

Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, О. П. Дроздівський

Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, Київ

## ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЇ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТУ

**Анотація:** В статті узагальнено досвід створення інтелектуальних транспортних систем в розвинених країнах, визначено вимоги до складу і точності цифрових карт для геоінформаційних систем навігації автомобільного транспорту, проаналізовано стан проблеми формування бази геопросторових даних дорожньо-транспортної інфраструктури та шляхи її вирішення в Україні.

**Ключові слова:** геоінформаційні системи, цифрові карти, GPS-навігація, бази геопросторових даних, мобільні системи картографування.

### 1. ВСТУП

У сучасній інфраструктурі дорожнього руху дедалі важливішу роль відіграють геоінформаційні та GPS-технології, які уже сьогодні дають можливість забезпечити безпосередніх учасників дорожнього руху та всі ланки керування транспортними системами необхідною оперативною і якісною просторово-часовою інформацією. Глобальна супутникова система позиціонування "Навстар" (NAVSTAR – Navigation Satellite Providing Time And Range) або коротко – GPS (Global Positioning System) дозволяє оперативно визначати координати місцеположення рухомих об'єктів практично в будь-якій точці земної кулі та в будь-який час, а геоінформаційні системи (ГІС) забезпечують відображення місцезнаходження об'єктів на електронних картах, моделювання та планування транспортних потоків, моніторинг стану транспортних систем в просторі та часі.

На основі GPS, ГІС, сучасних засобів зв'язку і телекомунікацій у розвинених країнах сві-

ту уже протягом декількох десятиріч створюються та розвиваються інтелектуальні транспортні системи (ІТС) [1, 2]. Вони використовуються як засоби контролю і впливу на систему наземного транспорту шляхом прямого керування (наприклад, сигналами регулювання трафіку або опосередковано через оперативні повідомлення учасників руху про стан транспортних шляхів та їх завантаженість, у тому числі з використанням засобів мобільного зв'язку та Інтернет).

Традиційний підхід до розвитку транспортних систем та вирішення проблеми перевантаження трафіку руху ґрунтується на формуванні нових магістралей та розширенні існуючих шляхів. Але, на жаль, зі збільшенням кількості транспортних засобів трафік перевантажується знову й знову невдовзі після завершення чергової реконструкції шляхової мережі. Виходячи з цього, ІТС сьогодні можна розглядати як важливу складову сучасного комплексного підходу до підвищення ефективності функціонування систем наземного транспорту за рахунок розвитку їх

інформаційної інфраструктури (автоматизованого збору даних про стан системи в масштабі реального часу, моделювання та прямого й опосередкованого оперативного впливу на формування і зміну транспортних потоків).

До основних чинників ефективного розвитку ринку геоінформаційних послуг в транспортному секторі України можна віднести формування міжнародних транспортних коридорів та зростання автоперевезень дорогих і спеціальних вантажів по території країни, зростання кількості імпортованих автомобілів, які оснащені сучасними мобільними навігаційними комплексами на основі GPS-приймачів та бортових комп'ютерів, розвиток телекомунікаційних технологій та засобів мобільного зв'язку з порівняно високою пропускнуною спроможністю та прийнятними цінами на послуги.

У цій статті узагальнено досвід реалізації проектів створення ІТС в Японії, США та країнах Європейського Союзу, висвітлено основні функції ІТС та напрями розвитку їх геоінформаційного і телекомунікаційного забезпечення, визначено вимоги до складу та роздільної здатності цифрових карт для навігаційних ГІС, представлено стан проблеми формування бази геопросторових даних до-

рожньо-транспортної інфраструктури та шляхи її вирішення в Україні.

## 2. КОМПОНЕНТИ ТА ФУНКЦІЇ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНО-НАВІГАЦІЙНИХ ГІС

**Бортові навігаційні комплекси** призначені для GPS-навігації наземних транспортних засобів та комплектуються різними компонентами: GPS-приймач або інтегрована платформа (GPS-приймач та інерціальна система) для визначення координат місцезнаходження транспортного засобу, напрямку та швидкості його руху; бортовий мікрокомп'ютер з ГІС для програмування маршруту та інформаційного супроводження водія під час руху транспортного засобу за вибраним маршрутом; мобільні засоби зв'язку (мобільний телефон або мінірадіостанція та радіомодем) для обміну даними з диспетчерським центром або іншими сервісними службами транспортної системи тощо.

У найпростішому застосуванні засобів GPS-навігації водій міжміського вантажного трейлера чи автомашини медичної швидкої допомоги, кермач яхти або просто турист може, маючи мініатюрну антену та GPS-приймач з цифровим дисплеєм навігаційного приладу розміром записничка, визначати координати свого місцезнаходження з точністю до 15 м. Інтегрування GPS-приймачів з бортовим комп'ютером, оснащеним програмними засобами геоінформаційної системи, дає можливість відображати місцезнаходження рухомих об'єктів на електронній карті, прокладати маршрути руху, постійно слідкувати за координатами рухомого об'єкта та видавати на екран дисплея або голосом рекомендації щодо можливих маневрів для оптимального руху по вибраному маршруту. На електронні карти країн Європейського Союзу, США та Канади занесено 99 % усіх вулиць і провулків, адреси, об'єкти дорожньої інфраструктури та соціаль-



