

Є. Т. Скорик¹, Л. П. Пасічник², В. М. Кондратюк³

¹Центральний НДІ навігації і управління Мінпромполітики України, Київ

²Київський університет економіки і технології транспорту, Київ

³Національний авіаційний університет, Київ

СУПУТНИКОВІ ТЕХНОЛОГІЇ РАДІОНАВІГАЦІЇ ТА РАДІОЗВ'ЯЗКУ В ЗАЛІЗНИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Анотація: Розглянуто питання застосування супутникових технологій радіонавігації і мобільного радіозв'язку в залізничній галузі при створенні автоматизованих систем управління залізничним транспортом для забезпечення безпеки руху й оперативного контролю стану транспортних магістралей. Приведено приклади використання подібних систем за кордоном. Оцінено можливість і необхідність використання цих прогресивних технологій в Україні.

Ключові слова: супутникова навігація, системи зв'язку, залізничні магістралі.

1. ВСТУП

У всіх економічно розвинених країнах залізничний транспорт є стратегічно важливою галуззю національної економіки і, крім того, забезпечує зайнятість і ділову активність частини працездатного населення країни. На потреби залізничної галузі працюють такі галузі народного господарства, як металургія, прокат металів, машинобудування й інші. Залізниця забезпечує основну частку вантажних і пасажирських перевезень у країні і, відповідно, є джерелом вагомої частини бюджетних надходжень. Технічна і технологічна структура сучасних автоматизованих систем управління залізничним транспортом (АСУЗТ) безсумнівно відносяться до найбільш складних систем, оскільки вони стають усе більш комплексними, а їхня ступінь автоматизації неухильно зростає.

Постійний контроль – моніторинг робочого технічного стану функціонуючих в інтенсивному режимі залізничних магістралей – є обов'язковою регулярно діючою технологічною операцією по підтримці безпеки руху в цій найважливішій народногосподарській транспортній галузі кожної економічно розвиненої країни. Особливо такий контроль важливий у гірських районах і інших регіонах, небезпечних у геологічному відношенні (можливість переміщення ґрунтів і порід).

Повсюдне використання супутникової навігації з метою високоточної прив'язки місцевості при геодезичних роботах дозволяє планувати більш широке застосування цієї високої технології також і при проектуванні та укладанні нових магістралей.

По території України в зв'язку з її центральним географічним положенням проходять інтенсивні транспортні і вантажні транс-

континентальні потоки "північ–південь" і "захід–схід". Тому залізниці для нашої країни – це велика історично сформована національна інфраструктура, що гарантує транзитні перевезення. В даний час залізничний транспорт в Україні успішно і динамічно розвивається. Свідченням цього є останні інновації: введення в експлуатацію швидкісних пасажирських маршрутів руху, перевезення автотранспортних потягів на залізничних платформах, колісні бази, що переставляються автоматично при переході на європейську колію і назад, і т. ін. У меншій мірі поки що залізнична галузь в Україні використовує такі передові інноваційні технології, як супутникові радіонавігаційні системи (СРНС), цифрові високошвидкісні системи зв'язку, географічні інформаційні системи (ГІС). Останнім часом забезпечення цих робіт в Україні набуває особливого значення, тому що відставання у використанні їхніх результатів на залізничному транспорті найближчим часом буде причиною затримки подальшого розвитку галузі, що є неприпустимим при плануванні входження України в транспортну й інформаційну інфраструктуру ЄС.

Не менш важливою є задача інформаційного забезпечення трьох з дев'яти Критських міжнародних транспортних коридорів, що проходять по території України. Основні вимоги цієї задачі – надійна інформаційна доступність об'єктів управління в кожній точці коридору, створення спеціалізованих інформаційних підсистем контролю за місцем розташування транспортних одиниць і вантажів на всьому протязі українських ділянок транспортних коридорів.

У даній статті розглянуті загальні проблеми застосування супутникових технологій радіонавігації та зв'язку в залізничній галузі і приведені деякі приклади їх використання в США, ФРН, Великобританії, Канаді й Австралії. Оцінюється можливість і необхідність проведення таких робіт в Україні.

2. СУПУТНИКОВІ РАДІОНАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Розвиток залізничних перевезень супроводжується безупинним об'єктивним процесом удосконалення АСУЗТ. Практика управління сучасним залізничним транспортом вимагає подальшого поліпшення АСУЗТ на основі сучасного інформаційного забезпечення, включаючи ідентифікацію залізничних потягів як об'єктів управління, установлення відмітних ознак потягів, реалізацію високоточного визначення поточних координат потягів і відхилення їхніх маршрутів від заданих параметрів, оперативне врахування умов зовнішнього транспортного середовища, що швидко змінюється. У зв'язку з цим фахівці усе більшої уваги приділяють питанням застосування в залізничній галузі таких передових технологій, як супутникові радіонавігація і радіозв'язок.

Побудова АСУЗТ на основі систем супутникової радіонавігації забезпечує вирішення таких задач управління [1]:

- підвищення безпеки руху;
- забезпечення оптимальних режимів водіння поїздів;
- контроль параметрів руху поїздів на електронних картах диспетчерських центрів (ДЦ) залізниці;
- забезпечення навігаційного супроводу поїздів;
- автоматичне ведення "швидкостемірної стрічки" і графіку виконаного руху.

Практична реалізація інформаційного забезпечення АСУЗТ заснована на застосуванні апаратури користувачів (АК) СРНС на базі прийомних індикаторів, доповнених бортовими тахографами – електронними приладами-реєстраторами параметрів руху, що використовують прийомні модулі СРНС, дані одометричних датчиків руху, а також інформацію електронної бази даних залізниць. База даних

залізниці у вигляді програмного забезпечення ПС містить інформацію про особливості залізничних колій, таких, як дані про вертикальний і горизонтальний профілі шляхів, значення обмежень швидкості на перегонах, координати схем станцій, метрики відстаней до об'єктів підвищеної уваги та обмежень і ін. Обмін інформацією між локомотивними бригадами і ДЦ може здійснюватися по каналах відомчого залізничного зв'язку, корпоративних чи виділених каналах мобільного зв'язку загального застосування або нарешті, у разі потреби, по мобільних каналах супутникового зв'язку.

За оцінками фахівців, застосування СРНС в АСУЗТ дає можливість значно збільшувати ефективність традиційних діючих систем сигналізації і блокування, підвищувати інтенсивність руху без загрози зниження норм безпеки, складати основу систем попередження зіткнень, забезпечувати ефективний контроль за вагонним парком і оперативне спостереження за небезпечними і коштовними вантажами. Таким чином, інформаційні можливості АСУЗТ істотно розширюються. У перспективі передбачено застосування супутникових технологій радіонавігації і радіозв'язку разом із широким використанням сучасної обчислювальної техніки, мікроелектроніки і потужних засобів програмування. Це дасть можливість забезпечувати загальну тенденцію зменшення впливу людського фактора в керуванні залізничним рухом, що в остаточному підсумку буде сприяти перетворенню автоматизованих систем управління в цілком автоматичні на основі елементів штучного інтелекту.

3. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СРНС У ЗАЛІЗНИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Супутникові радіонавігаційні системи на сьогодні є основними датчиками навігації і місця розташування рухливих об'єктів, у тому числі класу AVL (Automatic Vehicle Loca-

tion) [2], оснащеними диспетчерським зв'язком. Їх широке застосування в даний час в автотранспорті робить транспортну галузь найбільшим споживачем датчиків інформаційних радіонавігаційних полів СРНС у цивільній сфері.

Радіонавігаційне поле СРНС як джерело координатно-тимчасової інформації характеризується високою відносною точністю короткочасних обсервацій. Недоліком цих систем можна назвати неможливість абсолютно точного визначення географічних координат. До недоліків відносяться і тимчасове переривання визначення місця рухливого об'єкта через втрату обсервації сузір'я навігаційних космічних апаратів (НКА) при проходженні об'єктом маршрутів у гірській чи лісистій місцевостях, і повне переривання зв'язку із супутником, а отже, і можливості навігації при проходженні тунелів.

Врахування характеру залізничних магістралей і рухів поїздів по них багато в чому дає можливість зменшити вплив ряду зазначених особливостей СРНС на визначення місця рухомих потягів, тому навігаційне поле СРНС вважається основним координатним датчиком в АСУЗТ.

Це зумовлено такими об'єктивними фізичними, технологічними і топологічними факторами залізничної інфраструктури:

- залізниця – це регулярна, у більшій мірі лінійна структура, що прив'язує вектор швидкості рухомого потяга до напрямку магістралі;
- мінімальна відстань між залізничними шляхами є характерною і фіксованою нормативною величиною (для США – 4,3 м при ширині колії 1,45 м), що визначає вимогу на допуск роздільної здатності визначення місця поїзда величиною $\Delta_1 = 2$ м. Цей допуск дозволяє при передачі координатних даних однозначно і надійно ідентифікувати шлях, на якому знаходиться поїзд;

- на залізничній магістралі знаходяться фіксовані, характерні (однозначні) точки прив'язки маршрутів, такі, як стрілки, переїзди, мости, тунелі і деякі інші об'єкти, абсолютні географічні координати яких прив'язані на місцевості з високою геодезичною точністю. Для задач управління рухом точність прив'язки може мати допуск порядку $\Delta_2 = \Delta_1/2 = 1$ м, що значно зменшує витрати на прив'язку по маршруті. У даному випадку мова йде не про точність геодезичних робіт, необхідну при будівництві, ремонті і моніторингу залізничних шляхів, коли потрібна більш висока, зазвичай сантиметрова, і навіть більша для деяких задач точність;
- залізничні шляхи мають деякі топологічні фіксовані й обміряні протяжні характерні ділянки, такі, як повороти і заокруглення, що також забезпечує незалежну від СРНС координатну прив'язку рухомого потяга в абсолютних географічних координатах.

Усі ці фактори залізничної шляхової інфраструктури дають можливість за допомогою спеціальної обробки робити згладжування координатної інформації, одержуваної від СРНС, у тому числі і при тимчасовому перериванні обсервації угруповання НКА на деяких ділянках маршруту. Для цього в складі програми АСУЗТ необхідно мати спеціальну підпрограму з розвиненою ГІС усєї магістралі.

Подібна ефективна обробка координатної інформації одержала умовну назву "евристична GPS". Суть її полягає в тому, що в місцях розташування перерахованих вище унікальних фіксованих точках чи ділянках магістралі, завантажених у масив ГІС, здійснюється короткочасна відносна координатно-тимчасова прив'язка рухомого потяга. Це дає можливість списувати погрішність, що накопичується, абсолютного визначення координат рухливого об'єкта, одержуваного від GPS.

Іншою широко застосовуваною методикою зменшення абсолютних координатних погрішностей GPS є застосування диференціального режиму (ДР) роботи GPS (DGPS). ДР – це відомий і широко використовуваний фізичний та математичний загальнонавігаційний метод списування систематичних помилок зчислення координат у точках, координати яких відомі з більшою вірогідністю, ніж забезпечує використовувана апаратура і стандартна методика визначення місця.

В основі DGPS лежить компенсація помилок шляхом вирахування поточних відліків координат по апаратурі користувача і апаратурі контрольно-коригувальної станції (ККС), координати якої прив'язані до місцевості з геодезичною точністю. Систематичні похибки АК, пов'язані з наявністю просторової і тимчасової декореляції складових похибок визначення місця по GPS, компенсуються методом вирахування з цих похибок поправок місцевизначення найближчої локальної ККС, розташованої в цьому регіоні.

Щодо GPS, яка є національною військовою системою США, то відповідно до "Меморандуму" спільної робочої групи Міноборони і Мінтрансу США від 23 грудня 1993 р. диференціальний режим рекомендовано для всіх цивільних користувачів як основний. За цією рекомендацією ДР забезпечує користувачів крім поправок, які гарантують високу якість визначення місця в умовах селективного доступу (Selective Available – SA), що вводиться в загальногромадянський код Урядом США в особливих умовах, ще й виробленням інформації підтвердження працездатності, надійності, доступності і цілісності GPS.

Основна функціональна структурна одиниця ДР – це ККС, що накопичує в постійному режимі відліки по всіх спостережуваних навігаційних космічних апаратах, згладжує їх на великому інтервалі часу, визначає систематику похибок щодо свого геодезичного

положення і "координатний шум" як міру якості навігаційного поля і апаратури ККС.

Таким чином, вектор стану (ВС) користувача, що включає такі складові, як координати, вектор швидкості і системний час, визначається за двома одночасними вимірами у рознесених точках – у користувача та в ККС.

Основні принципи диференціальних (чи, інакше, різницевих) вимірів по GPS на даний час добре розроблені. До різницевих обсервацій GPS відноситься також вимір псевдодальності методом фазових вимірів, широко використовуваних при статичних спостереженнях у геодезичних роботах, як метод високоточних вимірів із субметровою і більшою точністю. Для рухливих об'єктів ДР є основним при одержанні високих точностей у відповідальних випадках навігації й оперативного місцевизначення. ДР є також основним, за допомогою якого усуваються невизначеності фазового методу, у випадку, якщо його застосування викликається технічною необхідністю.

У складі структури диференціальної підсистеми GPS крім ККС у наземній інфраструктурі ДР варто передбачити також фізичний канал передачі диференціальних поправок і мати особливу АК зі спеціальним введенням для них. Такий режим називається ширококомовним. Мається на увазі, що поправки транслюються всім користувачам як службова інформація з обчисленням точних координат на борті рухомого об'єкта. Якщо власне високоточне визначення координат користувачу-машиністу не потрібне, то застосовують альтернативний режим зворотного зв'язку (Inverse) (IDGPS), не потребуючого цього каналу трансляції поправок, тому що в цьому випадку поправки враховуються на потужному сервері диспетчерської (базової) станції системи AVL/GPS при прийомі навігаційних повідомлень від корпоративних рухливих об'єктів. У цьому розумінні IDGPS є унікальною системою місцевизначення щодо дис-

петчеризації транспорту і картографічного забезпечення руху.

