

УДК 629.113(071):004.01:004.4

Каганюк А.К., Голодюк Н.А.

Луцький національний технічний університет

## ВИМОГИ ЩОДО ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА ДОПОМОГОЮ РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ МЕТОДІВ.

**Каганюк О.К., Голодюк Н.А. Вимоги щодо відстеження транспортних засобів за допомогою радіонавігаційних методів.** У статті розглядається опис та засоби радіочастотної ідентифікації рухомого транспорту.

**Ключові слова:** Радіонавігаційні методи, місцезнаходження, транспортні засоби, радіочастотна ідентифікація

**Каганюк А.К., Голодюк Н.А. Требования по обнаружению транспортных средств с помощью радионавигационных методов.** В статье рассматривается описание методов радиочастотной идентификации движущего транспорта.

**Ключевые слова:** Радионавигационные методы, местонахождение, транспортные средства, радиочастотная идентификация

**Kaganyuk A.K. Golodyuk.N.A. Requirements on finding out transport facilities by means of radionavigation methods.** Description of methods of radio frequency authentication of motive transport is examined in the article.

**Keywords:** Radionavigayshin methods, location, transport vehicles, radio frequency authentication

Місцезнаходження транспортних засобів, цінних вантажів, рухомих об'єктів набуває все більшої значення в повсякденному житті і є. вкрай **актуальні** при створенні сучасної інфраструктури на сьогоднішній день

Проблема полягає в тому, що необхідно визначитись з класифікацією систем і способів місцезнаходження транспортних засобів.

Підхід, який був рекомендований Міжнародним консультативним комітетом по радіо (МККР) Міжнародного Союзу Електрозв'язку в Звіті 904-1 XVI Пленарної асамблеї (Дубровник, 1986 р.), необхідно переглянути і взявши його за основу, створити сучасне визначення в даному напрямку. Згідно з визначенням, даним в цьому документі, в системах автоматичного (автоматизованого) визначення місцезнаходження транспортного засобу (надалі, слідуючи англійській аббревіатурі, - AVL - Automatic Vehicle Location systems) місце розташування рухомого транспортного засобу, в групі йому подібних, визначається автоматично по мірі переміщення його в межах даної географічної зони. Система AVL звичайно складається з підсистеми визначення місця розташування, підсистеми передачі даних і підсистеми управління та обробки даних. За призначенням AVL системи можна розділити на: **диспетчерські системи**, в яких здійснюється централізований контроль в певній зоні за місцем розташування та переміщення рухомих об'єктів в реальному масштабі часу одним або декількома диспетчерами системи, що знаходяться на стаціонарних обладнаних диспетчерських центрах, це можуть бути системи оперативного контролю переміщення патрульних автомашин, контролю рухомих об'єктів, системи пошуку викрадених автомашин; **системи дистанційного супроводу**, в яких проводиться дистанційний контроль переміщення рухомого об'єкта з допомогою спеціально обладнаної автомашини або іншого транспортного засобу; найчастіше такі системи використовуються при супроводі цінних вантажів або контролі переміщення транспортних засобів; **системи відновлення маршруту**, вирішальні завдання визначення маршруту або місць перебування транспортного засобу в режимі постобробки на основі отриманих тим чи іншим способом даних; подібні системи застосовуються при контролі переміщення транспортних засобів, а також з метою отримання статистичних даних про маршрути

Конкретні реалізації AVL систем часто включають в свій склад технічні засоби, що забезпечують кілька способів визначення місця розташування. Залежно від розміру географічної зони, на якій діє AVL система, вона може бути: **локальної**, які розраховані на малий радіус дії, що характерно в основному для систем дистанційного супроводу; **зональної**, - обмеженої, як правило, межами населеного пункту, області, регіону; **глобальної**, - для якої зона дії складає територію декількох держав, материк, територію всієї земної кулі. З точки зору реалізації функцій

місцевизначення AVL системи характеризуються такими технічними параметрами як точність місцевизначення та періодичність уточнення даних. Очевидно, що ці параметри залежать від зони дії AVL системи. Чим менше розмір зони дії, тим вище повинна бути точність місцевизначення. Так, для зональних систем, що діють на території міста, вважається достатньою точність місцевизначення (звана також зоною невизначеності положення) від 100 до 200 м. Деякі спеціальні системи вимагають точності одиниць метрів, для глобальних систем буває досить точності одиниць кілометрів.

