

СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ НАВИГАЦІЇ І МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТУ

І.О. Стрельнікова, доцент, к.е.н., Ю.О. Артемова, магістр, СНУ ім. В. Даля

***Анотація.** Розглянуто системи супутникового позиціонування GPS та ГЛОНАСС, що дозволяють більш ефективно використовувати рухомий склад при перевезеннях вантажів на автомобільному транспорті та зменшувати витрати.*

***Ключові слова:** супутникова навігація, система GPS та ГЛОНАСС, цифровий корелятор, процесор, мобільний модуль, системи супутникового моніторингу і контролю автомобільного транспорту АвтоГРАФ-GSM.*

СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ И МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА

**И.А. Стрельникова, доцент, к.э.н., Ю.А. Артемова, магистр,
ВНУ им. В. Даля**

***Аннотация.** Рассмотрены системы спутникового позиционирования GPS и ГЛОНАСС, которые позволяют более эффективно использовать подвижной состав при перевозках грузов автомобильным транспортом и снижать затраты.*

***Ключевые слова:** спутниковая навигация, система GPS и ГЛОНАСС, цифровой коррелятор, процессор, мобильный модуль, система спутникового мониторинга и контроля автомобильного транспорта АвтоГРАФ-GSM.*

SATELLITE SYSTEMS OF NAVIGATION AND MONITORING OF TRANSPORT

**I. Strelnikova, assistant professor, cand. econ. sc., U. Artyomova, master,
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University**

***Abstract.** The systems of the satellite keeping of GPS and GLONASS are considered, which allow more effectively to use a rolling stock for transportations of loads by a motor transport and to reduce expenses.*

***Keywords:** satellite navigation, system of GPS and GLONASS, digital correlating, processor, module of mobile, system of the satellite monitoring and control of motor transport of AvtoGRAF-GSM.*

Вступ

Технології супутникової навігації все більше входять у повсякденне життя людей по всьому світі, та займають своє місце у функціонуванні підприємств різних галузей. З середини 1990-х років минулого століття автомобільна навігація стала доступним засобом полегшення орієнтування під час автомобільних подорожей, пересування вулицями і районами багатомільйонних мегаполісів для

автомобілістів. Розроблені системи транспортного спостереження і моніторингу заощаджують кошти шляхом оптимізації використання рухомого складу. Такі системи дуже міцно ввійшли в життя наприкінці ХХ століття, але розробка технологій їх функціонування почалася набагато раніше радянськими та американськими вченими паралельно. Пізніше, ці величезні труди дали змогу людям користуватися двома системами визначення місцеположення – GPS(Сполучені Штати

Америку), та ГЛОНАСС (Російська Федерація) [1, 2].

Аналіз публікацій

Теоретичним аспектам, сучасному стану і тенденціям розвитку питань технологій супутникової навігації приділяють велику увагу багато вітчизняних та зарубіжних науковців, серед яких слід визначити: В.В. Дик, Г.Р. Громов, Грей Джим, Гусев А.И., Самкова Е., Соловьев Ю.А. та інші. Сформульовані в їхніх працях підходи, положення, висновки і рекомендації посідають важливе місце у сучасній теорії й практиці й дозволяють усвідомити складність вирішення проблем. Усе це зумовило вибір теми дослідження та її актуальність.

Ціль та постановка задачі

Ціллю роботи є процес використання системи супутникового позиціонування GPS та ГЛОНАСС що є засобами, на базі яких можна реалізувати багато систем, що дозволяють більш ефективно використовувати рухомий стемиклад при перевезеннях вантажів на автомобільному транспорті та зменшувати витрати. Ці технології впевнено входять у життя звичайних людей, і у виробничі процеси різноманітних підприємств.

Рішення задачі

На території України можливе використання супутникової навігації на основі систем GPS (Сполучені Штати Америки), та ГЛОНАСС (Російська Федерація). Основне призначення цих двох систем - високоточне визначення координат споживача, складових вектору швидкості, і прив'язка до системної

шкали часу. Системи складаються з космічного сегменту, наземного командно-вимірювального комплексу і сегменту споживачів.

