5. СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ, ПАРАМЕТРІВ РУХУ ТА ПРОЙДЕНОГО ШЛЯХУ АВТОМОБІЛЯ

5.1. Навігаційні системи

5.1.1. Склад навігаційних систем

На сьогодні застосовуються дві навігаційні системи: російська глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАСС і американська система позиціонування GPS, принцип функціонування і склад яких практично однаковий. У найближчому майбутньому до цих двох систем повинна додатися європейська система навігації GALILEO.

До складу навігаційної системи GPS входить три основні складові:

1. Космічний сегмент системи. Складається з орбітального угруповання (сузір'я) супутників.

2. Наземний сегмент системи. Складається з п'яти контрольних станцій і головної станції керування, розташованих у різних точках земної кулі.

3. Апаратура користувача. Навігаційні приймачі (GPS), навігатори, що використовують сигнал зі супутників GPS для вирахування поточної позиції швидкості та часу різних об'єктів.

Функціонування всіх елементів супутникової навігаційної системи показано на спрощеній схемі на рис. 5.1 [14].

У цілому – це комплексна електронно-технічна система, що складається із сукупності наземного та космічного устаткування і призначена для визначення місцезнаходження (географічних координат та висоти) і точного часу, а також параметрів руху (швидкості, напряму руху тощо) для наземних, водних і повітряних об'єктів. Її основними елементами є (рис. 5.2):

- орбітальне угруповання, що складається з кількох (2-30 од.) супутників, що випромінюють спеціальні радіосигнали (космічний сегмент);

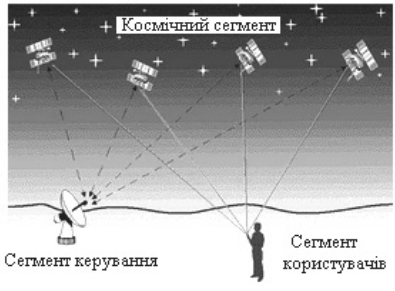


Рис. 5.1. Склад системи ГЛОНАСС

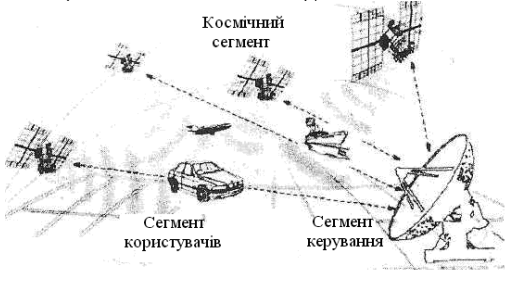


Рис. 5.2. Загальна схема структури супутникової навігаційної системи

- опційно-наземна система радіомаяків, що дозволяє значно підвищити точність визначення координат;

- наземна система керування і контролю (контрольний сегмент), що містить блоки вимірювання поточного положення супутників і передачі на них отриманої інформації для коригування інформації про орбіти;

- опційно-інформаційна радіосистема для передачі користувачам поправок, які дають можливість значно підвищити точність визначення координат.

- приймальне клієнтське обладнання («супутникові навігатори»), яке використовується для визначення координат;

- сегмент призначений для користувача.

Космічний сегмент – це орбітальне угруповання супутників, що випромінюють навігаційні сигнали. Супутники розташовані на різних орбітах на висоті приблизно 20000 км. Супутники розподілені так, що у будь-якій точці Землі, у будь-який момент часу, вище 15 градусів над горизонтом знаходиться від 4 до 8 супутників. Період обертання супутників складає приблизно 12 годин, отже, за добу кожен супутник виконує два повних оберти навколо Землі. Для забезпечення глобального покриття Землі потрібні 24 супутники (і більше). Система ГЛОНАСС працює на двох несних частотах: перший стандарт 1,6 ГГц призначений для загального користування, а другий 1,2 ГГц – для військової мети.

GPS-супутники передають три навігаційних сигнали на двох частотах: L_1 (1575,42 МГц) та L_2 (1227,60 МГц). На частоті L_1 передається «цивільний» сигнал, а на частотах L_1 та L_2 – високоточний «військовий» код. Точність визначення координат з допомогою «військового» коду на порядок вища, ніж при використанні «цивільного» сигналу.

Наземний сегмент супутникової навігаційної системи складається з контрольно-вимірювальних станцій для моніторингу супутників і головної станції керування. Супутник може трохи відхилятися від орбіти, тому контрольно-вимірювальні станції постійно відслідковують розташування, орбіту, висоту і швидкість супутників. Далі дані, отримані від усіх станцій, пересилаються на головну станцію керування, яка їх обробляє і вираховує відхилення траєкторій супутників від заданих орбіт, тимчасові відхилення бортових годинників і помилки у навігаційних повідомленнях. Потім відкориговані навігаційні дані передаються на супутники в момент, коли вони знаходяться у зоні доступу станції керування.

До частини користувача супутникової навігаційної системи відноситься апаратура користувача, тобто навігаційні приймачі, які використовують сигнал із супутників для вирахування поточних координат транспортного засобу та його швидкості.

Координати навігаційних супутників визначаються в геоцентричній системі координат, а місцезнаходженням об’єктів на Землі є широта, довгота і висота над рівнем моря. Отже, щоб визначити місцезнаходження об’єкта на Землі за відомими координатами навігаційних супутників, необхідно спочатку перевести ці координати в рухому систему координат, а потім перерахувати ці координати в «земні», тобто в широту і довготу.

Визначення широти, довготи і висоти над рівнем моря об’єкта залежить від вибраної моделі Землі. У GPS-системах використовується модель WGS84, а в системі ГЛОНАСС використовується модель Землі ПЗ-90. У цих моделях Зе-

мля моделюється еліпсоїдом обертання. Однак, для простоти при переведенні координат супутників у географічні координати можна представити Землю у вигляді сфери [10, 13, 14, 15].

Принцип дії супутникової навігації оснований на визначенні відстані від транспортного засобу до супутників, координати яких відомі. Точні координати супутників (X_0, Y_0, Z_0) в інерційній системі координат визначаються з даних ефемерид та альманаху, що передаються у навігаційних повідомленнях.

Ефемерида – це небесні координати супутника, які супутник передає кожні 30 секунд. За цей час приймачі встигають прийняти й обробити інформацію. Ефемеридні дані обновляються кожні чотири години.

Альманах – це дані про орбіти усіх супутників. Кожен супутник передає власну ефемериду й альманах про положення усіх супутників. Альманах містить інформацію про розташування супутників «на небі», що дає можливість при черговому увімкненні приймача навігатора значно звузити сектори пошуку навігаційного сигналу і зменшити час його «захоплення». Ці дані обновляються приблизно кожні шість місяців. Навігаційне повідомлення складається з 1500 біт і містить:

- дату і час;
- стан супутника (робочий чи ні);
- ефемеридні дані (координати супутника);
- альманах (рис. 5.3).

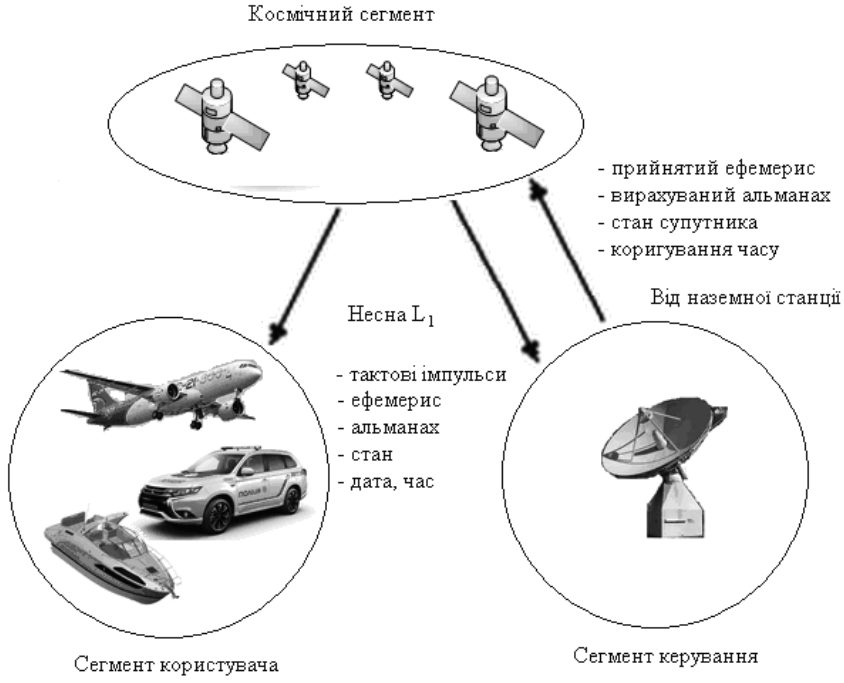


Рис. 5.3. Структура навігаційних повідомлень

У супутникових навігаційних системах (СНС) використовується далекомірний метод визначення місцезнаходження об'єкта.