Для зональних диспетчерських систем ідеальною може вважатися отримання даних про місцезнаходження рухомого об'єкта до одного разу на хвилину. Системи дистанційного супроводу вимагають більшої частоти оновлення інформації.

Методи визначення місця розташування, використовувані в AVL системах, по класифікації МККР можна розбити на три основні категорії: методи наближення (які у вітчизняній літературі також називаються зоновими методами), методи навігаційного числення і методи визначення місця розташування по радіочастоті.

Нижче розглянуті особливості апаратури і систем місцевизначення, які реально можуть використовуватися в сучасних умовах.

**Актуальність** наукової роботи полягає в тому, що за останні роки ринок устаткування транспортної і, в першу чергу, автотранспортної електроніки швидко прогресує під впливом розвитку автомобільного ринку – однієї з базових галузей економіки в більшості промислово розвинених країнах. До автомобільної електроніки крім традиційних пристроїв, таких, як процесори управління двигунами і режимами руху сьогодні долучається устаткування електронної навігації, мобільного радіозв'язку та передачі даних. У великих містах Європи, таких, як Париж [1], Брюссель та ін. встановлені сучасні АСУТ, що забезпечує підвищення безпеки пасажирів і дає можливість диспетчерам дотримуватися розкладів руху, своєчасно отримувати і розповсюджувати інформацію про місцезнаходження та стан транспортних засобів, а користувачам міського транспорту мати підвищений комфорт обслуговування.

Супутникова система GPS NAVSTAR все більше використовується як геодезичними, так і іншими службами для розв'язання різноманітних задач геодезії, навігації та транспорту. Для забезпечення потреб споживачів у наш час у світі використовують неперервно діючі референсні (permanent reference GPS stations) або перманентні супутникові радіонавігаційні станції (ПСРНС). Розроблення науково обгрунтованої програми згущення існуючої мережі ПСРНС в Україні дасть можливість максимально ефективно як з геодезичної та навігаційної, так і з економічної точки зору встановлювати нові станції. Під час визначення координат пунктів відносно ПСРНС диференційними GPS - вимірюваннями існує проблема попереднього розрахунку точності визначення компонент векторів. Встановлення зв'язку між параметрами геометричної конфігурації сузір'я супутників GDOP (Geometric Delution Of Precision), тривалістю спостережень, довжиною векторів та точністю GPS - вимірювань дало б змогу прогнозувати точність визначення векторів та використовувати їх для оптимізації побудови GPS - мереж. Розроблення науково – обгрунтованої технології оптимального проектування перманентних супутникових радіонавігаційних мереж (ПСРНМ) дозволить досягти економії витрат на розвиток геодезичних мереж при використанні їх геодезичними та іншими службами.

**Проблемою** залишилось питання вибору оптимальних робочих частот для конкретного сеансу радіозв'язку, тому що розповсюдження хвиль в даному діапазоні залежать від стану іоносфери, що суттєво впливає на якість і надійність радіозв'язку. В останні роки з'явилися модеми декаметрового діапазону, що здатні передавати інформацію по радіоканалу зі швидкістю 9,6 кбіт/с та відносно невеликою (до 9 10<sup>-</sup>) ймовірністю помилки та відродили зацікавленість до короткохвильового радіозв'язку. Такі світові лідери як Harris, Codan, Motorola та деякі вітчизняні підприємства почали виробництво радіостанцій, що реалізують алгоритми (ALE – Automatic Link Establishment), що базуються на повторному запиті фрагментів повідомлень та виправленні помилок у масштабі реального часу з мінімальним втручанням людини в цей процес. **При цьому, при розробці нашої системи,** висувається вимога максимальної простоти і надійності реалізованих технічних засобів. Явним фактором, перешкоджаючим тривалому використанню СРНС являється обмеженість їх функціональних можливостей.

