

**УДК 528.2/.5; 528.065/.067**

**Павленко Н.В.**, канд. техн. наук

**ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОВИХ ВИШУКУВАНЬ ПРИ ВИЗНАЧЕННЯ  
ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ  
ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

**Анотація.** У статті розглянуто особливості польових вишукувальних робіт з використанням GPS-обладнання при визначенні просторових координат на автомобільних дорогах загального користування на прикладі Харківської області.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, система координат, геоінформаційна система, супутникові спостереження.

**УДК 528.2/.5; 528.065/.067**

**Павленко Н.В.**, канд. техн. наук

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛЕВЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ  
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ  
ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности полевых изыскательских работ с использованием GPS-оборудования при определении пространственных координат на автомобильных дорогах общего пользования на примере Харьковской области.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, система координат, геоинформационная система, спутниковые наблюдения.

UDC 528.2/.5; 528.065/.067

**Pavlenko N.V.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

## **FEATURES OF FULL EXCERPT FOR DEFINITION OF SPACE COORDINATES ON ROADS OF GENERAL USE**

**Abstract.** The article describes the features of the field survey work to use GPS-equipment in determining the spatial coordinates on the public roads of the example of the Kharkov region.

**Keywords:** road, coordinate system, geographic information system, satellite observations.

В умовах обмеженого фінансового ресурсу, пріоритетною задачею дорожнього господарства є забезпечення нормативного рівня споживчих якостей на якомога більшій протяжності мережі автомобільних доріг, які найбільш завантажені рухом. Чим більший обсяг транспортної роботи буде виконано на дорогах з нормативним рівнем споживчих якостей – тим вище буде ефективність дорожнього господарства. Отже для досягнення вищевказаної мети необхідно проведення стандартизованого комплексу робіт по збору даних, їх обробці, збереженню, аналізу, своєчасного надання інформації всім користувачам в галузі, а також підтримки в робочому стані технічних засобів, програмних та програмно-апаратних комплексів, які супроводжують ці роботи.

Геоінформаційна система автомобільних доріг має стати важливим інструментом прийняття керівництвом Укравтодору об'єктивних управлінських рішень та сприяти встановленню контролю за роботою дорожників з боку громадськості. Завдяки цій системі, Державне агенство автомобільних доріг України зможе планувати розподіл фінансових ресурсів виключно на основі об'єктивних даних про стан автомобільних доріг та штучних споруд, що розташовані на них.

Роботи пов'язані з геодезичним обґрунтуванням проекту були виконані згідно з Інструкцією з топографічного знімання в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Просторові координати визначені в міжнародній геоцентричній системі координат WGS 84 та трансформовані у Державну геодезичну систему

координат СК 63 та УСК-2000 та відповідають вимогам СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги» [1]; СОУ 42.1-37641918-063:2016 «Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування» [2]; СОУ 42.1-37641918-122:2014 «Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення» [3].

Проведення топографо-геодезичних зйомок і обстежень земельних ділянок є одним із землевпорядних дій, що включаються в землеустрій, та покликане забезпечити топографічною основою у вигляді карт і планів інші землевпорядні дії.

Виконання геодезичних робіт при використанні GPS – обладнання можна розділити на три основні етапи:

- планування;
- польова частина робіт (супутникові спостереження);
- обробка результатів вимірів.

Під плануванням робіт мали на увазі не тільки проектування мережі обумовлених пунктів, а й вибір оптимальних періодів часу доби, найбільш сприятливих з точки зору найкращих геометричних показників, розположення сузір'їв супутників і з врахуванням умов закритості (перешкод для проходження сигналів від супутників) точок, що визначаються. Часто планування на поточний та наступні дні достатньо виконувати відносно деякої центральної точки зони передбачуваних денних робіт.

