

*А.В. Загора, к.т.н., доцент, ст. викладач, НУЦЗУ,
Є.Є. Селєнко, викладач, НУЦЗУ,
А.Б. Фещенко, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МІСЦЕВИЗНАЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МОБІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ ДСНС ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСУВАННЯ КАНАЛІВ

(представлено д-ром техн. наук Чубом І.А.)

Розглянуто підходи до проблеми підвищення точності підсистеми моніторингу мобільних об'єктів шляхом спільного використання сигналів декількох систем визначення місцезнаходження. Представлені можливі варіанти побудови комплексної системи, точнісні оцінки якості її функціонування.

Ключові слова: структура, точність системи місцевизначення, комплексування сигналів, моніторинг мобільних об'єктів.

Постановка проблеми. Сучасні дії ДСНС можуть відрізнятися високою динамічністю і маневреністю сил, широким застосуванням різних технічних засобів і технологій. В цих умовах підвищується значення системи управління діяльністю підрозділів, організаційного та технічного забезпечення заходів, що проводяться. Однією з важливих складових даної системи є підсистема моніторингу мобільних об'єктів (ПММО), що забезпечує оперативний збір і відображення інформації про положення і параметри руху відповідних підрозділів [1]. Істотний прогрес у вдосконаленні цих систем пов'язаний з інтенсивним сучасним розвитком глобальних систем супутникової навігації (ГСН) та мобільного зв'язку. Радіонавігаційна система ПММО ДСНС може бути побудована на основі ГСН, локальної або комплексної системи. Оскільки чи не головною характеристикою будь-якої системи навігації є точність визначення місцеположення рухомого об'єкту (РО), представляє інтерес залежність точності місцевизначення від методу (алгоритму) та точностних характеристик вимірювачів, що застосовуються в комплексній системі місцевизначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розгорнуті в наш час ГСН GPS, ГЛОНАС забезпечують високоточне всепогодне цілодобове визначення положення і параметрів руху об'єктів на всій території України. Наближається термін введення в експлуатацію європейської системи супутникової навігації "Galileo" ("Галілео"), що має потенційно ще більш високі можливості для визначення місцезнаходження. Багато робіт присвячено точностним характеристикам цих систем [3, 4].

У той же час існує широкий спектр завдань координатно-

часового та навігаційного забезпечення підрозділів ДСНС, умов і областей застосування навігаційних технологій, в яких визначення координат місця положення неможливо або є високі ризики їх зриву [1, 2]. Це стосується, насамперед, випадків затінення і поганой видимості космічних апаратів з позиції приймача (приміщень всередині будівель), складної електромагнітної обстановки при наявності радіозавад різного походження. Важливим також залишається питання доступності у віддаленій перспективі сигналів навігаційних космічних апаратів (НКА) існуючих і розроблюваних ГСН для вирішення задач ПММО – всі відомі ГСН розробляються відповідно до національними програмами іноземних держав, управляються відповідними відомствами і надаються споживачам у тимчасове користування на комерційних умовах.

Варіанти побудови локальної системи позиціонування для підрозділів пожежної охорони ДСНС на основі ретрансляторів сигналів ГСН і псевдосупутників розглянуто у роботі [2].

Постановка завдання та його вирішення. Особливістю заходів, що проводяться ДСНС, є те, що вони, як правило, носять локальний характер, обмежений територією протяжністю до декількох десятків кілометрів. У локальних територіальних районах для навігаційних визначень крім сигналів ГСН можуть бути також використані сигнали локальних навігаційних систем, що дає можливість підвищення точності визначень підсистеми моніторингу мобільних об'єктів за рахунок комплексного використання глобальних і локальних засобів місцевизначення. У комплексній системі для навігаційних визначень передбачається використання сигналів локальної навігаційної системи (систем) поряд з сигналами ГСН.

Відомо декілька методів вирішення задач навігаційних визначень локального характеру, для яких розроблено ряд класів систем радіонавігації, що вирішують відповідні завдання в межах відносно невеликих територій. Існують повністю автономні засоби радіонавігації по магнітному полю землі, або особливостям земного рельєфу, інерційні системи, що визначають поточні координати об'єкта шляхом розрахунку вектора переміщення по відношенню до вихідного місця розташування об'єкта, та інші. Відносно завдань, що вирішуються підрозділами ДСНС, становить інтерес можливість використання сигналів позиційних РНС малої дальності.

