

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

д-р техн. наук, проф.

_____ В.Ю. Ларін

«__» _____ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«СИСТЕМИ АЕРОНАВІГАЦІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ»**

Тема: «Супутникова система моніторингу автомобільного транспорту»

Виконала:

_____ Л.І. Паламарчук

Керівник: к. т. н, доцент

_____ О.С. Погурельський

Нормоконтролер

_____ Т.Ф.Шмельова

Київ 2021

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
National Aviation University
Faculty of Air Navigation, Electronics and Telecommunications
Air Navigation Systems Department

PERMISSION FOR DEFENCE

Head of the Department

Doctor of Sciences (Engineering)

_____ V.Yu. Larin

« ____ » _____ 2021

MASTER'S THESIS
ON THE EDUCATIONAL PROFESSIONAL PROGRAM
“SYSTEMS OF AIR NAVIGATION SERVICE”
(EXPLANATORY NOTE)

Theme: « Satellite system of monitoring automobile transport »

Performed by: _____ **L. Palamarchuk**

Supervisor: _____ **O. Pogurelsky**

Standard inspector: _____ **T. Shmelova**

Kyiv - 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра аеронавігаційних систем
Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»
ОПП «Системи аеронавігаційного обслуговування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ларін В.Ю.

_____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

_____ Паламарчук Лесі Ігорівни _____

1. Тема дипломної роботи: «Супутникова система моніторингу автомобільного транспорту» затверджена наказом ректора від 22.10.2021 р. № 2339/ст.
2. Термін виконання роботи: з 25.10.2021 по 27.12.2021
3. Вихідні дані до проекту: способи організації моніторингу руху. Апаратно–програмний комплекс для обробки сигналів глобальних систем супутникової навігації GPS, ГЛОНАСС.
4. Зміст пояснювальної записки:
 - загальна характеристика систем супутникового моніторингу за автомобільним транспортом;
 - формування і запис даних для обробки опис програмних компонентів для оцінки функціонування multi-GNSS;
 - виявлення зовнішніх факторів які впливають на роботу GNSS-приймача;
 - експериментальне дослідження точності визначення координат.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: дані пояснювальних матеріалів, рисунки результатів проведених досліджень, таблиці, додатки.

6. Календарний план–графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Вибір напрямку дослідження.	01.10.21 р. – 25.10.21 р.	Виконала:
2.	Огляд існуючих систем супутникового моніторингу автотранспорту.	25.10.21 р. – 07.11.21 р.	Виконала:
3.	Концепція побудови систем моніторингу автомобільного транспорту.	07.11.21 р. – 17.11.21 р.	Виконала:
4.	Дослідження структури систем моніторингу автомобільного транспорту.	17.11.21 р. – 29.11.21 р.	Виконала:
5.	Виконання експериментального дослідження в лабораторії НАУ з використанням прибору Novatel	29.11.21 р. – 11.12.21 р.	Виконала:
6.	Оформлення пояснювальної записки та інших документів	11.12.21 р. – 20.12.21 р.	Виконала:
7.	Підготовка документів та презентації	20.12.21 р. – 29.12.21 р.	Виконала:

7. Дата видачі завдання: "25" жовтня 2021 р.

Керівник дипломного проекту _____ Погурельський Олексій Сергійович

Завдання прийняла до виконання _____ Паламарчук Леся Ігорівна

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи магістра «Супутникова система моніторингу автомобільного транспорту»: 105 с., 30 рис., 1 табл., 29 джерел.

Об'єкт дослідження – супутникові навігаційні системи.

Мета роботи – дослідити види супутникових систем моніторингу автомобільного транспорту.

Мета дослідження – розробка методу обробки навігаційних даних з метою підвищення точності визначення місцезнаходження об'єкта та достовірності отримуваної інформації.

В першому розділі дипломної роботи наведено описання роботи супутникової системи навігації, принципи роботи даної системи, та результати аналізу з короткою інформацією про системи GNSS які користуються попитом на ринку України.

У другому розділі розглянуто концепцію побудови системи спостереження, було досліджено структуру та вимоги досліджуваної системи, була приділена увага додатковим послугам, які виконує програма по спостереженню за транспортом.

У третьому розділі описано причини виникнення похибок у роботі систем GNSS, виконано дослідження, яке в реальному часі показало недоліки роботи при певних зовнішніх факторах, було розглянуто можливі варіанти роботи супутникової системи навігації.

У четвертому розділі продемонстрована експериментальна частина дипломної роботи, з висвітленням похибок роботи одно- та двосистемних приймачів GNSS. В цьому ж розділі висвітлені та проаналізовані отримані результати дослідження.

СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ, МОНІТОРИНГ, ПРИЙМАЧ, НАВІГАЦІЯ, GPS, GLONASS, INS, MULTI-GNSS.

АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	11
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ АВТОТРАНСПОРТУ	12
1.1. Технології супутникового стеження за автомобілем.....	12
1.2. Системи супутникового моніторингу.....	15
1.3. Основні принципи роботи систем GPS моніторингу.....	17
1.4. Сучасні системи моніторингу та контролю транспорту на основі систем супутникової навігації	25
1.5. Аналіз сучасних систем моніторингу автотранспорту	28
1.5.1 Система моніторингу автотранспорту «АвтоСкан GPS»	28
1.5.2 GPS / GSM система моніторингу автотранспорту "Скаут"	33
1.5.3 GPS-система стеження Lookout	38
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	42
РОЗДІЛ 2. СТРУКТУРА СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ.....	44
2.1. Вимоги до розроблюваної системи моніторингу автотранспорту	44
2.2. Структура системи моніторингу автотранспорту	49
2.3. Додаткові компоненти системи моніторингу автотранспорту.....	52
2.4. Програмне забезпечення системи моніторингу.....	54
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	57
РОЗДІЛ 3. КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ АВТОТРАНСПОРТУ	58
3.1. Проблема геолокації за даними глобальних навігаційних супутникових систем	58
3.2. Похибка навігаційних систем, пов'язана із середовищем поширення сигналу.....	59
3.3. Можливості використання математичних моделей для врахування впливу іоносфери	60
3.4. Затримка передачі сигналу через зовнішні фактори.....	61
3.5. Аналіз затримки передачі сигналу	64

3.6. Різновиди підсистем моніторингу автотранспорту.....	71
3.7. Система GNSS.....	71
3.8. Система multi-GNSS	73
3.9. Система GNSS+INS	79
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	86
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВАРІАНТІВ БУДОВИ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	87
4.1. Апаратні засоби для експериментальної оцінки точності визначення координат. Приймач GNSS.....	87
4.2. Обробка експериментальних даних і оцінка точності визначення координат.....	89
4.2.1. GPS 15.....	89
4.2.2. GPS 27.....	93
4.2.3. GPS 35 GLONASS 35	96
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	99
ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	103

ВСТУП

Супутниковий моніторинг автотранспорту застосовується для вирішення задач транспортної логістики. Головний принцип роботи моніторингу базується на вистежуванні та аналізі просторових та тимчасових координат транспортної логістики. Транспортна логістика – це система з організації доставки, а саме щодо переміщення будь-яких матеріальних предметів з однієї точки до іншої за оптимальним маршруту.

Тема застосування глобальних систем супутникової навігації є актуальною та перспективною в області моніторингу місцезнаходження рухомих об'єктів. Навігаційні системи мають досить широкий спектр застосування у будь-якій області корисній для користувача.

Компанії, що займаються різноманітними перевезеннями, зацікавлені у зведенні витрат до мінімуму. Завдяки системі моніторингу будуть виключені будь-які незаплановані рейси та обґрунтовано всі запити про збільшення ліміту на паливо, а отже, клієнти та співробітники компаній з логістики залишаться задоволеними.

Використання засобів обробки навігаційних даних в складних моніторингових системах дозволяє зменшити обсяг інформації, що передається, та підвищити точність позиціонування. Фільтрація даних полягає у позбавленні від надлишкових даних, що не надають корисної інформації про становище рухомого об'єкта, а також у відсіві викидів, що призводять до спотворень даних.

Для розгортання ефективної системи контролю техніки критичні такі параметри: точність показань, адекватне ПЗ, що виводить інформацію в придатному для аналізу вигляді, вандалостійкість, стійкість до термічних та вібраційних впливів (для кар'єрної техніки).

Мета магістерської дисертації – розробка методу обробки навігаційних даних з метою підвищення точності визначення місцезнаходження об'єкта та достовірності отримуваної інформації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати сучасний стан існуючих технічних рішень по створенню систем моніторингу.
2. Розглянути їх переваги і недоліки.
3. Запропонувати структуру системи моніторингу і її склад з врахуванням проведеного аналізу.
4. Провести експериментальне дослідження функціональних елементів створеної системи для оцінки її переваг.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

AVL - Automatic Vehicle Location systems (Автоматичні системи визначення місцезнаходження транспортних засобів)

GBAS – Ground-based augmentation system (Наземна система диференціальної корекції)

GPS – Global Positioning System (Система глобального позиціонування)

GNSS – Global Navigation Satellite System (Глобальна навігаційна супутникова система)

INS – Inertial Navigation System (Інерціальна навігаційна система)

IMU — Inertial Measurement Unit (Блок інерційного вимірювання)

SBAS – Satellite-based augmentation system (Супутникова система диференціальної корекції)

IRI – International Reference Ionosphere (Міжнародна еталонна іоносфера)

UAM – Upper Atmosphere Model (Модель верхньої атмосфери)

АТП – Автотранспортне підприємство

КП – Контрольний пункт

ГЛОНАСС - Глобальна навігаційна супутникова система

ПЗ – програмне забезпечення

ПММ - пального і мастильних матеріалів

GSM - Global System for Mobile Communications (Глобальна система мобільного зв'язку)

МККР - Міжнародним консультативним комітетом по радіо

GTRF - Galileo Terrestrial Reference Frame (Наземна система відліку Галілея)

СРНС - супутникові середньорбітальні навігаційні систем

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ АВТОТРАНСПОРТУ

1.1. Технології супутникового стеження за автомобілем

Сучасні технології пропонують безліч систем безпеки та безпеки транспортного засобу. Однією з передових є система глобального позиціонування або GPS. На основі цієї системи можна вести моніторинг будь-якого транспортного засобу. Системи супутникового моніторингу дозволяють як визначати місцезнаходження контрольованого об'єкта, так й отримувати різну інформацію про стан самого об'єкта моніторингу. Для отримання інформації про стан об'єкта необхідно встановити низку датчиків. GPS моніторинг також дозволяє окрім реального визначення часу, переглядати весь пройдений маршрут.

Користувач завжди може детально переглянути маршрут протягом усього часу. Однією з основних цілей позиціонування є визначення точних координат місцезнаходження автомобіля та при його викраденні вислати оперативну групу. Такий моніторинг також може відстежувати знос певних вузлів транспортних засобів та вчасно повідомляти про необхідність їх заміни. Для такого відстеження необхідно встановити додаткові датчики. Такий моніторинг ведеться окремо від запису координат та пройденого маршруту. Усі компанії, що займаються різноманітними перевезеннями, зацікавлені у зведенні витрат до мінімуму. Такій економічній мінімізації видатків сприяють системи супутникового моніторингу. Особливо зручний такий моніторинг для транспорту маршрутного прямування та служб таксі. Саме в цих галузях найбільш відчутними є витрати на непланові поїздки та нецільові витрати ПММ [2].

