

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ



УДК 621.396.96:629.783

- © Л.С. Беляєвський, докт. техн. наук, професор, академік (ТАУ),
- © Є.О. Топольський, канд. техн. наук, доцент (НТУ),
- © А.А. Сердюк, канд. техн. наук, доцент (КДАВТ)

ЕКОНОМІЧНО ВИГІДНІ ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ БОРТОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Вступ

Останніми роками спостерігається зріст зацікавленості до широкого застосування навігаційних систем автомобільного транспорту, що використовують глобальні навігаційні супутникові системи (далі – ГНСС). Велике різноманіття приймачів сигналів ГНСС активно встановлюється на автотransпортні засоби (далі – АТЗ) для особистих потреб і відпочинку, а також для вирішення комерційно-логістичних завдань та при управлінні громадським транспортом. На сьогодні переважна більшість АТЗ використовують лише технологію супутникової навігації, яка має певні обмеження та проблеми при експлуатації супутникових приймачів у несприятливих для радіонавігації умовах. Особливо це характерно під час проведення моніторингу руху автотransпортних засобів у міських умовах, при русі автомобілів у тунелях, районах з висотною забудовою чи просто у щільному транспортному потоці. Періодична втрата сигналів навігаційних супутників або багатоприменеве їх поширення, викликаних впливом внутрішніх (у власне навігаційній системі) та зовнішніх факторів (природних перешкод або навмисно створюваних завод) призводить до неточного визначення навігаційних параметрів автотransпортних засобів або взагалі неможливості їх визначення. У зв'язку з цим виникає потреба удосконалення навігаційних систем автотransпортних засобів шляхом створення

бортових навігаційних комплексів, що використовують, окрім приймачів сигналів ГНСС, додаткові апаратні засоби, зокрема механічні, акустичні та оптичні датчики, а також інерційні навігаційні системи (далі – ІНС). Останніми роками багато ІТ компаній разом із конструкторськими бюро автовиробників, почали розробку та випробовування складних бортових навігаційних комплексів, які забезпечують не тільки високоточне та безперебійне визначення місцерозташування АТЗ, а ще й можливості цілком автоматичного керування їх рухом у складних експлуатаційних умовах. Проте вартість практичної реалізації та надійність функціонування таких систем у найближчій перспективі не дають змогу розпочати їх серійне виробництво та встановлення на АТЗ загального призначення. Тому на сьогодні важливим практичним завданням є пошук економічно вигідних шляхів удосконалення бортових навігаційних систем АТЗ, що зазвичай використовуються населенням.

Основна частина

Першим напрямом забезпечення високоточної навігації для АТЗ, що не потребує значних економічних затрат, є застосування удосконаленого варіанту диференціального режиму, який був раніше запропонований авторами [1, 2]. Це гарантовано дає змогу зменшити похибки визначення

