

УДК 658.512.2:004.4'24

Л.Ю. Федік, І.С. Кондіус, Р.Я. Грудецький, Н.Т. Зубовецька

АНАЛІЗ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ ЯК СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Федік Леся Юріївна

Луцький національний технічний університет,
fedikltsia@gmail.com

Кондіус Інна Степанівна

Луцький національний технічний університет,
innastk@ukr.net

Грудецький Роман Ярославович

Луцький національний технічний університет,
grudik@ukr.net

Зубовецька Наталія Тарасівна

Луцький національний технічний університет,
n.zubovetska@lntu.edu.ua

У статті зазначено, що в наш час автомобільні навігатори набули широкої популярності, а також викладено особливості застосування глобальних навігаційних супутникових систем як одних із найкращих для функціонування таких навігаторів. Описано історію першої супутникової навігаційної системи — Transit. Крім того, проаналізовано принципи роботи, основні особливості, недоліки, місця розташування і сумісність таких існуючих глобальних навігаційних супутникових систем, як NAVSTAR-GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou, QZSS (Michibiki) та NavIC. Зазначено, що найкращі показники роботи пристроїв було отримано при застосуванні глобальних навігаційних систем ГЛОНАСС і GPS. Наведено порівняльні характеристики існуючих типів навігаційних систем автомобілів, зокрема штатних і автономних, і навігаційного програмного забезпечення портативних комп'ютерів і систем. Описано особливості роботи і живлення найчастіше застосовуваної штатної навігаційної системи автомобіля. Висвітлено принцип роботи і будову стандартного автомобільного GPS-навігатора як одного з найкращих. Зазначено також, що серед користувачів найпопулярнішими навігаційними системами вважаються портативний комп'ютер і звичайний смартфон із встановленими навігаційними програмами, докладними актуальними мапами і покроковими інструкціями, на відміну від вбудованих систем. Викладено принцип дії всіх марок автомобільних навігаторів. Значну увагу приділено оцінці переваг і недоліків популярних марок штатних навігаційних систем автомобілів, таких як Garmin, TomTom і Magellan. За результатами проведеного дослідження представлено особливості платних і

безкоштовних програм автомобільних навігаторів, які набули популярності серед водіїв автомобілів: Яндекс Навігатор, iGo Primo, TomTom, Waze, Google карти, Автоспутник, OsmAnd, 2ГИС і Sygic Car.

Ключові слова: автомобільний навігатор, глобальна система, маршрути, координати, точність, карта, навігаційна система, програма, комп'ютер, марка, переваги, недоліки, аналіз, характеристики, портативний, штатний, автономний, безкоштовний.

Сьогодні пристрої супутникової навігації стали невід'ємною частиною повсякденного життя, а автомобільний навігатор встановлено майже в усіх автомобілях. Він практично є спрощеним кишеньковим персональним комп'ютером, за допомогою якого визначається поточне місце перебування авто, прокладаються та запам'ятовуються маршрути і аналізуються ситуації на дорогах із рекомендованими шляхами об'їзду, враховуючи правила руху і попередження щодо перевищення швидкості. І серед великої кількості навігаторів за відсутності їх аналізу іноді важко обрати оптимальний [1]. Тому метою дослідження є здійснення аналізу навігаційних систем автомобілів.

Значний внесок у оцінку навігаційних систем автомобілів зробили Скорик Є.Т., Кондратюк В.М., Горів А.Е., Мигаль В.Д., Холодюк О.В. та інші дослідники.

Для ефективної роботи автомобільних навігаторів застосовується Глобальна навігаційна супутникова система (ГНСС; Global Navigation Satellite System — GNSS). З-поміж інших систем навігації вона виділяється економічністю, оскільки покриває всю нашу планету і надає користувачам можливість інтегрувати її з іншими технологіями, наприклад із телефоном. Проте перешкоджають її роботі й впливають на її сигнал атмосфера, електромагнітні перешкоди, іоносфера, геомагнітні бурі, дерева та будівлі.

ГНСС завдяки системі супутників передає дані про глобальне позиціонування та точний час. Для передачі цієї інформації використовуються радіохвилі певних частот, отримавши які, приймач обчислює і показує координати місця розташування певного об'єкта, тобто довготу, широту та висоту, дозволяючи визначити територіальне розміщення об'єкта та напрямок і швидкість його руху [2–4].