Планування здійснювалось за допомогою спеціальної програми з подальшою видачею результатів в графічній формі. Ця програма є складовою частиною загального програмного пакету. Польова частина методики проводилась згідно з плануванням. Виміри здійснювались в так званому диференційному режимі, тому для роботи використовували приймачі з антенами.

Існує декілька методик проведення супутникових спостережень. За кількома відмітними критеріями (час спостереження на точці, вимоги до кількості супутників, що відслідковуються, надмірність фіксуєної інформації, структура запису даних, склад апаратури, що використовується, технології виконуючих процедур) їх можна розділити на дві основні групи: статичні і кінематичні.

Статичний метод припускає, що вимірювання виконуються одночасно між двома і більше нерухомими приймачами тривалий період часу. За час

вимірювань змінюється геометричне розташування супутників, яке відіграє значну роль у вирішенні неоднозначності. Великий обсяг вимірювань дозволяє зафіксувати пропуски циклів і правильно їх змодельовати. Статичний метод застосовується при виконанні високоточних робіт, при вимірах векторів більше 15-20 км, а також при обмежених вікнах спостережень з мінімальною кількістю супутників.

До кінематичного метода відносяться:

- метод «Stop & Go»;
- метод «RTK».

Для виконання вимірювань методом RTK необхідне наступне устаткування; референцної станція, одна (або більше) мобільна станція, спеціальне обладнання для передачі даних з референцної на мобільний приймач (радіомодем), спеціальне програмне забезпечення приймачів.

Референцна станція встановлюється на пункті з відомими координатами. Референцний приймач обчислює і передає по лінії зв'язку поправки до вимірювання псевдовідстаней на мобільний приймач. Поправки визначаються як різниця вимірювання псевдовідстаней і істинної дальності, обчисленої за точними координатами, введеним в приймач. Визначення виконується кожен епоху спостережень. Мобільний приймач вводить прийняті поправки до вимірювані їм псевдовідстаней і виправлені значення дальностей використовує для обчислення свого становища.

Координати визначаються негайно в польових умовах. RTK застосовується в мережах з великою кількістю пунктів (точок) на відкритій місцевості, при створенні знімальних мереж. Тривалість часу вимірів на пункті - менше 1 хв.

Основні вимоги аналогічні вимогам методу Stop & Go, а технологія виконання вимірювань методом RTK аналогічна технології методу Stop & Go.

Особливі вимоги пред'являються до засобів передачі поправок - Радіомодем. Референцної станцію рекомендується встановлювати на відкритому, піднесеному місці для забезпечення безперешкодної радіозв'язку між приймачами і збільшення радіусу дії радіомодеми.

На даний час на території України були створені мережі перманентних станцій, які діють в режимі RTK. Однією з таких мереж є мережа перманентних станцій System.NET, що використовувалась при визначенні просторових координат на автомобільних дорогах (рисунок 1).

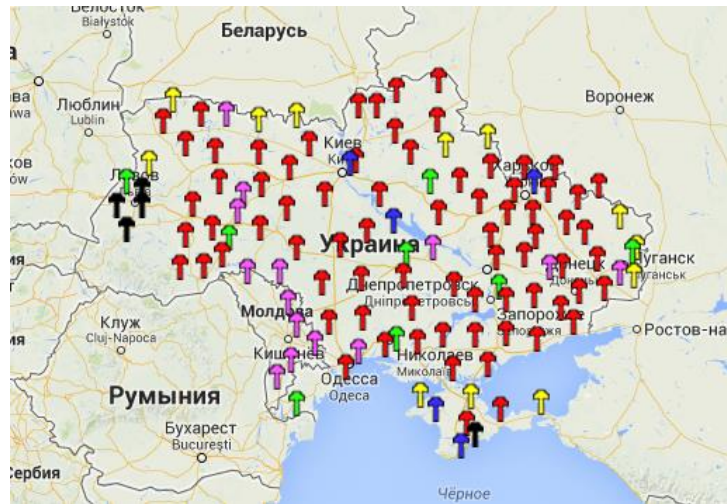


Рисунок 1 – Мережа перманентних станцій System.NET

Це мережа перманентних GPS та/або ГНСС станцій, комбінування даних з яких використовується для генерації RTK корекцій для роверного (рухомого) приймача. Таке формування RTK поправок отримало назву «Мережевої RTK». Зараз в літературі широко використовується термін RTN (Real Time GNSS Network) – ГНСС мережа для роботи в режимі реального часу.