Рис. 1. Типові види електронних навігаційних карт на дисплеї автомобільної ГІС

но-побутового обслуговування. Автомобільні ГІС пропонують для вибору мови інтерфейсу – серед них зазвичай дві англійські (британська і США), угорська, польська (російської та української, на жаль, поки що не пропонують). Можна також вибрати голосовий супровід як на різних мовах, так і різним голосом (чоловічим або жіночим – на вибір). Електронні карти на дисплеї бортового комп'ютера формуються як у класичному, так і в 3D-виді (рис. 1), що дуже зручно при русі на транспортних розв'язках. Перемальовування і масштабування карт відбувається досить швидко. Доступні різнокольорові схеми дорожньої інфраструктури. Це дуже важливо, тому що в різних країнах прийняті різні системи дорожніх позначень, отже можна встановити ту схему, яка є звичною для водія, або яка найбільш оптимальна для даної країни. ГІС автоматизує прокладання маршруту, для цього достатньо вказати кінцеву точку подорожі і ГІС негайно розрахує оптимальний шлях. При відхиленні від маршруту (наприклад, водій проскочив поворот або розв'язку) система досить швидко перерахує маршрут і почне супроводжувати рух по новому маршруту. При цьому вона "не забуває" завчасно попереджати про необхідні маневри, світлофори, повороти і т. ін. Велика база геопросторових даних дає змогу шукати об'єкти як за адресою, так і за їх функціональною приналежністю. У будь-який момент можна дати команду "Navigate to" > "Point of Interest" > та вибрати потрібну адресу або один з кількох десятків категорій об'єктів, таких, як заправні станції, пункти автосервісу, готелі, лікарні, аптеки, магазини тощо. Після цього потрібно вибрати із списку пропонуємого конкретний об'єкт (точку) інтересу, а ГІС виведе водія безпосередньо на потрібне місце. Програма також дає можливість отримувати з Інтернет в режимі *on-line* інформацію про погоду, про пробки і затори на дорогах. В цілому ж можна сказати, що навігаційні ГІС є незамінними

помічниками автомобілістів (якщо вони подорожують по Західній Європі, США або Канаді).

**Інтелектуальні транспортні системи** з'явилися не так давно, але розвиток їх концепцій можна прослідкувати починаючи з 70-х років минулого століття, на які припадає період розвитку перших ІТС в Японії. У США термін "інтелектуальні транспортні магістральні системи" (*Intelligent Vehicle Highway System – IVHS*), який використовувався у 1980 рр., починаючи з 1994 р. був замінений на "інтелектуальні транспортні системи" (*Intelligent Transportation Systems – ITS*). У країнах Західної Європи ця предметна сфера з 1980-х років відома як "дорожньо-транспортна інформатика" (*Road Transport Informatics – RTI*). Згодом з'явилося поняття "прогресивна транспортна телематика" (*Advanced Transport Telematics – ATT*) (телематика – інтегровані засоби передавання та оброблення інформації для транспортних систем). У 90-х роках минулого століття вирішення проблеми ІТС набуває комплексного програмного характеру з організацією спеціальних національних та міжнародних структур, таких, як "Товариство інформації транспортних засобів, шляхів і дорожнього руху" (*Vehicle, Road and Traffic Information Society – VERTIS*) в Японії, програма "ІТС-Америка" в США та Європейська організація з координації впровадження дорожньої телематики (*European Road Telematics Implementation Coordination Organization – ERTICO*) у Європі. Міністерство транспорту США спонсорувало сотні проектів, спрямованих на дослідження, розробку, тестування та впровадження новітніх технологій у національній ІТС. Товариство "ІТС-Америка" об'єднує державні й місцеві органи влади, громадські спілки, університети і науково-дослідні інститути, виробників і комерційних реалізаторів автомобілів, консалтингові фірми тощо. Міністерство спонсорує симпозиуми і конференції з питань ІТС для обміну новими

ідеями і досвідом. Значна увага приділяється стандартизації засобів та протоколів обміну даними для забезпечення інтегрування всіх компонентів системи.

Незважаючи на певні відмінності в стратегіях розвитку інформаційних транспортних систем Японії, країн Західної Європи та США в їх архітектурі та функціях є багато спільного. До типової можна віднести архітектуру "ІТС-США" (рис. 2), в якій виділено чотири підсистеми: перевізник, транспортний засіб,

дорога та центр управління. Функціонально система забезпечує задачі планування, диспетчеризацію вантажоперевезень наземним транспортом, управління парком автомобілів, організацію руху пасажирського транспорту, охорону вантажів і водіїв, захист від викрадення і повернення викрадених автомобілів, моніторинг рухомих об'єктів, туризм тощо. Вона зорієнтована на інформаційне забезпечення усіх суб'єктів сучасних транспортних комунікацій: власники вантажу (вантажовід-