Для отримання інформації про координати місцезнаходження автомобіля виконуються такі дії:

- в СНС координати місцезнаходження вираховуються за відстанню від приймача в автомобілі до кількох супутників;
- відстань до супутника визначається шляхом вимірювання проміжку часу, який потрібен радіосигналу, щоб дійти від супутника до приймача;
- для цього передатчик супутника і приймач автомобіля одночасно генерують один і той самий код;
- час розповсюдження сигналу від супутника до приймача визначається вимірюванням запізнення псевдовипадкового коду передатчика супутника по відношенню до такого самого коду приймача;
- для визначення місцезнаходження автомобіля необхідно провести як мінімум чотири вимірювання;

Таким чином, навігаційний приймач виконує такі функції:

- приймає і запам'ятовує ефемеридні дані супутників;
- визначає часову затримку t далекомірного коду;
- розраховує відстань R до супутників;
- визначає координати об'єкта (X_0, $У_0$, Z_0) в інерційній системі координат;
- перетворює координати об'єкта з інерційної системи в неінерційну систему координат;
- перераховує ці координати в географічні за формулами і знаходить довготу, широту і висоту над рівнем моря.

За цими координатами визначається місцезнаходження транспортного засобу на карті.

Для збільшення точності позиціонування у навігаційному приймачі обробляються сигнали від додаткових супутників.

Конструктивно приймачі поділяються на одноканальні та багатоканальні. Одноканальні – найпростіші та найдешевші. У них інформація від усіх супутників обробляється послідовно, що вимагає значного часу. Недоліками таких навігаторів є низька точність, неможливість вимірювання швидкості, відсутність інформації на час розрахунків.

У багатоканальних приймачах (4, 8, 12, 16 каналів) одночасно ведеться обробка сигналів усіх супутників, які знаходяться в межах видимості, що збільшує точність позиціонування. Багато приймачів можуть бути налаштовані на роботу як з ГЛОНАСС, так і з GPS.

Опис і технічні характеристики російського навігаційного приймача МНП-М7 приведені у [16].

5.1.2. Диференціальна система позиціонування

Точність визначення місцезнаходження об'єкта супутниковими навігаційними системами залежить від багатьох причин. Помилки у визначенні координат зумовлені:

- зменшенням швидкості розповсюдження сигналу під час проходження іоносфери та тропосфери;
- зміною орбіти супутника;
- помилкою годинника супутника;
- впливом відбитих сигналів;
- похибкою у розрахунках.

Мінімальна помилка досягається на відкритих ділянках місцевості. Більш значна помилка може тимчасово спостерігатися у разі роботи у міських умовах щільної забудови, під мостами та естакадами.

Друге джерело неточності – це зменшення швидкості розповсюдження сигналу в тропосфері та іоносфері. Швидкість розповсюдження сигналів у відкритому космосі дорівнює швидкості світла, а в іоносфері та тропосфері вона менше.

Точність визначення координат користувача, яку забезпечують системи GPS і ГЛОНАСС, складає 5-10 м. Однак, часто цього буває недостатньо. У цьому разі використовується метод диференціальної навігації, який дає можливість значно збільшити точність.

Принцип дії диференціальної системи позиціонування полягає у наступному. До складу системи входить базова станція, яка знаходиться у точці з відомими географічними координатами. Сигнали з супутників одночасно приймають приймачі користувача і базової станції. На базовій станції порівнюються координати, обчислені за даними з супутника, з істинними координатами станції. У разі їх розходження базовий навігаційний приймач формує поправки, які передаються користувачам каналами зв'язку (рис. 5.4) [14].

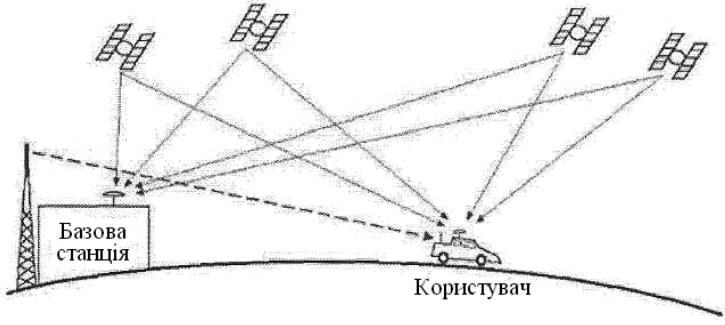


Рис. 5.4. Принцип дії диференціальної системи позиціонування

Розрізняють два методи обчислення поправок:

- метод коригування координат, коли базові станції передають на транспортний засіб поправки, які додаються (або віднімаються) до координат, які вирахував навігаційний приймач. Недоліком цього методу є те, що приймачі базової станції і користувача повинні працювати за даними одних і тих самих супутників.

- метод коригування навігаційних параметрів. При використанні цього методу на базовій станції визначаються поправки до вимірюваних параметрів усіх супутників, які знаходяться у зоні видимості користувача. Ці поправки передаються користувачам, навігаційні приймачі яких знову розраховують координа-

ти свого місцезнаходження за уточненими даними. Недоліком цього методу є підвищення складності апаратури користувачів.

Точність визначення координат у диференціальному методі у значній мірі залежить від відстані між користувачем і базовою станцією і зменшується зі зростанням дальності. Тому зона обслуговування базової станції складає не більше 500 км. Передача диференціальних поправок від базової станції до користувача здійснюється з допомогою радіозв'язку або по каналам GSM.

На сьогодні широке застосування знаходять глобальні системи диференціальних поправок. Такі системи часто називають також широкозонними системами супутникової диференціальної навігації SBAS (Satellite-based Augmentation System).

До складу системи входить мережа наземних станцій слідкування, які здійснюють безперервне збирання даних від усіх навігаційних супутників (рис. 5.5). Ці дані надходять на майстер-станцію, де обробляються в реальному режимі часу для формування коригувальних поправок.

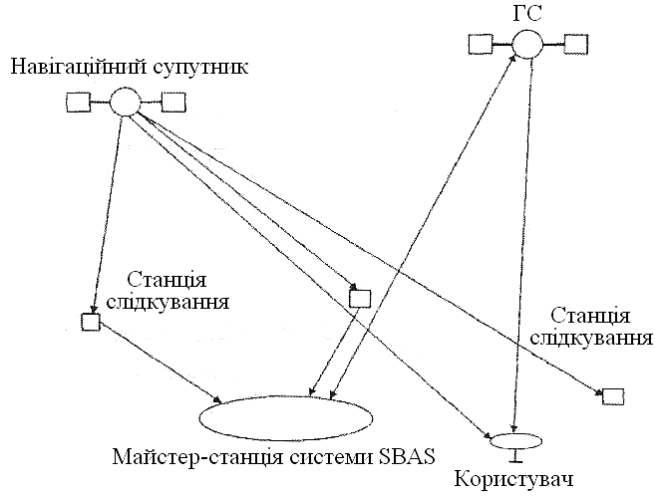


Рис. 5.5. Принцип дії системи SBAS

Потім ці поправки передаються на геостаціонарні супутники (ГС), які у свою чергу ретранслюють їх на велику територію усім користувачам. Причому один геостаціонарний супутник може забезпечити поправками територію, що дорівнює за площею 1/3 поверхні земної кулі. Сигнали з геостаціонарних супутників обробляються в одному з каналів приймача навігатора, так як сигнали системи WAAS і GPS/ГЛОНАСС передаються на одній і тій самій частоті та мають схожу структуру кодування. Коригувальні сигнали можуть бути платними або безплатними і приймаються практично всіма GPS/ГЛОНАСС-приймачами.

На сьогодні існує кілька підсистем SBAS:

- WAAS (Wide Area Augmentation System) – для території США;
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) – для території Європи;

- MSAS (Multifunctional Satellite based Augmentation System) – для території Японії та деяких країн Південно-Східної Азії.

Використання системи SBAS збільшує точність супутникової навігації від 1 до 5 метрів у плані, що достатньо для систем транспортної телематики.

Технологія диференціальної супутникової навігації широко використовується також в геодезії та в автоматизованих системах керування робочими органами дорожньо-будівельних машин. Однак, у цих системах точність позиціонування не повинна перевищувати 1-3 см. Таку високу точність отримують завдяки застосуванню технології віртуальної базової станції VRS (Virtual Reference Station).

У системах VRS є мережа базових станцій, які збирають дані про усі навігаційні супутники. Ці дані в режимі реального часу безперервно надходять у центр керування, де з допомогою спеціального програмного забезпечення моделюються атмосферні й ефемеридні спотворення для усієї мережі та формується база даних коригувань, що постійно оновлюється для локальних користувачів.

Для отримання коригувальної інформації користувач зв'язується з центром керування і передає координати свого місцезнаходження. Отримавши ці дані, центр керування створює віртуальну базову станцію безпосередньо біля користувача і визначає коригувальні дані цієї станції, які передаються користувачу для уточнення координат місцезнаходження. Точність вимірювань VRS-системи складає (1-2) см при віддаленні від реальної базової станції на 50 км [13, 14].

5.1.3. Системи технічних засобів визначення місцезнаходження автомобіля

Завдання визначення місця розташування автомобіля полягає у визначенні його координат на поверхні Землі. Це завдання вирішують супутникові навігаційні системи, які є невід'ємною складовою практично всіх телематичних систем.

Системи і комплекси технічних засобів визначення місцезнаходження рухомих об'єктів відрізняються методами визначення координат об'єктів, способами передачі інформації між рухомими об'єктами та диспетчерськими пунктами, логікою побудови і т. п. Спрощена класифікація навігаційних систем засобів контролю автомобілів представлена на рис. 5.6 [10, 15]. Однак, в усіх цих системах повинна виконуватися умова – можливість для користувача самостійно визначати її основні параметри:

- зона роботи системи;
- тип транспорту, який потрібно контролювати;
- частоту оновлення інформації про рухомий об'єкт;
- перелік завдань, що вирішує система.