Сьогодні RTN функціонують в багатьох країнах світу, таких як США та Канада, Велика Британія та Ірландія, Німеччина, Іспанія, Польща, Угорщина та багато інших. RTK мережі розрізняються розміром від невеликих локальних мереж, що складаються з декількох референціальних станцій до десятків станцій що охоплюють континенти, наприклад Північно-американська SmartNet (<http://smartnet.leica-geosystems.us>). Для отримання RTK корекцій користувачі оформляють підписку на сервіс мережевого RTK замість того, щоб встановлювати свою базову станцію. RTK-поправки можуть формуватися різними способами:

- Master-Auxiliary corrections (MAX);
- Індивідуальні MAX (i-MAX);
- Віртуальна базова станцій (VRS);
- Flächen-Korrektur-Parameter (FKP) - метод площинних поправок.

Автоматична обробка даних на сервері мережі (Computation service) - це виконання GPS-вимірювання в режимі післясеансної обробки і можливість самостійно виконувати зрівнювання даних. Сервіс дозволяє завантажувати дані як статичних, так і кінематичних вимірювань використовуючи web-інтерфейс і

виконати їх автоматичне зрівнювання. Зрівняння виконувались щодо перманентних базових станцій мережі засобами встановленого на сервері програмного комплексу Leica GeoOffice (LGO). Результатом обробки являються координати точок в системі координат УСК-2000 із зазначенням точності результатів вимірювань.

Станції мережі станцій System.NET прив'язані до Державної геодезичної мережі та включені у банк геодезичних даних. Фактична точність прив'язки координат мережі станцій System.NET до УСК-2000 на епоху 2014.892 становить  $\pm 0.01$  м. Висоти станцій у Балтійській системі висот 1977 року в межах цієї роботи не визначалися.

Станції мережі System.NET можуть використовуватися при створенні та оновленні топографічних карт та планів, ведені земельного, містобудівного кадастрів та інших видах топографо-геодезичних робіт.

Для проведення топографо-геодезичних робіт на території Харківської області за опорні пункти приймалися пункти перманентної мережі System.NET (рисунок 2).