На вирішення даної задачі, були направленні зусилля більшого числа вчених і наукових колективів. Основною метою їхньої роботи є розроблення теоретичних основ і практичних рекомендацій оптимального проектування мережі ПСРНС на території України для забезпечення потреб геодезії, аерофотогеодезії, кадастру, транспорту, муніципальних та рятувальних служб, а також прогнозування точності та ефективного застосування вимірювань у режимі реального часу відносно ПСРНС. Для досягнення мети в роботі розв'язуються такі задачі:

1. Розроблення принципів, методики та алгоритму оптимального проектування GPS - мережі ПСРНС України.
2. Теоретичне обґрунтування та розроблення методики визначення інтегрального критерію конфігурації сузір'я супутників IGDOP.
3. Встановлення функціональної залежності точності GPS - вимірювань від значень IGDOP, довжин векторів та тривалості спостережень.
4. Доведення економічної ефективності побудови ПСРНС станцій в Україні для її основних споживачів.

**До основних критеріїв** РНС відносять :

- зону (область) чи дії робочу зону системи, задану сектором огляду (пошуку) по вимірюваних параметрах об'єкта;
- час огляду (пошуку) заданого чи сектора швидкість огляду;
- обумовлені параметри (координати), їхнє число і точність виміру;
- здатність системи розрізняти об'єкти ;
- пропускну здатність;
- завадостійкість;
- надійність.

Оскільки ці параметри широко використовують для оцінки якості функціонування різних систем, варто дати їхні загальні визначення, що надалі можуть бути уточнені стосовно до конкретних типів РНС.

Зоною дії називають область простору, у якій система надійно виконує функції, що відповідають її призначенню.

Границі робочої зони РНС характеризуються припустимими погрішностями місцезнаходження об'єкта при заданому рівні перешкод.

Майже завжди одним з параметрів, що визначають робочу зону, є дальність дії системи.

Під дальністю дії системи розуміють максимальна відстань, на якому забезпечується одержання заданих показників системи. Найчастіше максимальна дальність дії системи залежить від припустимої похибки при вимірі координат і параметрів руху об'єктів. Під дальністю дії виявлення мають на увазі максимальну дальність, на якій відношення сигналу до шуму ще досить для його виявлення з заданою імовірністю. Іноді зона дії системи обмежена з боку мінімальних значень. У цьому випадку система характеризується двома параметрами: мінімальною і максимальною дальністю дії.

Часом огляду (пошуку) називають час, необхідне для однократного огляду заданої зони дії системи. Вибір часу огляду зв'язаний з маневреністю що спостерігаються чи керованих об'єктів, обсягом простору огляду, рівнем сигналу і перешкод, а також поруч тактичних і технічних характеристик системи.

Число вимірюваних координат, так само як і точність їхнього виміру, визначає можливості системи при її практичному використанні.

Точність системи характеризується погрішностями при вимірі координат і параметрів руху об'єкта. Причинами погрішностей є недосконалість застосовуваного методу виміру й апаратури, вплив зовнішніх умов і радіоперешкод, суб'єктивні якості оператора, якщо процеси одержання і реалізації інформації не автоматизовані. Вимоги до точності системи залежать від її призначення. Невиправдане завищення вимог до точності приводить до ускладнення системи, зниженню її економічності, а іноді і надійності функціонування.

Здатністю системи розрізняти об'єкти називають здатність роздільного виміру параметрів двох чи декількох близько розташованих у просторі чи об'єктів роздільного керування ними. Відповідно розрізняють здатність, що дозволяє, по дальності і кутових координатах, а також по

відповідним складовим швидкості. Здатність, що дозволяє, кількісно прийнято оцінювати мінімальною різницею значень вимірюваних параметрів сусідніх об'єктів, при якій вони сприймаються системою роздільно.

У радіонавігації звичайно знаходять власні координати об'єкта (єдиного для вимірника) і поняття розрізняти об'єкти часто зв'язують з можливістю визначення сигналу, що несе корисну інформацію про місце об'єкта, з різними паразитними сигналами (відображеннями від іоносфери, місцевих предметів і т.п.), подібними за формою корисному, але достовірної інформації про обумовлені координати не утримуючими.