При проектуванні системи в цілому і НКА зокрема, велика увага приділяється питанням автономного функціонування. Так, космічні апарати першого покоління (Блок-I) забезпечували нормальну роботу системи без втручання сегменту управління протягом 3–4 днів. У апаратах Блок-II цей термін був збільшений до 14 днів. У новій модифікації НКА Блок-III дозволяє автономно працювати протягом 180 днів без коректування параметрів орбіти із землі, користуючись лише автономним комплексом взаємної синхронізації супутників. Апарати Блок-III передбачають використання замість відпрацьованих Блок-II.

До сегменту споживачів систем ГЛОНАСС і GPS відносяться приймачі сигналів супутників. По вимірюваннях параметрів цих сигналів вирішується навігаційне завдання. Приймач можна розділити на три функціональні частини: радіочастотну частину; цифровий корелятор; процесор.

З виходу антено-фідерного пристрою (антени) сигнал поступає на радіочастотну частину (рис. 1). Основне завдання цієї частини полягає в посиленні вхідного сигналу, фільтрації, перетворенні частоти і аналого-цифровому перетворенні. Крім цього, з радіочастотної частини приймача поступає тактова частота для цифрової частини приймача. З виходу радіочастотної частини цифрові відліки вхідного сигналу поступають на вхід цифрового корелятора.

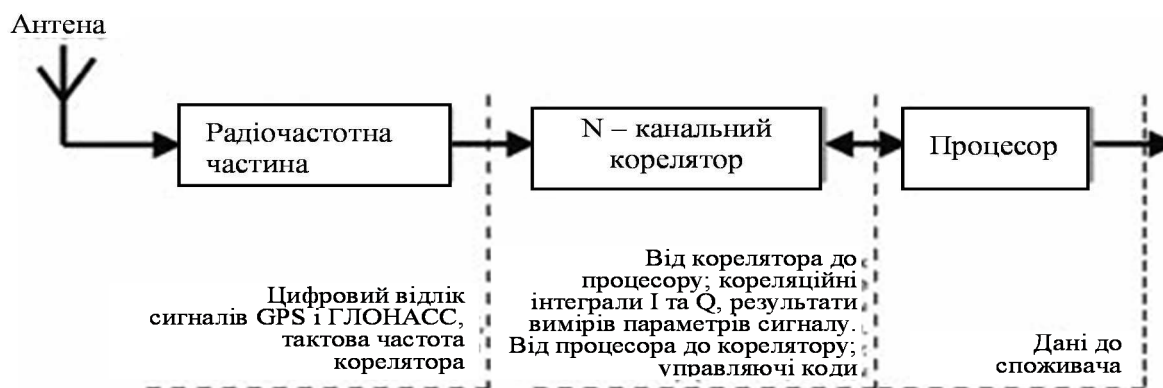


Рис. 1. Узагальнена структура приймача

У кореляторі спектр сигналу переноситься на "нульову" частоту. Це проводиться шляхом перемножування вхідного сигналу корелятора з опорним гармонійним коливанням в синфазному і квадратурному каналах. Далі результат перемножування проходить кореляційну обробку шляхом перемножування з опорним далекомірним кодом і накопиченням на періоді далекомірної коди. У результаті отримуємо кореляційні інтеграли I і Q . Відліки кореляційних інтегралів поступають в процесор для подальшої обробки і замикання петель ФАП (фазове автопідстроювання) і ССЗ (схема стеження за затримкою). Вимірювання параметрів сигналу в приймачі проводяться не безпосередньо по вхідному сигналу, а по його точній копії, що формується системами ФАП і ССЗ. Кореляційні інтеграли I і Q дозволяють оцінити ступінь "схожості" (корельованості) опорного і вхідного сигналів. Завдання корелятора, крім формування інтегралів I і Q , - формувати опорний сигнал, згідно з діями (кодами управління), що управляють, поступають з процесора. Крім того, в деяких приймачах корелятор формує необхідні вимірювання опорних сигналів і передає їх в процесор для подальшої обробки. В той же час, оскільки опорні сигнали в кореляторі формуються по кодах, що управляють, поступають з процесора, то необхідні вимірювання опорних сигналів можна проводити безпосередньо в процесорі, обробляючи відповідним чином коди, що управляють, що і відбувається в багатьох сучасних приймачах [3].

Для визначення координат споживача необхідно знати координати супутників (не менше 4) і дальність від споживача до кожного видимого супутника. Для того, щоб споживач міг визначити координати супутників, випромінюванні ними навігаційні сигнали моделюються повідомленнями про параметри їх руху. У апаратурі споживача відбувається виділення цих повідомлень і визначення координат супутників на потрібний момент часу.