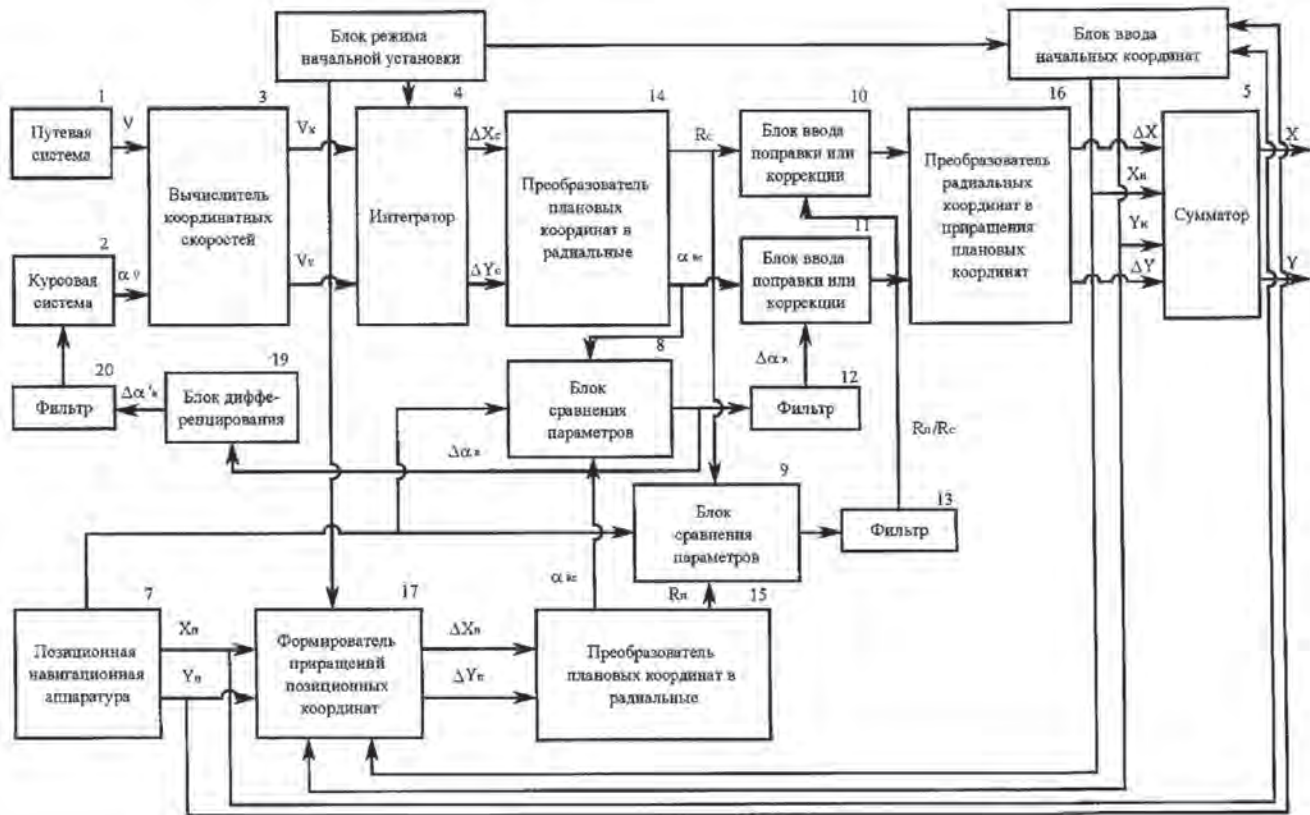


Рис. 1. Схема комплексної навігаційної системи, що використовує приймач ГНСС і спрощену ІНС

координат автотранспортних засобів до 5-6 м при нормальній геометрії розташування супутників (робоче сузір'я з 5-6 супутників та HDOP < 2), порівняно з похибками 15-25 м у номінальному режимі. Єдиною додатковою вимогою щодо звичайного варіанту навігаційної системи АТЗ, що працює у номінальному режимі, є наявність двостороннього online-каналу з опорною станцією диспетчерського центру. Враховуючи достатнє покриття та пропускну здатність сучасних GSM/GPRS мереж стільникового зв'язку, ця умова є абсолютно прийнятною і може бути легко реалізована для переважної більшості АТЗ.

Другим напрямом є використання удосконалених методів та алгоритмів комплексної обробки надлишкової навігаційної інформації, що отримується від додаткових робочих сузір'їв навігаційних супутників ГНСС та навігаційних пристроїв АТЗ, наприклад, ІНС. Враховуючи можливості сучасних інтегрованих приймачів сигналів ГНСС працювати одночасно з декількома сузір'ями супутників різних систем, цей напрям є дуже важливим та актуальним. Авторами публікації розроблено удосконалений імовірно-геометричний метод і відповідні алгоритми обробки навігаційної інформації [3-5], що забезпечують суттєве зниження слабкорельованих складових похибок навігаційних вимірювань координат АТЗ. Такий метод дає змогу отримати результати на рівні калмановської

фільтрації, але із значно меншими обчислювальними витратами та вищою стабільністю роботи [3, 4]. Застосування розробленого методу стане особливо актуальним, коли будуть повністю введені в експлуатацію перспективні ГНСС Galileo та Compass. Це дасть змогу використовувати для навігаційних визначень одночасно 4-8 сузір'їв навігаційних супутників чотирьох ГНСС.