Пропускна здатність характеризується числом об'єктів, що обслуговуються системою чи одночасно в одиницю часу. Пропускна здатність залежить від принципу дії системи і ряду її тактичних і технічних параметрів і, зокрема, робочої зони, точності і здатності, що дозволяє. Так, РНС, у яких використовується одна лінія зв'язку (різницево-дальномірні чи кутомірні радіомаячного типу), володіють необмеженою пропускну здатністю, тому що можуть одночасно обслуговувати будь-яке число об'єктів.

Пропускна здатність дальномірних систем, заснованих на принципі запиту й активної відповіді (дві лінії зв'язку), обмежена відповідачем, у якому для формування відповідного сигналу на кожен запит необхідно якийсь час. У цьому випадку пропускну здатність характеризують імовірністю обслуговування заданого числа об'єктів при заданому періоді повторення запитів кожним з об'єктів, що знаходяться в робочій зоні системи.

Завадостійкістю РНС — здатність надійного виконання заданих функцій в умовах впливу неавтоматичних і організованих перешкод. Перешкодозахищеність визначається скритністю роботи системи і її завадостійкістю.

Під скритністю системи розуміють показник, що характеризує труднощі виявлення її роботи і виміри основних параметрів випромінюваного радіосигналу, а отже, і створення спеціально організованих (прицільних) перешкод. Скритність забезпечується застосуванням гостронаправленого випромінювання, використанням шумоподібних сигналів з низьким рівнем потужності, зміною основних параметрів сигналу в часі.

Кількісною оцінкою завадостійкості РНС є відношення сигналу до перешкоди на вході приймача, при якому похибка виміру заданого параметра не перевершує припустимої з необхідною імовірністю; при цьому повинне забезпечуватися виявлення сигналу з заданою імовірністю при припустимих значеннях імовірності помилкової тривоги. Необхідна завадостійкість досягається раціональним вибором параметрів радіосигналу системи, а також характеристик ДНА і пристроїв прийому й обробки сигналу.

Основну увагу необхідно приділити надійності та працездатності системи. Надійність — властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення параметрів, що характеризують здатність виконання необхідних функцій у заданих режимах і умовах застосування, збереження і транспортування. Це визначення надійності за ДСТ 27002— 82 є універсальним і цілком відноситься до РНС і пристроїв, з яких вони складаються.

У залежності від причин, що викликають відмовлення в роботі системи, розрізняють наступні різновиди надійності:

- апаратну, зв'язану зі станом апаратури;
- програмним, обумовленим станом програм обчислювальних пристроїв, використовуваних у системі;
- функціональну, тобто надійність виконання окремих функцій, покладених на систему, і, зокрема, витяги й обробки інформації. У цьому змісті перешкодозахищеність також може бути віднесена до функціональної надійності радіосистеми.

Економічні показники системи, маса і габарити складових її пристроїв є важливими параметрами, що впливають на сукупну оцінку якості системи.

До основних технічних характеристик радіосистеми відносяться параметри, що безпосередньо визначають її тактичні характеристики. Стосовно РНС основними технічними характеристиками є:

- метод огляду (пошуку) і виміру координат і параметрів руху об'єкта;

— робочі частоти, стабільність, потужність, вид модуляції, ширина спектра випромінюваних коливань;  
— форма, ширина, коефіцієнт спрямованості антени;  
— чутливість і смуга пропускання прийомного пристрою;  
— вид і параметри пристроїв відображення і знімання інформації;  
— габарити і маса пристроїв, що складають систему, споживана ними енергія від джерел харчування.

Надалі взаємозв'язок тактичних і технічних характеристик буде розглянута для конкретних типів РНС.

**Новим в рішенні проблеми** є інтелектуальні транспортні системи, які з'явилися не так давно, але розвиток їх концепцій можна прослідкувати починаючи з 70-х років минулого століття, на які припадає період розвитку перших ІТС в Японії.