На рис. 5.7 [10, 15] показана структура навігаційної системи автотранспортних засобів. Система може здійснювати навігаційне вирахування, розраховувати відносні координати автомобіля, визначати його положення на карті місцевості за конфігурацією пройденого шляху, розраховувати й уточняти абсолю-

тні координати автотранспортного засобу з допомогою супутникової системи GPS.

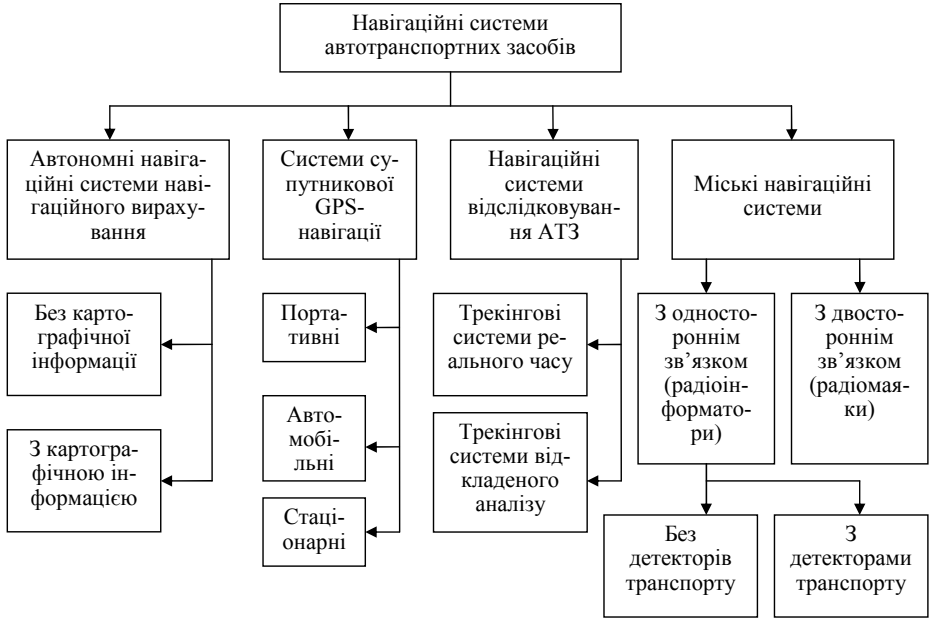


Рис. 5.6. Класифікація навігаційних систем автотранспортних засобів

Рис. 5.7. Спрощена структура навігаційної системи

Системи автоматичного (автоматизованого) визначення місцезнаходження транспортних засобів – AVL (Automatic Vehicle Location System) за територією охоплення умовно можна поділити (рис. 5.8) на такі зони покриття:

- глобальна, що охоплює земну кулю, материки або території кількох держав;
- регіональна, що обмежена, як правило, межами населеного пункту, області, регіону;
- локальна (зональна) – яка розрахована на малий радіус дії (територія міста, області), що характерно, в основному, для систем дистанційного супроводження і пошуку викрадених автомобілів.

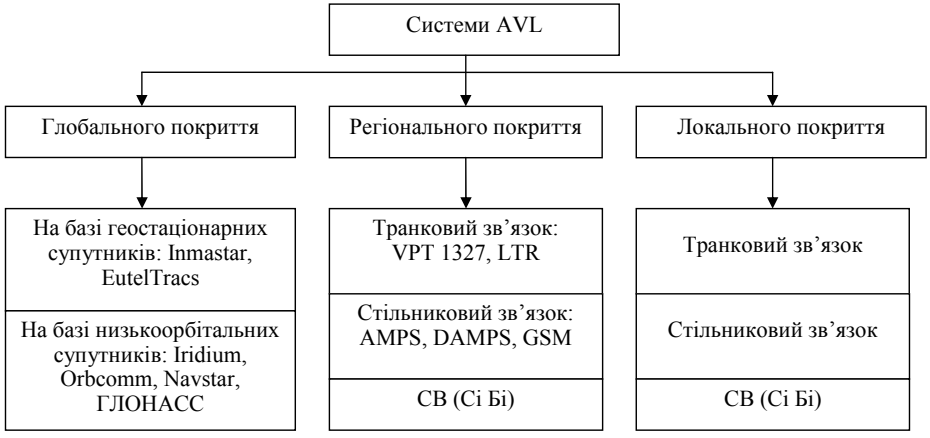


Рис. 5.8. Класифікація AVL-систем за територією охоплення

Транкові системи зв'язку можуть покривати значні площі. За рахунок об'єднання окремих ретрансляторів у єдину логічну структуру споживач позбувається необхідності опікуватися щодо перемикання радіочастотних каналів при переміщенні в рамках системи. Сьогодні у світі розгорнуті й експлуатуються транкові системи різних стандартів: Smartrunk, MPT 1327, LTR, Smartzone, EDACS тощо.

При виборі для передачі координат автомобіля стільникового зв'язку необхідно враховувати зону покриття і завантаженість мереж оператора у даному регіоні.

З метою мінімізації витрат дані про місцезнаходження автомобіля на диспетчерський пункт можливо отримати через Інтернет. У цьому разі не потрібне оснащення диспетчерського пункту дорогим картографічним програмним забезпеченням. Достатньо доступу в Інтернет за допомогою стандартної програми.

Виходячи з реалізації функцій місцезнаходження, системи AVL характеризуються такими технічними параметрами, як точність визначення місцезнаходження та періодичність уточнення даних. Очевидно, що ці параметри багато в чому залежать від зони дії AVL-системи. Чим менший розмір зони дії, тим вища повинна бути точність. Для локальних систем, які діють на території міс-

та, вважається достатньою точність визначення місцезнаходження від 50 до 100 м. Деякі спеціальні системи потребують точність до одиниць метрів, для глобальних систем буває достатньо точності до одиниць кілометрів. Періодичність уточнення даних може коливатися від кількох хвилин до годин.

Глобальна зона покриття, звичайно, потрібна для контролю міжнародних перевезень, коли відстань між рухомим об'єктом і диспетчерським пунктом може бути у кілька тисяч кілометрів. Тому найбільш прийнятне рішення для реалізації системи подібного масштабу – використання супутникових каналів зв'язку. Системи супутникового рухомого зв'язку можуть бути побудовані на базі геостаціонарних супутників або на базі низько- та середньоорбітальних супутників.

Основна маса систем контролю дальніх перевезень основана на використанні геостаціонарних супутників. Це системи Inmastar, EutelTracs та ін.

Системи на базі низькоорбітальних супутників такі, наприклад, як Indium, Orbcomm, Navstar, ГЛОНАСС призначені для автоматизованого збору інформації про стан об'єктів, надання послуг електронної пошти, вирішення навігаційних завдань. Основна їх відмінність від геостаціонарних систем полягає в тому, що вони складаються з низькоорбітальних супутників з невеликою висотою орбіти (менше 1000 км). Для користувача це означає, що їх супутникові термінали мають менші розміри та невисокі ціни.

До систем, що забезпечують регіональну зону покриття, належать системи контролю рухомих об'єктів, у яких об'єкти не віддаляються від диспетчерського пункту далі фіксованої відстані (звичайно, не більше 1000 км). У цих системах можна підтримувати голосовий зв'язок між об'єктом і диспетчером, оперативно доставляти інформацію про місцезнаходження та стін транспортних засобів. Достатньо умовно до цього розряду можна віднести системи на базі транкового, стільникового та короткохвильового зв'язку.

Системи на базі транкового зв'язку можуть покривати значні площі, даючи можливість здійснювати «автороумінг» та «автопатчінг», тобто в них за рахунок поєднання окремих ретрансляторів у єдину логічну структуру в користувача відпадає необхідність турбуватися про перемикання радіочастотних каналів у разі переміщення в межах усієї системи. У світі розгорнуті й експлуатуються транкові системи різних стандартів: SmartTrank, MPT1327, LTR, SmartZone, EDACSnap. Системи на базі стільникового зв'язку все більше завойовують ринок України. Багато фірм випускають обладнання і пропонують готові системи. Широке застосування цих систем стримують висока ціна бортового комплекту і проблеми перевантаження системи зв'язку. Системи локальної зони покриття працюють, як правило, у радіусі до 100 км і найчастіше використовуються для забезпечення внутрішньоміських перевезень і пошуку викрадених автомобілів. У таких системах можуть використовуватися системи космічного, стільникового, транкового і короткохвильового зв'язку окремо один від одного або у різних поєднаннях.

За своїм призначенням AVL можна поділити на диспетчерські системи, системи дистанційного супроводження і системи відновлення маршруту.

Диспетчерські системи – це системи, у яких здійснюється централізований контроль у певній зоні за місцезнаходженням і переміщенням рухомих

об’єктів у реальному масштабі часу одним або кількома диспетчерами, що знаходяться у стаціонарних обладнаних диспетчерських центрах. Це можуть бути системи оперативного контролю переміщення патрульних автомобілів, контролю рухомих об’єктів, системи пошуку викрадених автомобілів. Передача координат може здійснюватися за допомогою космічного, модемного, транкового або стільникового зв’язку (рис. 5.9).