Однак використання ефективних методів та алгоритмів обробки великої кількості навігаційних вимірювань від усіх ГНСС буде недостатньо ефективним в експлуатаційних умовах з регулярним екрануванням (затінненням) радіосигналів навігаційних супутників. Тому важливим завданням є створення економічно вигідного бортового навігаційного комплексу АТЗ, що включає сучасний приймач ГНСС та ІНС. У такій системі навігація здійснюється на основі сигналів, що отримуються від датчиків транспортного засобу (одометрів, колісних датчиків АБС, гіроскопів і акселерометрів), а також даних ГНСС про місцезнаходження, швидкість і час, які в умовах стійкого радіозв'язку з навігаційними супутниками використовуються для калібрування відхилень системи ІНС. У моменти втрати радіосигналу навігаційних супутників бортовий навігаційний комплекс автоматично переходить на обробку сигналів інерційних датчиків АТЗ і забезпечує безперервне визначення місцезнаходження, але з точністю,



завичай меншою за точність приймача ГНСС. При цьому тривала робота бортового навігаційного комплексу за сигналами лише інерційних датчиків призводить до значного погіршення точності оцінки координат АТЗ та недостовірного відображення траєкторії його руху.

Хоча бортовий навігаційний комплекс ГНСС+ІНС і вирішує основну проблему звичайної навігаційної системи АТЗ, яка використовує тільки приймач ГНСС, але при цьому постає питання забезпечення надійності функціонування ІНС та її економічної доцільності. Вартість високоточних та надійних інерційних датчиків (прецизійних гіроскопів), які використовуються, наприклад, в авіації, неприйнятна для їх широкого застосування на АТЗ загального призначення, а точність та надійність роботи дешевих датчиків є недостатньою високою. Тому у більшості випадків обробка сигналів від колісних датчиків (одометрів) і акселерометрів АТЗ, що входять до складу системи АБС, є єдиним економічно вигідним та достатньо точним способом визначення пройденого шляху поряд із застосуванням приймача ГНСС.

Удосконалений варіант бортового навігаційного комплексу АТЗ

Питання зниження вартості ІНС можна вирішити завдяки відмові від дорогих прецизійних гіроскопів та застосування методики визначення спрямовуючого кута АТЗ за даними бортового приймача ГНСС, а також приросту цього кута за даними двох акселерометрів і колісних датчиків АТЗ [6-8]. Функціональна схема такого навігаційного комплексу зображена на **рис. 1**.

Отже, функціонування такого бортового навігаційного комплексу можна описати так: після запуску апаратури навігаційної системи, в ній починають визначатись координати поточного положення АТЗ за допомогою приймача ГНСС та наближені прирости координат у квазіодометричному каналі (КОК), які потім уточнюються за результатами порівняння модулів радіус-векторів (R) і спрямовуючих кутів (α) радіус-векторів від КОК і приймача ГНСС.