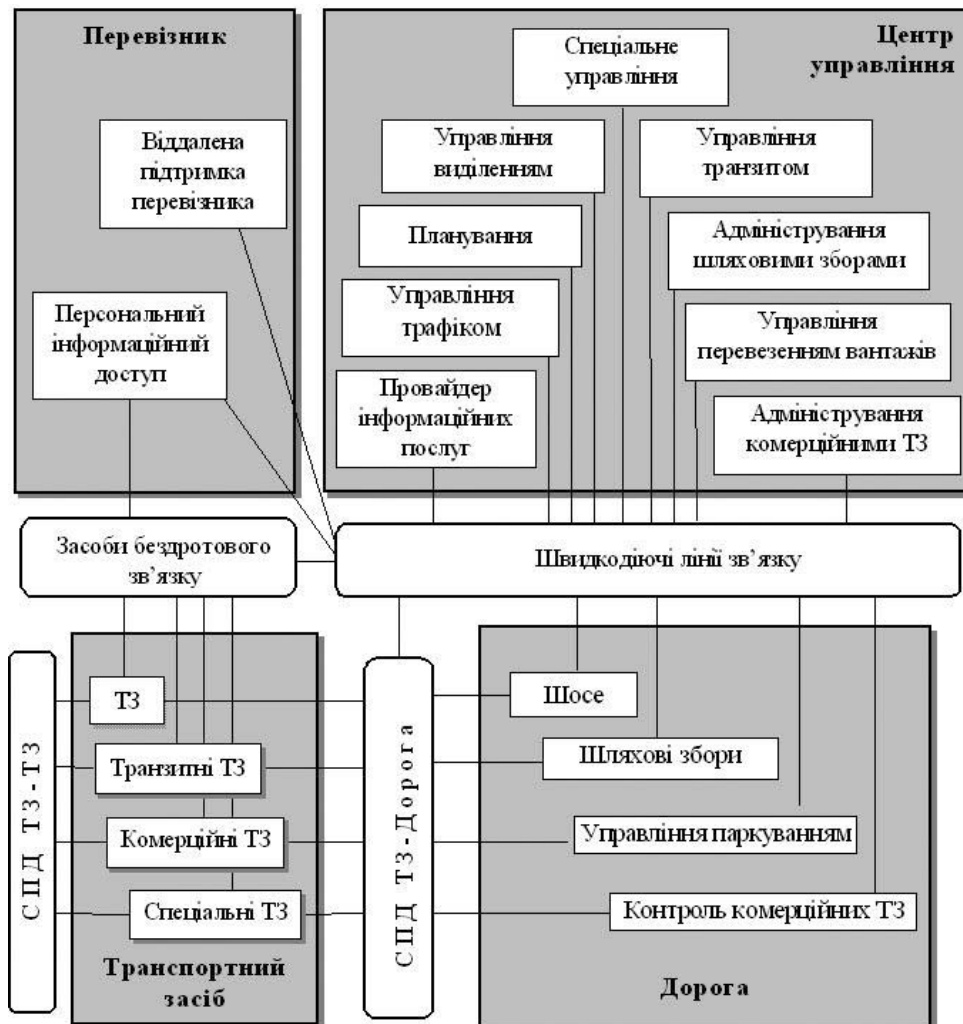


Рис. 2. Архітектура підсистем інтелектуальної транспортної системи США з елементами систем передачі даних (СПД) та засобами зв'язку [2]

правники), автотранспортні підприємства, водії, страхові компанії, органи міністерств внутрішніх справ, надзвичайних ситуацій, митні та прикордонні служби, екологічні та санітарні інспекції тощо.

Базовою компонентою більшості систем диспетчеризації транспортом є система "автоматизованого місцезнаходження транспортно-го засобу – АМТЗ" (*Automatic Vehicle Location – AVL*). Система АМТЗ надає можливість диспетчерському центру у реальному масштабі часу слідкувати за місцезнаходженням та графіком руху транспортних засобів, оперативно контролювати виконання завдання та при необхідності перерозподіляти їх на різних маршрутах і напрямках, надавати при необхідності технічну, медичну або іншу допомогу.

У складі ІТС функціонують системи автоматизованої інспекції дорожнього руху, контролю та моніторингу перевезення комерційних та небезпечних вантажів. Системи підтримують надійний та захищений обмін даними, ідентифікування і електронне сканування транспортних засобів, дають можливість інспекторам оперативно звертатися до поточної інформації про вантажі, транспортні компанії, транспортні засоби та їх водіїв. Автоматизоване ідентифікування транспортних засобів забезпечує доступ до необхідної інформації (супровідні документи, дозволи, реєстрація транспортного засобу, його розмір і маса, небезпечність вантажу тощо). Дорожнє електронне сканування дає можливість комерційним транспортним засобам проходити через контрольні-пропускні пункти без зупинки і зниження швидкості.

Можна констатувати, що в промислово розвинених країнах GPS-технології, системи відеоспостереження, засоби зв'язку та передачі даних, бази геопросторових даних та ГІС утворюють інформаційне середовище (телекомунікаційну, навігаційну та геоінформаційну інфраструктуру) для функціонування і взаємодії усіх підсистем, об'єктів та суб'єктів су-

часних транспортних систем. Очевидно, що інтелектуальні функції транспортних ГІС реалізуються програмними засобами, а повнота і ефективність їх практичного застосування визначається перш за все наявністю відповідних баз геопросторових даних про дорожньо-транспортну інфраструктуру.

### 3. ВИМОГИ ДО ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ТРАНСПОРТНО-НАВІГАЦІЙНИХ ГІС

За своїм змістом і структурою геопросторові дані для навігаційних ГІС складають цифрову інформаційну модель середовища функціонування транспортних систем. Відправною точкою визначення вимог до геопросторових даних є об'єктивно високі вимоги щодо забезпечення необхідного рівня надійності та безпеки транспортних систем і їх придатність для вирішення широкого кола транспортно-навігаційних задач. До основних можна віднести такі вимоги:

- 1) координатна сумісність з системою GPS;
- 2) точність та повнота;
- 3) сумісність (інтероперабельність) з програмно-технічними засобами навігаційних систем;
- 4) актуальність;
- 5) доступність для широкого кола користувачів.

Для досягнення *координатної сумісності* з системою GPS просторові властивості об'єктів в базі геопросторових даних навігаційних ГІС мають бути подані в системі координат WGS-84, що дасть можливість без додаткових перетворень відображати на електронних картах місцезнаходження транспортних засобів та забезпечити інформаційне супроводження водіїв транспортних засобів в масштабі реального часу.

*Вимоги до точності* подання координат об'єктів визначаються в залежності від класу



задач транспортно-навігаційних ГІС, серед яких, зокрема, можна виділити такі:

- задачі організації перевезень пасажирів та вантажів (планування маршрутів, моделювання транспортних потоків тощо) потребують точності 50–100 м, яка може бути забезпечена цифровими картографічними даними в масштабах 1:50 000–1:200 000;
- спеціальні транспортно-навігаційні задачі, названі задачами "повздожнього керування" (стеження за небезпечними та важливими вантажами, бортові навігаційні та протиугінні комплекси), потребують точності 5–10 м, яка відповідає масштабам 1:5 000–1:10 000 цифрових картографічних даних;
- спеціальні навігаційні задачі, названі задачами "поперечного керування" (бортові інтелектуальні навігаційні системи, які гарантують інформаційне забезпечення водія на маршруті з урахуванням конкретних смуг дорожньої розмітки, ухилів та криволійності ділянок дороги), вимагають точності 1–0,2 м, яка досягається використанням цифрових планів в масштабі не більше 1:2 000.