Системи GPS моніторингу поділяють на 2 види: моніторинг у режимі реального часу та автономно. Якщо моніторинг відбувається в режимі реального

часу, то користувач має безліч можливостей для повного та безперервного контролю за всім, що відбувається всередині автомобіля. Автономний моніторинг реєструє лише зміни у показаннях датчиків. Інформація в автономному моніторингу передається лише після прибуття транспорту до кінцевої точки. І автономна система, і система моніторингу в реальному часі мають свої плюси і свої недоліки. Для досягнення найкращого ефекту необхідно визначити, що найбільш затребуване і виходячи з цього, віддавати переваги тій чи іншій системі.

Сьогодні багато компаній стали пропонувати новий варіант організації моніторингу мобільних об'єктів. Пропозиція полягає в тому, що вся інформація, що надходить від об'єкта, зберігається не на комп'ютері у користувача, а на сервері компанії, що надає послуги моніторингу. Користувач може в будь-який момент часу зайти на сервер і подивитися цікаву інформацію з архіву або контролювати об'єкт і його характеристики в реальному часі. Для власників авто цей варіант досить зручний, тому що немає необхідності встановлювати спеціальне програмне забезпечення або організувати сервер безперервного моніторингу об'єктів. GPS моніторинг – це найбільш ефективний метод забезпечення безпеки транспортних засобів та контролю їх знаходження та стану [1].

Отже, супутниковий моніторинг дає можливість відстежувати координати, напрямок та швидкість руху різних об'єктів на землі, у воді та повітрі. Робиться це за допомогою радіосигналів, що випромінюються супутниками.

Крім супутників, що курсують по земній орбіті, в систему навігації входять ще два сегменти - наземний та користувальницький. Кожен з них є складним комплексом обладнання. Наземний сегмент складається з: космодрому, де будують, відчувають супутники та запускають їх на орбіту; командно-вимірювального комплексу, що контролює рух космічних апаратів; центр управління, що узгоджує роботу всіх елементів системи. Користувальницький сегмент представлений клієнтським обладнанням. Його завдання – приймати

сигнали з супутників та обробляти інформацію визначення координат та інших параметрів об'єкта.

В основі принципу роботи систем супутникового моніторингу – вимір часу, протягом якого радіосигнал досягає приймача. На борту кожного супутника знаходиться високоточний годинник. Інформація про час випромінювання міститься у сигналі. При цьому мається на увазі, що швидкість поширення хвиль – відома величина. Різні технології супутникової навігації використовують різні системи координат та часу. На точність вимірювань впливають похибки апаратури, зміни часу поширення радіосигналів в атмосфері та в космосі та інші фактори. Але незважаючи на це, сучасні супутникові системи стеження здатні визначати координати з точністю до 2 м [3].

Метод виміру відстані від супутника до антени приймача заснований на певності швидкості поширення радіохвиль. Для здійснення можливості вимірювання часу радіосигналу, що поширюється, кожен супутник навігаційної системи випромінює сигнали точного часу, використовуючи точно синхронізовані з системним часом атомний годинник. При роботі супутникового приймача його годинник синхронізується із системним часом, і при подальшому прийомі сигналів обчислюється затримка між часом випромінювання, що міститься в самому сигналі, та часом прийому сигналу. Маючи в своєму розпорядженні цю інформацію, навігаційний приймач обчислює координати антени. Всі інші параметри руху (швидкість, курс, пройдена відстань) обчислюються на основі вимірювання часу, який об'єкт витратив на переміщення між двома або більшими точками з певними координатами [5].

Якщо об'єкт потрапляє в «мертву зону» покриття GSM (відсутній стільниковий сигнал), всі дані зберігаються в пам'яті трекера і при появі сигналу відразу передаються на сервер і мобільний телефон, що дозволяє реалізовувати тотальний контроль над об'єктом [4].

На даний момент у світі діють два стандарти супутникової навігації – американський GPS та російський ГЛОНАСС. Європейський проект Galileo

знаходиться на стадії будівництва. До 2020 року планується завершити створення супутникового угруповання [6]. Китайська система BeiDou (COMPASS), будівництво якої почалося в 2000 році, поки що має лише місцеве поширення. Можливо, через якийсь час вона почне працювати у глобальному масштабі.

1.2. Системи супутникового моніторингу

Системи GPS моніторингу

GPS (Global Positioning System) – розробка Міністерства оборони США. Спочатку система призначалася на вирішення військових завдань і тривалий час лише цього і використовувалася. Але зараз без GPS-контролю не обходиться ні бізнес, ні життя.

У 60-ті та 70-ті роки збройні сили США активно працювали над створенням супутникової системи. Проект, що спочатку мав назву NavStar, з 1973 року відомий як GPS. 1974 року відбувся запуск першого супутника. До 1994 їх стало вже 24 і система забезпечила покриття всієї поверхні Землі. Сьогодні супутникове угруповання GPS складається із 32 космічних апаратів. Вони обертаються навколо Землі на середній орбіті на висоті понад 20 000 км у шести площинах. Контроль за супутниками здійснюється з головною керуючою та 10 додаткових станцій. Система супутникового GPS-моніторингу знаходить застосування в різних областях діяльності. Вона використовується в авіації, дорожній та морській навігації, геодезії та картографії, стільникового зв'язку [7].

На технології GPS засновано супутниковий моніторинг транспорту – стеження за місцезнаходженням, напрямом, швидкістю руху автомобілів, витратою палива. GPS-приймачі зараз мають більшість автовласників, ними оснащені всі сучасні мобільні пристрої.

Простота навігації, зручність знаходження будь-якої потрібної точки, чи то готель, станція техобслуговування чи кафе – очевидні переваги системи.

При цьому GPS не позбавлена деяких недоліків. Головним мінусом вважається те, що проект перебуває під контролем Міністерства оборони США, отже, точність сигналу та інші параметри повністю залежать від політики цієї структури.

Ще один недолік системи в тому, що супутниковий сигнал доступний не повсюдно. Наприклад, GPS-навігатор не працює у полярних регіонах. Приймач не ловить сигнал у метро, тунелях, підвальних приміщеннях.

Система ГЛОНАСС

ГЛОНАСС - друга глобальна система супутникової навігації почала діяти в 1995 році, коли російські вчені вивели на орбіту 24 супутник. На той момент роботи над проектом велися вже близько 20 років. Період до 2001 року - сумний етап історії ГЛОНАСС [8].

Дефіцит фінансування і короткий термін служби супутників занепали проект. Але на початку 2000-х років системою супутникової навігації впритул зайнявся російський уряд. Ухвалена федеральна програма передбачала, що до 2010 року ГЛОНАСС досягне всесвітнього покриття і почне працювати в глобальному масштабі. Ці завдання вдалося виконати, і сьогодні система повноцінно функціонує.

Орбітальне угруповання ГЛОНАСС складається з 24 супутників, що обертаються навколо Землі на висоті близько 19 000 м у трьох площинах. Принцип роботи аналогічний такому GPS, але є деякі відмінності. Наприклад, супутниковий сигнал ГЛОНАСС доступний у полярних областях. За точністю навігації російська система дещо поступається американській: середня помилка становить 3-6 м проти 2-4 м у GPS [6].

І хоча зараз GPS поки що займає лідируючі позиції на ринку, можна не сумніватися в тому, що система супутникового стеження ГЛОНАСС має великі перспективи.

Система Galileo

Єдина GNSS, що розробляється для задоволення громадянських потреб та у рамках цивільного проектування – це європейський проект Galileo. Вона розробляється Європейським союзом та його державами-членами у партнерстві з Європейським космічним агентством та його партнерами та підрядниками. Ця автономна система використовує Наземну опорну рамку Galileo (GTRF Galileo Terrestrial Reference Frame) як географічну систему відліку.

Орбітальна побудова ГАЛІЛЕО передбачає, що на орбіті буде 30 космічних апаратів на трьох кругових орбітах висотою 23222 км, періодом звернення 14 год, нахилом 56° . За цільовим призначенням використовуються 24 космічних апаратів, по 2 космічних апаратів в кожній орбітальній площині є резервними. Така конфігурація угруповання була обрана, виходячи з гарантованого забезпечення вимог щодо точності та доступності за мінімальних витрат на корекцію орбіти за час активного існування космічних апаратів.

Конструктивно навігаційний космічний апарат ГАЛІЛЕО є паралелепіпедом, розділеним всередині на три відсіки двома ребрами жорсткості. Таке компонування складається з двох окремих блоків, що зчіплюються: блоку корисного навантаження і блоку космічної платформи.

Galileo значно перевершує систему GPS, засновану на технологіях 70-х років минулого століття. Для порівняння, точність позиціонування GPS становить 10 м, у той час як для Galileo цей показник — менше 1 м. Крім того, Galileo зможе надавати й деякі додаткові сервіси, які зараз недоступні в GPS.

1.3. Основні принципи роботи систем GPS моніторингу

Система відстеження GPS моніторингу використовує мережу глобальної навігаційної супутникової системи. Ця мережа включає в себе супутники, які використовують сигнали. Ці сигнали передаються на GPS трекер для надання інформації про місцезнаходження, швидкість, час і напрямок транспортного

засобу. Таким чином, система відстеження GPS може дати як дані реального часу, так і історичні навігаційні дані про будь-який вид маршруту.

GPS надає спеціальні супутникові сигнали, які обробляються приймачем. Ці GPS приймачі не тільки відстежують точне місце розташування, але також можуть обчислювати швидкість і час, тобто забезпечують точний моніторинг вантажного транспорту. Космічний сегмент Глобальної системи позиціонування складається з 27 супутників GPS, що обертаються навколо Землі. Є 24 оперативних і 3 додаткових супутники, які рухаються навколо Землі, щоб відправляти радіосигнал приймачам.

З комерційної точки зору, пристрої GPS зазвичай використовуються для запису положення транспортних засобів, коли вони перебувають на певному маршруті. Види відстеження:

- Пасивне відстеження. Системи зберігатимуть дані в межах самої системи спостереження GPS.

- Активне відстеження. Системи відправляють інформацію до централізованої бази даних через модем у системному блоці GPS на регулярній основі.

Завдання визначення місцезнаходження автомобілів, інших транспортних засобів, цінних вантажів і т.п. вкрай затребувані в усьому світі. Вони дозволяють керувати маршрутами автотранспортних засобів, забезпечувати безпеку автомашин і здійснювати їх пошук в разі викрадення і тощо.

Згідно з визначенням, рекомендованого Міжнародним консультативним комітетом по радіо (МККР), в системах автоматичного (автоматизованого) визначення місця розташування транспортного засобу (надалі, слідуючи англійській аббревіатурі, - AVL - Automatic Vehicle Location systems) місце розташування рухомого кошти в групі йому подібних визначається автоматично за наслідком переміщення його в межах даної географічної зони.

Система AVL звичайно складається з підсистеми визначення місця розташування, підсистеми передачі даних і підсистеми управління та обробки даних.