Вона зорієнтована на інформаційне забезпечення усіх суб'єктів сучасних транспортних комунікацій: власники вантажу (вантажовідправники), автотранспортні підприємства, водії, менеджери страхових компаній, екологічні та санітарні інспекції тощо. Базовою компонентою більшості систем диспетчеризації транспортом є система "автоматизованого місцезнаходження транспортного засобу – АМТЗ" (*Automatic Vehicle Location – AVL*). Система АМТЗ надає можливість диспетчерському центру у реальному масштабі часу слідкувати за місцезнаходженням та графіком руху транспортних засобів, оперативно контролювати виконання завдання та при необхідності перерозподіляти їх на різних маршрутах і напрямках, надавати при необхідності технічну, медичну або іншу допомогу.

Інтерес до СРНС викликаний їх універсальністю. У рамках однієї системи можливе рішення великого комплексу різних задач.

Найбільш перспективними є СРНС "NAVSTAR" (США) і "ГЛОНАСС" (Росія).

На сучасному етапі інтенсивно обговорюються перспективи створення інших супутникових систем типу GPS: Глобальна європейська геостационарна система (EGNOS) та GALILEO. Асоціація європейських авіакомпаній (AEA) виправдали користь останньої системи, рахуючи EGNOS занадто дорогою у порівнянні з її характеристиками.

В даний час вважається доцільним введення до складу СРНС регіональних додаткових систем, що забезпечують реалізацію найбільш суворих вимог споживачів. Ці структури дозволяють істотно підвищити точність обсервацій, виявляти і ідентифікувати порушення в режимах роботи СРНС, неприпустиме погіршення якості її функціонування та своєчасно попереджати про це споживачів, тобто вони можуть здійснювати контроль цілісності системи та підтримувати режим диференціальних вимірювань.

На основі аналізу тенденцій розвитку навігаційної апаратури (НА) користувачів радіонавігаційних систем (1 – 6) можливе визначення наступних напрямів розвитку (НА):

1. Удосконалення характеристик апаратури:

- 1.1 підвищення характеристик точності;
- 1.2 підвищення надійності, завадостійкості та електромагнітної сумісності;
- 1.3 забезпечення автономних методів контролю цілісності системи;
- 1.4 поширення переліку сервісних завдань;
- 1.5 зменшення габаритних характеристик;
- 1.6 зменшення вартісні апаратури.

2. Поширення функціональних можливостей апаратури:

- 2.1 забезпечення можливості взаємодії апаратури з автоматизованими інформаційними системами та системами управління рухом;
- 2.2 забезпечення можливості комплексування апаратури з автономними навігаційними системами об'єкта;
- 2.3 знаходження кутів орієнтації в просторі, поправок системи курсу та інші.

3. Спеціалізація апаратури за наступними типами:

- 3.1 військова;
- 3.2 загального призначення;
- 3.3 спеціальна.

#### 4. Створення уніфікованих функціональних елементів, вузлів, блоків.

Висновки Навіть короткий огляд методів і апаратури місцевизначення дозволяє зробити висновок, що не існує універсальної системи, здатної задовольнити всі вимоги кінцевого користувача. Завдання створення ефективно працюючих систем місцевизначення виявляється набагато ширше вибору конкретного методу. Можна виділити наступні проблеми загальносистемного плану, які необхідно враховувати замовникам і розробникам подібних систем. Велике значення має наявність на передбачуваній території розгортання системи відповідної інфраструктури для створення підсистеми передачі даних. Так, наявність системи обчислення і ширококомовної передачі корегуючої інформації для роботи навігаційної апаратури в диференціальній режимі (аналогічній, наприклад, радіомаякової системі Служби берегової охорони США) дозволить значно підвищити точність місцевизначення з використанням СРНС без значного ускладнення бортового обладнання. Наявність систем мобільного зв'язку з стільниковою і мікростільниковою структурою дозволить зменшити потужність бортового передавача, що скорочує габарити устаткування, спрощує питання енергозабезпечення (особливо в режимах прихованої установки), ускладнює виявлення бортового устаткування зловмисниками. У свою чергу мікростільникова структура систем зв'язку може стати основою для побудови зонних систем місцевизначення або дозволить вирішувати питання місцевизначення 'радіопеленгаційними' методами. Окремо стоять питання створення електронних карт, призначених для експлуатації з AVL системами, їх актуалізації. Найчастіше геоінформаційні системи, що застосовуються для вирішення завдань місцевизначення, окрім звичайних функцій відображення повинні виконувати функції коректування даних, перерахунку даних, отриманих в різних системах координат, логічної прив'язки траєкторій руху мобільних об'єктів до елементів транспортної мережі з урахуванням моделі руху мобільного об'єкту. З цієї точки зору переваги матимуть ті системи, в яких організована оперативна корекція дорожньої обстановки, аж до обліку інформації про пробки на окремих ділянках транспортних магістралей.