Першу супутникову навігаційну систему, Transit, було розроблено в США, а її використання почалося в 1964 році на підводних човнах Polaris. Пізніше система була вдосконалена і отримала назву NAVigation Signal Timing And Ranging Global Positioning System, або NAVSTAR-GPS чи просто GPS.

Система GPS складається з 27 основних супутників і додатково підтримуючих із космосу супутників WAAS (Wide Area Augmentation System), що забезпечують необхідну корекцію даних і підвищення точності системи. Супутники розташовані в Північній Америці (і частково — в Південній Америці) та перебувають під опікою FAA (Federal Aviation Administration — Федеральна авіаційна адміністрація США) [1, 5].

Серед недоліків системи GPS слід відзначити неможливість проходження сигналу через суцільні стіни і конструкції, а також зниження його якості у залежності від висоти споруд із розбіжністю 5–10 м від реальної геолокації. Тому використовувати дану систему в приміщенні, під водою чи на території з густо насадженими деревами не можна. Середня точність навігації за рахунок самої системи (без урахування помилок приймаючого обладнання) становить близько 1 м, а точність позиціонування — 10 м. У випадку, якщо навігатор функціонуватиме лише на сигналах GPS, похибки складуть у середньому 4 м.

Аналогом системи GPS є російська система ГЛОНАСС — Глобальна навігаційна супутникова система. Вона складається з 24 діючих супутників і, згідно з

офіційною заявою шведської супутникової компанії, краще працює в північних широтах, тоді як супутники GPS майже не зміщують своє положення на північ від 55-ї паралелі, а в південній півкулі, відповідно, на південь. Середня точність навігації за рахунок самої системи (без урахування помилок приймаючого обладнання) становить близько 3 м. Якщо навігатор буде функціонувати лише на сигналах ГЛОНАСС, похибка становитиме 6 м [6, 7].

До зростання похибки в декілька разів може призвести положення супутників на орбіті та якість приймаючого обладнання на Землі. Тому в автомобільних навігаторах широко використовується двосистемна навігація, що дозволяє працювати приймачам навігаторів одночасно з супутниками різних систем навігації, збільшуючи кількість використовуваних супутників та істотно підвищуючи точність і надійність вимірювань. І під час визначення місця розташування об'єкта похибка по довготі і широті знижується до 1,5 м. Однак двосистемні навігаційні апарати мають значний недолік — високу ціну, пов'язану з використанням двох чіпів.

Також користується популярністю сумісна з GPS європейська система навігації GALILEO, що є альтернативою американській системі GPS і російській ГЛОНАСС. Вона налічує 27 супутників (плюс 3 резервні), використовує повне їх сузір'я, і три наземні центри управління, забезпечуючи безкоштовну навігацію з точністю менше 1 м, порівняно з існуючими системами без гарантії 100 %-го покриття території. Сегмент наземного управління Galileo розташований у двох центрах — Оберпфаффенхофені в Німеччині та Фучіно в Італії. Система включає всесвітню мережу сенсорів моніторингу і станцій вимірювання та передачі даних. Супутники системи розташовані на висоті 2222 км, найвище серед чотирьох навігаційних систем.

Система має платний сервіс підвищеної точності визначення місцеположення в межах 4 м у горизонтальній площині та 8 м — у вертикальній з довірчою ймовірністю 0,95. Особливо надійним і високоточним вважається кодований сигнал з чітко контрольованим колом абонентів, теоретичною точністю позиціонування до 10 см і захистом від спроб імітації.

Заслуговує на увагу навігаційна система позиціонування Beidou (Сузір'я «Велика Ведмедиця»), розроблена в Китаї. Спочатку ця система забезпечувала покриття тільки в цій країні та Азійсько-Тихоокеанському регіоні, а з впровадженням проєктів BDS-2 і BDS-3 у 2020 році почала діяти в усьому світі. На орбіті система налічує 35 супутників, а понад 40 наземних станцій забезпечують моніторинг коректності її роботи. Глобальна доступність системи оцінюється у 99 %, а для ключового Азійсько-Тихоокеанського регіону вона навіть більша, тобто працює там майже ідеально. За статистикою більше 120 країн користуються сервісами даних цієї системи. Відмітною її особливістю є можливість надання споживачам важливої комерційної послуги — обміну між собою невеликими текстовими повідомленнями. Сьогодні точність позиціонування в цій системі сягає 10 м.