Координати і складові вектора швидкості міняються дуже швидко, тому повідомлення про параметри руху супутників містять відомості не про їх координати і складові вектора швидкості, а інформацію про параметри деякої моделі, що апроксимує траєкторію руху КА на достатньо великому інтервалі часу (близько 30 хвилин). Параметри апроксиму-

ючої моделі міняються достатньо повільно і їх можна вважати постійними на інтервалі апроксимації.

Параметри апроксимуючої моделі входять до складу навігаційних повідомлень супутників. У системі GPS використовується Кеплерівська модель руху з оскулюючими елементами. В цьому випадку траєкторія польоту КА розбивається на ділянки апроксимації тривалістю в одну годину. В центрі кожної ділянки задається вузловий момент часу, значення якого повідомляється споживачеві навігаційної інформації. Крім цього, споживачеві повідомляють параметри моделі оскулюючих елементів на вузловий момент часу, а також параметри функцій, що апроксимують зміни параметрів моделі оскулюючих елементів в часі як передуваний вузловому елементу, так і наступному за ним.

У системі ГЛОНАСС для визначення точного положення супутника використовуються диференціальні моделі руху. У цих моделях координати і складові вектору швидкості супутника визначаються чисельною інтеграцією диференціальних рівнянь руху КА, що враховують кінцеве число сил, що діють на КА. Початкові умови інтеграції задаються на вузловий момент часу, розташований посередині інтервалу апроксимації [4].

Для визначення координат споживача необхідно знати координати супутників (не менше 4) і дальність від споживача до кожного видимого супутника, яка визначається в навігаційному приймачі з точністю близько 1 м. Для зручності розглянемо простий "плоский" випадок, представлений на рис. 2.

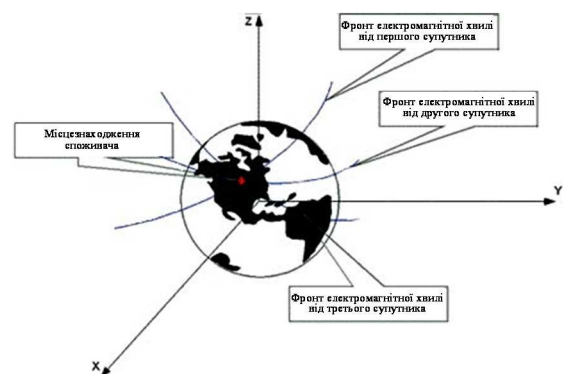


Рис. 2. Визначення координат споживача

Кожен супутник (рис. 2.) можна представити у вигляді точкового випромінювача. В цьому

випадку фронт електромагнітної хвилі буде сферичним. Точкою перетину двох сфер буде та, в якій знаходиться споживач.

Висота орбіт супутників складає порядок 20000 км. Отже, другу точку перетину кіл можна відкинути із-за апріорних відомостей, оскільки вона знаходиться далеко в космосі. Супутникові навігаційні системи дозволяють споживачеві отримати координати з точністю порядку 10...15 м. Проте для багатьох завдань, особливо для навігації в містах, потрібна велика точність. Один з основних методів підвищення точності визначення місцезнаходження об'єкту заснований на застосуванні відомого в радіонавігації принципу диференціальних навігаційних вимірювань.

Диференціальний режим DGPS (Differential GPS) дозволяє встановити координати з точністю до 3 м в динамічній навігаційній обстановці і до 1 м - в стаціонарних умовах. Диференціальний режим реалізується за допомогою контрольного GPS-приймача, що називається опорною станцією. Вона розташовується в пункті з відомими координатами, в тому ж районі, що і основний GPS-приймач. Порівнюючи відомі координати (отримані в результаті прецизійної геодезичної зйомки) із заміряними, опорна станція обчислює поправки, які передаються споживачам по радіоканалу в заздалегідь обумовленому форматі [5].

Апаратура споживача приймає від опорної станції диференціальні поправки і враховує їх при визначенні місцезнаходження споживача. Результати, отримані за допомогою диференціального методу, в значній мірі залежать від відстані між об'єктом і опорною станцією. Застосування цього методу найефективніше, коли переважаючими є систематичні помилки, обумовлені зовнішніми (по відношенню до приймача) причинами. За експериментальними даними, опорну станцію рекомендується розташовувати не далі 500 км від об'єкту.

В даний час існують безліч широкозонних, регіональних і локальних диференціальних систем.