Рис. 5.9. Схема роботи диспетчерської навігаційної системи з варіантами передачі даних про місцезнаходження транспортного засобу

Системи дистанційного супроводження – це системи, у яких дистанційно контролюється переміщення рухомого об’єкта з допомогою спеціально обладнаного автомобіля або іншого транспортного засобу. Найчастіше такі системи використовуються під час супроводження цінних вантажів або контролю переміщення спеціальних транспортних засобів.

Системи відновлення маршруту – це системи, що вирішують завдання визначення маршруту або місцезнаходження транспортного засобу на підставі даних, отриманих тим чи іншим способом. Подібні системи застосовуються під час контролю переміщення транспортних засобів, а також з метою отримання статистичних даних про маршрути. У тому разі, коли потреба отримання інформації в реальному масштабі часу не є обов’язковою, однією з найдешевших систем контролю рухомих об’єктів є використання бортового накопичення параметрів руху транспортних засобів, що працює в режимі «чорного ящика», тобто здійснюється запис координат точок маршруту руху з відміткою часу їх проходження, а також фіксується додаткова телеметрична інформація, наприклад, температура в рефрижераторі, витрати пального, факти відкривання дверей фургона тощо. Для зональних диспетчерських систем ідеальним може вважатися отримання даних про місцезнаходження рухомого об’єкта до одного разу за хвилину. Системи дистанційного супроводження потребують більшої частоти відновлення інформації. Конкретні реалізації AVL-систем часто включа-

ють до свого складу технічні засоби, які забезпечують кілька способів визначення місцезнаходження.

5.2. Системи визначення місцезнаходження автомобіля

5.2.1. Принципи контролю місцезнаходження

Пристрої визначення місцезнаходження автомобіля є невід'ємною частиною багатьох телематичних систем. Системи моніторингу транспорту, впроваджені на підприємства будь-якої спеціалізації, сприяють підвищенню його економічної ефективності, забезпечують додаткову безпеку водія і транспорту під час транспортування вантажів на далекі відстані. Знання траєкторії та параметрів руху автомобіля під час ДТП сприяє швидкому й об'єктивному виявленню винуватців пригоди, Завдання визначення місцезнаходження транспортного засобу полягає у визначенні його координат на поверхні Землі. Це завдання вирішують інерційні (нерухомі) та інтегровані навігаційні системи, які є невід'ємною частиною практично усіх телематичних систем [9, 14, 30]. Знання місцезнаходження і траєкторії руху автомобіля необхідне для таких систем, як:

- системи моніторингу роботи пасажирського транспорту;
- системи слідкування за вантажем;
- система екстреного реагування під час аварій «ЕРА-ГЛОНАСС»;
- пошуково-охоронні системи автомобіля;
- системи запису параметрів автомобіля у разі ДТП («чорні ящики») та ін.

На сьогодні знаходять застосування такі системи визначення місцезнаходження транспортного засобу:

- супутникові навігаційні системи (ГЛОНАСС, GPS);
- інерційні системи (системи вирахування шляху);
- інтегровані навігаційні системи;
- системи визначення координат за базовими станціями GSM.

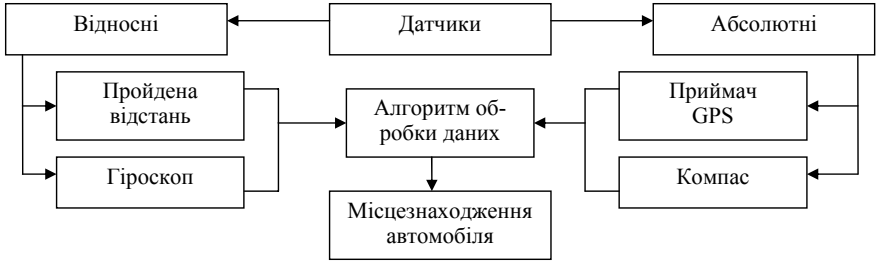


Рис. 5.10. Системи і датчики визначення місцезнаходження автомобіля

Існують системи абсолютного й відносного позиціонування (рис. 5.10). В абсолютних системах отримання нових координат не залежить від попереднього місцезнаходження об'єкта. Прикладом таких систем є системи супутникової навігації. У системах відносного позиціонування для вирахування наступних координат у процесі руху транспортного засобу необхідна прив'язка до його початкових координат. За таким принципом працюють інерційні системи.

5.2.2. Визначення місцезнаходження транспортного засобу за допомогою базових станцій GSM

Визначення координат автомобіля на поверхні Землі виконується з допомогою різних навігаційних систем таких, як супутникові навігаційні системи, інерційні й інтегровані системи, системи визначення координат з допомогою базових станцій GSM. Ці системи мають свої достоїнства та недоліки і знаходять широке застосування у телематичних системах.

Метод визначення місцезнаходження транспортного засобу з допомогою базових станцій GSM широко використовується у різних телематичних системах таких, як, наприклад, охоронно-пошукових системах. Завдання позиціонування передбачає автоматичне визначення місцезнаходження транспортного засобу на місцевості (електронній карті) або знаходження його географічних координат (широти та довготи).

Принцип дії GSM-позиціонування дуже схожий на роботу СНС, тільки тут роль супутників грають наземні базові станції стільникової мережі. Так само як у супутникових навігаційних системах, для визначення координат необхідно визначити відстані між базовими станціями (БС) та транспортним засобом, а потім розв'язати систему рівнянь.

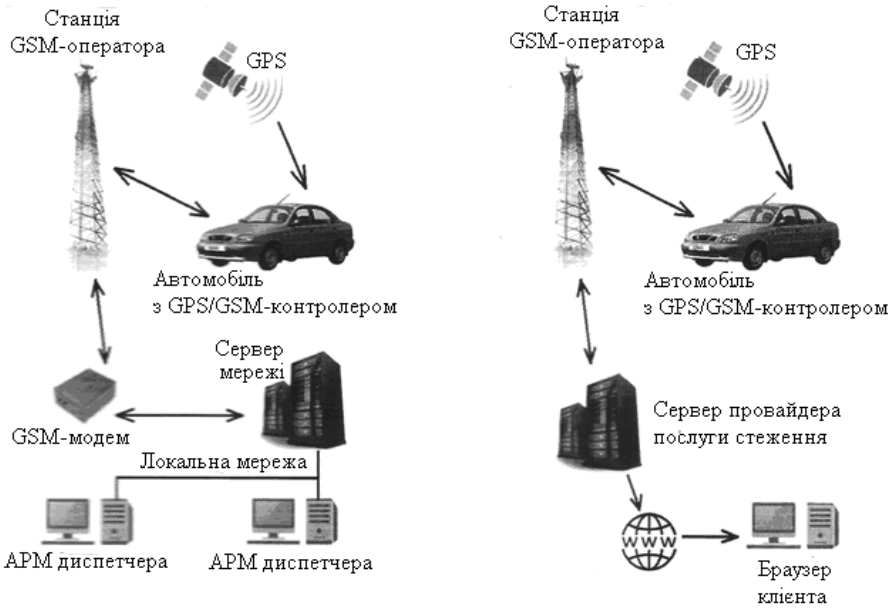
Існують два методи визначення відстані – далекомірний і кутомірний. При реалізації далекомірного методу на базових станціях вимірюється час розповсюдження сигналу від передатчика GSM, що встановлений на рухомому об'єкті (мобільній станції), до БС. Тут можна виділити два способи визначення координат UL-TOA (Up Link Time Of Arrival – від англ. час прибуття) та E-OTD (Enhanced Observed Time Difference – з англ. дотримувана різниця у часі).

Метод UL-TOA ґрунтується на вимірюванні інтервалів часу проходження сигналу від мобільної станції (МС) до кількох базових станцій. У системі працюють мобільна і три базові станції, координати яких відомі. При цьому годинники на всіх БС повинні бути строго синхронізовані.

Передатчик GSM, установлений на МС, надсилає сигнал, який приймають усі базові станції. БС визначають час отримання сигналу і передають ці дані до обчислювального центра, де і розраховуються координати автомобіля (рис. 5.11).

У табл. 5.1 [14] представлені деякі системи GSM-позиціонування та їх характеристики.

Робота системи навігації в реальності відбувається значно складніше, оскільки існують деякі проблеми, що вимагають спеціальних технічних прийомів з їх вирішення. Тому у цей час іде розвиток систем геостаціонарного доповнення для всіх навігаційно-геодезичних систем, тобто систем GPS та ін. Системи доповнення називають широкозонними системами супутникової диференціальної навігації SBAS. Вони дають можливість розширити зону, яку можна забезпечити диференціальними поправками (один геостаціонарний супутник може забезпечити поправками територію рівну за площею одній третини від всієї поверхні Землі). У таких системах реалізований принципово інший метод формування корекцій і передачі інформації усім користувачам через геостаціонарний супутник.