Автомобільний навігатор у системі Beidou є не тільки приймачем, а й передавачем сигналу, і завдяки станції моніторингу через два супутники надсилається сигнал користувачеві. Потому пристрій надсилає відповідний сигнал через обидва супутники. Наземна станція після затримки сигналу розраховує географічні координати користувача, визначає висоту за наявною базою даних і передає сигнали на пристрій користувача сегмента [8, 9].

Отже, найнижче розміщена система ГЛОНАСС, потім — GPS та Beidou і найвище — Galileo. Завдяки цьому, а також постійному доступу до 6–8 супутників цієї системи, покращенню якості вимірювань системою GPS, а точності — наземними компонентами і супутниками Європейської служби геостационарної на-

вігації (European Geostationary Navigation Overlay Service — EGNOS) забезпечується дуже висока точність для більшості місць на Землі, що переважно вимірюється сантиметрами, а не метрами.

Крім описаних супутникових навігаційних систем, на території Японії існує запущене сузір'я квазізенітної супутникової системи (Quasi-Zenith Satellite System — QZSS), або Michibiki. З листопада 2018 року працюють чотири супутники цієї системи, три з яких знаходяться в Азії та Океанії. Однак, незважаючи на невеликі розміри порівняно з іншими системами, вона відповідає всім потребам населення Японії. І починаючи з 2024 року супутникове сузір'я має становити 7 одиниць, що дозволить покращити загальну ефективність системи, зробити її незалежною від GPS і, таким чином, забезпечити повну автономність у країні. Японія також має систему точної підтримки GPS/Michibiki, яка називається MTSAT Satellite Augmentation System (MSAS), складається з двох супутників і надає дані про погоду.

Аналогом GPS, який не залежить від неї, є навігаційна супутникова система NavIC (NAVigation with Indian Constellation), розроблена Індійською регіональною навігаційною супутниковою системою (Indian Regional Navigation Satellite System — IRNSS). На даний час на орбіті знаходиться сім супутників, які забезпечують позиціонування в країні та на відстані до 1500 км за її межами.

Робота системи NavIC тільки підтримується геосинхронно доповненою навігаційною системою GPS (GAGAN), що складається з трьох додаткових супутників і наземної інфраструктури. Система після повного її впровадження має бути за принципом роботи схожа на японську.

Навігаційні системи, які застосовуються у сучасних автомобілях, можна поділити на такі типи, як штатні, автономні та навігаційне програмне забезпечення портативних комп'ютерів і смартфонів.

Особливість штатної навігаційної системи в тому, що вона є частиною салону автомобіля. Завдяки цьому він має привабливий естетичний вигляд, а гаджет важко вкрасти. Ця система повністю сумісна з усім бортовим обладнанням та інтегрована в бортовий комп'ютер, що дозволяє використовувати динаміки та приладову панель для голосових і візуальних вказівок. Штатна навігаційна система зазвичай функціонує швидше автономної, у ній відсутня затримка в передачі сигналу і оновленні карт, а навігатор працює від вбудованого акумулятора. За великої місткості батареї пристрій може довше працювати автономно, і для зарядження достатньо під'єднати його до будь-якого джерела живлення (розетки, автомобільного припалювача або повербанку). Корпус навігатора найчастіше виготовлений з пластику, хоча існують моделі, захищені від пилу, вологи та навіть повного занурення у воду [1].

Однак штатна навігаційна система має деякі недоліки. Так, під час заміни штатного навігатора автономним може порушитися робота системи автомобіля, карти штатної навігації є неточними, хоча завантажуються швидко, немає можливості вибрати іншу навігаційну систему.

Особливістю автономної навігаційної системи автомобіля є те, що на відміну від штатної вона не входить у комплектацію авто, а купується окремо. Такий навігатор має власну систему живлення, процесор, приймач сигналу, дисплей і панель управління.

Найпопулярнішими навігаційними системами серед користувачів вважаються портативний комп'ютер і звичайний смартфон із встановленими навігаційними програмами, докладними актуальними мапами і покроковими інструкціями. Завдяки компактності та зручності пристрою, його розміщують на лобовому склі чи приладовій панелі, що дозволяє здійснювати перевірку напрямку, не відволікаючись від дороги та не випускаючи керма [1, 10].