Як широкозонні варто відзначити такі системи, як американська WAAS, європейська EGNOS і японська MSAS. Ці системи використовують геостационарні супутники для

передачі поправок всім споживачам, що знаходяться в зоні їх покриття.

Навігаційний приймач призначений для визначення просторових координат, вектору швидкості, поточного часу і інших навігаційних параметрів, отриманих в результаті прийому і обробки радіосигналів від навігаційних супутників.

На вхід приймача поступають радіосигнали від супутників, що знаходяться в зоні радіовидимості споживача. Оскільки для вирішення навігаційного завдання необхідно заміряти псевдодальність і псевдошвидкість відносно мінімум 4-х супутників, то навігаційні приймачі доцільно будувати багатоканального виконання (4-12 каналів в звичайних і 20-48 каналів в 2-частотних суміщених приймачах).

Сучасні навігаційні приймачі є аналого-цифровими системами. Перехід на цифрову обробку здійснюється на одній з проміжних частот, при цьому має місце тенденція до її підвищення. Збільшення проміжної частоти для системи ГЛОНАСС обумовлене бажанням розробників перенести розділення по різних каналах в цифрову частину. На рис. 3. представлена функціональна схема навігаційного приймача ГЛОНАСС/GPS.

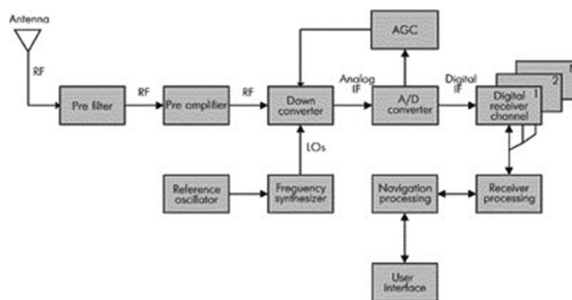


Рис. 3. Функціональна схема навігаційного приймача ГЛОНАСС/GPS

Як правило, типовий приймач сигналів систем ГЛОНАСС/GPS складається з чотирьох функціональних частин: антенної системи; радіочастотній частині; цифрового блоку кореляційної обробки; навігаційного процесора.

В якості антени зазвичай використовується мікропласка антена, що володіє малою масою і габаритними розмірами і простотою виготовлення. Мікропласка антена склада-

ється з двох паралельних провідних шарів, розділених діелектриком. Нижній провідний шар є заземленою площиною, а верхній - випромінювачем антени. Форма випромінювача може бути прямокутником, еліпсоїдом, п'ятикутником і т. д. Мікропласка антена забезпечує всенаправлений прийом сигналів.

Супутниковий моніторинг транспорту – система моніторингу рухомих об'єктів, побудована на основі систем супутникової навігації, обладнання та технологій стільникового та/або радіозв'язку, обчислювальної техніки та цифрових карт.

На транспортному засобі встановлюється мобільний модуль, що складається з наступних частин: приймач супутникових сигналів, модулі зберігання та передачі координатних даних. Програмне забезпечення мобільного модуля отримує координатні дані від приймача сигналів, записує їх у модуль зберігання

і по передає допомогою модуля передачі. Модуль передачі дозволяє передавати дані, використовуючи бездротові мережі операторів мобільного зв'язку різних протоколів. Отримані дані аналізуються і видаються диспетчеру в текстовому вигляді або з використанням картографічної інформації. Мобільний модуль може бути побудований на основі приймачів супутникового сигналу, що працюють в стандартах NAVSTAR GPS або ГЛОНАСС [6].

Розглянемо короткий опис роботи системи супутникового моніторингу транспорту на прикладі бази апаратно-програмного комплексу АвтоГРАФ-GSM (рис. 4.):

1. Контролери АвтоГРАФ-GSM, встановлені на ТЗ, постійно отримують кодові сигнали з супутників системи GPS (NAVSTAR), на підставі яких обчислюються координати точного місцеположення ТЗ в просторі.