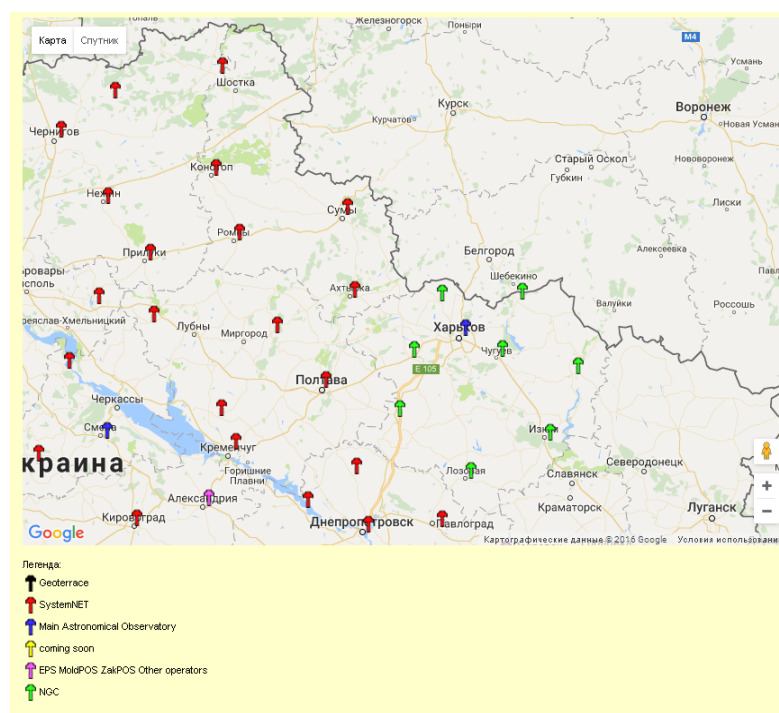


Рисунок 2 – Пункти перманентної мережі System.NET у Харківській області

Характеристика опорних пунктів наведена в таблиці 1.

Роботи по створенню знімальної мережі виконувались приймачем Leica GS08 plus з контролером Leica CS10 (SN 3164881 / 3164874) повіреним Leica

Geosystems з точністю обговореною згідно технічного завдання на виконання робіт та діючих інструкцій по проведенню топографо-геодезичних робіт. Приклад результатів врівноваження опорної мережі автомобільної дороги М-20 Харків-Щербаківка наведено у таблиці 2 . Наведена схема спостережень GPS вимірювань на дорозі М-20 Харків-Щербаківка (рисунок 3) та схема спостережень GPS вимірювань по харківській області (рисунок 4).

**Таблиця 1** – Характеристика опорних пунктів в Харківській області

№ з/п	Ідентифікатор базової станції	Повна назва постійно діючої станції	X	Y	Н <sub>Белг.77</sub>
1	VALK	Валки	5513992.883	5308944.670	186.86
2	VLCH	Вовчанськ	5565168.396	5402406.326	122.97
3	ZOCH	Золочів	5562771.443	5332502.374	183.43
4	IZUM	Ізюм	5442607.650	6210997.342	93.20
5	KRGD	Красноград	5462270.771	5295732.890	172.60
6	KPSK	Куп'янськ	5499727.530	6236434.070	96.86
7	LOZV	Лозова	5408140.821	5359632.412	206.55
8	PRVM	Первомайський	5464421.902	5351882.622	204.20
9	KNBA	Харків	5536066.942	5353404.636	204.84
10	CHUG	Чугуїв	5515018.221	5385917.255	128.23

Результати врівноваження опорної мережі автомобільної дороги М-20 Харків-Щербаківка (на Белгород) наведено у таблиці 2

В результаті проведених польових вишукувальних робіт отримані результати для подальшого оброблення визначених координат на автомобільних дорогах загального користування на прикладі Харківської області. При використанні координат в режиму RTK, експорт каталогу координат виконується у системі, заданій при створенні проекту в CREDO GNSS приймача до початку спостережень. Подальший перерахунок координат в інші системи координат виконувався в спеціальному програмному забезпеченні CREDO.