Вихідні сигнали перетворювача радіальних координат у прирости планових координат 11 мають вигляд:

$$\Delta X = R \cos \alpha_R, \quad \Delta Y = R \sin \alpha_R$$

Вихідні сигнали блоків введення виправлень і корегування 5 та 6 мають вигляд:

$$R = R_{\text{КОК}} k, \quad \alpha = \alpha_{\text{РКОК}} + \Delta \alpha$$

Вихідні сигнали блоків порівняння параметрів 7 та 8 мають вигляд:

$$k = \frac{R_{\text{ГНСС}}}{R_{\text{КОК}}}, \quad \Delta \alpha = \alpha_{\text{РГНСС}} - \alpha_{\text{РКОК}}$$

Вихідні сигнали перетворювачів планових координат у радіальні 3 і 4 мають вигляд:

$$R_{\text{КОК}} = \sqrt{\Delta X_{\text{КОК}}^2 + \Delta Y_{\text{КОК}}^2}, \quad \alpha_{\text{РКОК}} = \arctg \frac{\Delta X_{\text{КОК}}}{\Delta Y_{\text{КОК}}},$$

$$R_{\text{ГНСС}} = \sqrt{\Delta X_{\text{ГНСС}}^2 + \Delta Y_{\text{ГНСС}}^2}, \quad \alpha_{\text{РГНСС}} = \arctg \frac{\Delta X_{\text{ГНСС}}}{\Delta Y_{\text{ГНСС}}}$$

За нормальних для радіонавігації умов та високої точності визначення координат АТЗ для визначення його місцезонашування використовується приймач сигналів ГНСС. При втраті сигналів навігаційних супутників або зниженні точності координат АТЗ блоки порівняння параметрів 7 та 8 фіксуються і в блоках введення виправлень і корегування 5 та 6 залишаються останні значення k і $\Delta \alpha$. З цього моменту вихідні координати АТЗ вимірюються КОК. Оскільки у КОК використовуються неточні значення початкового спрямовуючого кута (конструктивного, що апріорно закладається у пам'ять блоку 24), то виправлення до нього зменшує його похибку.

Для вимірювання приросту спрямовуючого кута використовується той факт, що під час руху по криволінійній ділянці кожна точка АТЗ рухається по траєкторії, зберігаючи певну кутову швидкість обертання АТЗ:

$$\omega_{\text{АТЗ}} \approx \frac{V}{R_{\text{Тр}}} = \frac{V}{\sqrt{(R_{\text{ЦО}} + \Delta R_{\text{ДШ}})^2 + I_{\text{ДШ}}^2}}$$

де $R_{\text{ЦО}}$ – радіус кривизни траси для центру обертання АТЗ;

$\Delta R_{\text{ДШ}}$, $I_{\text{ДШ}}$ – віддаль датчиків швидкості від центру обертання уздовж і поперек $R_{\text{ЦО}}$;

$R_{\text{Тр}}$ – радіус кривизни траєкторії АТЗ.

Різниця показів двох датчиків швидкості 16 і 17, встановлених у різних точках АТЗ дорівнює:

$$V_1 - V_2 \approx \omega_{\text{АТЗ}} \left[\sqrt{(R_{\text{ЦО}} + \Delta R_1)^2 + I_1^2} + \sqrt{(R_{\text{ЦО}} + \Delta R_2)^2 + I_2^2} \right] =$$

$$= \omega_{\text{АТЗ}} \left[R_{\text{ЦО}} \sqrt{1 + 2 \frac{\Delta R_1}{R_{\text{ЦО}}} + \frac{\Delta R_1^2 + I_1^2}{R_{\text{ЦО}}^2}} - R_{\text{ЦО}} \sqrt{1 + 2 \frac{\Delta R_2}{R_{\text{ЦО}}} + \frac{\Delta R_2^2 + I_2^2}{R_{\text{ЦО}}^2}} \right] =$$

$$= \omega_{\text{АТЗ}} \left[R_{\text{ЦО}} + \Delta R_1 + \frac{\Delta R_1^2 + I_1^2}{2R_{\text{ЦО}}} - R_{\text{ЦО}} - \Delta R_2 - \frac{\Delta R_2^2 + I_2^2}{2R_{\text{ЦО}}} \right] =$$

$$= \omega_{\text{АТЗ}} (\Delta R_1 - \Delta R_2), \text{ а}$$

$$S_1 - S_2 = \int_0^T (V_1 - V_2) dt = (\Delta R_1 - \Delta R_2) \Delta \alpha$$

Звідси отримуємо вираз для визначення приросту спрямовуючого кута:

$$\Delta \alpha = \frac{\Delta S}{\Delta R_1 - \Delta R_2}$$



Як датчики швидкості можна використовувати одометри лівих і правих коліс, доплерівські датчики повздовжньої швидкості на лівому та правому боках АТЗ або акселерометри з інтегровано-обчислювальним блоком.