**Вимоги до складу, структури та рівнів** геопросторових моделей дорожньої інфраструктури визначені в специфікаціях проекту

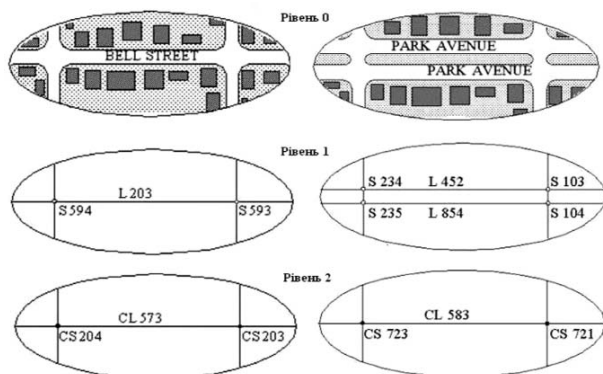


Рис. 3. Три рівні деталізації моделей геопросторових даних дорожньої інфраструктури за стандартом GDF

міжнародного стандарту ISO/GDF (Geographic Data File – файл географічних даних) [3–5], який розроблено за проектом Європейського Союзу по створенню цифрових карт доріг Європи (*European Digital Road Map – EDRM*).

Відповідно до стандарту GDF в залежності від деталізації подання даних про основні дорожні елементи моделі даних дорожньої інфраструктури розглядаються на трьох рівнях (рис. 3):

*модель рівня 0* – деталізоване подання моделі дорожніх елементів на рівні планарного графа, який відображає повну топологію просторових відношень дорожніх елементів між собою та іншими об'єктами;

*модель рівня 1* – деталізована сегментно-вузлова модель з дорожніми елементами на рівні осевих ліній ділянок окремих проїздів вулиць (шляхів) для задач "повздожнього керування";

*модель рівня 2* – узагальнена сегментно-вузлова модель з дорожніми елементами на рівні осевих ліній ділянок вулиць (шляхів) для задач планування маршрутів, моделювання транспортних потоків з елементами "повздожнього керування".

Сегментно-вузловим моделям ставиться у відповідність математична модель графа дорожньої мережі, яка використовується програмами розрахунку оптимальних маршрутів та моделювання транспортних потоків. Ділянки (сегменти) у таких моделях виділяються за конструктивними ознаками (від перехрестя до перехрестя, зміна типу дорожнього покриття, переїзди, мости, тунелі тощо) та/або за технологічними особливостями організації дорожнього руху (напрямки та рядність руху, обмеження швидкості та ін.). З вузлами моделі логічно пов'язуються дані про дозволені маневри (повороти, розвороти або їх заборона тощо).

Така базова модель дорожньої мережі доповнюється цифровими даними про об'єкти дорожньо-транспортної інфраструктури (мар-

шрути руху міського громадського транспорту, зупинки міського транспорту, транспортні парки та підприємства, залізниці; станції метро; мости та транспортні розв'язки; транспортні стоянки та місця для паркування, автотранспортні та сервісні станції; світлофори регулювання руху на перехрестях та переходах; місцезнаходження знаків організації дорожнього руху тощо), а також просторово локалізованою оперативною інформацією про стан дороги, стан руху транспорту на окремих ділянках (затори, місця дорожньо-транспортних подій тощо). Природно, що база геопросторових даних дорожньої інфраструктури формується з використанням загальної моделі цифрової картографічної основи, яка містить просторові дані про об'єкти гідрографії, зелені насадження, будівлі та споруди з їх адресною прив'язкою, межі адміністративно-територіальних утворень, а також місцезнаходження основних об'єктів можливого масового відвідування та культурно-побутового обслуговування (готелі, лікарні, адміністративні установи, музеї, пам'ятки історії та архітектури, концертні зали, стадіони, торгові центри тощо).

**Інтероперабельність** баз геопросторових даних з програмно-технічними засобами навігаційних систем досягається шляхом дотримання специфікацій щодо складу, структури наборів даних та форматів їх експорту/імпорту, що прийняті провідними виробниками бортових навігаційних комплексів та систем типу АМТЗ. Але перспективним шляхом вирішення проблеми інтероперабельності є прийняття та дотримання міжнародного стандарту на подання геопросторових даних для транспортних ГІС, наприклад GDF [4].

**Вимога актуальності геопросторових даних** потребує налагодження постійного моніторингу стану та оперативного поновлення як інформації про дорожньо-транспортну інфраструктуру, так і базових наборів геопросторових даних для цифрової картографічної основи. З урахуванням досвіду розвинених

країн ця проблема вирішується шляхом формування національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД), яка визначається як сукупність наборів геопросторових даних, метаданих та геоінформаційних послуг, телекомунікаційних технологій, угод про спільне ведення, доступ і використання геопросторових даних, а також механізми, стандарти, технологічні процеси і порядок координації та взаємодії усіх зацікавлених суб'єктів виробництва, постачання і використання географічної інформації [6, 7].

**Вимога доступності для широкого кола користувачів** забезпечується формуванням мережі підприємств виробництва і постачання геопросторових даних за доступними цінами включаючи оперативне оновлення та постачання даних через мережу Інтернет. Звичайно, ця проблема вирішується на засадах формування НІГД.

#### 4. ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ БАЗ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДОРОЖНЬОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

**Традиційне картографування автомобільних шляхів** виконується при топографічному зніманні місцевості з метою створення чи оновлення в першу чергу топографічних карт у визначеному масштабі. Основою топографічного знімання карт в масштабі 1:2 000–1:10 000 та 1: 50 000 є аерофотозйомка територій з подальшим стереофотограмметричним обробленням результатів, польовим та камеральним дешифруванням об'єктів місцевості. Топографічні карти дрібних масштабів, а саме 1:100 000 – 1:1 000 000 складаються на основі карт великих масштабів, а саме 1:10 000–1:50 000. При інженерно-геодезичних розвідках об'єктів будівництва виконуються наземні топографічні знімання в масштабі 1:500–1:2 000. Для першого варіанту цифрових навігаційних карт (особливо в країнах пострадянського простору) вихідними карто-