За призначенням AVL системи можна розділити на:

- диспетчерські системи, в яких здійснюється централізований контроль в певній зоні за місцем розташування та переміщенням рухомих об'єктів в реальному масштабі часу одним або декількома диспетчерами системи, що знаходяться на стаціонарних обладнаних диспетчерських центрах; це можуть бути системи оперативного контролю переміщення патрульних автомашин, контролю рухомих об'єктів, системи пошуку викрадених автомобілів;
- системи дистанційного стеження, в яких проводиться дистанційний контроль переміщення рухомого об'єкта за допомогою спеціально обладнаного автомобілю або іншого транспортного засобу; найчастіше такі системи використовуються при супроводі цінних вантажів або контролі переміщення транспортних засобів;
- системи відновлення маршруту, вирішальні завдання визначення маршруту або місць перебування транспортного засобу в режимі постобробки на основі отриманих тим чи іншим способом даних; подібні системи застосовуються при спостереженні за переміщенням транспортних засобів, а також з метою отримання статистичних даних про маршрутах.[9]

Конкретні реалізації AVL систем часто включають в свій склад технічні засоби, що забезпечують кілька способів визначення місцеположення.

Залежно від розміру географічної зони, на якій діє AVL система, вона може бути:

- локальної, тобто розрахованої на малий радіус дії, що характерною в основному для систем дистанційного супроводу;
- зональної, обмеженою, як правило, межами населеного пункту, області, регіону;

- глобальної, для якої зона дії складає території декількох держав, материк, територію всієї земної кулі.

З точки зору реалізації функцій визначення місцезнаходження AVL системи характеризуються такими технічними параметрами як точність визначення місцезнаходження та періодичність перевірки даних. Зрозуміло, що ці параметри залежать від зони дії AVL системи. Чим менший розмір зони дії, тим вище повинна бути точність визначення місця знаходження. Так, для зональних систем, що діють на території міста, вважається достатньою точність визначення місцезнаходження від 100 до 200 м. Деякі спеціальні системи вимагають точності одиниць метрів, для глобальних систем буває досить точності одиниць кілометрів. Для зональних диспетчерських систем ідеальною може вважатися отримання даних про місцезнаходження рухомого об'єкту до одного разу на хвилину. Системи дистанційного супроводу вимагають більшої частоти оновлення інформації.

Методи визначення місця розташування, використовувані в AVL системах, за класифікацією МККР можна розбити на три основні категорії: методи наближення (які у вітчизняній літературі також називаються зонними методами), методи навігаційного числення і методи визначення місця розташування по радіочастоті.

Нижче розглянуті особливості апаратури систем визначення і місцезнаходження, які реально можуть використовуватися в сучасних умовах. Системи на базі методів наближення. За допомогою досить великої кількості дорожніх показників або контрольних пунктів (КП), точне місце розташування яких відомо в системі, на території міста створюється мережа контрольних зон.

Місце розташування транспортного засобу визначається в міру проходження їм КП. Індивідуальний код КП передається в бортову апаратуру, яка через підсистему передачі даних передає цю інформацію, а також свій ідентифікаційний код в підсистему управління і обробки даних. Таким чином, реалізується метод прямого наближення. Однак на практиці частіше

використовується інверсний метод наближення виявлення та ідентифікація транспортних засобів здійснюється за допомогою встановлених на них активних, пасивних або напівактивних малопотужних радіомаяків, які передають на приймач КП свій індивідуальний код, або ж за допомогою оптичної апаратури зчитування і розпізнавання характерних ознак об'єкта, наприклад, автомобільних номерів.

Інформація від КП далі передається в підсистему управління і обробки даних.

Вочевидь, для зонних систем точність визначення місцезнаходження і періодичність оновлення даних безпосередньо залежить від щільності розташування КП по території дії системи. Методи наближення вимагають розвиненої інфраструктури зв'язку для організації підсистеми передачі даних з великого числа КП в центр управління та контролю, а в разі використання оптичних методів зчитування вимагають і складної апаратури на КП, і тому є досить дорогим при побудові систем, що охоплюють великі території. У той же час, інверсні методи наближення дозволяють мінімізувати обсяги бортової апаратури - радіомаяка, або зовсім обійтися без установлюваної на автомашину апаратури. Основне застосування даних систем – комплексне забезпечення охорони автомобілів, забезпечення пошуку автомобілів при викраденні.

Методи визначення місцезнаходження по радіочастоті. Місце розташування транспортного засобу визначається шляхом вимірювання різниці відстаней транспортного засобу від трьох або більше відносних позицій.

Дану групу методів можна умовно розбити на дві підгрупи: методи, які реалізують обчислення координат за результатами прийому спеціальних радіосигналів на борту рухомого об'єкта (методи прямої або інверсної радіонавігації), і методи, які узагальнено названі в цій статті методами радіопеленгації, коли абсолютна або відносна розташування рухомого об'єкта визначається при прийомі випромінюваного ним радіосигналу мережею стаціонарних або мобільних приймальних пунктів.

Методи радіопеленгації. За допомогою розподіленої по території міста мережі пеленгаторів або за допомогою мобільних засобів пеленгації можливо відстеження місця розташування об'єктів, обладнаних радіопередавачами - маяками [10] .

Методи радіонавігації. Реалізуються на основі імпульсно-фазових наземних навігаційних систем (типу "Лоран-С" - "Чайка") і супутникових середньорбітальних навігаційних систем (СРНС) GPS NAVSTAR - ГЛОНАСС. Найкращі точності і експлуатаційні характеристики в даний час мають супутникові навігаційні системи, в яких досягається точність визначення місцезнаходження в стандартному режимі не гірше 50-100 м, а з застосуванням спеціальних методів обробки інформаційних сигналів в режимі фазових визначень або диференціальної навігації - до одиниць метрів.

Перевагою даних методів є глобальність визначення місцезнаходження, що дозволяє застосовувати його практично на будь-яких територіях і трасах будь-якої протяжності, хороша точність, можливість визначити положення GPS-компонента об'єкта прямо на карті місцевості, здатність визначити не тільки координати, але і висоту, швидкість і напрямок руху об'єкта , високий ступінь сумісності з автоматизованими системами обробки інформації. Не випадково у подібних систем найширша сфера застосування. Це системи диспетчеризації міського та спеціального транспорту, забезпечення безпеки транспорту і матеріальних цінностей, що працюють в реальному масштабі часу на території міста з десятками і сотнями рухомих об'єктів. Це системи контролю маршрутів транспорту, що здійснює далекі міжміські та міжнародні перевезення (з передачею інформації про маршрут за допомогою глобальних систем в режимі реального часу або з пасивним накопиченням інформації про маршрут з подальшою обробкою)[10] .

Методи навігаційного числення. Дані методи визначення місцезнаходження транспортних засобів основані на вимірюванні параметрів руху автомобілю за допомогою датчиків прискорень, кутових швидкостей в сукупності з датчиками

пройденого шляху і датчиками напряму, і обчисленні на основі цих даних поточного місцезнаходження рухомого об'єкту відносно відомої початкової точки. В цілому дані методи можуть використовуватися в тих же системах, що і методи, засновані на радіонавігації. Головна перевага даних методів в порівнянні з методами радіонавігації - незалежність від умов прийому навігаційних сигналів бортовою апаратурою. На території сучасного міста з щільною забудовою високими будинками можуть зустрічатися ділянки, де ускладнений прийом сигналів від наземних і навіть супутникових навігаційних систем. На таких ділянках бортова навігаційна апаратура не в змозі обчислити координати рухомого об'єкта. Приймальні антени радіонавігаційних систем повинні розміщуватися на автомобілях з урахуванням забезпечення найкращих умов прийому навігаційних сигналів. Це робить їх уразливими для зловмисників у разі застосування для потреб охорони автомобілів або перевезенням ними вантажів. Існуючі методи камуфляжу прийомних антен досить складні і дорого коштують [11].

Методи числення шляху і інерційної навігації вільні від цих недоліків, оскільки апаратура повністю автономна і може бути інтегрована в конструктивні елементи автомашини з метою ускладнення їх виявлення і захисту від навмисного виведення з ладу. Недоліками методів навігаційного числення можна вважати необхідність корекції накопичування помилок вимірювання параметрів руху, в цілому досить великі габарити бортової апаратури, відсутність доступної малогабаритної елементної бази для створення бортової апаратури (акселерометрів, автономних зчислювачів пройденого шляху, датчиків напрямку), складність обробки параметрів руху з метою обчислення координат в бортовому обчислювачі. Найбільш перспективним напрямком застосування подібних методів можна вважати спільне їх використання з радіонавігаційними методами, що дозволить компенсувати недоліки, властиві як одному, так і іншому методу [11].

Навіть короткий огляд методів і апаратури визначення місцезнаходження дозволяє зробити висновок, що не існує універсальної системи, здатної задовольнити всі вимоги кінцевого користувача. Можна виділити наступні проблеми загальносистемного плану, які необхідно враховувати замовникам і розробникам подібних систем.

Велике значення має наявність на передбачуваній території розгортання системи відповідної інфраструктури для створення підсистеми передачі даних. Так, наявність системи обчислення яка коректує інформацію для роботи навігаційної апаратури в диференціальному режимі (аналогічної, наприклад, радіомаякової системі Служби берегової охорони США) дозволить значно підвищити точність визначення місцезнаходження з використанням СРНС без значного ускладнення бортового обладнання. Наявність систем мобільного зв'язку з сотовою і мікросотовою структурою дозволить зменшити потужність бортового передавача, що скорочує габарити обладнання, спрощує питання енергозабезпечення (особливо в режимах прихованої установки), ускладнює виявлення бортового обладнання зловмисниками. У свою чергу мікросотова структура систем зв'язку може стати основою для побудови зонних систем визначення місцезнаходження або дозволить вирішувати питання визначення місцезнаходження "радіопеленгаційними" методами.

Окремо стоять питання створення електронних мап, призначених для експлуатації з AVL системами, їх актуалізації. Найчастіше геоінформаційні системи, що застосовуються для вирішення завдань визначення місцезнаходження, крім звичайних функцій відображення повинні виконувати функції коригування даних, перерахунку даних, отриманих у різних системах координат, логічної прив'язки траєкторій руху мобільних об'єктів до елементів транспортної мережі з урахуванням моделі руху мобільного об'єкта.

З цієї точки зору переваги матимуть ті системи, в яких організована оперативна корекція дорожніх обставин, аж до обліку інформації про пробки на окремих ділянках транспортних магістралей.

Компанії, що беруть на себе відповідальність за безпеку особистості або майна, використовуючи при цьому систему визначення місцезнаходження, повинні вирішити питання інформаційної та юридичної взаємодії з силовими структурами, які забезпечують фізичну безпеку або повернення матеріальних цінностей. Устаткування мобільних бригад засобами доступу до інформаційних баз, засобами автоматизованого визначення місцезнаходження і цілевказівки може значно підвищити ефективність їх роботи.

Рішення всіх цих проблем дозволить створити AVL-систему, яка найбільш задовольняє потребам замовника і здатна в найкоротші терміни повернути кошти, витрачені на розробку і впровадження системи.

1.4. Сучасні системи моніторингу та контролю транспорту на основі систем супутникової навігації

У наші дні система моніторингу транспорту набуває все більшої популярності. Ефективність від використання такої системи очевидна. Система моніторингу транспорту, наприклад, супутниковий моніторинг транспорту, здатний забезпечити будь-яку транспортну компанію гарантіями безпеки перевезених вантажів. Система моніторингу транспорту виконує відразу кілька корисних функцій: покаже, де знаходиться автомобіль, де зупинявся, з якою швидкістю рухався, повідомить про зміну маршруту і дозволить скоротити шлях від початкової до кінцевої точки призначення.