Висновки

Розглянутий бортовий навігаційний комплекс для практичної реалізації потребує згадані вище датчики із сигнальними кабелями і цифровим інтерфейсом, звичайний приймач сигналів ГНСС та портативний комп'ютер (планшет чи комунікатор) для проведення комплексної обробки даних та відображення положення АТЗ на електронній карті у режимі реального часу. За наявності у складі комп'ютера телекомунікаційного пристрою (наприклад, стандарту GSM/GPRS) можливо передавати поточні координати АТЗ у віддалений центр моніторингу і диспетчерського управління.

Подальші напрями досліджень. Наступним важливим завданням на шляху розвитку та удосконалення навігаційного забезпечення АТЗ є комп'ютерне імітаційне моделювання реальних експлуатаційних умов роботи бортових навігаційних комплексів та оцінка ефективності їх функціонування під час впливу внутрішніх та зовнішніх збурюючих факторів. Для вирішення цього завдання авторами планується провести детальну класифікацію і описання збурюючих факторів, розробити імовірнісні моделі динаміки АТЗ і реальних експлуатаційних умов та провести випробування удосконаленого навігаційного комплексу АТЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Топольський Є.О.** Перспективи застосування методики відносної корекції координат для підвищення точності місцевизначення транспортних засобів. Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ. – 2004. – Вип. 1. – С. 53-56.
2. **Топольський Є.О.** Обґрунтування методик оцінки і покращення достовірності навігаційної інформації у системах супутникового моніторингу і управління транспортними засобами. Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ, ТАУ. – Вип. 2. – 2005. – С. 125-131.
3. **Беляевский Л.С., Новиков В.С., Олянюк П.В.** Обработка и отображение радионавигационной информации. – М.: Радио и связь, 1990. – 232 с.
4. **Беляевський Л.С., Топольський Є.О.** Обґрунтування методик і алгоритмів просторово-часової обробки навігаційної інформації в автоматизованих супутникових системах управління наземним транспортом. Вісник Північного наукового центру ТАУ. – 2004. – Вип. 7. – С. 51-55.
5. **Левковець П.Р., Беляевський Л.С., Топольський Є.О., Сердюк А.А.** Застосування методів просторово-часової обробки інформації в диспетчерських центрах при вирішенні задач управління міським пасажирським автотранспортом. Вісник НТУ. – 2006 – Вип. 13 ч.2. – С. 44-49.
6. **Беляевський Л.С., Баранов Г.Л., Топольський Є.О.** Удосконалений варіант апаратно-програмного комплексу для автоматизованої системи моніторингу і диспетчерського управління наземним транспортом. Вісник Північного наукового центру ТАУ. – К., 2008. – Вип. 11. – С. 58-62.
7. **Баранов Г.Л., Беляевський Л.С., Топольський Є.О. та інші.** Система диспетчерського управління рухомими об'єктами з використанням сигналів глобальної супутникової системи радіонавігації. Патент на винахід МПК(2006), G01S 5/14, UA №75709 (С2).
8. **Кокоскин Н.Н., Егоров В.Ю., Гужов В.Б. и др.** Комплексная спутниковая навигационная аппаратура. RU Патент РФ №2294527 МПК7 G 01.

