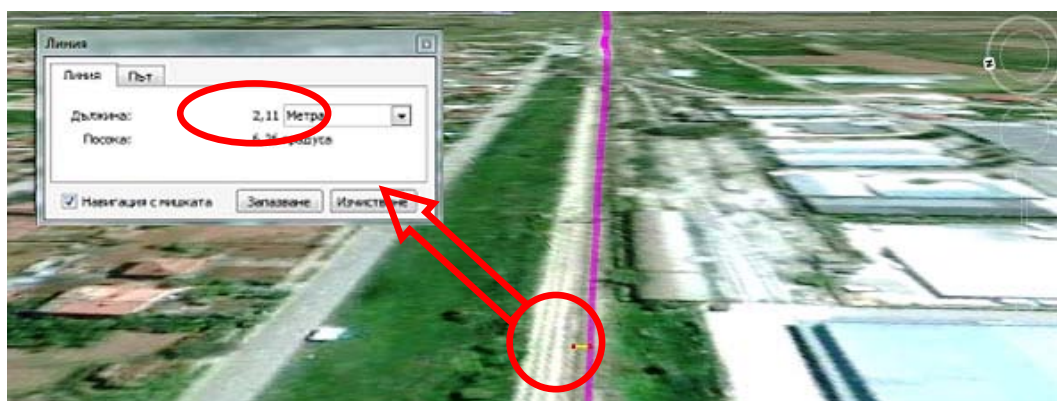
- Равнинен участък

В равнинен участък се наблюдава изключително голяма точност на позициониране. Това се дължи на много добрата видимост на хоризонта и големият брой спътници, чиито сигнал може да се използва. Разпределението им по небосклона е сравнително равномерно, което помага за точното определяне на местоположението. Сигналът се предава с постоянна сила и честота без значителни смущения.

На фиг. 1 и 2 се вижда, че при равнинен участък (добра пряка видимост към голям брой спътници) и включена система EGNOS точността на позициониране се подобрява значително (от отклонение 2,11 m до 0,87 m при използване на EGNOS).



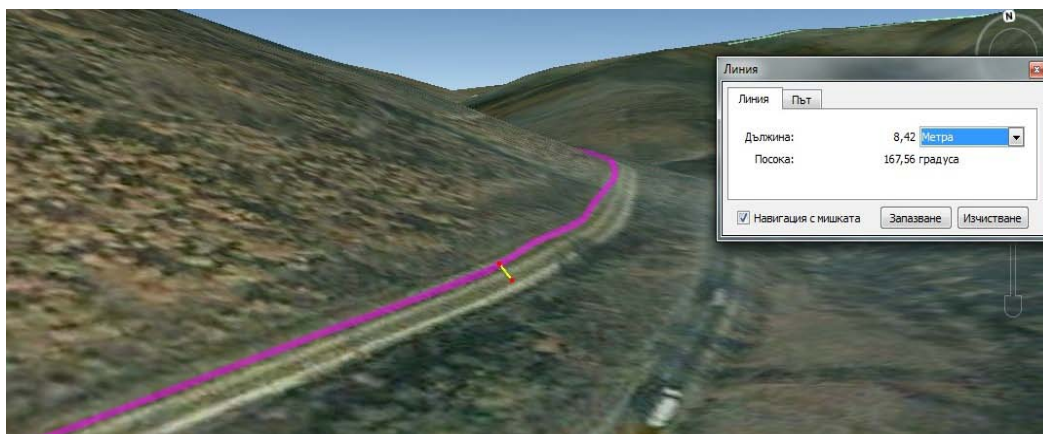
Фиг. 1. с. Казичене – позициониране с използване на EGNOS



Фиг. 2. с. Казичене – без използване на EGNOS

- Хълмисти участъци

В по-голямата си част релефа, по който преминават железопътните линии в нашата страна е хълмист. Това предполага закриване на видимостта към по-голяма или по-малка част от спътниците. Естествено се очаква, че в зависимост от големината на възвишенията, да се увеличава или намалява допусканата грешка.