Розглянемо принцип роботи стандартного GPS-навігатора. Приймаючий пристрій, розташований на Землі, встановлює у космосі зв'язок зі супутниками (24 одиниці плюс 3 резервні), що розташовані на шести навколоземних орбітах і передають радіосигнали, і приймає від них сигнал. Супутники знаходяться у взаємозалежній мережі, контроль над якою здійснюється з тропічних островів і з координатного центру в Сполучених Штатах Америки. Отримавши від них сигнали, навігатор визначає довготу, широту та висоту, на якій розміщено автомобіль. Згідно з цими параметрами пристрій обирає карту, що знаходиться в пам'яті навігатора, і встановлює місцезнаходження об'єкта. Для визначення геолокації автомобіля як об'єкта пристрій вираховує час від моменту відправлення сигналу з супутника на орбіті до його прийому GPS-навігатором на планеті Земля. Потому різниця в часі множить на швидкість радіохвилі. Цей результат приймач сигналу використовує для отримання даних про відстань до конкретного супутника на орбіті. Завдяки збірній з декількох супутників інформації пристрій визначає координати об'єкта, на якому він розміщений [11].

Інтернет-з'єднання автонавігатора не потрібне, оскільки всю інформацію він отримує безпосередньо від GPS-супутників. Однак моделі з гібридними режимами з'єднання можуть оснащуватися слотами для SIM-карти та під'єднання до мережі Інтернет, що дозволяє точніше позиціюватися, враховуючи не тільки дані GPS-супутників, а й розташування стільникових веж.

Варто відмітити високе енергоспоживання чіпів ГНСС. Наприклад, чіп GPS розряджає акумулятор автомобіля за безперервного використання протягом 8–12 годин, спричиняючи потребу в заміні чи перезаряджанні акумулятора, що в деяких умовах здійснити неможливо.

Стандартний автомобільний GPS-навігатор складається з апаратної частини, дисплея, плати, антени, пам'яті, програмного забезпечення та додаткових елементів.

Апаратна його частина містить корпус, у якому розміщені плата, дисплей та акумулятор. Усі навігатори мають сенсорний екран. Єдина відмінність цього екрану від інших — наявність антиблікового (матового) покриття. Плата фактично є мінікомп'ютером із мікросхемою, оперативною пам'яттю (ОЗП) і процесором. В неї впаяні всі складові, що потрібні для роботи гаджета. GPS-антена навігатора являє собою звичайну антену з класичним принципом роботи прийому супутникових хвиль певної частоти. За конструктивного виконання антена GPS/ГЛОНАСС-приймачів буває внутрішньою, вбудованою і зовнішньою. Якість прийому навігаційних сигналів навігатора залежить від типу антени (плоска (Patch) чи спіралеподібна (Helix)) і чіпсета приймача. Завданням останнього є обробка прийнятого антеною сигналу, який характеризується часом пошуку супутників після вмикання, можливістю обчислення координат навігатора за відбитими сигналами від супутників, використанням растрових карт великого розміру з високою деталізацією (що вимагають багато місця на диску), якістю графіки на дисплеї, швидкодією, тобто використанням карт пам'яті (для зберігання декількох навігаційних карт і пройдених маршрутів), та інших складових.

У автомобілях із GPS-навігацією застосовуються три типи пам'яті: ОЗП, внутрішня і BIOS (базова система введення-виведення). Функція оперативної пам'яті полягає в забезпеченні швидкої роботи навігаційної системи, завантаженні даних і оновленні геолокації в режимі реального часу, внутрішньої — у завантаженні карти, додатків і даних користувача, а BIOS — у зберіганні завантаженої програми навігації.

Програмне забезпечення автомобільного навігатора налаштоване з урахуванням специфіки його потреб: його завданням є підвантаження бібліотеки для робо-

ти всіх програм. Так, наприклад, як навігаційну програму навігатори фірм Garmin і TomTom використовують власні навігаційні карти, а Navitel, IGO та інші — сторонні карти.

До додаткових елементів навігаційної системи автомобіля відноситься Bluetooth — для синхронізації з іншими індивідуальними пристроями, та GPRS-модуль і радіоприймач — для отримання даних про трафік.