а б

Рис. 5.11. Схема отримання даних про місцезнаходження автомобіля за допомогою стільникового зв'язку власним диспетчерським пунктом (а) й через Інтернет (б)

Таблиця 5.1

Характеристики деяких систем GSM-позиціонування

Система позиціонування	Фірма-виробник	Точність, м	Швидкодія, с
Mobile Positioning System	Ericsson	100	5
CURSOR	Cambridge Positioning System	50	5
TeleSentinel	KSI Inc.& true Position	125	<10
Sigma-5000	SigmaOne Communication Corp.	90-150	<2
Geometrix	Allen Telecom	<150	<1
RadioCamera	U.S. Wireless Corp.	50	2
Finder	CellPoint	75	5

5.2.3. Інерційні та інтегровані системи вирахування пройденого шляху

Існують системи абсолютного та відносного позиціонування. В абсолютних системах отримання нових координат не залежить від попереднього місця розташування об'єкта. Прикладом таких систем є системи супутникової навігації. У системах відносного позиціонування для вирахування наступних коорди-

нат у процесі руху автомобіля необхідна прив'язка до його попередніх координат. За таким принципом працюють інерційні системи.

Принцип дії інерційної навігаційної системи. Метод інерційної навігації (метод навігаційного вирахування шляху, визначення місцезнаходження) передбачає оснащення транспортного засобу датчиками напрямку (курсу) α та пройденого шляху s, за показаннями яких визначається місцезнаходження об'єкта відносно опорної точки з відомими координатами x_0, y_0 (рис. 5.12). Вимірювання виконуються у системі координат, у якій вісь «y» спрямована на Північний полюс, а вісь «x» означає напрямок «схід-захід». Курсом (напрямком) називають кут між напрямком на Північний полюс (курсом 0°) та напрямком руху [14].

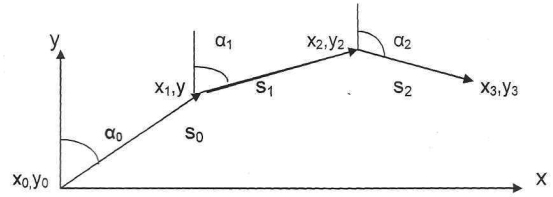


Рис. 5.12. Метод навігаційного вирахування шляху

Інтегрованою навігаційною системою називається така система, до складу якої входять дві різні навігаційні системи – супутникова (СНС) та інерційна (ІНС). Вихідні навігаційні дані розраховуються на основі показань обох систем.

Необхідність інтеграції двох систем навігації зумовлена принципово різним характером помилок, притаманних кожній з них.

Помилки супутникових навігаційних систем зумовлені наявністю перешкод у каналі передачі інформації, зміною геометрії сузір'я супутників, відсутністю сигналу під час руху під мостами, естакадами, дискретністю роботи системи.

Недоліком інерційних систем є те, що з часом помилка у визначенні координат накопичується внаслідок інтегрування сигналів акселерометра та гіроскопа. Використання одночасно двох систем підвищує точність і надійність роботи навігаційного комплексу.

На рис. 5.13 показана функціональна схема інтегрованої системи навігації.

Інерційні та інтегровані навігаційні системи на сьогодні знаходять широке застосування для побудови аварійних тахографів (чорних ящиків).

Інтегрована навігаційна система складається з інерційної і супутникової систем, дані з яких надходять на математичний фільтр Калмана, вихідний сигнал якого вносить поправки у виміряні навігаційні дані.

Фільтр Калмана – це спеціальний алгоритм обробки даних, який дає можливість за результатами двох неточних вимірювань координат отримати їх точне значення. Тому інтегрована навігаційна система дає можливість отримувати точні координати транспортного засобу в режимі реального часу, ґрунтуючись на вимірюваннях, що містять похибки.

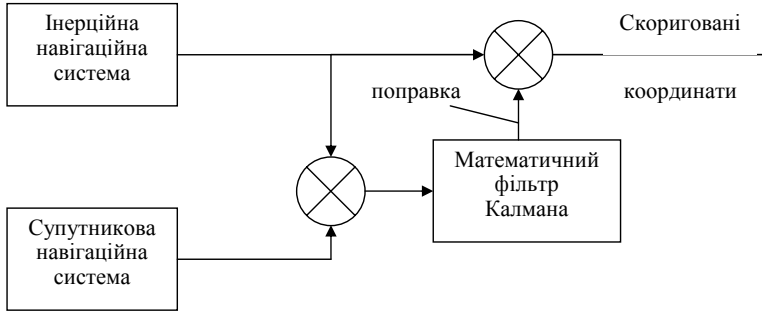


Рис. 5.13. Функціональна схема інтегрованої навігаційної системи

5.2.4. Методи визначення місцезнаходження автомобілів, що використовуються в AVL-системах

Використовувані в AVL-системах методи визначення місцезнаходження автомобілів можна розділити на три основні категорії:

- методи наближення (зональні);
- методи навігаційного вирахування;
- методи визначення місцезнаходження за радіочастотою.

Для використання методів наближення створюється мережа контрольних зон шляхом установлення достатньо великої кількості контрольних пунктів з точно відомим місцем знаходження. Положення автомобіля визначається за проходженням ним контрольного пункту шляхом автоматичного використання встановленої бортової апаратури. Точність місцезнаходження об'єкта напряму залежить від щільності розташування контрольних пунктів. Вартість використання цих методів достатньо висока, особливо у разі необхідності охоплення значних територій. Місце розташування автомобіля за радіочастотою визначається шляхом вимірювання різниці відстані транспортного засобу від трьох або більше відносних позицій.

Дану групу методів можна умовно поділити на дві підгрупи:

- радіопеленгація, коли абсолютне або відносне місце розташування рухомого об'єкта визначається при прийомі випромінюваного ним радіосигналу мережею стаціонарних або мобільних прийомних пунктів;
- вирахування координат за результатами прийому спеціальних радіосигналів на борту рухомого об'єкта (методи прямої або інверсної радіонавігації).

Методи навігаційного вирахування основані на вимірюванні параметрів руху автомобіля з допомогою датчиків прискорень, кутових швидкостей у сукупності з датчиками пройденого шляху і датчиками напрямку та вирахуванні на підставі цих даних поточного місцезнаходження рухомого об'єкта відносно відомої початкової точки.

У цілому дані методи можуть використовуватися у тих самих системах, що і методи, основані на радіонавігації. Основна їх перевага порівняно з мето-

дами радіонавігації – незалежність від умов прийому навігаційних сигналів бортовою апаратурою.

Таким чином, поточні координати автомобіля можуть бути визначені, якщо відоме положення стартової точки на карті. Для визначення напрямку руху автомобіля використовується геометричний датчик азимуту (компас), гіроскоп або датчики швидкості обертання коліс.

5.2.5. Моніторинг місцезнаходження за електронними картами

Телематичними вважають системи, які працюють у розділювальному інформаційному і комунікаційному середовищі. Це спільне із транспортом середовище, яке використовується телематичними системами для підвищення якості й ефективності транспорту.

Для моніторингу місцезнаходження автомобілів використовуються електронні карти. Такі системи є певною послідовністю організаційно-технологічного і технічного стану транспортної системи та ведуть до спільного використання інформації про транспорт у будь-якому місці й у будь-який час системою, що позначається як телематична. Саме такі системи сьогодні розглядаються на автомобільному транспорті як «транспортно-телематичні».

Електронна карта – це карта, яка існує у вигляді комп'ютерного файла. Спеціальне програмне забезпечення може відображати інформацію з цього файла на екрані дисплея, прокладати маршрути руху та ін. Існує два види електронних карт: растрові й векторні.

Растрові карти – це цифрове зображення, яке отримане шляхом сканування звичайної паперової карти. Так само як і цифрова фотографія, вона є копією оригіналу з точністю до елемента сканування (пікселя). Растрові карти – це зображення місцевості, до якого прив'язуються географічні координати. Масштаб растрової карти напряму залежить від початкового варіанту: або це фотографія із супутника, або відсканована паперова карта. Недоліком растрових карт є те, що вони займають дуже великий обсяг пам'яті. Дійсно, якщо відсканувати у повнокольоровому режимі карту розміром 50×50 см з роздільною здатністю 508 dpi, то результуючий файл буде мати розмір 75 Мб. Недоліком растрових карт є також те, що за ними не можна визначити оптимальний маршрут руху, розрахувати профіль земної поверхні тощо. Перераховані недоліки суттєво обмежують застосування растрових карт, однак у деяких випадках їх використання буває виправдане через низькі затрати на їх виробництво.

Векторні карти – це база даних, у якій зберігається інформація про об'єкти, їх координати, взаємне місцезнаходження, про характеристики місцевості (гори, озера, дороги тощо). Основна відмінність векторної карти від растрової полягає в тому, що у програмі зберігається не само зображення, а дані, за якими карта місцевості відтворюється на екрані комп'ютера або навігатора за математичними формулами й алгоритмами, що визначають геометричну форму, розмір, колір, місцезнаходження об'єктів.

5.2.6. Засоби визначення пройденого шляху

Існують різні методи визначення пройденого шляху та напрямку руху.

Для вимірювання пройденої відстані використовуються датчики, які встановлюють на привідному валу трансмісії або колесах. Широке застосування в автомобілі знаходять інерційні датчики: акселерометри і гіроскопи, виготовлені за сучасною мікроелектромеханічною (МЕМС) технологією. Концепція МЕМС полягає в інтеграції мікромеханічних структур датчиків (чутливих елементів датчика – ЧЕ) з електронними схемами, які обробляють сигнал з ЧЕ. Уся конструкція поміщається на спільній підкладці й виготовляється за тими самими технологіями, що й інтегральні мікросхеми.