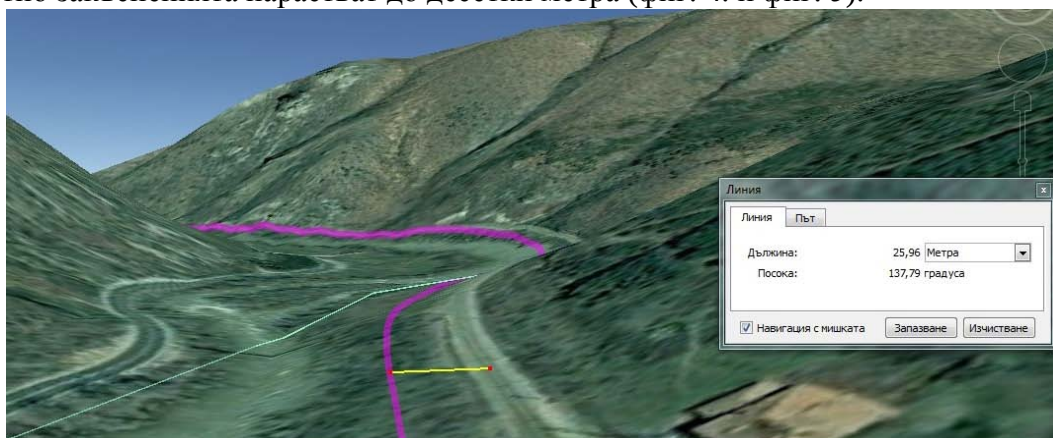
Фиг. 3. Момин проход - отклонение от реалната позиция – 8,42 m

В хълмист участък от пътя има голям брой видими спътници, но поради закриване на част от хоризонта от хълмовете, се наблюдава отклонение от железния път до 6 – 7 m (фиг. 3.). При измерването част от спътниците не са активни, което води до недостатъчната точност на позициониране. Влияние оказва и тропосферата, заради която има промяна на скоростта и честотата на разпространение на GPS – сигнала – удължава се траекторията на предаване на сигнала поради рефракция. Корекция на тези тропосферни отклонения може да се направи чрез модел за изчисление на закъснението.

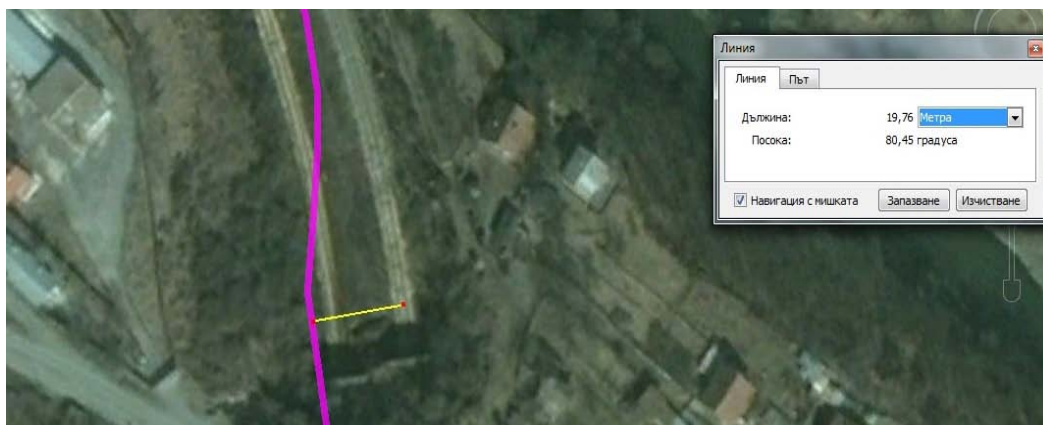
- Планински участъци и тунели

При тези варианти е естествено да се очаква много голяма грешка в тунелите и временна загуба на сигнала, и невъзможност за позициониране.

В райони с планински терени и дефилета се наблюдават отклонения от реалното местоположение, което се дължи на по-слабата активност на спътниковите сигнали, отраженията и намаления брой видими спътници. При навлизане в тунели антената е извън обхват и не приема информация от спътниците за местоположението на състава. Тук се наблюдава и голяма неточност при определяне на местоположението, дължаща се на йоносферата. По време на измерването йонизацията е максимална – изследването е направено през светлата част от денонощието. Тъй като сигналът идва от малък ъгъл спрямо хоризонта, траекторията на предаване през йоносферата е много по-дълга и съответно закъсненията нарастват до десетки метра (фиг. 4. и фиг. 5).