Для АСУЗТ диференціальний метод місцевизначення і навігації застосовується подвійно, при цьому одне з цих застосувань – з постобробкою, а друге – у реальному часі. Перший напрямок робіт – це штатна геодезична прив'язка тисяч об'єктів усїєї інфраструктури дороги. Така робота для однієї із залізниць корпорації ARRC (США, штат Аляска) була виконана спеціалізованою геодезичною фірмою із субметровою точністю за 30 польових днів. Була проведена також постобробка (камеральна) матеріалів зйомки і створена ПС усього залізничного господарства.

Інша забезпечувальна робота – це створення власної мережі ККС формування і трансляції оперативних поправок у реальному часі для охоплення загальної траси для всіх відліків координат усього потяга на маршрутах. З метою вирішення цієї задачі у випадку згаданої залізниці була створена мережа 28 ККС і корпоративна мережа УКХ-радіостанцій для трансляції поправок із забезпеченням одночасно всього службового зв'язку по всіх робочих каналах корпорації. Реалізована точність службової мережі диференціальних ККС у режимі on-line при використанні стандартних комерційних одночастотних (на частоті L1) приймачів GPS була порядку 1 фути (30 см), що з надлишком перевищило обговорений вище допуск у 2 м на просторове розділення залізничних колій США.

4. МОБІЛЬНИЙ РАДІОЗВ'ЯЗОК І ПЕРЕДАЧА ДАНИХ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ

Забезпечення залізниць надійним оперативним мобільним радіозв'язком, у тому числі супутниковим, багато в чому стикається з проблемами, аналогічними для автомобільних магістральних перевезень [2].

Істотною оперативною частиною підсистеми запобігання зіткнень АСУЗТ є радіо-

зв'язок і передача даних. Для залізничної корпорації ARRC був розроблений корпоративний пакетувальний цифровий зв'язок між усіма фіксованими і рухомими об'єктами в нижній частині УКХ-діапазону (частота 39–40 МГц). Мережа транслює службові повідомлення, поточні координати поїздів, координатні диференціальні поправки до них і обслуговує замовників перевезень. Центральний радіовузол (хост) накопичує, селектує і розподіляє дані, а також направляє архівні дані про роботу дороги корпорації ARRC у Мінтранс США.

Радіомережа корпорації має стільникову структуру. Стільники можуть динамічно перепрограмуватися для роботи в трьох режимах – базової станції, ретранслятора і віддаленої станції. Оскільки радіохвилі УКХ-діапазону не обгинають поверхню земної кулі, а дальність зв'язку наземною хвилею визначається в основному дифракцією, то стільники з високо піднятими антенами розставляються на відстанях не більш 25–50 км, а потужність передавачів досягає 100 Вт. Цифровий протокол каналів зв'язку визначається комбінацією часового і частотного поділу каналів (відповідно – доступи протоколів TDMA і FDMA) при модуляції мінімального частотного зсуву з гауссовим зважуванням GMSK. Швидкість передачі цифрових даних прийнята стандартною – 9,6 кбіт/с. Як бачимо, радіомережа корпорації ARRC є цілком сучасною пакетною цифровою стільниковою мережею.

На розвинених в економічному розумінні територіях (наприклад, у ЄС), охоплених суцільним мобільним стільниковим зв'язком стандарту GSM, ця мобільна мережа загального користування покоління 2,5 G (у режимі GPRS) застосовується для транспортних задач на лізингових засадах. У цьому випадку реалізується більш висока швидкість цифрової передачі (до 100 кбіт/с), що дає можливість використовувати для зв'язку між

фіксованими і рухомими об'єктами мережу Інтернет і передавати відеозображення ділянок залізниці, проблемних щодо безпеки. Так, у Чехії на залізницях використовується для задач корпоративного зв'язку стільникова мережа GSM загального призначення в модифікації радіодіапазону R з роумінгом зв'язку по всіх країнах ЄС [3].

У країнах з розвинутою залізничною структурою на віддалених ділянках і мало обжитих місцях території, де відсутній мобільний наземний стільниковий зв'язок, на рухомих об'єктах повсюди використовуються зв'язні термінали міжнародного супутникового глобального мобільного зв'язку Інмарсат.

Досвіду застосування супутникового зв'язку на пасажирських поїздах Транссибірської магістралі набули залізничники Росії. Термінал типу Інмарсат-В встановлюється у вагоні начальника поїзда і пасажирів (за окрему плату) можуть у дорозі користатися послугами зв'язку, у т.ч. відправкою і прийомом факсів. Подібну послугу в Україні надає акціонерна компанія "Річфлот" на круїзних судах класу "ріка–море" через базову земну станцію Інмарсат у Голландії.

У Росії з її великими просторами в залізничній галузі успішно застосовуються також власні супутникові системи зв'язку (наприклад, низькоорбітальна система передачі мови і даних типу "Гонець"). В Україні для рішення цих задач надаються послуги низькоорбітальних систем супутникового зв'язку, таких, як "Orbcomm" і "Globalstar". Остання використовує термінали мобільного зв'язку зі сполученими режимами супутникової навігації і мобільного супутникового і стільникового зв'язку. Особливо варто відмітити нову перспективну геостационарну систему супутникового мобільного зв'язку з аналогічними сполученими режимами зв'язку типу "Thuraya" (власник ОАЕ), виділені антенні промені якої охоплюють всю Україну. Провайдером послуг цієї системи мобільного

зв'язку в Україні є СП "Thuraya-Ukraine" зі штаб-квартирою в Києві.

Європейське співтовариство розробило і повсюдно широко експлуатує в Європі, у т. ч. по транспортних коридорах з наскрізною диспетчеризацією, власну континентальну систему супутникового мобільного зв'язку з використанням GPS за проектом European Mobile Communication System (EMS чи EMSAT) для транспортних перевезень з місцевизначенням окремих рухомих одиниць.

Для забезпечення виконання цих послуг були запуснені спеціальні геостационарні супутники – спочатку італійський ITALSAT-1 (F2), а потім кілька європейських EUTELSAT. Їхня точка стояння над екватором 15° с. д. дає можливість охопити робочим променем весь Європейський континент. На сьогодні число транспортних одиниць перевізників різного призначення з терміналами EMSAT уже перевищило 250 000. Наразі використовуються термінальні комплекси EMSAT з такими режимами:

- голосовий зв'язок;
- факс і телекс;
- передача даних;
- короткі повідомлення SMS.