Існує багато марок портативних навігаційних пристроїв, що створює високу конкуренцію на ринку та стимулює виробників до удосконалення своїх продуктів зі збереженням при цьому відносно низьких цін. Так, найпростіші за функціоналом пристрої коштують менше \$100, а дорогі портативні навігатори переважно дешевші, ніж вбудовані з нижчою ціною на оновлення карт; деякі виробники включають у ціну довічне оновлення карт.

Серед позитивних особливостей портативних навігаторів слід вказати функцію відображення обмеження за швидкістю та підключення до смартфонів. Однак користувачі відзначають незручність способу їхнього закріплення в салоні автомобіля (присоскою на лобовому склі чи кріпленням-мішком на приладовій панелі), що може призвести до падіння шнура живлення та його під'єднання до порту в самому салоні, що виглядає неестетично і не є зручним у використанні, а також призводить до необхідності ховати пристрій, коли водія в авто немає [6, 12].

Серед найпопулярніших штатних автомобільних навігаційних систем, які конкурують між собою на ринку, вирізняються чотири марки.

Перша марка — автомобільні навігатори серії Garmin, що відрізняються стильним дизайном і мінімальними розмірами (економія простору), помірною ціною (в межах \$169,99–349,99), безкоштовною мапою, оновленнями на карті, які доступні користувачам для скачування безкоштовно, автономним режимом роботи (не потребує мобільного зв'язку та передачі мобільних даних) та бібліотекою карт із здебільшого точними назвами вулиць, об'єктами та номерами будинків [13].

Крім того, пристроєм можна керувати за допомогою голосу водія, і він має функцію підказок перестроювання на іншу смугу руху та відображення 3D-макета розв'язок або естакад, показу затворів (із оновленням даних із затримкою 30 с), а також синхронізації даних із мобільними застосунками чи комп'ютерами за допомогою Bluetooth для оновлення програмного забезпечення через Інтернет.

Основними недоліками навігатора Garmin залишаються відсутність планування декількох маршрутів, що дозволяє прокласти маршрут тільки з однією проміжною точкою, можливість вибору навігатором не найкращого маршруту і відсутність швидкого у порівнянні з TomTom оновлення карт. Ціни на пристрої цього виробника майже не відрізняються від цін інших брендів. Проте, незважаючи на недоліки та невеликий асортимент, Garmin має високі оцінки якості — чотири зірки з п'яти.

Найстарішою на ринку серед продуцентів автомобільних навігаторів і відповідно виробляючою найбільшу кількість моделей є компанія Magellan. Користувачі виділяють такі переваги її пристроїв, як великий розмір екрана (7 дюймів), а також наявність меню з обраними маршрутами, денного і нічного режимів роботи і слота для карт пам'яті. У гаджетах цієї фірми наявні стандартний набір автомобільних функцій, гучний зв'язок для управління голосом (за допомогою Bluetooth), докладний посібник з орієнтування на місцевості, автоматичне оновлення під час підключення до комп'ютера і GPS-пристрій майже для кожного виду транспортного засобу. Крім того, навігаторами надаються підказки про місце знаходження найближчих паркувальних місць і попередження про знаки обмеження швидкості, а в нових моделях — попередження про камери фото- і відеофіксації швидкості. Головною особливістю цього навігаційного обладнання є його інтеграція з камерою заднього виду автомобіля.

Серед незручностей у застосуванні користувачі виділяють малу тривалість роботи батареї, велику вагу пристрою, а також складнощі при розрізненні виділеного маршруту і звичайної карти та неточність карти.

У порівнянні з Garmin і TomTom дана марка пристроїв виділяється найнижчою ціною (\$89,99–229,99) і відповідно нижчим рейтингом (3,7 балів із 5) через різкий вихід із ладу і короткий термін служби [14].

Відмінною якістю роботи, навіть далеко від великих міст, зарекомендували себе автомобільні навігатори моделей TomTom — завдяки автономності служби, голосовому управлінню, сенсорному HD-екрану розміром 5 дюймів, хорошій якості зображення, зручному меню, простому управлінню, зручному магнітному кріпленню, дуже швидкому маршрутизатору, великому вибору мов для інтерфейсу, програмному забезпеченню і легкості оновлення пристрою.

Навігатори цієї фірми мають перевагу щодо можливості та простоти оновлення карт порівняно з моделями Garmin і Magellan, хоча ціна пристроїв дуже висока, як і ціна оновлення карт (\$159,99–249,99): серед розглянутих марок гаджетів вона найвища.