Фиг. 4. Кресненско дефиле - отклонение от реалната позиция – 25,96 m

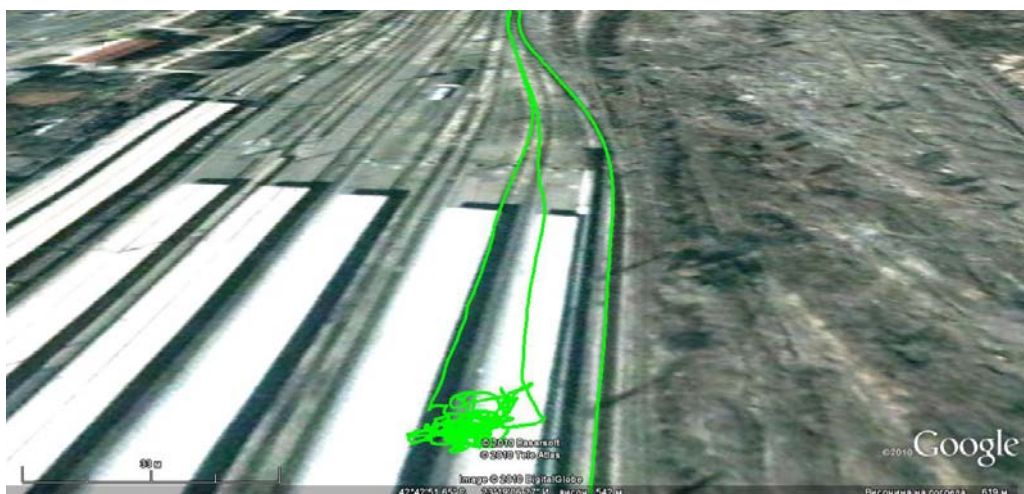


Фиг. 5. Грешка при позиционирането след излизане от тунел при с. Луково – 19,76 m

В планинските райони и дефилета, в които са направени измерванията, също причина за голямото отклонение от местоположението са мултипат – грешките. Това е така, тъй като при отражението на сигнала пътят, който той изминава, се удължава, а с това се променя и измереното разстояние до спътниците. Отразените сигнали се смесват с директните, при което се получава неточност при определяне на стойностите на разстоянията. Корекция на тези грешки може да бъде направена чрез подобрени антени или специални приемници, които изчисляват отклоненията, както и пространствените методи, които използват конструкция на антена в комбинация с известни или частично известни характеристики на геометрията на разпространението на сигнала, за да изолират получения по пряката траектория сигнал.

- Гаров участък

Грешката в позиционирането се получава освен от закриване на спътниците от сградите и пероните, и от отразен сигнал. При спрял влак се появява и т.н. „дрейф”.



Фиг. 6. „Дрейф” при престой на Централна гара София



Фиг. 7. Грешка при позициониране във вертикално направление при навлизане на влака в Централна гара София

4. Изводи и препоръки

Получените резултати от проведените експерименталните пътувания показват, че системите за спътникова навигация и наземно позициониране могат успешно да се използват в железопътния транспорт. В същото време е необходимо внимателно проследяване на маршрута и отчитане на следните неблагоприятните случаи с вероятност за грешка:

- При позициониране хоризонталната грешка може да достигне максимални стойности до 25 m, а вертикалната – до $5 \div 6$ m.
- В райони с планински терени и дефилета се наблюдават отклонения от реалното местоположение, което се дължи на по-слаба активност на спътниковите сигнали, отражения и намален брой на видимите спътници.
- При навлизане в тунели антената е извън обхват и не приема информация от спътниците за местоположението на състава.
- В стационарен режим (при престой) се наблюдава постоянна промяна на текущото положение в границите до няколко метра. Причината за тази грешка е промяна в местоположението на спътниците и смущения от вибрации.

Отчитайки тези факти, се налага извода, че за успешното прилагане на GPS системите при автоматичното управление на режимите на работа на локомотива и провеждането на други изпитания, е необходимо повишаване на точността на позициониране на обекта.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Райкова Зл., Видове грешки при GPS измерване и тяхното тълкуване, сп. „Геомедиа”, бр.3, 2010 г.
<http://www.geomedia.bg/index.php/article:416?PHPSESSID=78c499c6519e6131eeebb34871755d60>
- [2] Кръстев, О., Христов Т., Чамурлийска Н., Перспективи за използване на високи технологии в системите, осигуряващи безопасността на движение на влаковете, ТУ-София, Международна научна конференция по "Авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии" БулТранс 2010.
- [3] Кръстев, О., Чамурлийска Н., Христов Т., Изследване на възможностите за използване на приемници за спътникова навигация в тягов релсов подвижен състав, ТУ-София, Международна научна конференция по "Авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии" БулТранс 2010.
- [4] Кръстев, О., Василев Б., Използване на навигационната система EGNOS в железопътния транспорт, ТУ-София, Международна научна конференция по "Авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии" БулТранс 2010.