В усіх цих режимах можуть бути виділені замкнуті групи корпоративних користувачів, такі, як:

- міжнародні транспортні перевізники;
- регіональний і територіальний транспорт в зонах, не обладнаних стільниковим зв'язком;
- місцеві транспортні спеціальні служби (поліція, митниця, силові структури та ін.).

5. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ АСУЗТ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СРНС

У Федеративній Республіці Німеччини за проектом "Rail Ort" була розроблена комплексна АСУЗТ класу AVL на базі широкого викори-

стання СРНС типу GPS. Система "Rail Ort" дає можливість робити локалізацію поїздів автономно без залучення додаткового устаткування уздовж колії чи за його мінімальної участі. Проект виконаний за умови дотримання норм загальних вимог Європейської системи управління залізничним рухом і радіофікованої системи експлуатації залізниць ФРН, відомих під аббревіатурами ETCS і RBRO відповідно.

Дотепер машиніст локомотива повинен був сам під час руху поїзда локалізувати своє місце положення щодо всіх просторових, топологічних, геометричних і топографічних відмітних знаків і ознак залізничного шляху засобом порівняння і розпізнавання цих відмітних даних за допомогою своєї ментальної пам'яті, прив'язки їх за часом до розкладу руху, при періодичному використанні допомоги диспетчера за допомогою двостороннього зв'язку, тобто за допомогою людського фактора. У проекті "Rail Ort" як центральний елемент архітектури системи в максимальному ступені застосовується так званий "інтелектуальний атлас маршрутів" (Intelligent Route Atlas – IRA), що використовує елементи штучного інтелекту. Цей великий логічний процесор-контролер керує роботою всієї системи по локалізації поїздів на маршруті, максимально звільняючи машиніста від необхідності розпізнавати місце положення свого поїзда. Система IRA робить автоматичне визначення місця поїзда шляхом зіставлення інформації від фізичних компонентів бортового датчика й інформації, записаної раніше щодо цієї ж ділянки залізничного шляху даного маршруту з широким залученням даних радіотехнічних систем навігації.

Одним з ефективних основних результатів цієї концепції є здатність IRA замінити фізичне зображення залізничного шляху на віртуальне представлення його відрізка практично без використання якої-небудь фізичної структури навколишнього середовища, зокрема на узбіччі колії маршруту.

Для прив'язки рухомого потяга до віртуального маршруту в ІРА використані два джерела інформації. Перший – це один з типів автономних інерціальних, одометричних і акселерометричних датчиків зчитування шляху. Другий – це навігаційний просторовий і часовий датчик, за який використовується приймач зовнішніх радіонавігаційних полів СРНС GPS чи наземної імпульсно-фазової радіонавігаційної системи (ІФРНС) "Лоран-С" (її еквівалентна розробка в СРСР – "Чайка").

Слід зазначити принципову вимогу необхідності одночасного використання цих двох типів датчиків: автономних бортових і зовнішніх на основі радіонавігаційних полів. Інерціальні й одометричні датчики, що мають задовільну короткочасну точність зчитування шляху, ефективно доповнюються високоточним радіонавігаційним датчиком, що, на жаль, може допускати короткочасні збої

місцевизначення об'єкта при проїзді тунелів, гірських ділянок і лісових зон з високими деревами. З цієї причини СРНС у всіх відповідальних системах визначення місця об'єкта (наприклад, в авіації) не може використовуватися як єдине джерело, а доповнюється іншими незалежними методами, що використовують інші принципи.

На рис. 1 показана структура системи АСУЗТ за проектом "Rail Ort". Структура містить три вертикальних рівні ієрархії:

- 1) джерела інформації;
- 2) обробка даних у реальному часі, зв'язок і оперативна пам'ять даних;
- 3) обмін даними й архівування.

У лівому стовпчику **А** зображені технічні і програмні засоби, зв'язані з базою даних залізничного шляху, у центральному **В** показано, відповідно, базовий елемент проекту "Інтелектуальний процесор-контролер ІРА"

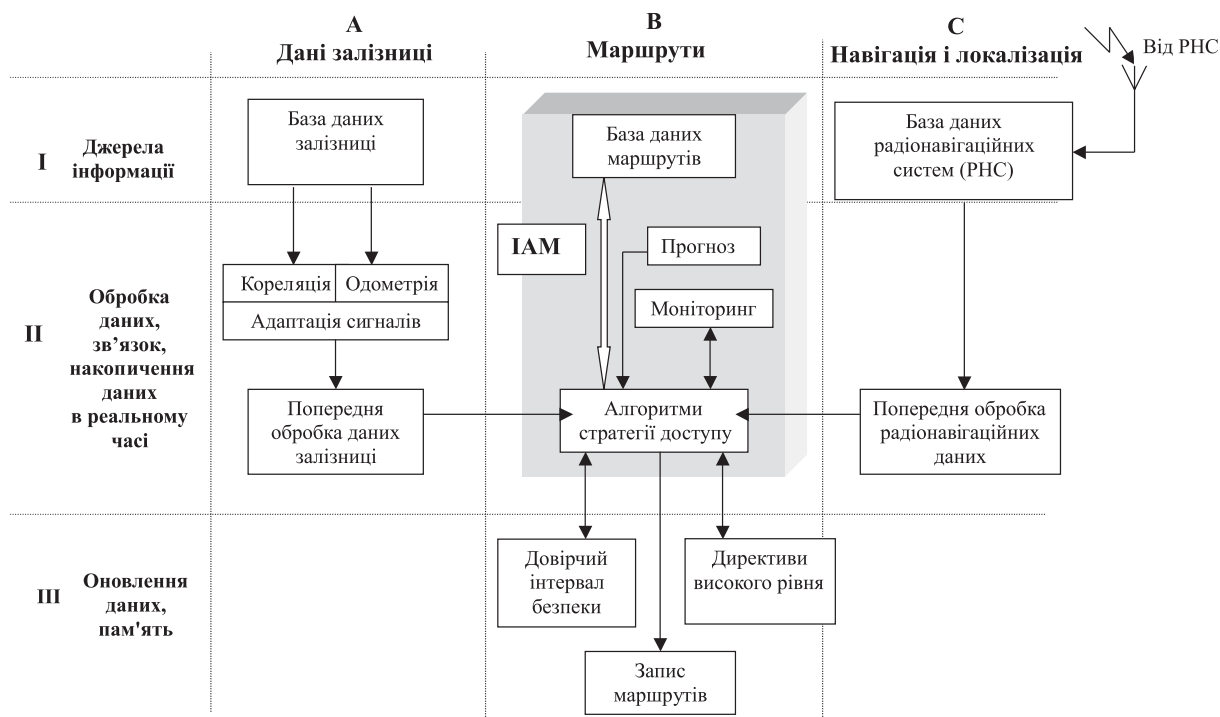


Рис. 1. Структура системи управління залізничним рухом за проектом "Rail Ort"

з елементами візуалізації, моніторингу системи і прогнозу руху, у правому стовпчику С наведена база даних зовнішньої радіонавігаційної системи.