Особливістю цих позиційних систем радіонавігації є використання для позиціонування об'єктів приймачів і передавачів сигналів наземних радіомаяків - спеціальних передавачів сигналів певного виду, що формують поле навігаційних визначень у заданому районі місцевості. Перевагою даних систем є, зокрема, високий рівень їх освоєння і досліджень в процесі практичної експлуатації, відносно висока точність навігаційних визначень у порівнянні з іншими наземними системами навігації, малі масогабаритні характеристики апаратури споживача та

ін. До можливих варіантів наземного елемента системи позиціонування відносяться розроблені раніше зразки систем ближньої навігації, наземні радіомаяки, які розробляються і функціонують за стандартом ГСН (псевдосупутники) [2], а також радіомаяки, які знов розроблено для вирішення певних завдань позиціонування.

Важливою перевагою псевдосупутників є можливість використання як кінцевої апаратури споживача прийомоіндикаторів, виготовлених для роботи з ГСН. Однак недостатня адаптація сигналів ГСН до прийому в закритих приміщеннях може бути тільки частково компенсована підвищенням рівня сигналів при наближенні до району можливого розташування приймальних пристроїв. Системи ближньої навігації, що працюють в більш низькочастотному діапазоні, мають в даному відношенні певну перевагу, однак значно поступаються супутниковим по точності визначення місцезнаходження і низки додаткових функцій.

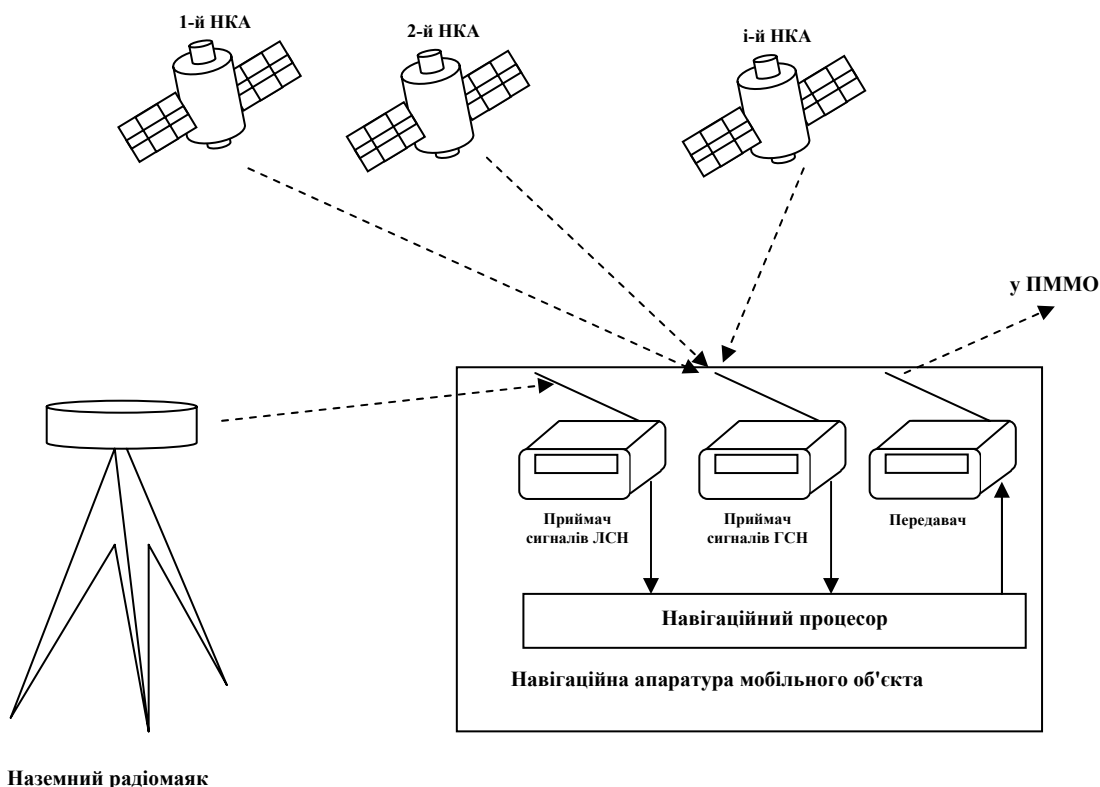


Рис. 1. Комплексна система визначення місцезнаходження на основі наземних систем навігації радіомаячного типу