Серед недоліків моделі TomTom слід згадати не завжди робочі голосові команди, нечіткість напрямків на дисплеї та погане оновлення карт, через що її рейтинг становить чотири зірки з п'яти можливих [15, 16]. Більшість автомобільних навігаторів мають встановлені програми, але деякі користувачі бажають замінити програму більш зручною для економії часу.

У автомобільних навігаторах застосовуються як безкоштовні, так і платні програми. Особливістю перших є можливість завантаження тільки базових функцій для прокладання маршруту, а додаткових — за певну плату.

На думку багатьох експертів, програма «Яндекс Навігатор» є однією з найкращих серед усього різноманіття безкоштовних програм, оскільки підтримується практично всіма навігаторами та смартфонами. Вона встановлюється швидко і може автоматично оновлюватись під час підключення до Інтернету. Програма містить точне відображення місцевості з можливістю деталізації вибраного об'єкта і додаткові налаштування, які покращують якість зображення та функцій. Наприклад, голосовий помічник Аліса дозволяє прослухати останні новини та зміни погодних умов. Недоліків у програмі користувачі не виявили [17].

Відмінною функціональністю характеризується додаток iGo Primo, розроблений угорською фірмою NNG. Додаток працює завдяки картам програми, що покривають територію семидесяти країн (весь Євросоюз, а також частину Азії та Африки), і наскрізній маршрутизації через кордони країн. Програма містить доступні тривимірні зображення міст і класичні двовимірні карти з автоматичним поворотом зображення, голосове сповіщення і текстове меню на російській мові з можливістю обрати один із двох попередньо встановлених голосів і підключити модуль з додатковими наборами сигналів. Крім того, оновлення програми відбувається щоквартально за наявності доступу до Інтернету.

На відміну від попередніх програм, TomTom визнана кращою в Західній Європі, США та інших країнах світу. Її особливістю є регулярне оновлення карт, доступність двовимірного і тривимірного режимів відображення місцевості, нічний фон карти, що не створює сильного навантаження на очі водія в темряві, русифікація, голосові підказки та інтелектуальна довідка, що дає відповіді на питання про можливість програми. У програмі наявні дані про багатосмугові шосе і відповідно попередження про необхідність перестроювання в інший ряд, а також модуль MapShare, що дозволяє водієві самостійно вносити коригування в карти, вказуючи місця об'їздів та ремонту доріг, і надсилати їх іншим користувачам або завантажувати бази даних, створені іншими. До того ж програма TomTom дозволяє

оптимізувати роботу навігатора, підвищуючи якість з'єднання антени зі супутником, і завдяки технології QuickGPSfix відновити втрачене підключення за кілька секунд.

Описані навігаційні програми є умовно безкоштовними, оскільки базові функції доступні будь-якому користувачеві, а для використання всіх можливостей потрібно придбати її преміум-версію. Хоча можна застосувати і безкоштовний проект Waze, що підтримується за рахунок інших проектів і добровільних внесків та поширюється через магазини додатків популярних сервісів, забезпечуючи зручність установки. Офіційного оновлення карт при цьому не відбувається, а в якості основи використовуються безплатні загальнодоступні сервіси. У програмі існує також можливість нанесення на план місцевості особливих точок, що включають певні попередження, найбільш цікаві пункти обраного маршруту та голосові підказки. Програма Waze дозволяє будувати маршрути завдяки інтелектуальному алгоритму з урахуванням даних про затори на дорогах. Усі бази даних цієї програми створюються користувачами, об'єднаними в загальну мережу і синхронізованими у Facebook.

Особливістю слідкуючої програми, «Google карти», є підтримка бортовими комп'ютерами, працюючими на Android Auto та CarPlay. Вона вирізняється зрозумілим і простим у налаштуванні інтерфейсом, підтримкою карти всього світу з самостійним встановленням масштабу і вибором мови, базою даних, яка оновлюється щоденно, а також голосовим помічником, який протягом поїздки сповіщає про зміну маршруту. А основним недоліком програми «Google карти» є необхідність вносити інформацію про користувача до бази користувачів.

Завдяки можливості встановлення на всі пристрої, простоті використання, зрозумілому меню, великій кількості додаткових функцій, високій деталізації карт і підбору потрібного маршруту з найменшою кількістю заторів, серед користувачів автонавігаторів завоювала популярність програма «Автоспутник». Серед її переваг вирізняється можливість застосування як для легкових, так і для вантажних авто, однак іноді вона «висне».