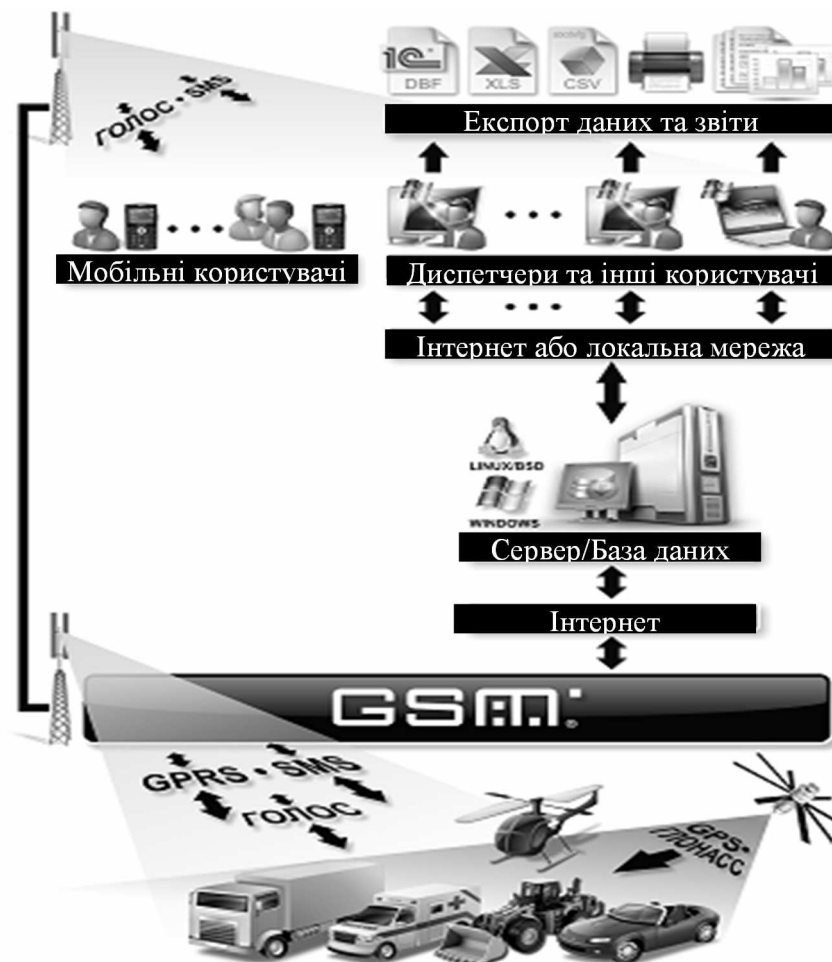


Рис. 4. Схема роботи системи супутникового моніторингу і контролю автомобільного транспорту АвтоГРАФ-GSM.

2. Із заданою періодичністю, або адаптивно, координати записуються в незалежну пам'ять контролера АвтоГРАФ-GSM. Крім того, в пам'ять записуються стан різних датчиків, підключених до контролера і інші параметри, передбачені програмою.

3. Далі, із заданою періодичністю, або при запрограмованій події, накопичені дані передаються за допомогою послуги GPRS мережі мобільного зв'язку GSM через мережу Інтернет на спеціальний сервер АвтоГРАФ-GSM.

4. Сервер знаходиться під управлінням ОС MS Windows Server або Linux/FreeBSD, постійно підключений до мережі Інтернет по виділеному каналу з постійною IP-адресою, що володіє надійним пристроєм зберігання даних. У завдання сервера входить прийом даних з контролерів АвтоГРАФ-GSM, їх зберігання і передача за запитом на диспетчерські місця. Розмежування доступу до інформації на сервері проводиться за допомогою ключових файлів.

5. Диспетчерські робочі місця являють собою персональні комп'ютери або ноутбуки зі встановленою програмою АвтоГРАФ (і ключовими файлами на ТЗ), що мають доступ до мережі Інтернет або підключені до сервера по локальній мережі. За наявності мережі Інтернет, за допомогою диспетчерської програми можна отримати дані з будь-якої точки земної кулі. Простота розгортання диспетчерського ПЗ і відсутність необхідності установки підтримки баз даних від сторонніх виробників дозволяє миттєво створювати нові диспетчерські місця на базі ПЕОМ з ОС MS Windows 2000/XP/Vista. Кількість диспетчерських місць не обмежується.

6. По запиту користувача або із заданою періодичністю, диспетчерське робоче місце з'єднується з сервером і отримує ті дані, яких не достатньо на даний момент по ТЗ. Отримані дані зберігаються в локальній мережі диспетчерського робочого місця, що дозволяє проводити їх обробку навіть за відсутності підключення до сервера. Крім того, для мінімізації Інтернет-трафіку, можлива така побудова диспетчерської мережі, що дані, яких не вистачає, через Інтернет отримує тільки одне робоче місце, а інші користувачі, через локальну мережу, використовують вже закачані дані з дата-папки цього робочого місця.