Окрема важлива самостійна підсистема проекту "Rail Ort", не показана на рис. 1, – це підсистема забезпечення безпеки руху на залізниці, охопленій цією системою АСУЗТ, з ефективним контролем її цілісності, безперервності, достатності і точності (див. розд. 6). Не показана також така підсистема, що забезпечує проект, як рухливі засоби забезпечення моніторингу оперативної бази даних залізничних шляхів, такі, як вагони-лабораторії, що здійснюють планові проїзди ділянок маршрутів із записом і нагромадженням усієї необхідної для роботи проекту "Rail Ort" інформації (див. розд. 7). Впровадження АСУЗТ типу проекту "Rail Ort" значно підвищує ефективність комплексної експлуатації залізничного транспорту в умовах безупинного збільшення обсягів перевезень, вимог підвищення безпеки руху і впливу зовнішнього середовища, що ускладнюється.

Проект "Rail Ort" у ФРН знаходиться в стадії ефективного впровадження. Його основні елементи були випробувані в Російській Федерації протягом 1995–97 рр. на основній магістралі країни – Транссибірській (Красноярська і Московська ділянки по маршрутах Красноярськ – Хабаровськ і Красноярськ – Москва) [4]. Випробування проводилися за допомогою вагона-лабораторії з відповідною мобільною апаратурою. За результатами експерименту були створені варіанти електронної бази даних окремих ділянок Транссибірської магістралі. Під час проведення цих робіт спостерігалися тимчасові припинення спостереження за навігаційними супутниками до 30 с внаслідок відсутності радіовидимості при проходженні тунелів і гірських ущелин. Після відновлення радіовидимості датчик радіонавігаційних полів повторно цілком автоматично відновляв вимі-

ри поточних координат і швидкості локомотива. Комплексне використання цього датчика разом зі штатними одометрами дало можливість здійснювати безупинне і надійне навігаційне забезпечення в умовах місцевості зі складним рельєфом. Обмін інформацією між диспетчерськими центрами і рухомим випробним комплексом здійснювався по каналах відомчого зв'язку Транссибірської магістралі.

Наведемо приклад закінченого застосування системи класу AVL з використанням GPS на залізницях у Канаді. У цій країні основним трансконтинентальним перевізником між узбережжями Тихого й Атлантичного океанів є національна компанія СР – Canadian Pacific Railway. Ця високоорганізована фірма здійснює великовантажні і контейнерні перевезення з використанням унікальних рухомих потягів – поїздів, що включають біля ста платформ і трьох локомотивів (на початку, всередині і наприкінці поїзда) з автоматизованим синхронним управлінням. Швидкість руху поїздів на важкому рейковому шляху досягає на окремих ділянках 150 км/год і більше. Автоматична обробка вантажів забезпечує їхню доставку типів "порт–порт", "склад–склад" і "від порога до порога". Компанія СР має пріоритет у перевезенні вантажів по цій залізниці. Реєстрація проходжень поїздів виробляється безконтактним індукційним методом, що став уже класичним у світовій практиці, або НВЧ-датчиками, а зв'язок поїзних бригад з диспетчерськими службами здійснюється штатним голосовим радіозв'язком. Водночас обробка вантажів на складах і контейнерних терміналах цілком модернізована завдяки логістичній технології з широким застосуванням ЕОМ, спеціального програмного забезпечення і фіксації місця розташування і переміщення маркірованих вантажів (контейнерів) за допомогою датчиків GPS.

Паралельно з поїздами компанії СР на окремих ділянках канадської трансконтинен-

тальної магістралі невеликі фінансово незалежні компанії здійснюють приміські пасажирські перевезення місцевих робітників та службовців в основному ранком на роботу і ввечері додому 5 днів на тиждень. Сервіс щоденних поїздок англійською мовою означений відповідним терміном "commuter". Транспортне забезпечення типу "commuter" вимагає чіткої диспетчеризації перевезень, синхронної роботи з місцевими автобусними маршрутами, оперативного інформування про час прибуття і затримки поїздів. Залізнична компанія WCE (West Coast Express) здійснює такі (т. зв. "каботажні") залізничні перевезення в транспортній зоні "Великий Ванкувер" між пригородом м. Ванкувера і м. Місія (провінція Британська Колумбія) з 6-ма зупинками на станціях, де проживає багато співробітників підприємств м. Ванкувера. На маршруті довжиною 65 км уздовж берегів затоки Тихого океану і ріки Фрезер-Рівер, а також у промисловій зоні м. Ванкувера компанія WCE використовує поїзди комфортабельних вагонів двох рівнів із гарячими сніданками і з можливостями для роботи у вагоні з документами на переносних комп'ютерах типу "лаптоп".

При проектуванні системи диспетчеризації типу AVL компанія WCE вибрала СНРС GPS для точкового місцевизначення поїздів і реєстрації їх швидкості, а також мобільний цифровий радіозв'язок місцевої компанії стільникового мобільного зв'язку Sierra Wireless з мовним і пакетним режимами для передачі даних. У кабіні локомотива поїзда встановлюється модем зв'язку з приймачем GPS. Через кожні 15 с відбувається відновлення даних місцевизначення і швидкості поїзда, передача їх разом з телеметрією на диспетчерський центр, встановлений у м. Ванкувері. Телеметрія одержує інформацію від штатних робочих датчиків з агрегатів локомотива і вагонів, а також від цифрових компостерів пластикових карток пасажирів. Вся інформація в модемі тер-

мінала поїзда документується (квітується) за допомогою флеш-пам'яті для дублювання з даними ДЦ і контролю на кожному рейсі.

Труднощі диспетчеризації руху місцевих ліній у Канаді полягають у необхідності пріоритетного пропуску до 60 і більше фрагментованих поїздів компанії CPR з одночасним дотриманням власного розкладу безпечного руху. Ця задача компанією WCE успішно вирішена. Одночасно забезпечена відповідність проекту вимогам програми АРТА (American Public Transit Association) Commuter Rail Safety Management – "Програми забезпечення безпеки щоденних залізничних поїздок Американської цивільної транзитної асоціації". Назвемо основні програмні рішення задачі безпечного руху, реалізовані компанією WCE:

- візуальне відображення абсолютного і відносного місцезнаходження всіх поїздів на лінійних схемах (у операторів на центральній диспетчерській у м. Ванкувері це – графи маршрутів руху);
- можливість відображення виділеного оператором поїзда на географічній цифровій карті з вибором масштабу до 5 км у радіусі навколо поїзда (при цьому докладно відображаються найближчі орієнтири – автомагістралі, що примикають, ріки, мости, переїзди, окремі ферми і будівлі та ін.);
- прив'язка розкладу поїздів до розкладів місцевих автобусних рейсів на станціях з оперативним інформуванням про затримки (запізнення) поїздів;
- оповіщення пасажирів у вагонах і на станціях про поточний стан (у режимі online) руху поїздів на лінійних схемах-графах і табло.