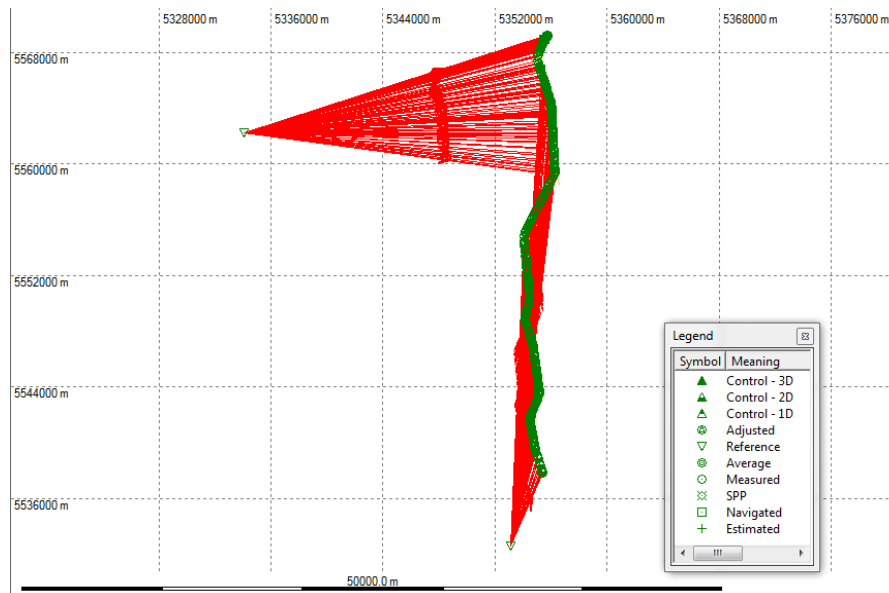


Рисунок 3 – Схема спостережень GPS вимірювань на дорозі М-20 Харків-Щербаківка

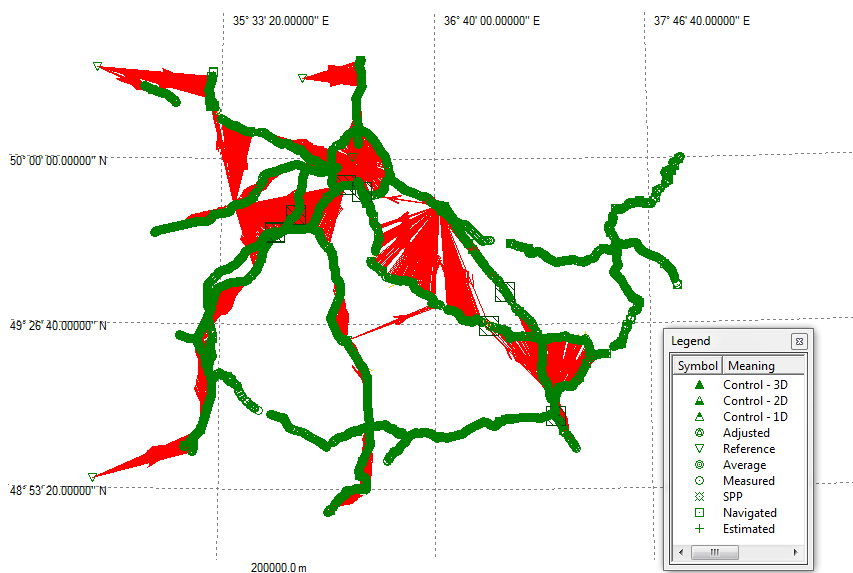


Рисунок 4 – Схема спостережень GPS вимірювань в Харківській області

Незалежно від режиму визначення координат, каталог координат формується згідно необхідних систем координат. Характеристики точності визначення координат точок за результатами обчислень відповідають М 1:500.

Таблиця 2 – Відомість GPS - спостережень



Project name: M20  
 Comment: 26\_09\_2016  
 Linear unit: Meters  
 Device Leica GS08 plus з контролером Leica CS10 (SN 3164881 / 3164874)  
 Projection: SK63  
 Adjustment Summary  
 Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint  
 Confidence level: 95 %  
 Number of adjusted points: 671  
 Number of plane control points: 2  
 Number of used GPS vectors: 671  
 A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: ( 1 , 1 )  
 Number of height control points: 2  
 A posteriori height UWE: 1 , Bounds: ( 1 , 1 )

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	H (m)	Horizontal Precision X (m)	Horizontal Precision Y (m)	Vertical Precision (m)
20M0001	5541554,12	5354538,374	209,65	0,0105	0,0085	0,0222
20M0002	5541553,947	5354536,76	210,177	0,0111	0,0093	0,0237

## Література

1. СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги».
2. СОУ 42.1-37641918-063:2016 «Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування».
3. СОУ 42.1-37641918-122:2014 «Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення».

### Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.  
 Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП "Укрдипродор".

### Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.  
 Honcharenko F.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "Ukrdiprodor".

Стаття надійшла до редакції: **05.04.2017 р.**