графічними матеріалами для векторизації моделей об'єктів місцевості використовуються топографічні карти в масштабах 1:100 000 – 1:200 000 для незабудованих територій та в масштабі 1:10 000 для територій міст. В останні роки досить активно почали використовувати ортофотозображення, що виготовляються з космічних знімків високої роздільної здатності (наприклад, QuickBird та IKONOS). Але такий шлях створення навігаційних карт має суттєві недоліки, які принципово не дають можливості задовольнити вимоги сучасних навігаційних систем. *По-перше*, точність зображення об'єктів місцевості, в тому числі і автодоріг, складає 0,6 мм в масштабі карти, що становить 120 м для карт в масштабі 1:200 000. З урахуванням того, що навіть побутові GPS-приймачі, які встановлюються на мобільні об'єкти, забезпечують визначення координат зі значно вищою точністю, а саме 3–15 м, очевидним стає факт, що такі картографічні дані не відповідають сучасному рівню розвитку ПЗІ-технологій. *По-друге*, треба відзначити, що об'єкти місцевості на топографічних картах зазначених масштабів при їх створенні зазнали значної генералізації. Це означає, що зображення автошляхів могло зміщуватися відносно їх дійсного положення до 1 мм в масштабі карти, що, наприклад, для масштабу 1:200 000 становить 200 м, а це ще більше поглиблює невідповідність щодо розташування об'єктів реального світу. Зрозуміло, що таке зміщення було необхідне для можливості візуалізації на паперових картах автошляхів, які проходять на відстанях до 200 м (наприклад, від гідрографічних об'єктів). *По-третє*, інформаційний зміст топографічних карт не містить всіх необхідних відомостей про об'єкти дорожньої інфраструктури: дорожньої розмітки або дорожніх знаків. *По-четверте*, внаслідок недостатньо точних показників та генералізації по цих картах неможливо побудувати локальну лінійну (пікетажну) систему координат на автошляхах, необхідну для навігації. *По-п'яте*, за діючими

нормативами оновлення топографічних карт проводиться кожні 5–12 років, а це не дає можливості створювати актуальні навігаційні карти. Крім того, певні труднощі створюються через необхідність трансформування координат об'єктів місцевості від системи координат СК-42, яка використовується на топографічних картах, до системи координат WGS-84. Очевидно, що традиційний шлях отримання геопросторової інформації про об'єкти дорожньої інфраструктури через топографічне знімання є неоперативним та непридатним. Це стимулювало, починаючи з 80-х рр. минулого століття, розвиток мобільних систем картографування об'єктів дорожньої інфраструктури.

**Мобільна система картографування** – МСК (*Mobile Mapping System – MMS*) може бути визначена як встановлена на рухомі транспортні засоби платформа, яка оснащена комплексом вимірювальних засобів, призначених для збирання геопросторових даних про об'єкти дорожньої інфраструктури [8, 9].

Мінімальна конфігурація МСК складається з трьох блоків (рис. 4 та 5): інтегрованої навігаційної платформи, стереофотограмметричної системи та блоку управління. Інтегрована навігаційна платформа забезпечує визначення глобальних координат МСК і складається з GPS-приймача та інерційної навігаційної системи (INS). До такої інтегрованої навігаційної платформи іноді встановлюють одометр. Останнім часом GPS-координування рухомих транспортних засобів при мобільному картографуванні виконують в диференціальному режимі (DGPS) з наступним постпроцесорним обробленням або в кінематичному режимі реального часу (*Real Time Kinematics – RTK*), що крім встановлення базової станції GPS вимагає організації зв'язку для передачі диференційної поправки на рухомий об'єкт. Використання такої інтегрованої платформи має багато переваг. Так, інерційна навігаційна система забезпечує високоточне безперервне орієнтування МСК, але протягом невеликого



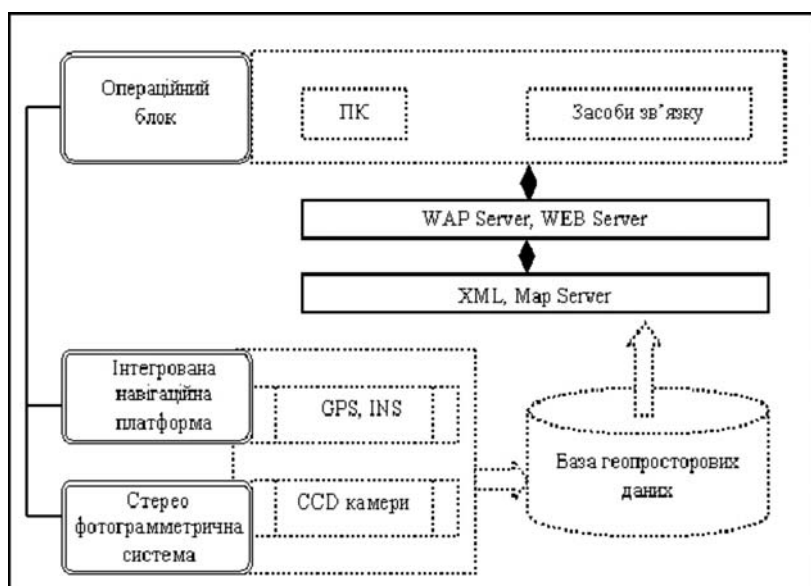


Рис. 4. Структура мобільної системи картографування (МСК)

часу. Це вимагає постійного поновлення поточних координат, яке здійснюється при використанні GPS. Крім того, INS має незначні випадкові похибки, і забезпечує орієнтування МСК в тих відомих випадках (наприклад, тунель), коли неможливе використання GPS-приймачів.

Стереофотограмметрична система оснащується кількома парами кольорових цифрових відеокамер (CCD-камери). Зазвичай одна пара камер орієнтується вперед по напрямку



Рис. 5. Загальний вид комплексу МСК

руху, інша пара камер – праворуч. Таким чином, під час руху МСК забезпечується автоматизоване стереофотограмметричне знімання об'єктів дорожньої інфраструктури. Очевидно, що знімання всіх об'єктів дорожньої інфраструктури мобільною системою картографування можливе, якщо виконати його в прямому та зворотному напрямках. Таке стереофотограмметричне знімання достатнє для визначення просторових XYZ-координат.