Спільним недоліком всіх наземних систем радіонавігації залишається, як відомо, мала робоча зона, обмежена, як правило, дальністю прямої видимості антени радіомаяка, можливість затінення окремих районів внаслідок впливів різних перешкод. Однак, оскільки йдеться про забезпечення робочої зони малого розміру, цей недолік не є критичним.

Серед функціонуючих зараз наземних позиційних систем найбільше поширення отримали системи ближньої навігації радіомаячного

типу: VOR/DME, ILS, TACAN, РСБН, що працюють, як правило, в діапазоні 960-1215 МГц (західноєвропейські системи), або 726-960 МГц (країни СНД) [3]. Використання такої системи передбачає розгортання у відповідному районі одного або кількох радіомаяків і додаткове оснащення користувачів радіонавігаційними приймачами локальної системи навігації (ЛСН) (рис.1).

Приймач ЛСН навігаційної апаратури мобільного об'єкту (НАМО) визначає власні навігаційні параметри за сигналами наземного радіомаяка і передає їх в навігаційний процесор для комплексної обробки спільно з сигналами ГСН за відповідною програмою. При використанні для обробки навігаційних сигналів спеціалізованих мікросхем всі елементи НАМО можуть бути об'єднані в одному виробі. Функціонування такої системи передбачає наявність радіоканалу передачі даних у ПММО, в якості якого може використовуватися канал зв'язку стандарту GSM [1].

Якщо стан мобільного зв'язку з ПММО у районі НС не забезпечує необхідної якості передачі даних, мають розгортатися додаткові ретранслятори. В останньому випадку більш проста і надійна структура може бути досягнута вибором наземної позиційної системи місцезнаходження радіопеленгаторного типу (рис. 2).