У великому мегаполісі GPS моніторинг є дуже важливою функцією, як для роботи, так і для життя. Постійні пробки істотно впливають на розклад руху не тільки громадського транспорту. Вони досить значно ускладнюють роботу компаніям, які пов'язані з вантажними і пасажирськими перевезеннями[12].

Для таких компаній відмінним рішенням цієї проблеми може стати система супутникового моніторингу транспорту. За допомогою системи FreeTrack фахівці цих компаній зможуть легко відстежувати та логістично планувати

пересування своїх автомобілів і продумувати найбільш швидкі маршрути. Для роботи в системі досить мати доступ до стаціонарного комп'ютера, ноутбука або планшета з підключенням до мережі інтернет. Електронна версія WEB сервісу дозволяє бачити не тільки конкретні точки розташування об'єкта в різні часові періоди, а й отримати шлях (трек) руху транспорту, історію і довжину маршруту, місця зупинок, контролювати максимальну швидкість транспортного засобу, залишки і витрати палива.

GPS моніторинг - це необмежений контроль за транспортом і режимами роботи автопарків. Керівник підприємства, завдяки унікальності системи, маючи доступ до інтернету, може у будь-який момент і з будь-якої точки світу отримати інформацію щодо вантажівки, автобуса, або іншого транспортного засобу, який знаходиться за тисячі кілометрів.

Система GPS моніторингу FreeTrack надає повністю достовірні дані для подальшого аналізу і статистики, підробити які неможливо. Аналіз здійснюється на основі інформації приходить від різних датчиків і контролерів, установлених на транспортних засобах, завдяки чому оператор в онлайн режимі відстежує всі важливі характеристики, які впливають на економічну ефективність перевезень.

Супутниковий моніторинг - дієвий механізм для оптимізації роботи автопарків, а отже підвищення рентабельності роботи підприємств. Поставити на контроль весь цикл роботи транспорту за допомогою системи FreeTrack не складно, при цьому керівник гарантовано буде знати скільки годин відпрацювала кожна одиниця техніки, де вона знаходиться на цей час, реальні витрати палива [13].

Ці та багато інших функцій здатна виконувати система моніторингу транспорту MapOn. GPS система стеження й управління рухомими об'єктами дозволяє створити зручний інтерактивний планер обслуговування автопарку, й абсолютно точно не забути про такі важливі події як плановий техогляд, або оновлення ліцензій - усе те, що ви вважаєте за потрібне для справної роботи автопарку. Крім "списку завдань" для себе, існує також можливість задавати

завдання безпосередньо водіям і менеджерам - тепер точно ніхто нічого не забуде. У кожного водія і менеджера - свій ідентифікатор, і свій робітничо-шляховий журнал. Також, у додатку є чат, що дозволяє легко й оперативно зв'язатися з водієм, із замовником, з кінцевим користувачем і з будь-яким іншим співробітником, що має до системи GPS-трекінгу доступ.

Однією з найцікавіших (але від цього не менш корисних) функцій від MapOn є можливість відстеження поведінки водія - стилю водіння і подальший його аналіз.

Зчитування даних і робота з бортовим тахографом також уходить у функціонал системи моніторингу транспорту MapOn - усе, що знає тахограф будете знати і Ви, незалежно від того, яку відстань між Вами і відстежуваним Вами транспортним засобом.

MapOn дозволяє створити геозони - зони на карті (унікальну для кожного автомобіля Вашого автопарку, або одну для всіх), виїзд за межі яких буде сповіщатися. Власне, це такі зони, які Ви вважаєте достатніми для проходження того чи іншого маршруту, а вихід за їх межі - підозрілим, що вимагає розслідування і втручання. І Всеукраїнська науково-практична конференція «Транспортні технології з погляду сучасної молоді» 66

Важливим елементом даних GPS систем стеження є якісні цифрові карти країн, областей, міст.

Система GPS моніторингу автотранспорту дозволяє "стежити" за кожним ТЗ як постійно, так і автоматично, оперативно отримуючи інформацію про виконання/невиконання запланованих завдань, і втручатися тільки у разі потреби. Уся інформація, що надходить за допомогою GPS системи стеження накопичується в системі (архів), тому з'являється можливість об'єктивно проаналізувати будь-які дані, отримані з системи GPS моніторингу транспорту, за будь-який попередній період часу.

Супутниковий контроль автотранспорту дає можливість не тільки контролювати переміщення автотранспорту і стан датчиків, але і передавати

керуючі команди на встановлені на автотранспорті виконавчі пристрої (наприклад включити-вимкнути двигун, здійснювати Голосовий зв'язок).

Таким чином, були розглянуті основні системи GPS моніторингу рухомих об'єктів. За допомогою системи FreeTrack, MapOn можна легко відстежувати пересування автомобілів і продумувати найбільш швидкі маршрути. Це пояснюється тим, що система моніторингу проста і надійна у використанні.

1.5. Аналіз сучасних систем моніторингу автотранспорту

1.5.1 Система моніторингу автотранспорту «АвтоСкан GPS»

Система моніторингу автотранспорту АвтоСкан GPS розроблена для контролю за будь-якими рухомими і нерухомими об'єктами мають бортове живлення. Система має відкритий протокол для інтеграції обладнання в системи сторонніх розробників. Забезпечує безперервний цілодобовий GPS моніторинг транспорту. Використовує високоточні карти міст компанії ДубльГіс, а також векторні карти Росії, України, Казахстану і всього ближнього зарубіжжя. Термінал АвтоСкан має великий обсяг внутрішньої пам'яті, що дозволяє автомобілю довгий час перебувати поза зоною покриття сотового оператора. Структура системи дозволяє організувати будь-яку кількість диспетчерських місць з різними правами. Є можливість підключати різноманітні датчики палива, а також різні виконавчі механізми: реле блокування двигуна або будь-яких інших (до шести виконавчих пристроїв). Існує можливість підключення практично будь-яких зовнішніх датчиків (як по аналоговому входу, так і по інтерфейсів RS232, I2C, 1-WIRE, RS485, CAN BUS) - наприклад високоточний датчик температури. Також є імпульсний вхід для підключення витратомірів. Є можливість оголошувати зупинки через лінійний вихід (голосові мітки записуються на SD картку). При бажанні можна встановити CDMA або ГЛОНАСС модуль [9].

Також існує система аналізу вантажоперевезень. Докладні і підсумкові текстові та графічні звіти за обраними автомобілів за вказаний період (за один день, тиждень, місяць і тощо.). Можливість отримати статистику за наступними параметрами:

- пробіг;
- середня швидкість;
- звіт по заправкам і слив;
- звіт по запаленню (напрацювання мотогодин);
- звіт по контрольним точкам;
- звіт по стоянках.

Диспетчер миттєво може побачити, де знаходиться автомобіль або відобразити пройдений шлях, а також експортувати ці дані в PDF формат.

Система АвтоСкан складається з 3 основних сегментів:

- мобільні GPS / GSM / GPRS термінали АвтоСкан GPS;
- Сервер АвтоСкан;
- диспетчерські робочі місця.

Мобільні GPS GSM термінали встановлюються на контрольованих автомобілях. Крім розташування, вони дозволяють контролювати рівень палива, положення різних механізмів і підключати виконавчі пристрої. Всі звіти про стан об'єкта і свідчення датчиків архівуються в незалежній пам'яті, незалежно від наявності з'єднання з сервером. Зв'язок мобільних GPS GSM терміналів з сервером здійснюється за технологією GPRS (TCP / IP), що забезпечує мінімальну вартість експлуатації системи при найкращій швидкості і гарантованості доставки звітів.

Сервер представляє комп'ютер з постійним підключенням до мережі Інтернет і реальною IP-адресою. На сервері функціонує база даних (БД), в якій зберігаються дані, прийняті від GPS GSM терміналів. У більшості випадків, доцільно використовувати виділений сервер, що надається самою компанією. При бажанні замовника, він може використовувати власний сервер. Диспетчерське

робоче місце являє собою звичайний комп'ютер, що має будь-якої доступ до Інтернету. На ньому, як і на сервері, функціонує БД, в якій зберігаються дані про контрольовані автомобілі. Періодично здійснюється реплікація даних (передача нової інформації від серверної БД до диспетчерської). Така побудова системи моніторингу дозволяє диспетчеру підключатися до Інтернету періодично і не накладає вимог на швидкість підключення.

Диспетчер будує маршрути на карті, звіти про витрату палива, пробігу, і тощо., використовуючи дані з локальної БД. Система стеження АвтоСкан допускає будь-яку кількість диспетчерів, рознесених територіально і контролюючих одні і ті ж автомобілі. Наприклад, за автопарком постійно спостерігає диспетчер і при цьому керівник може в будь-який момент з будь-якого місця проконтролювати цікавить його автомобіль за будь-який період (маючи ноутбук зі стільниковим телефоном).

Термінал АвтоСкан GPS - GPS / GSM трекер дозволяє визначати місце розташування мобільного об'єкту і передавати дані на сервер, для подальшої їх обробки. Термінал АвтоСкан GPS призначений для установки в автомобіль як додатковий пристрій для передачі інформації про стан транспортного засобу на пульт диспетчера. Пристрій приймає сигнал про своє місцезнаходження із супутників системи GPS і ГЛОНАСС, обробляє входи / виходи і передає цю інформацію по мережі Інтернет за допомогою сотового зв'язку стандарту GSM через GPRS на пульт оператора [15].

Основні функції терміналу АвтоСкан GPS:

- функція «мовне оповіщення» - при в'їзді в певну зону, навігатор програє через вбудований синтезатор будь-який звуковий файл, наявний на SD Card. Зручно застосовувати для оголошення автобусних зупинок, заправок, кафе швидкого харчування, пам'яток під час екскурсії та інших подій у міру необхідності. Розмір кількість точок мовного оповіщення залежить від розміру карти пам'яті SD Card;

- чорний ящик - при втраті GSM / GPRS зв'язку всі події записуються в

чорний ящик. Дані автоматично зчитуються і передаються на сервер при появі зв'язку;

- фільтрація координат - при нульовій швидкості і незмінній висоті контролер не висилає зайві точки;

- функція економії GPRS-трафіку - при стоянці контролер переходить в режим сну і повністю перестає передавати інформаційні пакети до початку руху або системного події (наприклад спрацьовування датчика). При зміні швидкості руху, змінюється швидкість видачі координат, тобто при зменшенні швидкості координати надсилаються рідше, при збільшенні частіше;

- підтримка двох sim-карт - в пристрій можна встановити 2 SIM карти різних операторів. При включенні терміналу або втрати зв'язку, пристрій самостійно вибирає оператора з найбільш хорошим рівнем сигналу;

- функція «геограда» - дозволяє створювати події при вході або виході із зони геогради. Наприклад - оповіщення SMS, подія диспетчеру, включення / вимикання виходу, мовне оповіщення через вбудований синтезатор з лінійним виходом;

- акселерометр - вбудований датчик прискорення дозволяє міряти модуль напрямку прискорення, що актуально коли відбувається падіння GPS;

- сигналу або для відсіву різких стрибків палива в баку, а також для оцінки якості використання транспортного засобу;

- CAN-шина - можливість підключення до бортового комп'ютера більшості бортових комп'ютерів для зчитування таких даних як пробіг, витрата, датчик тиску на вісь і інших;

- порт RS232 - можливість підключення цифрових датчиків рівня палива (омнік, Стріла RS232), текстового дисплея виробництва АвтоСкан, датчиків обертання бочки бетономішалки і будь-яких інших пристроїв по протоколу RS232;

I2C-шина - трипровідна шина дозволяє підключати такі пристрої як цифровий датчик температури, датчик вологості і будь-які інші пристрої

працюють на цій шині;

- «розумний GPS» - дозволяє записувати додаткові точки при поворотах на певний градус (для більш плавного треку і більш точно визначення пробігу);

- низький трафік GPRS - за рахунок дуже компактного протоколу і дуже стійкою GPRS зв'язку трафік на sim-картах значно скорочується;

- відкритий протокол - дозволяє використовувати це обладнання в інших розробках. Протокол тегів. Для отримання протоколу обміну вам необхідно зв'язатися з регіональним менеджером;

- пакетний режим - дозволяє налаштувати відправку даних по одному з подій: при накопиченні N-го кількості пакетів або кожні N - хвилин. Все інше часу пристрій з'єднання не тримає. Дуже економний режим;

- імпульсний вхід - дозволяє підключати різні датчики з вихідним сигналом у вигляді імпульсів: датчики витрати палива проточного типу, підключення штатного одометра, тахометра і ін.