Блок управління мобільної системи картографування записує INS- та GPS-вимірювання та стереопари зображень, виконаних CCD-камерами, формує базу цифрових знімків для подальшої обробки.

Постпроцесорна обробка даних знімання складається з таких процесів:

- обчислення координат, визначених GPS-вимірюваннями;
- інтегрування INS- та GPS-даних і визначення остаточних координат рухомого транспортного засобу;
- синхронізація визначених координат та стереопар знімання, виконаних CCD-камерами;

- автоматизоване розпізнавання об'єктів дорожньої інфраструктури;
- стереофотограмметрична обробка стереопар з визначеними координатами центрів знімків та опорних точок на місцевості, в результаті чого визначаються координати об'єктів дорожньої інфраструктури.

Необхідно відзначити, що сучасний стан картографування об'єктів дорожньої інфраструктури в розвинених країнах характеризується переходом до використання саме мобільних систем, як найбільш швидкісного, економічного та високоточного методу, який дає можливість отримувати не тільки геопросторові дані, але й характеристики дорожнього полотна та дорожніх споруд. Про ефективність технологій мобільного картографування зокрема свідчить досвід лідерів світового ринку виробництва і постачання цифрових карт для автомобільних навігаційних ГІС-компаній *Tele Atlas* та *Navteq*. В останні 2–3 роки МСК є базовою технологією цих компаній. *Tele Atlas* постачає набір деталізованих цифрових карт із Західної Європи і Північної Америки, покриваючи територію з понад 437-ма мільйо-

нами жителів європейських країн та 313-ма мільйонами у Північній Америці.

## 5. СТАН ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ПОСЛУГ ДЛЯ ТРАНСПОРТНО-НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ

Виходячи з прийнятої класифікації (рис. 6), можна констатувати, що основу мережі автодоріг України складають дороги загального користування державного та місцевого значення, а також вулиці і дороги міст та інших населених пунктів. За даними Мінтрансу загальна протяжність автодоріг України складає 169 323 км, з них: 164 957 км (або 97,4 %) автодоріг з твердим покриттям та 4 366 км (або 2,6 %) – ґрунтових. За матеріалом покриття протяжність автодоріг відповідно складає: цементобетонні – 2 829 км; асфальтобетонні – 56 588 км; чорні шосе – 71 462 км; білі щебеневі, гравійні – 25 873 км; бруківки – 8 205 км. За категоріями автодоріг з твердим покриттям мають таке розподілення: I категорія – 2 412 км; II – 12 534; III – 29 335; IV – 105 489; V – 15 187. Мережа містить 16 115 мос-



Рис. 6. Класифікація автомобільних доріг України

тів загальною протяжністю 374 672 м. Із 28 537 сільських населених пунктів 475 (або 1,7 %) не мають під'їзних доріг з твердим покриттям. Для вирішення проблеми повної забезпеченості населених пунктів під'їздами з твердим покриттям за даними Мінтрансу України необхідно спорудити 1 410,2 км доріг. Середня щільність мережі автодоріг України в розрахунку довжини шляхів на 1 км<sup>2</sup> площі території складає 0,28 км/км<sup>2</sup> (для порівняння у Польщі цей показник становить 1,15 км/км<sup>2</sup>; у Франції – 1,65). Загалом порівняно низька щільність та категорійність шляхів, а також нерозвиненість транспортно-дорожньої інфраструктури в цілому за розрахунками Мінтрансу України призводить до щорічних втрат 2,5–3,0 млрд грн. від невикористання транзитного потенціалу країни.

Для вирішення проблеми ефективного використання транзитного потенціалу України на державному рівні прийнята та реалізується програма розбудови на території країни міжнародних транспортних коридорів з покращеними автомагістралями та сучасними об'єктами дорожньо-транспортної інфраструктури [10–12]. Розпорядженням КМ України № 410-р від 17.07.2003 схвалено "Концепцію створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)" [13]. Мінтранс, Міноборони та НКАУ разом з іншими зацікавленими органами виконавчої влади розробили проект Комплексної програми створення та розвитку державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами. Варто зазначити, що в згаданій вище Концепції та й у проекті Комплексної програми практично відсутні цільові завдання картографічного та геоінформаційного забезпечення сучасних навігаційних систем наземного транспорту та інтелектуальних транспортних систем. В промислово розвинених країнах ці системи уже сьогодні стали однією

з основних складових інтегрованої дорожньо-транспортної та національної інформаційних інфраструктур.

Отже, на жаль, слід констатувати, що в Україні на сьогодні відсутня цілеспрямована державна політика розбудови ринку геоінформаційних послуг в сфері навігаційних ГІС. Об'єктивно зростаючі потреби в цифровій картографічній продукції для транспортно-навігаційних ГІС (декілька тисяч сучасних автомобілів з бортовими GPS-навігаційними комплексами, тисячі користувачів кишенькових персональних комп'ютерів (КПК) тощо) зумовили низку ініціативних проектів підприємств різних форм власності з виробництва цифрових навігаційних карт і програмних засобів. Зокрема, найбільше поширення в Україні набули бортові комплекси GPS-навігації виробництва компанії *GARMIN*. Офіційним дистриб'ютором *GARMIN* в Україні є компанія *АЕРОСКАН*, яка в кооперації з Науково-дослідним інститутом геодезії і картографії (НДІГК) постачає цифрові карти в Україну у форматах навігаційних комплексів *GARMIN*.

Цифрова карта автодоріг України покриває всю територію країни та містить сегментно-вузлову модель осьових ліній міжнародних, національних, магістральних, регіональних, районних та інші доріг з твердим покриттям, що з'єднують практично усі населені пункти країни. Роздільна здатність та склад моделі геопросторових даних відповідає топографічній карті масштабу 1:200 000 (рис. 7). Для великих міст України (Київ, Харків, Дніпропетровськ, Донецьк, Одеса, Львів і ін.) створено цифрові навігаційні карти в масштабі 1:10 000 з назвами вулиць та адресами. Сегментно-вузлова модель вуличних мереж навігаційних карт міст (рис. 8) відповідає рівню 2 стандарту GDF та забезпечує вирішення проблем прокладання оптимального маршруту і подальшого інформаційного забезпечення водія під час руху автомобіля по цьому маршруту.