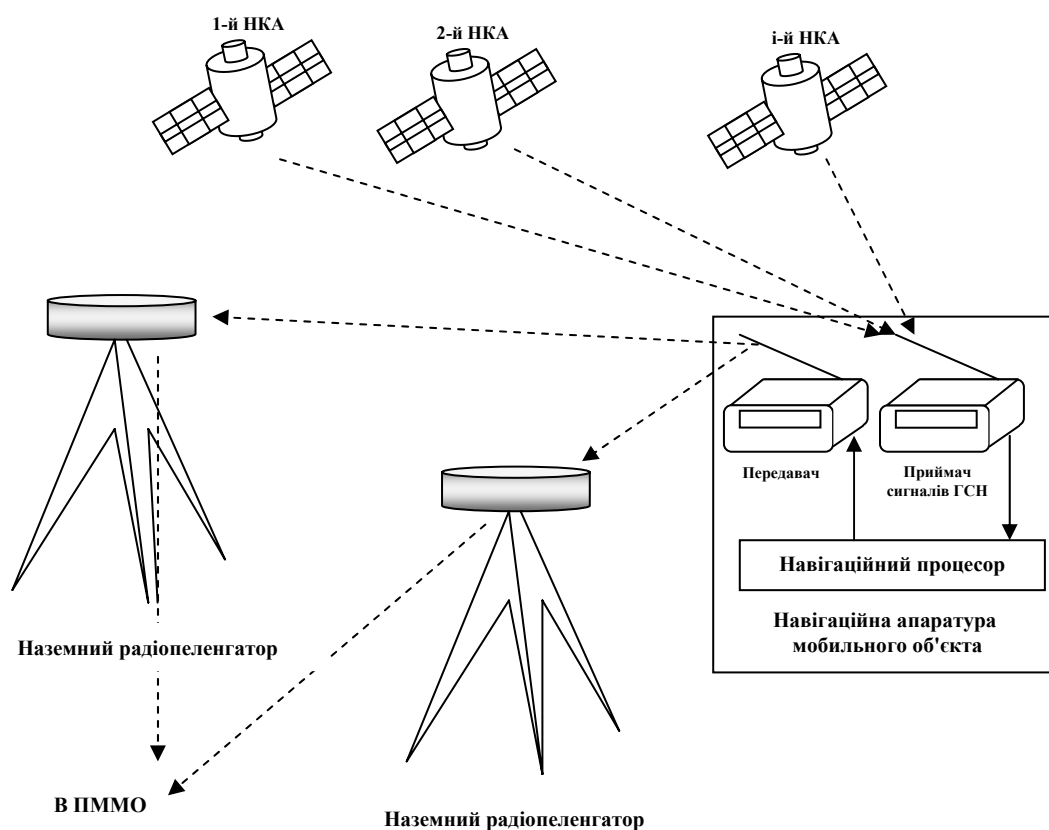


Рис. 2. Комплексна система визначення місцезнаходження на основі наземної системи навігації радіопеленгаторних типу

В даному випадку у НАМО здійснюється обробка у певному ступені тільки сигналів ГСН, параметри яких потім включаються в структуру сигналів бортового радіомаяка (передавача) мобільного об'єкта. Система наземних вимірювачів здійснює прийом цих сигналів, витяг параметрів ГСН, які відповідають положенню мобільного об'єкта (якщо вони виміряні), а також додатковий вимір навігаційних параметрів об'єкта, таких як пеленг, дальність, різниця дальностей та інш. власними вимірювачами. Комплексна обробка результатів визначення місцеположення виробляється вже у ПММО.

Особливістю позиційного методу навігації є використання для визначення місцеположення РО ліній положення (ЛП) – ліній постійного значення параметру, що вимірюється системою радіонавігації (радіонавігаційного параметру – РНП) [4]. Місцеположення РО на площині визначається як точка перетину двох або більше ЛП. Створення комплексної системи дозволяє збільшити кількість ЛП, які використовуються в розрахунках, що, в свою чергу, має підвищити точність розрахунку координат РО.

Оскільки алгоритм виміру РНП ГСН ґрунтується на використанні псевдовипадкових фазоманіпульованих сигналів з великою базою, досягається значно краща точність вимірів, що дозволяє забезпечувати СКП визначення місцеположення за сигналами зниженої точності близько 5 метрів, за сигналами високої точності – до одного метра, а, в деяких випадках, для супутників останнього покоління GPS IIF і значно вище – до кількох десятків сантиметрів.

У випадку, коли комплексна система використовує радіопеленгаторну наземну РНС, РНП наземної підсистеми отримуються вже після обробки сигналів ГСН, що дозволяє розраховувати спільні оцінки параметрів РО не на рівні ЛП, а на рівні оцінок місцеположення кожної з навігаційних підсистем. При цьому кожна підсистема попередньо виробляє власні оцінки координат та інших параметрів. Об'єднання на рівні попередніх оцінок може робитися і у випадку радіомаячної РНС, якщо, наприклад, комплексна система містить дві функціонально завершені підсистеми, кожна з яких дає власні незалежні оцінки.

Точність визначення місцеположення на підставі оцінок параметрів підсистем залежить від багатьох факторів, точностних характеристик окремих підсистем, що комплексуються, алгоритму комплексної обробки, статистичної моделі оцінок параметрів РО, що застосовується, тощо. Розглянемо точнісні характеристики у припущенні незмінності на інтервалі виміру значення параметру α , що оцінюється, користуючись гаусівською моделлю розподілу оцінок параметрів, що вимірюються, а також алгоритмом оптимального оцінювання по максимуму апостеріорної ймовірності, при якому спільне значення (спільна оцінка) параметру $\alpha_{СП}$ розраховується за результатами двох незалежних

вимірів α_1, α_2 за допомогою виразу [4]:

$$\alpha_{СП} = \alpha_1 \frac{\sigma_{СП}^2}{\sigma_1^2} + \alpha_2 \frac{\sigma_{СП}^2}{\sigma_2^2}, \quad (1)$$

де σ_1, σ_2 – середньоквадратичні помилки вимірів, які здійснено;

$$\frac{1}{\sigma_{СП}^2} = \frac{1}{\sigma_1^2} + \frac{1}{\sigma_2^2}, \quad (2)$$

середньоквадратична помилка спільної оцінки.