Можна визначити і основні характеристики реалізованих технічних рішень проекту:

- використання на ДЦ програмного забезпечення AVL типу MapInfo 4,0 з ГІС цифровою картографією і протоколом Інтернет TCP/IP;

- здійснення відновлення даних місця знаходження і швидкості поїздів через кожні 15 чи 45 с (на вибір оператора);
- забезпечення швидкості передачі даних на рівні 19,2 кбіт/с модемами зв'язку з можливістю значного збільшення цифрового потоку при переході компанією, що забезпечує радіозв'язок, на режим стільникового зв'язку GSM/GPRS (у цьому випадку для пасажирів стає можливим інформаційний обмін зі своїми офісами);
- забезпечення криптографії передачі даних у кожному пакеті при базі 56 біт;
- виділення відображення "проблемних" поїздів на лінійних схемах-графах при запізненні на 2 і 5 хв різним кольором і звуковими сигналами, а при випередженнях графіку руху – за допомогою оцінок "негативного" часу;
- квітірування кожного рейсу в 25-ти точках (щільність квітірування збільшується при наближенні до станцій).

Вражаючі успіхи застосування проекту із системою AVL на названій ділянці руху місцевих поїздів стимулювало компанію на впровадження цієї технології і на інших ділянках. Компанія трансконтинентальних перевезень CP приступила до модернізації диспетчерського забезпечення на базі технології AVL з GPS, почавши з того, що провела інформаційне об'єднання двох керуючих систем, установивши в ДЦ (м. Калгарі, провінція Альберта) термінал компанії WCE. Планувалося введення загальнонаціональної системи класу AVL на всіх залізницях Канади від 2004 р.

6. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗА ДОПОМОГОЮ GPS

Немає необхідності особливо підкреслювати важливість забезпечення безпеки руху на за-

лізницях. Можливість використання для цих задач СРНС постановочно згадана в [1]. Нижче будуть наведені основні відомості: як застосування СРНС може поліпшити безпеку руху на залізниці з урахуванням динамічної обстановки, що оперативно змінюється.

Підсистема забезпечення безпеки руху є найважливішою складовою АСУЗТ. Практика управління сучасним залізничним транспортом вимагає повсюдного застосування АСУ чи їхніх елементів (підсистем) на основі розвинутого інформаційного забезпечення, включаючи реалізацію високоточного визначення в реальному часі поточних координат поїздів (локомотивів, дрезин і інших штатних рухливих об'єктів на залізничних коліях) як об'єктів управління, ідентифікацію всіх елементів забезпечення їхнього руху, оперативний облік умов зовнішнього середовища залізниць, що швидко змінюються.

У цих умовах система (підсистема) забезпечення безпеки руху виступає як головний пріоритет АСУЗТ при одночасному підвищенні ефективності перевезень вантажів і пасажирів, зменшенні часу транзиту вантажів, дотриманні розкладу і графіку руху поїздів і інформатизації всього складного народногосподарського комплексу, яким є залізнична галузь країни.

Наприклад, у проекті системи запобігання зіткнень поїздів системою CAS (Collision Avoidance System), впровадженою в штаті Аляска США залізничною корпорацією ARRC, передбачені такі елементи для забезпечення безпеки руху:

- рухомі потяги (локомотиви й інші функціонально важливі оперативні рухомі засоби);
- поїзні бригади на маршруті;
- всі елементи системи управління залізничних шляхів (стрілки, світлофори й інші оперативні покажчики);
- усі датчики елементів управління рухом (комутатори, переїзди, пришляхова сигналізація, сервіс дороги й ін.);

- інформаційні елементи (інформаційні таблиці, монітори, індикатори на борті локомотивів, в офісах диспетчерів і користувачів послугами залізничних експедиторів, а також для пасажирів на вокзалах).

З метою ув'язування всіх учасників руху й елементів інфраструктури, що гарантує безпеку, у єдину підсистему CAS використовуються також розвинуті канали провідного і цифрового радіозв'язку для обміну потоками тисяч сигналів і інформаційні поля СРНС, у першу чергу проекту GPS.

Система CAS проектується як пріоритетна директивна система і водночас (що надзвичайно важливо відзначити) вона повинна бути гнучкою і комфортною для користувача. Інакше вона потенційно може, забезпечуючи безпеку, цілком заблокувати рух при частоту і недостатньо виправданому втручанні в рух через перестраховку і багаторазовому введенні режимів чи попереджень, тим більше тривоги. Це означає, що система CAS повинна задовольняти цілому переліку комплексних вимог, таких, як цілісність, безперервність, точність і надійність. Тільки за умови задоволення цих системних вимог вона буде гарантувати безпеку руху при одночасному зменшенні впливу людського фак-

тора в такому складному техногенному середовищі, як залізниця.

7. КОНТРОЛЬ НАД СТАНОМ ЗАЛІЗНИЧНИХ МАГІСТРАЛЕЙ

Процедура періодичного контролю (моніторингу) залізничних шляхів є найважливішою технологічною операцією по підтримці їх у належному технічному стані для безпечного руху поїздів, особливо на швидкісних трасах. Ця процедура включає, крім періодичної реєстрації технічного стану шляхів, ще і регламентні виміри їхніх лінійних розмірів: відстані між рейками, подовжнього профілю колії, різниці висот рейок на поворотах, а також виявлення місць прогину рейок, що вимагає підсилення баласту й інших операцій (див. рис. 2).

Стандартна геодезична технологія, що стала класичною, передбачає використання оптичних геодезичних приладів (теодолітів і ін.). Ця технологія надзвичайно трудомістка, вимагає високої кваліфікації працівників, ручної праці і великих витрат часу. Тому вона далека від оперативності і від одержання результатів по ній у реальному часі. За наявними даними за один день бригада геодезистів може забезпечити штатний контроль і зйом-

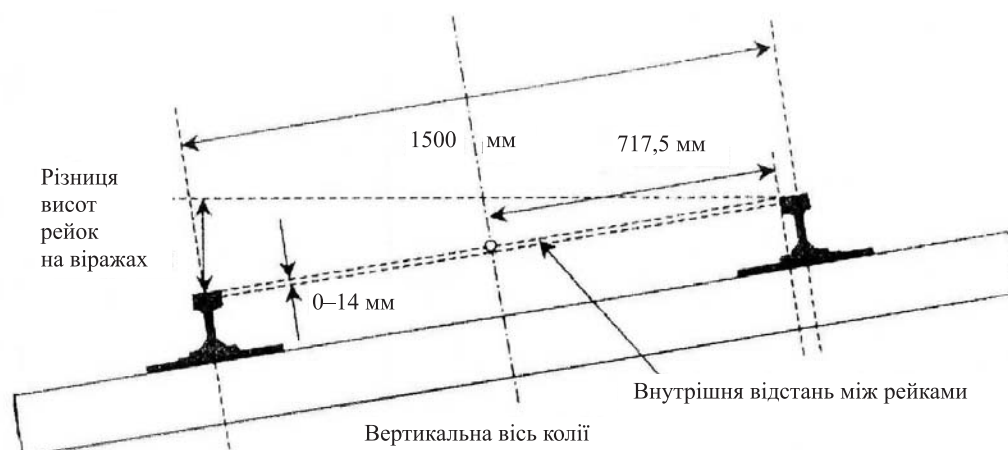


Рис. 2. Основні контрольовані параметри європейської залізниці

ку не більш 10 км регулярного (не проблемного) залізничного шляху.