Інформація, передана терміналом:

- точний час і дата за Гринвічем;
- координати автомобіля: широта, довгота, висота;
- швидкість і напрямок руху;
- пікові значення прискорення;
- показання тахометра, спідометра (при встановленні відповідного модуля або датчика);

- запит водія на голосовий виклик;

- натискання тривожної кнопки водієм;

- показання датчика палива;

- показники датчиків, підключених до цифрових входів;

- інформація від інших аналогових датчиків;

- стан виходів.

Датчик рівня палива LLS призначений для визначення рівня будь-яких світлих нафтопродуктів, а також інших рідин, що не змінюють свого агрегатного стану в робочому діапазоні температур, в металевих і неметалевих ємностях і подальшої передачі отриманої інформації в пристрої накопичення та обробки даних АвтоСкан GPS.

Датчик рівня палива LLS є високоточним датчиком (похибка вимірювання не більше 1%), що дозволяє отримувати точні дані про обсяг палива в баках і ємностях. Особливістю датчика рівня палива LLS є можливість оперативного зміни довжини при установці і калібрування прямо в польових умовах. Наявність вбудованого мікропроцесора дозволяє формувати "поведінку" датчика LLS, необхідного клієнту. Широкий набір опцій по функціональності, конструктивним виконанням інтерфейсів дозволяє задовольнити широке коло запитів.

1.5.2 GPS / GSM система моніторингу автотранспорту "Скаут"

Скаут є програмно-апаратним комплекс, який використовується для визначення місця розташування автомобіля, який контролює систему супутникової навігації GPS (NAVSTAR) і технологію GPRS в мережах GSM для передачі звітів на сервер.

Важливою перевагою системи стеження Скаут є мінімальні витрати на зв'язок. При цьому гарантована доставка всіх звітів, навіть при тривалому (до 3 місяців) відсутності зв'язку з сервером (якщо об'єкт знаходиться поза зоною дії GSM мережі або зв'язок була неможлива з іншої причини).

Скаут дозволяє:

- відображати на електронній карті положення транспортних засобів в поточний момент часу (on-line стеження);
- відображати маршрути контрольованих об'єктів за будь-який період

- часу;
- контролювати витрату палива, завантаженість, стану механізмів (для спецтехніки);
- зберігати всю інформацію в локальній базі даних, що дозволяє не мати постійне підключення до сервера;
- організувати кілька робочих місць диспетчерів з різним місцезнаходженням;
- складати шляхові листи в звичній формі і зберігати їх в базі даних;
- складати звіти про відвідування об'єктів і автоматично зіставляти їх з дорожніми листами;
- складати табличні і графічні звіти по витраті палива, пробігу, швидкості, часу в дорозі і тощо. за будь-який період по кожному транспортному засобу;
- підвищити ефективність і безпеку вантажоперевезень. Система Скаут складається з 3 основних сегментів (рисунок 1.1):
- мобільні GPS / GSM / GPRS термінали;
- інтернет-сервер;
- диспетчерські робочі місця [9].

Мобільні GPS GSM термінали встановлюються на контрольованих автомобілях. Крім розташування, вони дозволяють контролювати рівень палива, положення різних механізмів і підключати виконавчі пристрої. Всі звіти про стан об'єкта і свідчення датчиків архівуються в незалежній пам'яті, незалежно від наявності з'єднання з сервером. Зв'язок мобільних GPS GSM терміналів з сервером здійснюється за технологією GPRS (TCP / IP), що забезпечує мінімальну вартість експлуатації системи при найкращій швидкості і гарантованості доставки звітів. Сервер представляє комп'ютер з постійним підключенням до мережі Інтернет і реальним IP-адресом.

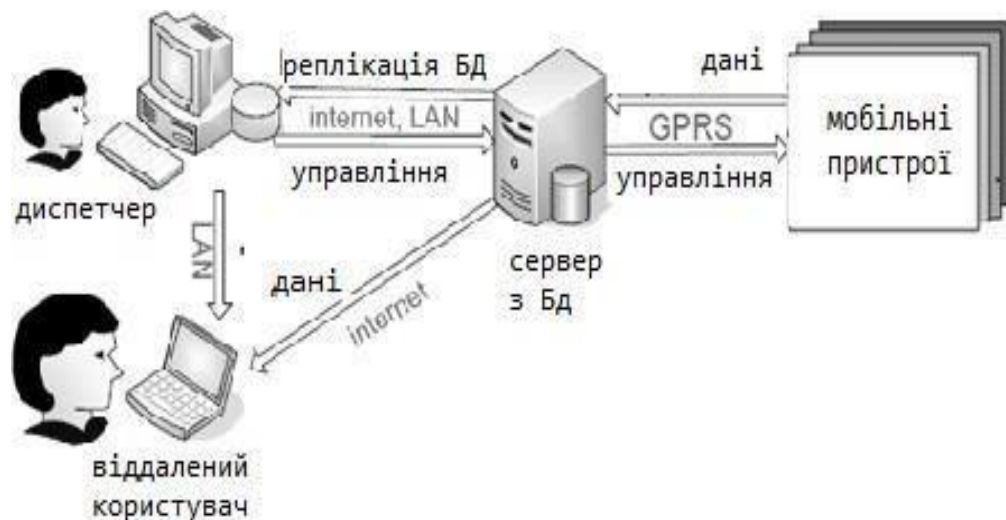


Рисунок 1.1 - Склад системи Скаут

На сервері функціонує база даних (БД), в якій зберігаються дані, прийняті від GPS GSM терміналів. У більшості випадків, доцільно використовувати виділений сервер, що надається компанією. При бажанні замовника, він може використовувати власний сервер.

Диспетчерське робоче місце являє собою звичайний комп'ютер, що має будь-який доступ до Інтернету. На ньому, як і на сервері, функціонує БД, в якій зберігаються дані про контрольовані автомобілі. Періодично здійснюється реплікація даних (передача нової інформації від серверної БД до диспетчерської). Така побудова системи моніторингу дозволяє диспетчеру підключатися до Інтернету періодично і не накладає вимог на швидкість підключення. Диспетчер будує маршрути на карті, звіти про витрату палива, пробігу, просте і тощо., використовуючи дані з локальної БД.

Система стеження Скаут допускає будь-яку кількість диспетчерів, рознесених територіально і контролюючих одні і ті самі автомобілі. Наприклад, заавтопарком постійно спостерігає диспетчер і при цьому керівник може в будь-який момент з будь-якого місця проконтролювати його автомобіль за будь-який період (маючи ноутбук зі стільниковим телефоном). Вагомою перевагою системи Скаут є те, що це готове апаратно- програмне рішення для підвищення

ефективності автотранспортних компаній. Серверне та диспетчерське ПО, як і мобільні GPS GSM термінали, є власною розробкою компанії, що дозволяє нам постійно вдосконалювати систему в усіх її компонентах. При виникненні спеціальних вимог до диспетчерської програми (спеціальні види звітів, графіки, і тощо.) у клієнтів, є можливість оперативно створити потрібно прочитати інструкції на основі базового ПО.

Система контролю автотранспорту та обліку палива (Скаут) поєднує в собі відразу кілька типів засобів контролю, використовуючи одні й ті ж мобільні GPS /GSM пристрої та це є одним з її головних переваг:

- система on-line моніторингу поточного місцезнаходження будь-якої кількості автомобілів з періодом опитування кожного автомобіля від 10 секунд.
- Використовуються високоякісні векторні електронні карти з точною прив'язкою до системи координат. Крім розташування автомобілів, диспетчер отримує інформацію про поточний стан датчиків і виконавчих механізмів;
- логгер (GPS трекер, «чорний ящик», GPS реєстратор). Зберігання останніх 300 тисяч записів з інформацією про місцезнаходження, швидкості, показання датчиків. Не потрібно наявності GSM мережі на всій ділянці маршруту, стійкість до перевантаженості GSM мережі в святкові дні або з інших причин. Після повернення автомобіля в зону покриття GSM оператора, вся інформація про переміщення автомобіля і про стан датчиків буде передана на сервер зі швидкістю близько 500 звітів в хвилину. На відміну від інших систем GPS моніторингу, диспетчер миттєво отримує всю інформацію, не покидаючи свого робочого місця;
- розподілена система диспетчеризації автопарку. Система GPS GPRS моніторингу GPSM дозволяє організувати незалежні диспетчерські робочі місця, розташовані на будь-якому відстані один від одного. При цьому кожен диспетчер може контролювати все або тільки деякі автомобілі з автопарку. Диспетчерське робоче місце може бути мобільним: ноутбук з доступом до Інтернету по GPRS через мобільний телефон;

– система контролю витрат палива. Точне вимірювання пробігу, виявлення зливів, заправок, підрахунок середньої витрати на 100 км. Досвід впровадження системи GPS моніторингу Скаут показує, що водії приписують в середньому від 30 до 60% пробігу. Крім того, система супутникового стеження GPSM дозволяє диспетчеру отримувати показання датчиків рівня палива відразу в двох баках. Диспетчерське програмне забезпечення автоматично виявляє зливи і заправки, і заносить їх в звіти про рух;

– система автоматичного аналізу ефективності вантажоперевезень. Докладні і підсумкові текстові та графічні звіти за обраними автомобілів за вказаний період (за один день, тиждень, місяць і тощо.).

Можливість отримати статистику по наступним параметрам:

- пробіг;
- середня швидкість;
- час руху;
- час простою;
- журнал спрацьовування датчиків;
- сумарний обсяг заправок, зливів і витрати палива.

Диспетчер може миттєво побачити на карті частину маршруту або точку, відповідні одному із записів в звіті. Звіти можуть бути роздруковані, експортовані MS EXCEL або HTML.

Для організації робочого місця диспетчера системи GPS GSM моніторингу автотранспорту Скаут, необхідно мати:

- персональний комп'ютер класу Pentium 3 або вище;
- будь-який спосіб підключення до мережі Інтернет.