7. Користувачі, на підставі отриманих даних, можуть бачити місцеположення ТЗ на карті, проглядати різні параметри і події, а також показники різних датчиків. Крім того, передбачена генерація різних видів звітів і графіків, як по кожному ТЗ, так і по їх групах в цілому. Для взаємодії з різними зовнішніми програмами і обробниками (в т.ч. і 1С) передбачено вивантаження даних трека і звітності у файли формату MS Excel, DBF і CSV.

8. Диспетчерські робочі місця, крім того, можуть за допомогою підключених ПК GSM-терміналів або GSM-телефонів змінювати ряд параметрів контролерів АвтоГРАФ-GSM за допомогою управляючих SMS-команд, що дозволяє опитувати і гнучко конфігурувати систему без необхідності зняття контролерів з ТЗ.

9. Управляючі SMS-команди, а також запрограмовані події дозволяють отримувати координати ТЗ і різні повідомлення на звичайний мобільний телефон стандарту GSM через SMS-повідомлення. Крім того, через SMS-команди можлива конфігурація контролерів АвтоГРАФ-GSM із стільникового телефону або комунікатору.

10. Голосовий зв'язок, вбудований в контролери АвтоГРАФ-GSM дозволяє зв'язуватися з водієм за допомогою дзвінка на номер телефону, записаний в SIM-карті, встановленій в контролері. У цьому сенсі дзвінок на телефонний номер контролера нічим не відрізняється від дзвінка на звичайний мобільний телефон. Для зворотного зв'язку водія з диспетчером передбачено програмування в контролер 2-х телефонних номерів, дзвінок на яких проводиться при півтора секундному натисненні на кнопку гарнітури або кнопку на пристрої гучного зв'язку. При цьому дзвінок на другий номер проводиться при неможливості встановити з'єднання з першим телефонним номером.

На українському ринку супутникового моніторингу транспорту склалася ситуація, коли впровадження традиційних систем спостереження для малих та середніх підприємств є економічно необґрунтованим.

Розглянемо економічний ефект від впровадження удосконаленої системи моніторингу автомобільного транспорту з інтеграцією у транспортно-інформаційні системи на рухо-

мому складі ТОВ «ЄВРОПА–ТРАНС ЛТД» м. Луганськ на національних маршрутах перевезень. Можливу економію коштів, будемо розглядати без обліку контролювання маршрутів і витрати палива – тільки ефект від праці системи разом з транспортно-інформаційними системами.

Термін окупності упровадження удосконаленої системи транспортного моніторингу з інтеграцією у транспортно-інформаційні системи з рухомим складом у 12 одиниць, працюючим на національних маршрутах складе 3 місяця. За рахунок відмови від послуг експедиційно-диспетчерських підприємств можна заощадити 306000 грн у рік.

Заключення

Системи супутникового позиціонування GPS та ГЛОНАСС є засобами, на базі яких можна реалізувати багато систем, дозволяють більш ефективно використовувати рухомий склад при перевезеннях вантажів на автомобільному транспорті та зменшувати витрати. Ці технології впевнено входять у життя звичайних людей, і у виробничі процеси різноманітних підприємств. Розрахунок економічного ефекту від упровадження удосконаленої системи моніторингу на підприємстві с невеликою кількістю рухомого складу показав що вдос-

коналена система є ефективною навіть на підприємствах малого та середнього масштабів і має малий термін окупності.

Література

1. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации.-М. Эко-Трендз, 2009.с.
2. Самкова Е. Обзор рынка навигационных устройств. // Встраиваемые системы, № 3, 2009.
3. Гусева А.И. Технология межсетевых взаимодействий/ А.И. Гусева.- NttWag-Unix-Windows-internet.- М.: Диалог – МИФИ, 1997. – 354 с.
4. Грей Джим. Управление: Прошлое, Настоящее, Будущее//Системы правления базами данных, 1998.- №3.- С.71-80.
5. Громов Г.Р. Очерки информационных систем / Г.Р. Громов. – М.: ИнфоАрт, 2002. – 451 с.
6. Информационные системы в экономике /Под ред. В.В. Дика. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 374 с.

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

Стаття надійшла до редакції 17 вересня 2013 р