#### Висновок

Навіть короткий огляд методів і апаратури місцевизначення дозволяє зробити висновок, що не існує універсальної системи, здатної задовольнити всі вимоги кінцевого користувача. Завдання створення ефективно працюючих систем місцевизначення виявляється набагато ширше вибору конкретного методу. Можна виділити наступні проблеми загальносистемного плану, які необхідно враховувати замовникам і розробникам подібних систем. Велике значення має наявність на передбачуваній території розгортання системи відповідної інфраструктури для створення підсистеми передачі даних. Так, наявність системи обчислення і ширококомовної передачі корегуючої інформації для роботи навігаційної апаратури в диференціальній режимі (аналогічній, наприклад, радіомаякової системі

1. Волчко П.І., Іванов В.І., Корольов В.М. та інші "Вимоги до характеристик навігаційної інформації і систем навігації наземних рухомих об'єктів у сучасному штатному процесі", - Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, №5, стор. 280-283, Ліга-Прес, Львів, 2000.
2. "Global radionavigation – the next 50 years and beyond". Benkers John M. J., Navigation. 2000. 53, №2, стор. 207-214, 1іл, Бібл. 6.
3. "La navigation par satellite, le point de vue des utilisateurs europeens". Bara J. M., Navigation (France). 2000. 48, №191, стор. 69-75.
4. Волчко П.І., Корольов В.М., Макаревич В.Д. та інші "Місце геоінформаційних технологій на базі навігаційної інформації в системах управління взаємодією у підрозділах сухопутних військ", - III Міжнародна науково-технічна конференція "Гіротехнологія, навігація, керування рухом і конструювання рухомих об'єктів", стор. 187-192, Київ, 2001.
5. Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Кібець О. Г., Рябчій В. В. Функції та геоінформаційне забезпечення інтелектуальних транспортних систем. //Вісник геодезії і картографії. – 2004. – № 3.– С. 71–79.
6. Harley J. Miller, Shih Lung Shaw. Geographic information systems for transportation: principles and applications. – USA, NY, Oxford University Press, Inc. – 2001. – 460 p.
7. ISO/TR 14825. Geographic Data Files (GDF) – ISO/TC 204/WG3. – 1996. – P. 11–15.
8. ISO/Draft International Standard: GDF – Geographic Data Files. – Version 4.0 – ISO/TC 204/WG3: CD. – 2001. – P. 02–14.
9. Карпінський Ю. О., Дроздівський О. П. Основні принципи побудови базової моделі дорожньої мережі в міжнародному стандарті GDF 4.0. // 36. наук. праць. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2005. – С. 302–306.

10. Карпінський Ю. О., Лященко А. А. Формування національної інфраструктури просторових даних – пріоритетний напрям топографо-геодезичної та картографічної діяльності. // Вісник геодезії і картографії. – 2001. – № 3. – С. 65–73.
11. Романишин І. Методика проектування мережі перманентних станцій в Україні // Збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції “Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід”, Чернігів, -2005, -С.18-21.
12. Романишин І.Б. До питання попереднього розрахунку точності диференційних GPS – вимірів // Науково-технічний журнал “Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва”, -Львів, Ліга-Прес, -2005(2), -С. 120-124.
13. Третьяк К.Р., Романишин І.Б., Голубінка Ю.І. Методика визначення ексцентриситету фазового центра антени GPS-приймача // Збірник наукових праць VII-го міжнародного науково-технічного симпозиуму “Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища- GPS I GIS- технології”, -Алушта, -2002, -С.54-57.
14. Третьяк К.Р., Романишин І.Б., Голубінка Ю.І. До питання визначення ексцентриситету фазового центра антени GPS-приймача // Науково-технічний журнал “Геодезія, картографія та аерофотознімання” №62,- Львів, -2002, -С.87-96.