Важлива перевага системи Скаут - немає необхідності мати постійне підключення до мережі Інтернет і статичну IP адресу. Дані телеметрії від мобільних терміналів передаються на виділений інтернет-сервер, що надається нашою компанією. Висновок маршрутів на карту і складання звітів здійснюється з локальної бази даних, яка автоматично оновлюється при підключенні

комп'ютера оператора системи GPS стеження до Інтернету. Це дозволяє організувати будь-яку кількість робочих місць операторів незалежно від їх місця розташування. При бажанні, замовник може організувати власний сервер.

1.5.3 GPS-система стеження Lookout

Моніторинг Lookout - це зручна, універсальна система стеження. Систему можна використовувати як систему контролю витрат палива, GPS систему стеження за автомобілем або будь-яким рухомим об'єктом. Також немає необхідності купувати програмне забезпечення та карти, це все входить в комплект системи моніторингу.

Універсальність системи - це можливість стежити за транспортом і людьми через мережу Internet. Клієнт отримує доступ на сучасному сервері, з повної конфіденційності отриманих даних і може в реальному часі стежити за кожним переміщенням об'єктів, контролем витрати палива, стану датчиків моніторингу(температури, відкриття/закриття дверей, обсягу, блок супутникового контролю) при необхідності дистанційно вмикати сигналізацію ,вимикати подачу палива в двигун автомобіля ,повністю заблокувати транспортний засіб всього за 5 секунд [14].

Функціональні можливості системи GPS моніторинг Lookout:

- GPS контроль маршруту, швидкості, кількість витраченого палива;
- виявлення несанкціонованих маршрутів і дій водіїв, контролю витрат палива, протиугінна система;
- зниження витрат паливних ресурсів;
- контроль безпеки вантажів, управління пристроями;
- одночасний доступ користувачів до системи моніторингу з будь-якої точки;
 - визначати схему пройденого маршруту об'єктів на електронній карті;

- оповіщення при виникненні тривожної ситуації - відправка тривожногоповідомлення в центральний офіс або мобільний телефон;
- експортувати та імпортувати накопичені GPS дані для аналізу і порівняння в облікових системах підприємства.

Принцип роботи супутникових систем навігації заснований на вимірюванні відстані від антени на об'єкті (координати якого необхідно отримати) до супутників, положення яких відомо з великою точністю. Таблиця положень всіх супутників називається альманахом. Кожен супутник передає в своєму сигналі весь альманах. Таким чином, знаючи відстані до декількох супутників системи, за допомогою звичайних геометричних побудов, на основі альманаху, можна обчислити положення об'єкта в просторі [14] .

Місцезнаходження визначають шляхом вимірювання відстаней від точок з відомими координатами супутників до необхідного об'єкту. Відстань обчислюється за часом затримки поширення сигналу від посилки його супутником до прийому антеною GPS-приймача. GPS-приймача потрібно знати відстань до трьох супутників і час GPS системи для визначення тривимірних координат. Для визначення координат і висоти приймача використовуються сигнали як мінімум з чотирьох супутників. Об'єкт (транспортний засіб або людина, вибрані для стеження) налаштовується апаратурою, що складається з GPS-модуля визначення координат об'єкту і GSM-терміналу зв'язку з сервером обробки інформації. Додатково в пристрої стеження міститься мікроконтролер, незалежна пам'ять і акумулятор. При монтажі пристрою в автомобіль додатково встановлюються цифрові входи- виходи, що інтегруються в електросистему. Так можна отримувати і обробляти інформацію від різних датчиків, а також активувати різні пристрої за допомогою персонального акаунта.

GPS-приймач -Радіоприймальні пристрої для визначення географічних координат, де ви знаходитесь антени приймача, на основі даних про тимчасові затримки приходу радіосигналів, випромінюваних супутниками групи

NAVSTAR. Максимальна точність вимірювання становить 3-5 метрів, а при наявності коригуючого сигналу від наземної станції - до 1 мм (зазвичай 5-10мм) на 1 км відстані між станціями (диференційний метод). Точність комерційних GPS-навігаторів становить від 150 метрів (у старих моделей при поганій видимості супутників) до 3 метрів (у нових моделей на відкритому місці). Крім того, при використанні систем WAAS / EGNOS / MSAS і місцевих систем передачі поправок точність може бути підвищена до 1-2 метрів по горизонталі [16] .

Крім власне широти, довготи і висоти призначений для користувача GPS-приймач здатний повідомити:

- точний час;
- орієнтація по сторонах світу (або напрямок швидкості при русі);
- висота над рівнем моря;
- напрямок на точку з координатами, заданими користувачем;
- поточна швидкість, пройдена відстань, середня швидкість;
- поточний стан на електронній карті місцевості;
- поточний стан щодо треку.

Трек - інформація про шляхи переміщення - копіюється в файл, а потім передається (зокрема, через Інтернет) в базу даних сервера.

При використанні GPS-приставки інформація виводиться на КПК, стільниковий телефон або комп'ютер, до якого підключена ця приставка за допомогою навігаційного програмного забезпечення. Фізично з'єднання, як правило, здійснюється через послідовний порт (RS-232, USB, Bluetooth). Для зв'язку GPS-приймача з комп'ютером може використовуватися двійковий протокол виробника приймача (Garmin, Magellan і інші), при цьому абсолютна більшість GPS-приймачів підтримують обмін інформацією за допомогою текстового протоколу NMEA.

Ефективним інструментом управління діяльності підприємства є система витрати палива LookOut. На відміну від інших систем, має можливість фіксації

індикацій датчиків швидкості, роботи двигуна, запалювання. Встановлюється на автомобілях, тракторах, навантажувачах і тощо. Система робить можливим відслідковувати маршрут руху, швидкості в кожній точці, місця і тривалість зупинок, кількість палива, що витрачається за допомогою вбудованого GPS приймача [16].

Це робить можливим утриматися від необхідності "раптового" контролю робочих на маршруті, немає необхідності закривати очі на крадіжки та розкрадання з боку співробітників, маніпуляцій з боку заправних станцій.

Передача даних від GPS пристрою із сервером моніторингу відбувається в автоматичному режимі, аналітичне програмне забезпечення забезпечує доступну та повну інформацію у вигляді: тексту і графіків повідомляють про витрату палива, маршруту руху, кількість подій, контроль і стану додаткових датчиків. Алгоритми роботи сервера моніторингу уможливають відобразити зливипалива, тривожні повідомлення, відображення виходу з дозволених зон. Визначення точності часу заправок, робить неможливим проводити махінації з крадіжкою палива, дозаправок сурогату, покупка сумнівного палива на трасах.

Очевидні вигоди використання системи моніторингу LookOut:

- дозволить скоротити витрати на паливо на 5-20%;
- дозволить скоротити зайві простої на 10-15% за рахунок кращого і безперервного контролю над реальним місцезнаходженням і режимом руху транспорту;
- система дозволить повністю ліквідувати втрати, пов'язані з нецільовим використанням транспорту;
- можливість ліквідувати ризики і підвищений знос транспорту, пов'язані з порушенням швидкісного режиму руху.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Обсяг інвестицій в обладнання, експлуатаційні витрати та термін окупності досягли рівня, прийняттого навіть для приватних автовласників.

Постійний моніторинг зводить нанівець вплив людського фактору, який часто знижує ефективність роботи. Це стосується частих відхилень від маршруту, тривалих несанкціонованих простоїв, неправомірного використання службового транспорту, зриву розкладу тощо.

Використання трекерів значно полегшує водіям звітування. Наприклад, деякі сервіси дозволяють автоматично створювати дорожні листи. Це позбавляє водіїв від постійної паперової тяганини, яка займає багато часу. Крім того, при автоматичному створенні всіх документів підвищується і точність даних.

Багато пристроїв дозволяють контролювати не тільки рух, але і параметри машин. Зокрема, є можливість контролювати витрату палива, що дуже важливо для великих компаній з великим парком вантажних чи пасажирських автобусів. Щодня вони витрачають великі суми на покупку бензину, тому оптимізація витрат і контроль за нецільовим використанням палива часто допомагає значно мінімізувати втрати.

Ще один важливий, хоча й непрямий, фактор – підвищення якості роботи компаній. Оптимізація маршрутів не тільки підвищує ефективність роботи та зменшує витрати бізнесу, але й дозволяє контролювати рівень обслуговування. Особливо це актуально для таксі, де для пасажирів дуже важливий час, а також для перевезень вантажів, коли потрібно якнайшвидше доставити вантаж у вказане та безпечне.

Ну і, звичайно, одна з найважливіших функцій таких систем – захист транспортного засобу від крадіжки. Трекер дозволяє відстежувати місцезнаходження автомобіля в режимі реального часу, що в разі викрадення допоможе швидко знайти автомобіль. І тут важливо не економити, купуючи GPS-трекер. Фахівці рекомендують вибирати моделі з можливістю роботи в

автономному режимі, а також ті, які подають сигнал тривоги при спробі заблокувати сигнал.

На закінчення варто відзначити, що чим більше компанія, тим швидше окупляться витрати на оснащення транспортних засобів системами супутникового стеження.

В наступному розділі розглянемо детальніше з чого складається система супутникового спостереження та які вона має недоліки.

РОЗДІЛ 2. СТРУКТУРА СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

2.1. Вимоги до розроблюваної системи моніторингу автотранспорту

Розглянувши навігаційні системи, представлені на українському ринку, вивчивши їхні переваги й недоліки, було прийнято рішення розробляти систему самостійно, беручи за основу стандартну систему моніторингу автотранспорту, але виключаючи недоліки, присутні в ній. Система повинна забезпечувати комплексний моніторинг автотранспорту за допомогою ГЛОНАСС і GPS. Система моніторингу повинна оптимізувати управління автопарком, підвищити відповідальність персоналу і забезпечити контроль стану вантажу. Крім цього супутниковий моніторинг транспорту дозволяє вести контроль багатьох параметрів роботи автомобіля, завдяки численним встановленим на борту датчиків.

На відміну від простих навігаційних систем, ця система повинна забезпечувати всебічний контроль за станом автомобіля, включаючи його місцезнаходження, маршрут поїздки, графік руху, швидкісний режим, події на борту, умови перевезення вантажу та ін.

Система повинна відстежувати роботу кожного автомобіля в реальному часі і оперативно виявляє будь-які відхилення від колійного завдання, помилки і зловживання водіїв. Своєчасна інформація про це дозволяє негайно усувати порушення та не допускати їх надалі. Застосування системи повинне вирішити наступні основне завдання, що стоять перед будь-яким автотранспортним підприємством:

- підвищення якості транспортних послуг. Стосовно сфери діяльності конкретного підприємства, це може бути суворе дотримання графіка руху, мінімальний час прибуття за викликом, ритмічне виконання вантажоперевезень і т.п. Крім того, при підключенні відповідних датчиків, система дозволить запропонувати широке коло додаткових послуг: контроль умов перевезення

вантажу (температура в кузові і т.п.), оперативну інформацію про місцезнаходження вантажу, підрахунок числа пасажирів;

- забезпечення максимальної ефективності роботи автотранспорту.

Точні дані про роботу автопарку, представлені системою, необхідні для мінімізації холостого пробігу, оптимізації маршрутної мережі, збалансованої завантаження всіх водіїв, організації планового ТО і ремонту автомобілів. В кінцевому рахунку, все це допомагає виконати максимальний обсяг перевезень при мінімальному числі водіїв і техніки;

- зміцнення трудової дисципліни водіїв та суміжних з ними співробітників.