Найпростішим датчиком пройденого шляху S є **одометр**, на який надходить інформація з датчиків швидкості обертання коліс.

Одометрам притаманна низка систематичних похибок, які впливають на точність вимірювань [10, 14, 15]. Помилки виникають з таких причин:

- через різницю в діаметрах нової та спрацьованої покришки, яка дає похибку у визначенні пройденої дистанції до 3%;
- через збільшення діаметра покришки під дією відцентрової сили. Так, при зростанні швидкості автомобіля на кожні 40 км/год похибка у визначенні пройденої дистанції збільшується на (0,1-0,7)%;
- зміна тиску в шинах на 689 кПа збільшує похибку на (0,25-1,1)%.

Інший метод визначення пройденого шляху – використання інерційних приладів, наприклад, акселерометра в якості датчика пройденого шляху.

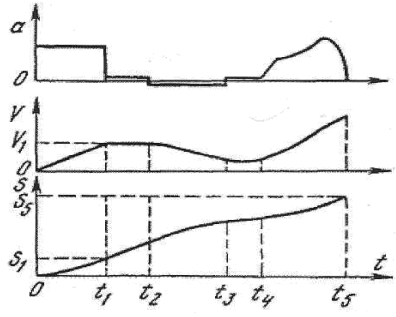


Рис. 5.14. Графіки зміни прискорення (*a*), швидкості (*V*), пройденого шляху (*S*)

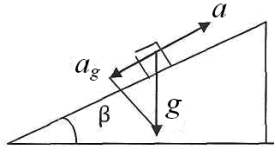


Рис. 5.15. Рух автомобіля дорогою з ухилом

Акселерометр – прилад, що вимірює прискорення. Прискорення – це вектор, який має величину і напрямок. Одиниця вимірювання прискорення – ***g*** (прискорення вільного падіння, що дорівнює 9,81 м/с^2). Вимірюючи прискорення руху транспортного засобу, можна шляхом інтегрування вирахувати швидкість, а інтегруванням швидкості визначити пройдений шлях (рис. 5.14) [14]. Акселерометр установлюється так, щоб його вісь вимірювання збігалася з поздовжньою віссю автомобіля, при цьому після подвійного інтегрування сигналу акселерометра буде реєструватися пройдений шлях транспортного засобу.

Однак, слід відмітити, що під час підйому або спуску автомобіля акселерометр буде вимірювати не тільки прискорення руху автомобіля «*a*» (рис. 5.15),

але й проекцію прискорення вільного падіння ***g*** на напрямок руху «a_g», що буде привносити помилки у вимірювання, Скоригувати показання акселерометра під час руху автомобіля негоризонтальною поверхнею можна з допомогою гіроскопа.

Гіроскоп – пристрій, що вимірює кутову швидкість обертання навколо осі, відносно якої він орієнований.

Установивши гіроскоп на транспортному засобі так, щоб він вимірював швидкість зміни кута нахилу автомобіля, а потім, проінтегрувавши сигнал з виходу гіроскопічного датчика, отримуємо сигнал, що відповідає куту β відхилення автомобіля від горизонтальної площини. Знаючи кут нахилу руху, можна легко розрахувати складову прискорення вільного падіння «a_g» і внести поправки у показання акселерометра. Такі системи називаються безплатформенними інерційними навігаційними системами (БІНС). Акселерометри і гіроскопи жорстко зв'язані з корпусом автомобіля.

Напрямок руху транспортного засобу в ІНС визначається двома основними способами: магнітним компасом і гіроскопом.

Гіроскопи – це датчики кутової швидкості, які реєструють обертання об'єкта в інерційній системі координат. За кількістю осей обертання гіроскопи поділяються на одно-, дво- та тривісні. За принципом дії найбільш розповсюдженими на сьогоднішній день МЕМС-гіроскопами є вібраційні й оптичні гіроскопи. Застосовуються також волоконно-оптичні та лазерні гіроскопи.

Напрям руху транспортного засобу можна визначити також з допомогою **магнітних компасів**. Принцип дії датчиків курсу полягає у вимірювання складових магнітного поля Землі та визначенні курсу.

У сучасних електронних магнітних компасах в якості чутливого елемента використовуються датчики, що називаються **магнітометрами**, які вимірюють інтенсивність однієї або кількох складових магнітного поля Землі у тій точці, де вони знаходяться. У сучасних магнітних компасах використовуються анізотропні магніторезистивні датчики. Зв'язок компаса із зовнішніми пристроями здійснюється з допомогою інтерфейсів RS-232/485.

До основних недоліків магнітного компаса відносяться невисока точність, необхідність уведення поправки на магнітне схилення і, головне, необхідність урахування магнітних полів самого транспортного засобу та інших чинників спотворення магнітного поля Землі. Усунення похибок, що пов'язані зі спотвореннями магнітного поля Землі, можна досягти шляхом попереднього калібрування приладу.

Для визначення курсового кута широко використовуються також гіроскопи, які вимірюють швидкість обертання відносно однієї або кількох осей. При цьому прив'язка до системи координат, у якій відбувається вимірювання, відповідає певному положенню корпуса гіроскопа у просторі. Встановивши гіроскоп на транспортному засобі так, щоб він вимірював швидкість обертання відносно вертикальної осі, спрямованої на північ, і проінтегрувавши сигнал з виходу гіроскопічного датчика, отримаємо сигнал, що відповідає курсовому куту автомобіля.

Для правильного функціонування інерційних систем перед початком роботи потрібно ввести початкові координати транспортного засобу і виконати

орієнтування інерційних вимірювачів (акселерометра, магнітного компаса і гіроскопа) щодо осей, пов'язаних з корпусом автомобіля.

Основним достоїнством ІНС є їх автономність. Робота таких систем не зазнає впливу погодних умов і електромагнітного випромінювання, не вимагає сигналів від інших зовнішніх пристроїв та каналу зв'язку. ІНС мають високу швидкість визначення і видачі даних (100 Гц і більше). При використанні тривісних акселерометрів та гіроскопів можна отримати повний набір параметрів, що характеризують рух транспортного засобу: прискорення, швидкість, координати, кутові швидкості та кути положення автомобіля за всіма координатними осями.

Недоліками ІНС є необхідність введення початкових значень координат і наростання помилок вимірювання з часом. Це зумовлено інтегрувальною дією самої системи. Швидкість вираховується інтегруванням прискорення, а пройдена відстань – інтегруванням швидкості, тому помилки вимірювання швидкості та відстані постійно наростають. Коригування помилок виконується з використанням цифрової векторної карти або супутникової системи навігації.

Пристрій реєстрації параметрів руху (ПРПР) компанії ТеКнол – це інтегрована навігаційна система. ПРПР вирішує такі завдання:

- визначення навігаційних параметрів транспортного засобу;
- визначення кутів орієнтації – курсу, нахилу, тангажа;
- визначення параметрів руху – прискорень та кутових швидкостей за трьома осями;
- реєстрація і зберігання виміряних параметрів у цифровому накопичувачі даних;
- аналіз руху з допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Завдяки виміряним параметрам можна точно відновити картину руху автомобіля у разі ДТП:

- установити траєкторію руху, наявність чи відсутність гальмування або маневрування у момент, що передує ДТП;
- наявність і момент занесення автомобіля;
- наявність і момент перекидання.

При цьому страхові компанії та дорожня поліція отримують реальний і об'єктивний інструмент для розбору ДТП. Слід відмітити, що «чорними ящиками» уже обладнані більше 90% нових автомобілів на ринку США, у Росії «чорні ящики» входять у систему екстреного реагування у разі аварії «ЭРА-ГЛОНАСС».

5.2.7. Схеми навігаційних систем моніторингу автомобілів

Система моніторингу складається з таких основних компонентів: датчики збору інформації, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), автономний мікропроцесорний реєстратор з програмним забезпеченням для перетворення цифрової інформації, GPS-навігатор. Структурна схема такої спрощеної системи моніторингу приведена на рис. 5.16. Аналогові сигнали від усіх датчиків обробляються аналого-цифровим перетворювачем і записуються в пам'ять реєструвального пристрою. Автономний пульт дає можливість керувати процесом за-

пису та відтворенням записуваної інформації. Система має USB-інтерфейс для обміну й обробки записаної інформації на комп'ютері.

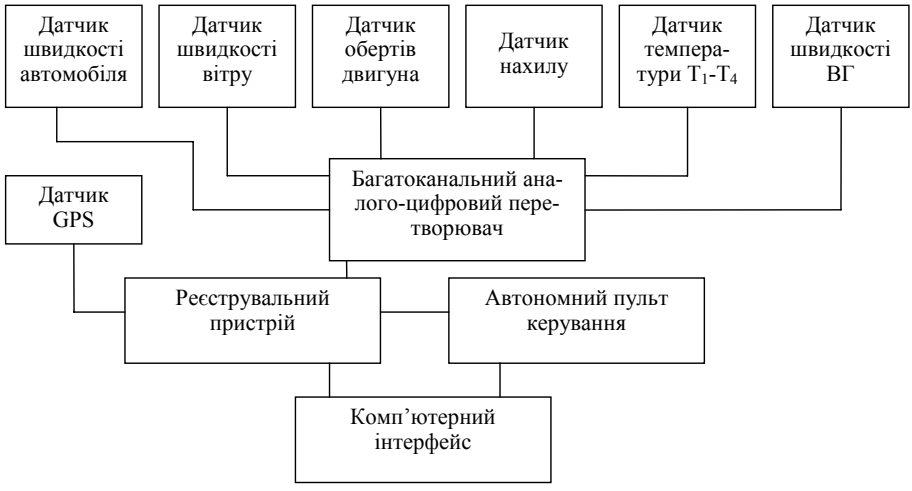


Рис. 5.16. Структурна схема системи моніторингу

Система моніторингу збирає та реєструє таку мінімальну кількість даних:
- температуру вихлопних газів;
- температуру довкілля;
- швидкість руху газів у вихлопній трубі;
- швидкість руху автомобіля;
- швидкість вітру відносно напрямку руху;
- кут нахилу автомобіля відносно горизонтальної осі;
- оберти вала двигуна за одиницю часу;
- координати автомобіля з прив'язкою до реальної карти місцевості;
- електричний струм, напругу і потужність генератора.