Застосування СРНС для геодезичних робіт на сьогодні забезпечено високоточними двухчастотними (діапазони L1 і L2) приймачами GPS, у тому числі з фазовими вимірами, відпрацьованими методиками і технологією постпроцесорної камеральної обробки. У результаті (залежно від вимог і приборноматематичного забезпечення) реалізуються точності геодезичних зйомок – відповідно субметрова, субдециметрова і міліметрова. Для задач з технічними вимогами моніторингу залізничних магістралей стандартна GPS-методика дає можливість за один день обміряти 200 км шляху, тобто продуктивність праці збільшується в порівнянні з оптичною технологією в 20 разів. Більш того, цифрова постобробка дає можливість легко документувати дані, що гарантує високу вірогідність результатів і їхній аудит.

Відомі два реалізованих проекти по застосуванню технології GPS для обмірювання параметрів залізничних доріг. Вони принципово відрізняються за визначеними ознаками. Перший з них розроблений для австралійських залізниць за участі університету м. Мельбурна [4]. Він оснований на застосуванні DGPS разом з інерціальними датчиками (гіроскопами) і датчиками нахилу (інклінометрами). Апаратура розміщена на автодрезині і забезпечує не тільки точне горизонтальне дециметрове розділення, але і критичні градієнтні відліки. Одночасно реалізоване програмне забезпечення швидкої картографії для ПС, так званої технології RRM.

У результаті використання технології RTK – кінематичного спостереження за фазою сигналів GPS у реальному часі – було показано, що вимоги до точності прив'язки в горизонтальній площині задовольнялися, але у вертикальній вони були явно недостатніми. Було виявлено, що хоча технологія RTK забезпечує теоретично сантиметрову точ-

ність, на практиці (на прикладі австралійських залізниць, що проходять у лісах і горах) не завжди вдавалося в динаміці спостерігати не менш 4 НКА, необхідних для обчислень координат об'єктів. Тому в даному проекті за основу була прийнята методика DGPS, що дає точність прив'язки результатів вимірів у 2–5 м у місцевій системі координат, що еквівалентно точності в масштабі 1:10 000 на досить великій площі. Таким чином, у проекті дистанцію, нахил і пеленг у комплексі одержували за допомогою DGPS, а для точного виміру кривизни і градієнта використовували високоточні твердотільні інклінометри. Для реєстрації нахилів у двох ортогональних площинах використовували також електrolітичні датчики гравітації.

При вимірах дрезина рухалася по обраній ділянці шляху на дистанції до 150 км при рівномірному русі зі швидкістю 30 км/год з контрольними зупинками через 25–50 км, на яких здійснювалися фазові RTK-виміри. Всі відліки вимірів оцифровані й у темпі 5 відліків за секунду реєструвалися і транслювалися на хост по послідовному інтерфейсі RS-232. На вимірювальній платформі використовувався 12-канальний приймач GPS для точного виміру швидкості поряд зі звичайним цифровим спідометром. Горизонтальні повороти вимірювалися методом поточного пеленга платформи за допомогою цифрового компаса – флюксометра. Через 12–15 днів ставали доступними результати постобробки з точністю до 1 м по всій дистанції вимірів в абсолютних координатах і до 10 см точності у відносних відліках. Найкритичнішими в проекті виявилися датчики-інклінометри. Найбільше задовільно вони працювали тільки в режимі беззупинного і рівномірного руху платформи. При прискоренні, затримці, зупинці і реверсі руху виникали проблеми, викликані перехідними процесами у відліках.

Тому певний інтерес представляє інший, більш сучасний проект, виконаний для заліз-

ниць Великобританії Швейцарським федеральним інститутом технології (м. Цюрих). У проєкті за основу прийнято метод технології RTK-кінематичного спостереження за фазою сигналів GPS у реальному часі. Апаратура монтується на триколісному безмоторному візку з ручним приводом, установлюваному на рейках, що отримав назва Swiss Trolley. При швидкості візка 1,2 м/с один працівник в автоматичному режимі робить вимір параметрів шляху при переміщеннях поїздів в умовах реального руху за розкладом, одержаним на зміну. При наближенні потяга візок по команді, переданій дистанційно, знімається з рейок для пропускання поїзда. Як відомо, реально режим RTK (особливо при використанні двухчастотного приймача GPS) забезпечує надлишкову для залізниці субсантиметрову точність. Разом з оптичною геодезичною станцією при роботі в тунелях комплекс Swiss Trolley забезпечує міліметрову точність.

Установка на комплексі Swiss Trolley штатних вимірювальних геодезичних приладів дає можливість робити повне вимірювання параметрів рейкових шляхів відповідно до рис. 2. При цьому гарантується точність вимірів лінійних відхилень на рівні 0,5 мм і кутових відхилень на рівні 0,5 мрад. Колісна пара візка оснащена двома одометрами з усередненням середньої лінії, що дає можливість робити зчитування шляху при тимчасовій відсутності можливості місцевизначення по навігаційних супутниках. Таким чином, реалізується так званий режим "мертвого ходу" DR (Dead Reckoning), що є звичайним для всіх транспортних засобів із супутниковою навігацією. Уся вимірювальна апаратура комплексу калібрується на мірній дистанції рейкового шляху. Постобробка координатних вимірів провадиться на обчислювальному комплексі, що містить у програмі 11-каскадні фільтри Калмана. До складу комплексу можуть бути включені також такі високотехнологічні датчики, як лазерний сканер і допле-

рівський датчик руху міліметрового діапазону хвиль.

У цілому комплекс Swiss Trolley являє собою сучасний вимірювальний інструмент, що демонструє традиційно високі швейцарські рівні реалізації апаратури і культури вимірів.

8. ЗАЛІЗНИЦЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ КРАЇН І РЕГІОНІВ

У країнах зі слабозвиненою інфраструктурою зв'язку і великою довжиною території, таких, як Росія, Індія і, частково, Україна для вирішення проблеми інформатизації характерне використання найбільш організованих інфраструктур, а саме автомобільних і залізничних транспортних магістралей як своєрідний інтерфейс. В існуючій структурі транспортних підприємств мається безліч стаціонарних об'єктів, розташованих у містах і населених пунктах уздовж доріг, таких, як автомобільні і залізничні станції і вузли, промислові і торгові підприємства, офіси регіональних управлінь, готелі, пункти суспільного харчування й ін., для управління якими створюються відомчі і корпоративні мережі зв'язку і передачі даних, що забезпечують як стаціонарні об'єкти, так і транспортні засоби відповідно фіксованого і мобільного зв'язку.

Існуючі технічні рішення задач для систем зв'язку транспортних магістралей і їхніх інфраструктур характеризуються різноманіттям провідних (кабельних) телефонних мереж відомчого і загального застосування, мобільних дуплексних і напівдуплексних каналів зв'язку у вигляді транкінгових і пакетних мереж різних системних протоколів (MPT 1327, SmartTranck II, ArcNet, LTR, GSM і ін.). Для вирішення задач зв'язку використовується апаратура різних поколінь численних виробників – вітчизняних і закордонних (Motorola, Kenwood, Icom і ін.). На сучасному етапі можливе вирішення проблем фіксованого і мобільного зв'язку в регіональних промисло-

вих зонах і навколо них на основі єдиної технології бездротового доступу й обміну даними як типу "одна точка – багато точок" з базовою станцією при технології трансляції (ретрансляції), так і "точка – точка" без базової станції. Це дає можливість планувати і забезпечувати регіони зв'язком за допомогою використання апаратури бездротової технології, уникаючи витрат на проведення кабельних і провідних мереж.

У Росії ЗАТ "Юнітел" планує створення уздовж магістральних автомобільних і залізничних шляхів локальних зон – телекомунікаційних доменів діаметром до 50–80 км або, навпаки, довгих лінійних структур довжиною до 500–1 000 і навіть до 2 000 км.

Інформатизація в Україні проводиться відповідно до ряду загальнодержавних і відомчих документів. Ця технологія передбачає такі позиції загальнонаціональної програми робіт по забезпеченню зв'язку, як телефонізація сільських регіонів країни, у тому числі за допомогою мобільного зв'язку, охоплення мережею Інтернет і ін. Для промислово розвинених районів країни і міст актуальною стає проблема освоєння високошвидкісних каналів обміну інформацією у бездротовому ("wireless") і швидкісному широкополосному цифровому виконанні ("wideband"). Такі мережі зазвичай поєднуються в деякі корпоративні, місцеві чи регіональні мережі, що умовно називаються в залежності від територіального покриття: DWAN (Domestic Wide Area Network), LAN (Local Area Network) або MAN (Metropolitan Area Network) відповідно. Іноді журналісти і соціологи для таких територіальних об'єднань використовують такі інформаційні поняття, що відносяться до сфери масового обслуговування, як "телекомунікаційне село", "домен" чи "кампус" [5]. Роль національних залізничних магістралей у цих умовах ще необхідно оцінити. Значення супутникових технологій зв'язку і навігації в цих умовах дуже істотне.

9. ВИСНОВКИ

Наведені аналітичні матеріали підтверджують, що застосування супутникової навігації в залізничній галузі демонструє перехід цієї високої технології в практичну фазу застосування для задач автоматизованого управління рухом із забезпеченням безпеки, моніторингу рейкових шляхів і будівництва залізниць.

Національні програми освоєння високої технології супутникової радіонавігації виконуються під керівництвом Національного космічного агентства України (НКАУ). На даний час у країні функціонує ряд геодезичних служб і мереж референсних і ККС GPS, у тому числі при Національній Академії наук України (НАНУ) з центром у Головні Астрономічній Обсерваторії (ГАО) (Голосієве, м. Київ). Ряд творчих колективів і виробничих організацій освоїли ці високі технології, організували постачання відповідної апаратури і розробку програмних продуктів. Найбільш близьким до вирішення задач контролю над залізничними шляхами варто вважати фундаментальне дослідження GPS-моніторингу ділянок території АР Крим, небезпечних у сейсмічному сенсі [6].

Організація застосування супутникових технологій навігації і зв'язків у залізничній галузі України вимагає, у першу чергу, обґрунтування, оцінки ефективності й умов залучення інвесторів. З урахуванням важливості залізничної галузі для економіки країни і необхідності збільшення транзитного потенціалу України варто очікувати, що це відбудеться найближчим часом.

Для підготовки статті були використані матеріали журналу GPS World (див. сайт www.gpsworld.com).

ЛІТЕРАТУРА

1. Клінге А. і ін. Датчики місцевизначення поїздів. // Зб. праць 2-ої міжнародної конференції "Пла-

- нування глобальної радіонавігації". // "Навігація-97", 24–26 червня 1997, т. I. – С. 165–177.
2. **Скорик Є. Т., Кондратюк В. М.** Застосування супутникових технологій навігації та зв'язку в автотранспортній галузі. // Наука та інновації. – 2007. № 1.–С. 20–36.
 3. Czech Railways trials GSM-R, Eastern European Wireless Comm. –Oct/Nov. 2004. – P. 5.
 4. **Болдирьов В. І. та ін.** Комплекс супутникової навігації для забезпечення управління рухом поїздів. // Зб. праць 2-ої міжнародної конференції "Планування глобальної радіонавігації". – "Навігація-97", 24–26 червня 1997, т. I. – С. 178–181.
 5. **Скорик Є. Т.** Телекомунікаційне село. // Радиоаматор. – 2000, № 10. – С. 54.
 6. Регіональна система геодинамічного й екологічного моніторингу Криму з використанням GNSS. Міждисциплінарна програмно-орієнтована програма, пояснювальна записка. // ГАО НАНУ, Київ – Харків – Крим, 2002.

Е. Т. Скорик, Л. П. Пасечник, В. М. Кондратюк. СПУТНИКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАДИОНАВИГАЦИИ И РАДИОСВЯЗИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ.

Аннотация: Рассмотрены вопросы применения спутниковых технологий радионавигации и мобильной радиосвязи в железнодорожной отрасли при создании автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом для обеспечения безопасности движения и оперативного контроля состояния транспортных магистралей. Приведены примеры использования подобных систем за рубежом. Оценены возможность и необходимость использования этих прогрессивных технологий в Украине.

Ключевые слова: спутниковая навигация, системы связи, железнодорожные магистрали.

E. T. Scorik, L. P. Pasichnik, V. M. Kondratyuk. THE SATELLITE TECHNOLOGIES OF RADIO NAVIGATION AND RADIOCOMMUNICATION FOR RAILWAY TRANSPORT.

Abstract: The principles of the satellite navigation technologies and mobile communication systems use in creation of the automated systems for rail safety and operational control of trunk railways are considered. Are given the examples of use of similar systems abroad. An opportunity and necessity of the application of these progressive technologies in Ukraine are evaluated.

Keywords: satellite navigation, communication systems, trunk-railways.

Надійшла до редакції 13.04.05