Система повинна оперативно фіксувати як порушення, допущені водієм (запізнення, недотримання швидкісного режиму і т.п.), так і навмисні зловживання, що здійснюються в корисливих цілях: розкрадання палива, невраховані перевезення вантажів і пасажирів, навантаження і розвантаження поза запропонованих майданчиків, приписки і т.п. Необхідно виявляти найвитонченіші засоби незаконного збагачення, вигадані недобросовісними співробітниками. Сам факт безперервного і гласного моніторингу виконує не тільки покарання, а й проводить виховну роботу, запобігаючи порушення і зловживання ще до того, як вони могли б відбутися;

- підвищення безпеки перевезень. У цій частині система повинна виконувати, в першу чергу, повсякденний контроль безпечного виконання перевезень: дотримання швидкісного режиму, максимального числа пасажирів і т.п. Наявність вбудованих функцій охоронної і протиугінною системи забезпечують безпеку водія, вантажу та автомобіля при спробі викрадення або розбійного нападу. Оперативна інформація про аварійні ситуації дозволить диспетчеру своєчасно викликати до місця події необхідні екстрені служби або техдопомогу;

- отримання вичерпної і достовірної інформації про роботу кожного автомобіля. Зведені дані, накопичені системою (пробіг, витрата ПММ, витрата

моторесурсу і т.п.), представляють найбільш повні і достовірні відомості про роботу автотранспорту і служать основою для об'єктивного нарахування зарплати, обліку та списання матеріальних цінностей, планування перевезень, тощо .

Дані про роботу кожного автомобіля збираються бортовим блоком системи, встановленим на автомобілі. Бортовий блок дозволяє контролювати:

- місцезнаходження, напрямок і швидкість руху автомобіля;
- своєчасне проходження контрольних точок і об'єктів маршруту;
- заправку, витрачання та злив палива;
- події на борту, які визначаються по спрацьовуванню довічних датчиків: відкриття дверей і капота, підйом кузова, натискання кнопки тривоги, присутність людини в кабіні;
- стан параметрів, вимірюваних аналоговими датчиками: температуру в кузові і т.п [9] .

Крім цього, бортовий блок повинен бути здатний управляти вузлами і агрегатами автомобіля, наприклад, вимкнути двигун, заблокувати двері і т.п. Управління може здійснюватися за вбудованій програмі блоку, за програмою сервера або по команді оператора.

Отримана інформація повинна оброблятися бортовим блоком і надсилатися сервера за заданим розкладом, або за запитом диспетчера. Сервер порівнює її з колійним завданням, а також зберігає її в базі даних.

Диспетчер системи зі свого робочого місця може спостерігати стан автомобілів на мапі, отримувати повідомлення про штатних і позаштатних події з автомобілем. При необхідності він має можливість зв'язатися з водієм по телефону, прослухати обстановку в салоні або віддалено впливати на автомобіль.

На основі статистичних даних, накопичених системою, диспетчер генерує звіти по широкому набору параметрів і передає їх для аналізу керівникам усіх рівнів, в бухгалтерію підприємства, служби обліку матеріальних цінностей і т.п.

Ці ж дані доступні іншим програмам в цифровому вигляді для автоматизованої обробки.

Необхідно спочатку створити комплексне рішення для всебічного і вичерпного моніторингу автомобілів. При розробці повинен бути врахований досвід експлуатації різних систем GPS-навігації, протиугінних засобів і т.п. Система повинна мати ряд конструктивних і функціональних особливостей, що вигідно відрізняють її від інших аналогічних продуктів:

- інтелектуальний бортовий блок. Бортовий блок виконує первинну обробку, накопичення і аналіз інформації в реальному часі безпосередньо на борту автомобіля. Така обробка дозволяє мінімізувати витрати на стільниковий зв'язок, що становлять значну частину експлуатаційних витрат системи. При необхідності бортовий блок може автономно впливати на вузли і агрегати автомобіля за заданою програмою;

- гнучкий вибір способу зв'язку. Система вибирає різні послуги GSM (data, GPRS, SMS) в залежності від їх вартості і доступності в даний час в даній точці маршруту. Контроль за доставкою повідомлень забезпечує надійну роботу системи навіть в умовах нестійкого зв'язку. При необхідності можуть використовуватися стільникові модеми інших стандартів, транкінгові системи, радіомодеми;

- висока точність позиціонування. Використання режиму диференціальних поправок GPS підвищує точність до декількох метрів;

- простота впровадження і масштабованість системи. Необхідно мати можливість почати впровадження системи з обмеженого числа автомобілів і потім плавно нарощувати її в міру необхідності, без радикальної перебудови системи;

- високий ступінь автоматизації. Система залишає на розгляд диспетчера лише нештатні ситуації, що вимагають творчого втручання людини. Завдяки цьому, продуктивність праці диспетчерів радикально підвищується, і один диспетчер може обслуговувати велику кількість автомобілів;

- високий ступінь захищеності самої системи. Система повинна бути захищена від зайвого втручання і автоматично фіксувати спроби вандалізму, саботажу і іншого несанкціонованого доступу в роботу системи. Бортовий блок зберігає працездатність при найбільш поширених деструктивних діях: відключенні або переполюсуванні напруги живлення, замиканні або екрануванні антен і т.п., а сервер, в свою чергу стежить за працездатністю бортового блоку;

- розподілена архітектура "клієнт-сервер". Система може бути розподілена на кілька серверів, розташованих в різних організаціях, містах або навіть континентах. Диспетчери можуть перебувати в будь-якій точці світу, в якій є стійке високошвидкісне підключення до Інтернет;

- проста інтеграція в корпоративну інформаційну середу. Система повинна бути побудована на основі відкритих стандартів і легко може взаємодіяти з програмами бухгалтерії, логістики, складського обліку;

- вільний вибір постачальників послуг. Система не повинна бути прив'язі до якогось певного оператора зв'язку або постачальника додаткових послуг (охорони і т.п.) Користувач системи може вибирати і змінювати їх на свій розсуд.

Одним з факторів, що впливають на рішення самостійної розробки системи, була економічна вигода від впровадження. Без відповідної ІТ системи неможливо забезпечити отримання даних та інформації для адекватного управління в компанії, прогнозування, планування і контролю.

Одним із способів ефективного управління є логістичні програми, програми обліку, автоматизації бізнес процесів і моніторингові системи GPS / ГЛОНАСС навігації [15].

Економічний результат від впровадження системи складається з багатьох складових. Основними з них є:

- різке зниження збитків, заподіяних розкраданнями, приписками, нецільовим використанням транспортних засобів та іншими зловживаннями

водіїв. За результатами експлуатації вже встановлених систем, розмір цих втрат становить, на більшості автопідприємств, 20-30% експлуатаційних витрат на автомобіль;

- підвищення ефективності використання автопарку, виконання максимального обсягу перевезень мінімальним числом автомобілів і водіїв;
- підвищення привабливості послуг даного автопідприємства для існуючих і потенційних клієнтів, що виражається в зростанні замовлень на перевезення;
- розслідування і запобігання незаконних заволодінь транспортними засобами.

2.2. Структура системи моніторингу автотранспорту

Структура системи моніторингу складається з супутникової системи, бортового блоку, встановленого на автомобілі, базової станції GSM, серверу бази даних та диспетчерського центру. Приклад системи моніторингу зображено на рисунку 2.1.

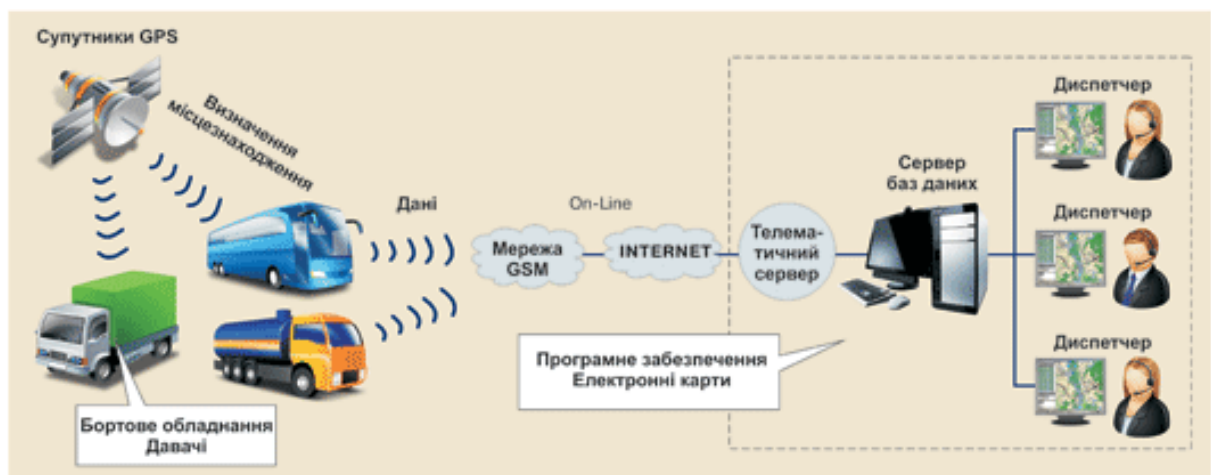


Рисунок 2.1 - Структура системи моніторингу автотранспорту

Система GPS моніторингу транспорту складається із бортового обладнання (GPS трекера, GPS/GSM антени), різних датчиків, диспетчерського та серверного

програмного забезпечення.

На транспортний засіб монтується бортове обладнання – GPS трекер, що приймає сигнали від супутників GPS та на основі отриманої інформації обчислює своє місцезнаходження, швидкість і напрям руху.

GPS трекер також зчитує дані з усіх датчиків та пристроїв, які підключені до нього. У транспортний засіб можливо вмонтувати датчики палива, датчики рівня рідини, температури, вологості, датчики підрахунку пасажирів, датчики відкриття дверей вантажних відсіків транспорту, обладнання ідентифікації водіїв, обладнання ідентифікації причіпного чи навісного устаткування тощо. Зібрані дані кодуються та передаються по каналах мобільного зв'язку на телематичний сервер, де вони обробляються, зберігаються і пересилаються через Інтернет на комп'ютер диспетчера/користувача. Диспетчерські робочі місця можуть бути об'єднані в глобальну або локальну мережу.

У диспетчерському програмному забезпеченні у режимі реального часу відображаються місцезнаходження транспортного засобу, швидкість і напрям руху, фіксуються зупинки, перетин контрольних зон, дані датчиків тощо.

Вся інформація відображається в зручному для сприйняття вигляді: у формі графіків, таблиць, треків на електронних картах.

Дані системи GPS моніторингу транспорту зберігаються необмежений час і у будь-який момент можна сформулювати звіт про пробіг, час роботи, простої, перетин заданих районів, швидкісні режими, заправки і зливи, споживання палива, підрахунок пасажирів, спрацьовування та дані датчиків, робочий час водіїв тощо.

Дані з системи супутникового моніторингу транспорту можуть експортуватися і використовуватися в системах обліку і управління підприємством (Транспортна логістика, 1С: Підприємство та ін.). Відкрита архітектура, масштабованість, гнучкість системи GPS моніторингу транспорту дозволяють інтегрувати її в інші системи підприємства, вирішувати складні і нестандартні завдання, будувати систему під вимоги Замовника.