У процесі роботи поточні дані від датчиків відображаються на вбудованому екрані реєстратора. На основі оброблених даних отримують табличні й графічні числові залежності параметрів автомобіля, що рухається.

Навігатори. Навігатори або приймачі – це прилади, які отримують сигнали від глобальної системи позиціонування і самі визначають своє поточне місцезнаходження на Землі. Усі навігатори поділяються на два основні типи: кодові (побутові) і фазові (професійні).

На. сьогодні це винятково кодові приймачі, які отримали назву GPS-навігатори.

В основі визначення координат GPS-приймача лежить вирахування відстані від нього до кількох супутників, розташування яких вважається відомим (ці дані знаходяться у прийнятому із GPS-супутника «альманасі» (рис. 5.17). Для забезпечення точності ±1,0 м необхідно застосувати метод широкосмугового диференціального супутникового позиціонування. Для цього слід мати мережу опорних станцій (див. підрозділ 5.1.2). В результаті точність визначення

місцезнаходження транспортного засобу визначається помилками 1, 2, 3 (рис. 5.17) і може знаходитися у межах від ±1,0 м (і менше) до (±10-15) м.

Побутові GPS-навігатори за виконанням поділяються на три основні групи:

1 – портативні пристрої (туристичні, транспортні, спортивні);

2 – вбудовані як функціональний елемент в інші прилади (у мобільні телефони, комунікатори і т. п.);

3 – GPS-трекери і GPS-логери (пристрої, що здійснюють запис і передачу координат на серверний центр диспетчеру та використовуються для супутникового моніторингу автомобілів, людей, інших об'єктів).

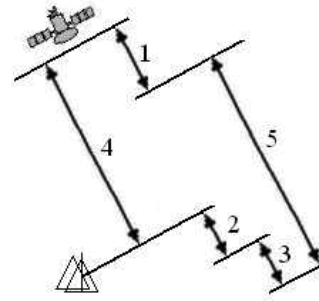


Рис. 5.17. Помилки у визначенні дальності:
1 – помилки годинника супутника; 2 – помилки, причиною яких є затримки сигналів у тропосфері, іоносфері тощо; 3 – помилки годинника приймача; 4 – справжня дальність; 5 – псевдодальність

Пристрої першої групи мають свій власний процесор для виконання навігаційних функцій. Пристрої другої групи, хоча і оснащені власними GPS-чіпсетами, але для виконання своїх завдань користуються навігаційними програмами, призначеними для тієї операційної системи, яка встановлена на основному пристрої. Пристрої третьої групи, на відміну від перших двох, не мають, як правило, власних дисплеїв для відображення інформації і служать винятково для збирання, передачі та зберігання даних, які потім можуть бути оброблені і використані з найрізноманітнішою метою, наприклад, для супутникового моніторингу.

Побутові GPS-навігатори за приналежністю поділяють на три основні типи:

- автомобільні;
- пішохідні;
- морські.

Найпоширенішими, на сьогодні, є навігатори автомобільні. Їх важлива особливість – це висока чутливість до сильно ослаблених і відбитих супутникових сигналів. Основне призначення – точне визначення власних просторових координат у складних електромагнітних умовах, зумовлених екрануючою поверхнею автомобіля й міськими забудовами. Автомобільні навігатори забезпечені детальною картою, за допомогою якої можна прокласти маршрут, що враховує усі правила руху. Багато моделей дають можливість завантажувати інформацію про пробки і дорожні роботи. Навігатори мають великий, часто сенсорний кольоровий дисплей, оптимізовані для використання в автомобілі. У цілому, сучасні GPS/ГЛОНАСС-навігатори – це кишенькові ПК з сенсорним екраном і обов'язковим GPS/ГЛОНАСС-модулем. Ці пристрої можуть бути як вбудовані в автомобіль на виробництві, так і встановлені після його покупки [13, 14].

Проте окрім автомобільних (відповідно, транспортних) навігаторів водії транспортних засобів широко використовують навігатори, вбудовані в телефон,

планшет, смартфон і т. п. Існують спеціалізовані типи, тобто автомобільні варіанти цих пристроїв. Вони відрізняються лише наявністю: спеціального автомобільного кріплення, автомобільного зарядного пристрою, акумулятора меншої ємності (через малий час використання поза автомобілем). Ці факти слід визнати перспективним напрямом в інтеграції інформаційних технологій на автомобільному транспорті.

Високоінтегрований пристрій AVL 75 можна використовувати для різних цілей, пов'язаних з моніторингом переміщення транспортних засобів і контролем їх технічного стану. Корпус AVL 75 об'єднує такі пристрої:

- компактний бортовий комп'ютер Votex 86;
- чотиридіапазонний GPRS-модем;
- GPS-приймач;
- інтерфейс для зв'язку з контролером керування двигуном (OBD-II або CAN);
- вісім каналів дискретного введення та вісім каналів дискретного виведення.

Система автомобільної навігації на платформі AVL 75 дає можливість оперативно отримувати інформацію про місцезнаходження автомобіля, відображати поточне місцезнаходження на електронній карті, може використовуватися для контролю режиму експлуатації та технічного стану автомобіля.

Якщо у діапазоні роботи навігатора з'явиться більше чотирьох супутників, то інформації для визначення місцезнаходження стає більше. Якщо приймач має можливість вибрати з великої кількості сигналів кращі, це позитивно позначиться на якості визначення координат. Якщо ж вибору немає, то точність роботи буде низькою.

З кожного супутника постійно передається закодований сигнал мітки часу для узгодження всіх приймачів і визначення відстані від супутника до приймача. У свою чергу кожен супутник отримує сигнали щодо його координат від наземних станцій спостереження. Бортове обладнання транспортних засобів включає навігаційний обчислювач, радіостанцію УКХ-діапазону або стільниковий телефон.

Навігаційні системи поділяють на навігаційні системи водія та диспетчерські. Навігаційні системи водія призначені для надання водієві інформації про його місцезнаходження на панель приладів або прямо на лобове скло для прокладання маршруту на карті міста, контролю графіка руху. За типом виконання такі системи можуть бути:

- картографічні, які показують трасу маршруту та місцезнаходження на карті (дисплеї);
- маршрутні, які вказують водію напрямок руху, залежно від його місцезнаходження (звукові повідомлення).

Як бортові пристрої для реалізації on-line моніторингу використовується GPS-автотрекер або GPS-контролер.

GPS-трекер – це різновид GPS-приймача, але з додатковою функцією. Він складає основу як крекінгових систем, так і систем моніторингу.

Трекери бувають двох видів:

- GPS-трекери персональні;

- GPS-трекери для стеження за транспортом (навігаційні трекери).

Сучасні трекери складаються з великого набору контрольних пристроїв, що підключаються, мають значний об'єм «чорного ящика» тощо.

Контролер трекера, як правило, оснащується світлодіоднимн індикаторами, які відображають своїм кольором роботоздатність його складових елементів:

- зелений (живлення);
- жовтий (стан зв'язку по супутниковому каналу – індикатор GPS/ГЛОНАСС);
- червоний (стан зв'язку по стільниковому каналу – індикатор мережі GSM).

Контролер містить GPS-приймач, за допомогою якого він визначає свої координати, а також передавач на базі GSM, який передає дані по GPRS, SMS або на базі супутникового зв'язку для відправки їх на серверний центр, оснащений спеціальним програмним забезпеченням для супутникового моніторингу. Окрім GPS-приймача і передавача важливими технічними елементами трекера є:

- антена GPS, яка буває як зовнішня, так і вбудована в трекер;
- акумуляторна батарея;
- вбудована пам'ять;
- контакти діагностичного рознімання J1962 (K-Line, L- Line, CAN та ін.);
- зовнішні карти microSD для налаштування функції «автоінформатор», тобто голосового сповіщення геозон на маршруті руху автомобіля і запису архіву пам'яті;
- пристрої контролю (витрати пального, рівня пального в баку, відкриття замків кузова і тощо.

Зовнішній вигляд трекера (сканера-комунікатора) для відслідковування транспорту наведений на рис. 5.18.