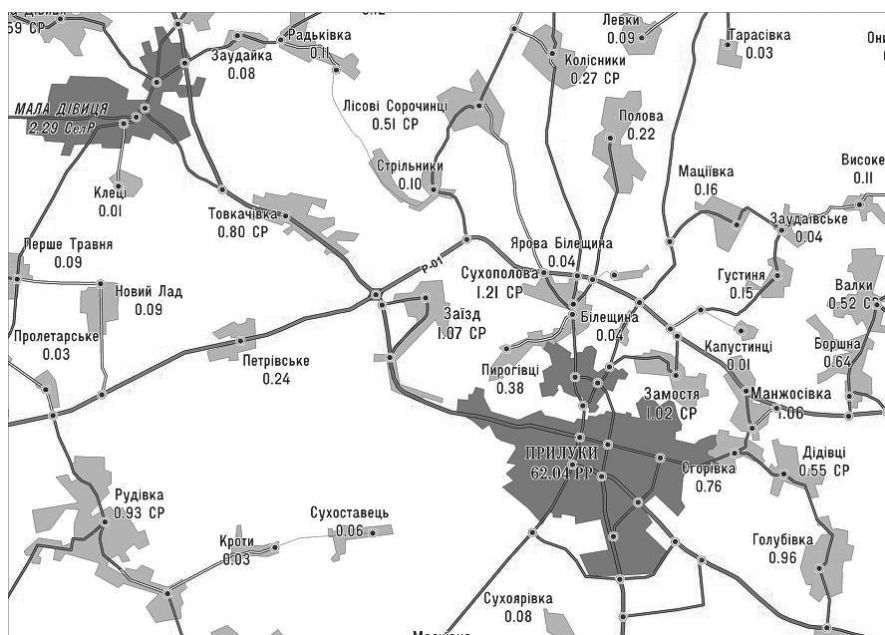


Рис. 7. Фрагмент цифрової карти автодоріг України



Рис. 8. Сегментно-вузлова цифрова модель вулично-дорожньої мережі Києва

Геоінформаційна підтримка користувачів навігаційних комплексів GARMIN отримала подальший розвиток у проекті "КартБланш-Україна", в якому вдосконалено навігаційні карти України шляхом доповнення їх об'єктами інфраструктури та дозволеними маневрами у вузлах мережі. Здійснюється постійне оновлення цих моделей та налагоджено постачання цифрових навігаційних карт користувачам через мережу Інтернет. Загальний обсяг цифрової карти складає 42,6 Мб та складається із 55-и узгоджених фрагментів (від 300 кб до 1,4 Мб кожний), що дає змогу оперативно завантажувати в GPS-навігатор лише ті фрагменти, що перекриваються з маршрутом руху, вибраним користувачем.

Для більш зручного користування на електронну карту виведені загальноприйнятні уніфіковані номери доріг. Підтримується пошук за альтернативними (старими) назвами вулиць/доріг. База даних просторово локалізованих "точок інтересу" навігаційної карти України містить понад 12 000 об'єктів. Це, насамперед, ресторани, готелі, аеропорти, заліз-



ничні та автобусні вокзали, станції метро, пристані, АЗС, пункти переходу кордону, історичні пам'ятки, церкви, музеї, театри, кінотеатри, аптеки, лікарні тощо. Українські назви транслітеровані латиницею для забезпечення сумісності з оригінальним програмним забезпеченням виробника GPS-навігаторів та максимальної функціональності програмного продукту.

В останні роки кількість постачальників цифрових навігаційних карт і програмного забезпечення для КПК в Україні виросла до двох десятків. До найактивніших учасників цього ринку можна віднести такі:

- Інститут передових технологій, що постачає електронні версії атласів автодоріг України (масштаб 1:850 000), Європи (масштабу 1:2 000 000), областей України (масштаб 1:200 000), Києва (1:10 000) та інших міст України (в масштабі від 1:100 000 до 1:10 000);
- підприємство *ВІЗІКОМ* зокрема постачає спеціалізовану ГІС та цифрові карти "Візіком-Київ GPS", "Візіком-Україна GPS";
- Transnavicom постачає навігаційні карти України та Києва, ГІС *таксі-координатор*, диспетчерські ГІС для контролю за автотранспортом.

Зростання транспортного навантаження в столиці та інших великих містах України вимагає негайного створення комплексних систем управління міським транспортом. В НДІГК спільно з компаніями *ТЕКОН* та *КІГЛІ* розроблено проект системи диспетчеризації рухомих об'єктів *VisiCAR* [1] та реалізовані технологічні рішення по оперативному забезпеченню інформаційних транспортних систем цифровими і електронними картами на основі картографічного Web-серверу Української картографічної мережі *UAMAP NET* (розробники НДІГК та *ТОВ КІГЛІ*) [14]. Детальний опис функцій та документація системи *VisiCAR* доступні в мережі Інтернет на сер-

верах [www.uamap.net](http://www.uamap.net) та [www.visicar.com](http://www.visicar.com). Вона вже пройшла випробування в низці дослідних та пілотних проектів і пропонується як базове рішення для реалізації систем диспетчеризації, моніторингу, контролю та охорони рухомих об'єктів з використанням сучасних геоінформаційних та навігаційних технологій.

В Українську картографічну мережу сьогодні включено п'ять фізичних картографічних web-серверів, на яких розміщено цифрові карти усіх областей України, Автономної Республіки Крим та 27-и міст. Постійне доповнення та актуалізацію цифрових даних в картографічній мережі здійснюють 27 регіональних підприємств Державної служби геодезії, картографії та кадастру, а також інших відомств. Більшість електронних карт в українському секторі Інтернет є клонами або клієнтськими додатками серверів Української картографічної мережі.