Популярним додатком автомобільних навігаційних пристроїв є OsmAnd, яким можна користуватися абсолютно безкоштовно, без підключення до мережі, з регулярним оновленням бази для прокладання чіткого маршруту, можливістю завантаження карт на смартфон або навігатор і користування ними, а також із швидким реагуванням на команди. Програма, крім того, має голосовий помічник, що допомагає водієві отримувати потрібну інформацію, не відволікаючись від дороги.

Серед недоліків OsmAnd необхідно відмітити поганий дизайн програми, що ускладнює швидке прокладання потрібного маршруту.

Програма 2ГИС також серед автомобілістів вважається дуже зручною завдяки високій деталізації, швидкому доступу до потрібного запиту і безкоштовному використанню, однак потрібний доступ до Інтернету.

Система навігації Sygic Car — це програма, що не вбудована у навігатор. Вона оптимізована для роботи з вбудованими автомобільними мультимедійними системами через смартфон для підключення до панелі приладів. До мультимедійної системи Sygic Car автомобіля підключається за допомогою USB-кабелю. Керування нею здійснюється за допомогою кнопок і важелів на кермі, голосових команд або сенсорного екрана. Завдяки можливості мережевого підключення, відомостям про ситуацію на дорогах у реальному часі та даним про обмеження швидкості та цін на паливо, Sygic Car значно досконаліша за звичайну вбудовану навігаційну систему [18–20].

Отже, розглянувши характеристики навігаційних систем автомобілів як систем автоматизації, можна виокремити: якість зв'язку, достовірність карт і точність визначення координат розташування автомобіля на місцевості. Найкращі показники пристрої мають при застосуванні глобальних навігаційних систем ГЛОНАСС і GPS. Принцип дії всіх марок автомобільних навігаторів однаковий, проте кожен має свої особливості, й під час їх вибору споживачі керуються особистими перевагами. Найчастіше водії застосовують портативні пристрої навігації, що мають високий рейтинговий бал на відміну від вбудованих систем, основним недоліком яких є необхідність заповнення карт територій Східної Європи. Слід відмітити, що автомобільні навігатори використовують як безкоштовні, так і платні програми в залежності від потреб користувача.

L. Fedik, I. Kondius, R. Grudetsky, N. Zubovetskaya

ANALYSIS OF NAVIGATION SYSTEMS OF CARS AS AUTOMATION SYSTEMS

Lesya Fedik

National Technical University of Lutsk,

fedikltsia@gmail.com

Inna Kondius

National Technical University of Lutsk,

innastk@ukr.net

Roman Grudetsky

National Technical University of Lutsk,

grudik@ukr.net

Natalya Zubovetskaya

National Technical University of Lutsk,

n.zubovetska@lntu.edu.ua

The article states that the car navigator is widely used in our time. It also outlines the features of the use of global navigation satellite systems as one of the best for car navigators. The history of the first satellite navigation system Transit is described. In addition, an analysis was made of the principles of operation, main features, shortcomings, location and compatibility of such existing global navigation satellite systems as NAVSTAR-GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS (Michibiki), NavIC. The article notes that the best performance indicators were obtained by devices using global navigation systems GLONASS and GPS. The comparative characteristics of the existing types of car navigation systems, in particular: regular, autonomous ones, are given and navigation software for portable computers and systems. It also describes the feature of operation and power supply of the most commonly used regular car navigation system. The article reflects the principle of operation and the device of a standard car GPS navigator, as one of the best. It was also noted that a portable computer and a regular smartphone with installed navigation programs, detailed up-to-date maps and step-by-step instructions, in contrast to embedded systems, are considered to be a popular navigation system among users. The principle of operation of all brands of car navigators is outlined. Considerable attention is paid to the assessment of the advantages and disadvantages of popular brands of regular car navigation systems, such as: Garmin, TomTom, Magellan. As a result of the study, the features of paid and free car navigator programs that have become

widespread among car drivers are presented, such as Yandex Navigator, iGo Primo, TomTom, Waze, Google maps, Autosputnik, OsmAnd, 2GIS, Sygic Car.

Keywords: car navigator, global, routes, coordinates, accuracy, map, navigation system, program, computer, brand, advantages, disadvantages, analysis, characteristics, portable, standard, autonomous, free.