Аналіз виразу (2) показує, що точність спільної оцінки є не гіршою за точності окремих вимірів пристроями, що використовуються комплексною системою місцевизначення. Наприклад, якщо $\sigma_1=5$ м, $\sigma_2=100$ м, $\sigma_{СП} \approx 4,994$ м. Зі збільшенням числа вимірів точність оцінювання також буде зростати.

Реальна точність ГСН і наземних навігаційних систем може відрізнятися у десятки разів. Точність ГСН σ_1 звичайно значно вища, при цьому з (2) при $\sigma_1 \ll \sigma_2$ маємо: $\sigma_{СП} \approx \sigma_1$, $\alpha_{СП} \approx \alpha_1$, що дозволяє у ряді випадків знехтувати менш точну складову оцінки і робити спільну оцінку по більш точнішій. Але у випадку ускладнення умов прийому супутникового сигналу, або в умовах недоступності цього сигналу комплексна система, яка реалізує алгоритм оцінки (1), буде автоматично "переключатися" на використання розрахунків параметрів наземного каналу виміру.

Бачимо, що така система отримує ще більшу гнучкість у складних умовах її застосування підрозділами ДСНС.

Висновки. Розглянуті можливості підвищення точності визначення місцезнаходження на основі побудови комплексної система навігації об'єктів радіомаячного та радіопеленгаторного типу, які можуть бути застосовані у різних варіантах тактичного застосування підрозділів ДСНС в широкому діапазоні завдань і умов застосування підсистеми моніторингу мобільних об'єктів ДСНС. Подальше дослідження вимагає проведення математичного моделювання або натурних випробувань точностних та інших характеристик комплексної підсистеми моніторингу мобільних об'єктів ДСНС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Система моніторингу GPS. Система «SMOK» в пожарной службе. – Режим доступу: <http://www.eltegps.ru/produkty/sluzby-spaseniya/sistema-monitoringa-gps-v-pozharnoj-sluzhbe.html>.

2. Терёхин С.Н. Методология создания локальной системы позиционирования подразделений пожарной охраны МЧС России на основе ретрансляции сигналов глобальной навигационной системы ГЛОНАСС. Автореферат докторської дисертації по технічним наукам. Санкт-Петербург: СПбГУПС МЧС Росії, 2011.

3. Состояние и перспективы развития российской радиотехнической системы ближней навигации и посадки. Режим доступа: <http://army.lv/ru/Sostoyanie-i-perspektivi-razvitiya-rossiyskoj-radiotekhnicheskoy-sistemi-blizhney-navigatsii-i-posadki-/1585/4350>

4. Радиотехнические системы: Учеб. Для вузов по спец. "Радиотехника" / Ю.П.Гришин, В.П.Ипатов, Ю.М.Казаринов и др., под ред. Ю.М.Казаринова. – М.:Высш.шк., 1990. – 496 с.

А.В. Загора, Е.Е. Селеенко, А.Б. Фещенко

Повышение точности местоопределения подсистемы мониторинга мобильных объектов ГСЧС путём комплексирования каналов

Рассмотрены подходы к проблеме повышения точности системы мониторинга мобильных объектов путем совместного использования сигналов нескольких систем определения местоположения. Представлены варианты построения комплексной системы, точностные оценки качества её функционирования.

Ключевые слова: структура, точность системы определения местоположения, комплексирования сигналов, мониторинг мобильных объектов.

O.V. Zakora, Y.Y. Seleenko, A.B. Feshchenko

Increasing the accuracy of mobile objects positioning subsystem monitoring (MOPSM) by interconnecting channels

An approach to the problem of increasing the accuracy of the monitoring system of mobile object by sharing signals of several positioning systems. Presents options for building complex systems, accuracy assessment of the quality of its functioning.

Keywords: structure, accuracy of positioning system, integration of signals, mobile objects monitoring.