Незважаючи на активізацію попиту та зростання пропозицій на ринку геоінформаційних послуг України, слід констатувати низьку якість (в розумінні повноти та актуальності даних) як загальний недолік цифрової картографічної продукції, що сьогодні позиціонується на цьому ринку. Основною причиною того є застарілість паперових топографічних карт на територію України, які використовуються як вихідні для створення цифрової картографічної продукції. Систематичне оновлення цих карт в Україні практично призупинено від 1998 року в основному через відсутність належного державного фінансування. Проблема виготовлення актуальних та якісних геопросторових даних для розвитку в Україні геоінформаційного забезпечення як транспортно-навігаційних систем, так і систем прийняття управлінських рішень в усіх інших сферах (земельний кадастр, територіальне планування, охорона природи, наука, оборона тощо) не може бути вирішена окремими ініціативними проектами. Вона потребує серйозної



уваги і підтримки держави та органів місцевого самоврядування на всіх рівнях, цілеспрямованої діяльності на засадах формування національної інфраструктури геопросторових даних.

Зокрема, для виробництва та постачання актуальних даних для транспортно-навігаційних ГІС необхідна скоординована діяльність підприємств і організацій, які

- виробляють, реєструють та супроводжують дорожні і картографічні дані (дорожні експлуатаційні служби, геодезисти, картографи, міські управління архітектури, ДАІ, проектувальники тощо);
- володіють геоінформаційними технологіями та виробляють цифрові карти;
- є виробниками або ділерами з постачання навігаційних систем для автомобілів;
- надають послуги по перевезенню, супроводженню та страхуванню вантажів;
- займаються послугами продажу автомобілів та автосервісом;
- розробляють програмні системи, виробляють і постачають комп'ютерні комплекси;
- займаються туристичним бізнесом та туристичними послугами на території країни;
- займаються рекламною діяльністю;
- мають бажання інвестувати проекти з метою отримання сталого прибутку.

За оцінкою компанії *TeleAtlas* для створення цифрових карт транспортної мережі в Україні, які відповідали б вимогам міжнародних стандартів, необхідні інвестиції не менше 5 млн євро не враховуючи витрат на придбання засобів мобільних систем картографування, збирання та актуалізацію вихідних даних. Зважаючи на наш досвід роботи на ринку геоінформаційних послуг для транспортно-навігаційних систем, цю оцінку варто прийняти за орієнтир при розробці відповідних інноваційних та інвестиційних проектів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Кібець О. Г., Рябчій В. В.** Функції та геоінформаційне забезпечення інтелектуальних транспортних систем. // Вісник геодезії і картографії. – 2004. – № 3. – С. 71–79.
2. **Harley J. Miller, Shih Lung Shaw.** Geographic information systems for transportation: principles and applications. – USA, NY, Oxford University Press, Inc. – 2001. – 460 p.
3. ISO/TR 14825. Geographic Data Files (GDF) – ISO/TC 204/WG3. – 1996. – P. 11–15.
4. ISO/Draft International Standard: GDF – Geographic Data Files. – Version 4.0 – ISO/TC 204/WG3: CD. – 2001. – P. 02–14.
5. **Карпінський Ю. О., Дроздівський О. П.** Основні принципи побудови базової моделі дорожньої мережі в міжнародному стандарті GDF 4.0. // Зб. наук. праць. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2005. – С. 302–306.
6. **Карпінський Ю. О., Лященко А. А.** Формування національної інфраструктури просторових даних – пріоритетний напрям топографо-геодезичної та картографічної діяльності. // Вісник геодезії і картографії. – 2001. – № 3. – С. 65–73.
7. **Карпінський Ю. О., Лященко А. А.** Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. Серія: Геодезія, картографія, кадастр. К.: – НДІГК, 2006. – 108 с.
8. **Pierre-Yves Gillieron, Jan Skaloud, David Brugger, Bertrand Merminod.** Development of a low cost Mobile Mapping System for Road Data Base Management System. – Swiss Federal Institute of Technology, 2006. – <http://topo.epfl.ch/publications/cairo-epfl-mms.pdf>.
9. **Ayman F. Habib.** Mobile Mapping System. – Department Geomatics Engineering, University of Calgary, Canada. – <http://www.geomatics.ucalgary.ca/~habib/tutorials/MMS.pdf>.
10. Про затвердження програми створення і функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів України: Постанова КМ України № 346 від 20.03.98.
11. Програма забезпечення безпеки дорожнього руху та екологічної безпеки транспортних засобів: Постанова КМ України № 456 від 06.04.98.
12. **Парійчук М., Волосович А.** Великомасштабний проект – Українські транспортні коридори. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Вип. 63. – Львів, 2003. – С. 231–237.

13. Концепція створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження): Розпорядження КМ України № 410-р від 17.07.2003.
14. **Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Кібець О. Г., Іванченко С. А.** Українська картографічна мережа в Internet. // Ученые записки ТНУ. Серія: Географія, 2004. – Т. 17 (56). – № 2. – с. 111.

**Ю. А. Карпинский, А. А. Лященко, О. П. Дроздовский. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАВИГАЦИИ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА.**

**Аннотация:** В статье обобщен опыт создания интеллектуальных транспортных систем в развитых странах, определены требования к составу и точности цифровых карт для геоинформационных систем навигации автомобильного транспорта, выполнен анализ состояния проблемы формирования базы геопространственных данных дорожно-транспортной инфраструктуры и пути ее решения в Украине.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, цифровые карты, GPS-навигация, базы геопространственных данных, мобильные системы картографирования.

**Yu. A. Karpinskiy, A. A. Leschenko, O. P. Drozdovski. GEOGRAPHIC INFORMATION SUPPORT OF MOTOR TRANSPORT NAVIGATION.**

**Abstract:** Experience of creation of the intellectual transporting systems in developed countries has been summarized in the article. Accuracy requirements and requirements to the content of digital maps for the navigation geographical information systems of motor transport are established. The analyses of formation status of the road-transport infrastructure geospatial databases and the ways of this problem solving in Ukraine are performed.

**Keywords:** geographic information systems, digital maps, GPS-navigation, geospatial databases, mobile mapping systems.

*Надійшла до редакції 15.09.06*

---