REFERENCES

1. Advantages and disadvantages of GPS. <https://www.geeksforgeeks.org/advantages-and-disadvantages-of-gps/> (дата звернення: 01.01.2021).
2. Встроенная и портативная навигация. <https://www.vroomgirls.com/built-in-vs-portable-navigation/> (дата звернення: 29.08.2022).
3. Мигаль В.Д. Интеллектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів. Харків : Майдан, 2018. 262 с. https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/2316/1/migal_1_2018.pdf/ (дата звернення: 29.08.2022).
4. Горів А.Е. Інформаційні технології в професійній діяльності (автомобільний транспорт). 2018. https://stud.com.ua/120674/informatika/informatsiyni_tehnologiyi_v_profesiyui_diyalnosti_avtomobilnyi_transport/ (дата звернення: 29.08.2022).
5. Features and operation of a car navigator, how does it work? How the navigator works. We will analyze an ordinary car, and also find out whether the Internet is needed. <https://kalastus-shop.ru/en/testy-i-obzory/characteristics-and-operating-principle-of-the-car-navigator-how-does-it-work-how-does-the-navigator-work/> (дата звернення: 05.01.2021).
6. Nick Enoch. The antique route show: 'First ever built-in sat nav' from 1930 which used a map on a scroll to guide motorists. [https://wiki2.net/Автомобильная навигационная система](https://wiki2.net/Автомобильная_навигационная_система) (дата звернення: 9.01.2022).
7. Обзоры GPS, которым можно доверять: какой GPS лучше всего подходит для автомобильных поездок? Garmin, TomTom или Magellan? <https://www.advisoryhq.com/articles/tomtom-vs-garmin-vs-magellan/> (дата звернення: 29.08.2022).
8. ГЛОНАСС или GPS — плюсы и минусы. https://fastmb.ru/autonews/autonews_rus/1647-GLONASS-ili-gps-plyusy-i-minusy.html#preimushhestva-i-nedostatki/ (дата звернення: 12.02.2021).
9. We are mapmakers, providing location technology for drivers, carmakers, enterprises and developers. https://www-preprod.tomtom.com/en_gb/ (дата звернення: 29.08.2022).
10. Навигационное оборудование для автомобиля. <http://gps-global.ru/stati/1133-navigation-auto.html/> (дата звернення: 12.01.2021).
11. Принципы навигации. <https://www.GLONASS-iac.ru/guide/navfaq.php/> (дата звернення: 04.01.2021).
12. Пять лучших автомобильных навигационных систем. <https://1gai.ru/blog/live/513042-pyat-luchshih-avtomobilnyh-navigacionnyh-sistem.html/> (дата звернення: 05.01.2021).
13. Рейтинг лучших навигаторов для грузовых машин 2021 года. <https://rating-avto.ru/cars/luchshiy-navigator-dlya-gruzovyih-avtomobiley.html/> (дата звернення: 02.01.2021).
14. Серия Garmin nuvi 12xx/13xx/14xx (nuvi 1200, nuvi 1210, nuvi 1250, nuvi 1300, nuvi 1310, nuvi 1350, nuvi 1390t, nuvi 1410, nuvi 1490t). <http://mirgarmin.com.ua/content/61.html/> (дата звернення: 29.08.2022).
15. Системы навигации автомобиля (GPS). <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/bez-rubriki/sistemy-navigatsii/> (дата звернення: 02.01.2021).
16. Системы навигации автомобиля. <https://avtotachki.com/sistemy-navigaczii-avtomobilya/> (дата звернення: 02.01.2021).
17. Спутниковая навигация: основные принципы работы. Проблемы и методы их решения. https://око.укр/ru/articles/GPS_GLONASS_AGPS_RTK/ (дата звернення: 04.01.2021).
18. Спутниковая система навигации: GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU. <https://gotrack.com.ua/sputnikovaya-sistema-navigaczii-gps-GLONASS-Galileo-Beidou/> (дата звернення: 03.01.2021).
19. Sygic Car Connected навигация. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sygic.incar&hl=uk&gl=US/> (дата звернення: 29.08.2022).
20. Автомобильная навигационная система. <http://systemsauto.ru/another/automotive-navigation-system.html/> (дата звернення: 04.01.2021).

Отримано 13.09.2022