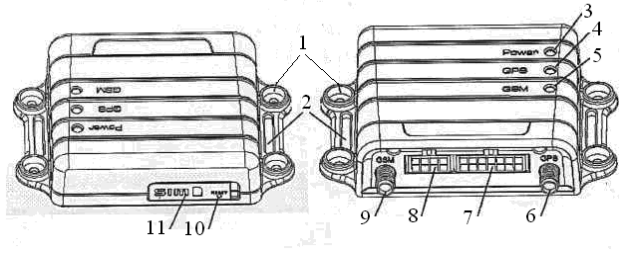


Рис. 5.18. Трекер для відслідковування транспорту:

1 – отвори для кріплення гвинтами; 2 – отвори для кріплення стяжками; 3 – індикатор живлення; 4 – індикатор GPS; 5 – індикатор GSM; 6 – гніздо антени GPS; 7 – основний інтерфейсний рознімач; 8 – додатковий інтерфейсний рознімач; 9 – гніздо антени GSM; 10 – кнопка Reset; 11 – гніздо SIM-карти

Системи супутникового моніторингу GPS представляють глобальний розвиток і централізацію систем попереднього покоління у єдиний розподілений центр GPS-моніторингу. У такому варіанті інформацію з датчиків, збирають один або кілька комунікаційних серверів (через це трекер частіше називають сканер-комунікатор), потім ця інформація переходить на один основний сервер

бази даних і розходиться між приєднаними серверами, які вже забезпечують взаємодію з клієнтом. При такій побудові системи користувачі з різних районів, держав і навіть материків працюють з ближче розміщеним регіональним WEB-сервером.

Отримані дані щодо позиціонування також можуть накопичуватися у бортовому пристрої, а потім переноситися до центральної бази після повернення у парк (обсяг пам'яті може варіюватися від п'яти до шестидесяти днів) або ж передаватися на центральний сервер у режимі реального часу.

Автомобільний трекер (сканер-комунікатор, автомобільний контролер) визначає місцезнаходження автомобіля згідно з методом місцевизначення за радіочастотою радіонавігації шляхом вимірювання різниці відстані автомобіля від трьох або більше відносних позицій.

Інформація від сканер-комунікатора надходить в електронний інформаційний метапростір каналами мобільного радіозв'язку, відповідно до стандарту якого кожен комунікаційний контролер має 15-ти значний IMEI-номер (International Mobile Equipment Identifier). Саме за цим номером сканер-комунікатор розпізнається в мережах зв'язку.

Ключем до всіх послуг мобільного зв'язку є ідентифікація абонента (сканер-комунікатора), що забезпечує SIM-карта – ідентифікаційний модуль абонента, в якому знаходиться мікропроцесор і пам'ять, куди можна заносити різну інформацію.

Комунікаційний контролер в мережу мобільного зв'язку підключається під своїм іменем (номер телефона) і паролем (PIN-код), а до сервера – під номером телефона та IMEI-номером сканер-комунікатора.

5.2.8. Функціональні можливості супутникового моніторингу автомобілів

Функціональні можливості поширених систем GPS-моніторингу наведено на прикладі системи Lookout:

- GPS-контроль маршруту, швидкості, обсягу витрати пального;
- визначення схеми пройденого маршруту транспортним засобом на електронній карті;
- виявлення несанкціонованих маршрутів і дій водіїв, контроль непланових витрат пального, антивикрадальна система;
- одночасний доступ користувачів до системи моніторингу з будь-якої точки;
- дані про всі переміщення і стан об'єктів зберігаються більше двох років (швидкість руху, режими роботи двигуна, закриття і відкриття дверей, час і кількість стоянок);
- сповіщення при виникненні тривожної ситуації – відправка тривожного повідомлення до центрального офісу або на мобільний телефон;
- можливість експортувати й імпортувати накопичені GPS дані для аналізу і порівняння в облікових системах АСУ підприємства.

Дана система складається з двох головних компонентів:

- спеціальний GPS-пристрій для накопичення та передачі інформації про рух автомобіля, а також даних з різних датчиків, у тому числі датчика рівня пального;

- програмне забезпечення для накопичення всіх даних та їх аналізу.

Система моніторингу в автоматичному режимі цілодобово збирає та накопичує деталізовану інформацію про вміст паливного бака, використання пального і параметри руху транспортного засобу, а також дає можливість щодня отримувати достовірні звіти щодо різних параметрів (пробіг, пальне тощо).

Європейська супутникова система Євтелтракс використовується для транспортного зв'язку і контролю за вантажними перевезеннями. Вона є найбільш поширеною системою транспортного зв'язку: 98% європейських автомобілів, оснащених супутниковим зв'язком, працюють у даній системі. У системі Євтелтракс використовуються геостаціонарні супутники європейського космічного співтовариства Eutelsat: один з них – для передачі повідомлень, а другий – для визначення (разом з першим) місця розташування автомобіля. Компанія Eutelsat володіє п'ятдесят п'ятьма геостаціонарними супутниками. які забезпечують охоплення двох третин земної кулі, є провідною у Європі та третім у світі оператором супутникового зв'язку.

Системи супутникового моніторингу транспорту вирішують такі завдання:

- визначення координат місцезнаходження транспортного засобу, його напрямок та швидкість руху, а також й інших параметрів: витрата пального, температура в окремих підсистемах и т. п.;

- контроль дотримання графіку руху – врахування пересування транспортних засобів, автоматичний облік доставки вантажів у задані точки тощо;

- збір статистки й оптимізація маршрутів – аналіз пройдених маршрутів, швидкісного режиму і т. п. транспортних засобів з метою визначення кращих маршрутів;

- забезпечення безпеки – дотримання правил і норм безпеки в процесі руху автомобіля по маршруту.

До складу системи супутникового моніторингу автомобільного транспорту входять такі компоненти:

- транспортний засіб, обладнаний GPS або ГЛОНАСС контролером, який отримує інформацію від супутників і передає їх до серверного центру моніторингу за допомогою GSM, CDMA або рідше супутникової й УКХ зв'язку. Останні два види актуальні для моніторингу в місцях, де відсутнє повноцінне GSM-покриття.

- серверний центр з програмним забезпеченням для прийому, зберігання, обробки й аналізу інформації;

- комп'ютер оперативного працівника, що веде моніторинг.

Типова структура системи супутникового моніторингу місця розташування, пройденого шляху, дистанційної діагностики, збору інформації з автомобілів та відслідковування маршруту руху показана на рис. 5.19.

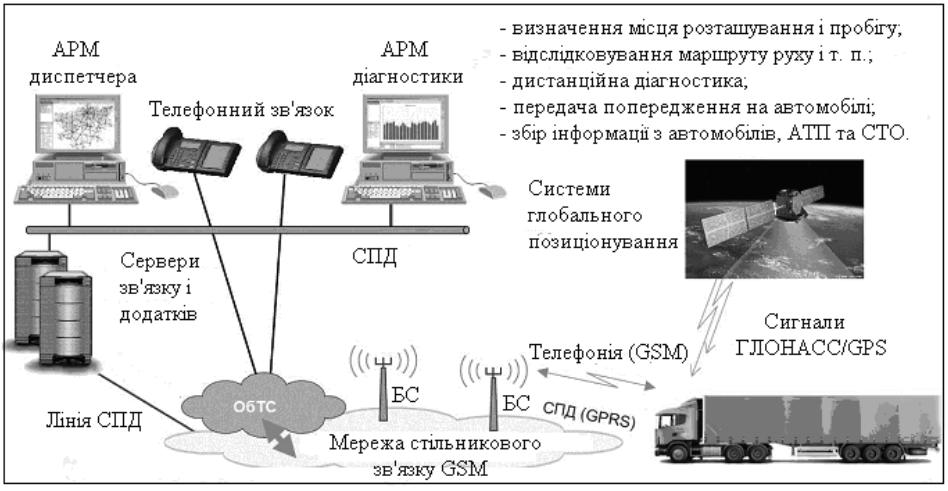


Рис. 5.19. Спрощена схема моніторингу транспортних засобів:
БС – базова передавальна станція і вишки радіоканалу; СПД – система передачі даних

Приймач GPS/ГЛОНАСС, установлений на автомобілі, за сигналами з супутників визначає свої координати і швидкість. Для отримання додаткової інформації на транспортний засіб установлюються додаткові датчики, що підключаються до GPS або ГЛОНАСС контролеру. Звичайно приймач GPS/ГЛОНАСС, контролер, вузли передачі даних (модеми, Wi-Fi) виготовлені у вигляді єдиного модуля – GPS (або ГЛОНАСС, або GPS/ГЛОНАСС) контролера. Контролер приймача формує кадри із зібраною інформацією і через мережу, наприклад, стільникового зв'язку з допомогою системи передачі даних передає ці кадри в сервер додатків. У сервері встановлене спеціальне програмне забезпечення, що обробляє отримані кадри.

В АРМ диспетчерів, підключених до сервера, відображається положення транспортного засобу, фактичний графік його руху і т. д., а в АРМ діагностики відображаються діагностичні повідомлення, що сформовані сервером.

Система «Сіті ГІС» надає якісне географічне програмне забезпечення. Програма відображає транспортні засоби та транспортні пригоди на векторній цифровій карті. Використання векторних карт, замість бітових, дає можливість більш швидкої обробки інформації, представлення карт у більш звичній для користувача формі звичайних карт, можливість підключення до векторних баз даних, наприклад, міських комунікацій, карти дорожніх знаків, пожежних гідрантів тощо. Нові транспортні пригоди, які реєструє операційне доповнення, відразу відображаються на карті.