АВТОРИНОК УКРАЇНИ В 2014 РОЦІ ОБІЦЯЄ БУТИ ЩЕДРИМ НА НОВИНКИ

2014 обіцяє бути щедрим на новинки в кожному сегменті автोरинку. ЛІГАБізнесІнформ збирала інформацію про прийдешні прем'єри, хоча не всі компанії-імпортери автомобілів в Україні охоче діляться планами щодо виведення на ринок нових моделей.

Volkswagen

У квітні 2014 Volkswagen представить рестайлінговий Polo хетчбек, який буде оснащено новими моторами (від 90 до 110 к.с.), а також матиме нові мультимедійні системи і розширену базову комплектацію (в базу входить ESP).

У липні на ринок виведуть оновлений Scirocco, з новою оптикою і мультимедіа. На заміну Golf Plus в липні почнуть постачати універсал Golf Sportsvan, для якого обіцяють збільшений простір салону і чотири двигуни: 1,2 л (110 к.с.), 1,4 л (125 к.с.), 1,4 л (150 к.с.) і 2,0 л дизель (110 к.с.). Рестайлінгова Jetta приїде в Україну в грудні 2014 року. Модель отримає новий дизайн, електроніку та різні додаткові опції.

Також у грудні в автосалонах з'явиться фейсліфтинговий Touareg, що відрізняється від нинішнього покоління новим дизайном бамперів, оптикою зі світлодіодним виконанням, новими кольорами кузова, елементами декору салону, новими мультимедіа та навігатором.

Mitsubishi

У 4-му кварталі 2014 року «Торговий дім – НІКО» виводить на ринок нове покоління пікапа L200, який складе конкуренцію Toyota Hilux, Nissan Navara, VW Amarok. Подання про наступника нинішнього L200 можна скласти на основі концепту GR-HEV, який показали на Женевському автосалоні. Очікувана вартість серійного пікапа – від 246 056 грн.

У березні в Україні стартують продажі фейсліфтингових Outlander (з двигунами 2,0 / 2,4 бензин) і ASX (1,6 / 1,8 / 2,0 л, бензин). Вартість Outlander – від 270 600 грн, а ціна ASX стартує від 213 675 грн. Планується реалізувати 1300 автомобілів. Загальний план продажів марки в 2014 році становить 6 тис. автомобілів.

Renault

На 2014 рік у Renault в Україні поки що запланована тільки одна прем'єра – у березні з'явиться модернізований Megane. Постачатися буде, як і зараз, тільки хетчбек. Ціна оновленої моделі не буде істотно відрізнятися від вартості нинішньої.

Ліга не згадує оновлений Renault Duster, який також повинні привезти в 2014 році, хоча і без нового турбомотора об'ємом 1,2 л, який ставлять на версію від Dacia.

Toyota

Наприкінці лютого – на початку березня 2014 року Toyota представить нове покоління позашляховика Highlander. На кінець серпня – початок вересня запланована прем'єра оновленого Yaris, а в кінці листопада – початку грудня оновиться Camry.

Nissan та Infiniti

У травні Ніссан Україна представить новий Qashqai. До цього, в квітні, в Україні з'явиться новий Nissan Teana. Крім того, стартують продажі абсолютно нових Nissan X – Trail та Nissan Pathfinder, а також седан Infiniti Q50. Інформація про ціни, технічні характеристики і комплектації моделей стане відома ближче до початку продажів кожної з моделей.

Nissan Almera і Datsun VAZівської збірки в Україну постачатимуть тільки в тому разі, якщо буде скасована заборона на імпорти автомобілів.

Porsche

«Віннер Імпорте Україна» планує представити в січні Cayenne Platinum Edition, в квітні – новий компактний кросовер Macan.

«Платиновий» Cayenne буде надходити як з бензиновим, так і з дизельним двигуном за ціною від 72 тис. євро. Macan представлять в трьох версіях. Коштує він від 59 800 євро. План продажів Cayenne Platinum Edition – 214 автомобілів, Macan – 205 машин.

Продовження на С. 16