При відмовах периферійного обладнання або зловмисному втручанні (відключенні харчування, екранування антен і т.п.) бортовий блок зберігає працездатність в максимально можливій мірі, фіксує всі ці події і при першій же можливості передає їх серверу.

Бортовий блок може не тільки контролювати події на борту, але і гнучко впливати на автомобіль за заданою програмою, наприклад, глушити двигун при виїзді за межі дозволеної території.

GPS / ГЛОНАСС трекер - пристрій прийому-передачі даних для стеження і контролю пересування об'єктів, до якого він прикріплюється. Перш ніж купити GPS трекер необхідно визначитися, пересування якого об'єкта необхідно контролювати, а також як часто необхідно отримувати інформацію про його координатах.

Термінал - обов'язковий елемент бортового обладнання. Термінал призначений для вимірювання сигналів штатних і додаткових датчиків, прийому координатних даних з навігаційних супутників, отримання даних з CAN шини, формування бортових звітів і передачі їх в точку доступу. Термінали підрозділяються на онлайн термінали, які можуть працювати в режимах і реального часу і постобробки і офлайн термінали, які працюють тільки в режимі постобробки [17].

Онлайн термінали мають в своєму складі GSM модем з підтримкою GPRS. Для роботи терміналу необхідна SIM карта місцевого сотового оператора з підключеною послугою GPRS.

Завдяки великій кількості входів до терміналу можна підключити багато різноманітних датчиків:

- обертів двигуна;
- швидкість;
- витрата палива в магістралі двигуна;
- рівень палива в баку;
- тиск масла в двигуні;

- температура двигуна;
- зовнішня температура;
- температура в салоні;
- навантаження на вісь;
- включення габаритних вогнів (підсвічування приладів);
- відкриття дверей;
- напруга бортмережі;
- включення блокування міжосьового диференціала;
- включення блокування міжколісного диференціала.

Контроль витрати палива - це один з основних параметрів хвилюючих керівника автопідприємства. Дані про витрату палива розраховуються аналітичним шляхом за формулою, що використовує настроюються користувачем коефіцієнти (норми витрати при різних режимах експлуатації автомобіля). Цей метод має досить низькі значення похибки (при правильному налаштуванні) і не вимагає дорогих датчиків миттєвої витрати палива, що мають певні проблеми експлуатації в наших кліматичних умовах.

Датчик витрати палива призначений для вимірювання фактичних витрат палива в магістралі двигуна. Це найточніший метод вимірювання витрати палива. Альтернативні способи - обчислення витрат по зміні рівня палива в баку, для цього потрібен точний датчик рівня, і зняття даних з CAN шини [9].

Датчики-реле температури ДРТ призначені для вимірювання витрати дизельного палива в паливній магістралі транспортних засобів і агрегатів.

2.3. Додаткові компоненти системи моніторингу автотранспорту

Існує велика кількість додаткових компонентів, які можна встановити разом з бортовим блоком, щоб гарантувати надійну роботу системи моніторингу. Крім різноманітних датчиків вимірювання витрати палива, швидкості, температури

можливо також встановити прилади для забезпечення успішної роботи навіть в умовах нестійкого зв'язку або при надзвичайних ситуаціях [18].

Антенами GPS і GSM може бути додатково оснащений бортовий блок вразі роботи на території з нестійким сотовим покриттям .

Резервний акумулятор забезпечує роботу бортового терміналу в разі відключення штатного живлення від бортової мережі автомобіля. При необхідності може також використовуватися для збільшення часу автономної роботи.

Захисний корпус додатково охороняє бортовий блок, антени, резервний акумулятор і кабелі від впливів навколишнього середовища (пил, волога). Корпус виконаний в стилі, типовому для штатних деталей автомобіля, що ускладнює виявлення і пошкодження системи злоумисниками (в разі викрадення і т.п.).

Дискретні датчики дозволяють контролювати події типу "так / ні": підняття кузова, відкриття дверей, включення електроприладів і т.п. У число можливих датчиків входять також пристрої, що визначають факт проходження через двері салону (що дозволяє точно підрахувати число пасажирів в автобусі), присутності пасажирів в кріслі (для таксі, маршрутних таксі) та знаходження людини в салоні.

Аналогові датчики вимірюють параметри, які можуть змінюватися в деякому діапазоні: температуру в кузові рефрижератора, швидкість обертання бака растровоза і т.п. Особливе значення має можливість підключення штатного датчика кількості палива в бензобаку і витратоміра палива, що врізається в бензопровід [16].

Виконавчі елементи з дискретним входом дозволяють бортовому блоку впливати на вузли і агрегати автомобіля, в разі такої необхідності. До їх числа відносяться клапан бензопроводу, реле для бортових електричних ланцюгів і т.п.

Комплект гучного зв'язку дозволяє водієві вести розмову з диспетчером, не відриваючись від керма, як цього вимагають правила дорожнього руху. При

необхідності диспетчер також може прослухати салон автомобіля в односторонньому порядку.

Кнопка тривоги може встановлюватися в салоні як таємно, так і відкрито, і дозволяє водієві швидко привернути до себе увагу диспетчера в екстреній ситуації. Крім того, кнопка може бути запрограмована на інші операції, наприклад, встановлення голосового зв'язку з диспетчером "в один дотик".

2.4. Програмне забезпечення системи моніторингу

Програмне забезпечення диспетчерського центру побудовано на основі розподіленої архітектури "клієнт-сервер". Всі компоненти системи (сервери, робочі місця диспетчерів і адміністраторів) взаємодіють один з одним виключно по протоколу TCP / IP, що дозволяє розміщувати їх на різних технологічних майданчиках. Для роботи їм потрібно тільки стійкий високошвидкісний (не менше 128 Кбіт / с в напрямку від мережі до користувача) доступ в Інтернет.

Серверна частина. Серверна частина системи складається з трьох компонентів: власне сервер системи моніторингу, сервера баз даних (СУБД) і сервера геоінформаційної системи (ГІС). Всі три компоненти можуть бути встановлені як на одному комп'ютері, так і на кількох роздільних комп'ютерах, в залежності від масштабу системи і сформованої інформаційної інфраструктури підприємства. В основу рішення покладено загальні принципи побудови корпоративних інформаційних систем: об'єктна форма зберігання даних, ієрархічний поділ прав доступу для різних співробітників і т.п.

Сервер обробляє повідомлення бортових блоків і запити диспетчерів. Розподілена архітектура системи, яка покладає основну частину первинної обробки інформації на бортові блоки автомобілів, забезпечує досить низьку обчислювальну навантаження на сервер. Це відкриває широкі перспективи для поступового розширення системи. Одного разу встановлений сервер, побудований на базі цілком середнього за сучасними мірками комп'ютера,

здатний контролювати велику кількість автомобілів.

Сервер СУБД зберігає в базі даних всі події, зареєстровані системою. Для цієї мети може використовуватися як спеціально встановлений сервер, так і вже наявний на підприємстві сервер Oracle або MySQL. Цими даними може користуватися як сама система, так і сторонні програми: бухгалтерії, логістики, обліку матеріальних цінностей і т.п.

Сервер ГІС зберігає цифрові карти місцевості і прив'язує до них поточний стан автомобілів. Потрібний фрагмент карти з відмітками автомобілів виводиться в клієнтську програму диспетчера. Крім того, за поточними географічних координат автомобіля обчислюється його адресу в звичній словесній формі. У міру необхідності до сервера можуть підключатися оновлені версії карт і карти нових регіонів [14].

Клієнтська частина. Робочі місця диспетчерів системи являють собою персональні комп'ютери. Для роботи в системі достатньо звичайного ПК-офісного класу і стійкого з'єднання з сервером по локальній мережі або через Інтернет.

Диспетчер - центральна фігура системи. Диспетчери безпосередньо здійснюють контроль за довіреними їм автомобілями, складають маршрути і графіки руху, завантажують їх у бортові блоки автомобілів і стежать за їх виконанням в реальному часі. У будь-який момент часу диспетчер може знайти потрібний йому автомобіль (або кілька одразу) на карті, переглянути їх бортові журнали, зв'язатися з водієм по телефону або прослухати обстановку в салоні. При виникненні позаштатних ситуацій (порушення маршруту, графіка руху, переліку заборонених / обов'язкових операцій), зловмисних діях водія або порушення роботи бортового блоку диспетчер негайно отримує відповідні попередження.

Друга сторона діяльності диспетчера - контроль за підсумковими показниками роботи автотранспорту. Програмне забезпечення системи дозволяє генерувати широкий набір звітів про пробіг автомобілів, середньої швидкості

витрачання палива, навантаженнях-розвантаженнях, стоянках, допущених порушеннях маршрутного завдання тощо. Взаємодія серверної і клієнтської частин можна побачити на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 - Взаємодія серверної та клієнтської частин

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В другому розділі ми розглянули структуру роботи системи спостереження, що будь-яка система складається з супутникової системи, бортового блоку, встановленого на автомобілі, базової станції GSM, серверу бази даних та диспетчерського центру.

Існує велика кількість додаткових компонентів, які можна встановити разом з бортовим блоком, щоб гарантувати надійну роботу системи моніторингу. Крім різноманітних датчиків вимірювання витрати палива, швидкості, температури можливо також встановити прилади для забезпечення успішної роботи навіть в умовах нестійкого зв'язку або при надзвичайних ситуаціях.

В третьому розділі ми проведемо практичне дослідження, де виявимо за яких обставин супутникова навігаційна система може працювати безперебійно, а також виявимо при яких зовнішніх факторах система може давати збій в роботі.

РОЗДІЛ 3. КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ АВТОТРАНСПОРТУ

3.1. Проблема геолокації за даними глобальних навігаційних супутникових систем

Забезпечення безперебійної роботи систем супутникової навігації та зменшення похибок визначення розташування об'єкта є актуальним та важливим завданням. Це вимагає визначення координат приймача вимагає визначення координат приймача з адекватним розв'язуванням завданням точністю і надійністю. Розв'язання цієї задачі еквівалентне знаходження координат приймача за умови, що відомі координати джерел (мінімум трьох супутників) та відстань до кожного із супутників.

У такій постановці можна виділити похибки, пов'язані з похибкою визначення положення джерел, похибки, пов'язані з визначенням відстані "джерело - приймач", а також з характеристиками супутникового угруповання земної поверхні. Перші похибки зменшують шляхом публікації уточнених ефемерид орбіт супутників (для визначення потрібні наземні станції стеження/контролю космічного сегмента), для усунення других слід враховувати особливості поширення сигналів навігаційних подорожніх по дорозі "приймач – джерело". Основним джерелом цієї похибки є іоносферна затримка сигналу, яка безпосередньо пов'язана з розподілом електронної щільності (в іоносфері) вздовж променя "джерело (супутник) - приймач (наземна станція)". Докладніше це питання викладено у наступному пункті. Остання, пов'язана з конфігурацією орбіт супутникового угруповання, що становить похибки не може бути компенсована "модельним" способом.

Як наочний приклад відзначимо, що точність визначення координат у різних глобальних навігаційних систем у різних регіонах відрізняється, проте всі з них надають найгірші показники у високих широтах (аж до непрацездатності у приполярних областях). Це пояснюється кутами способу орбіт супутників: $64,8^\circ$

у супутників системи ГЛОНАСС, 55° у супутників системи GPS і 56° у супутників системи Galileo.

3.2. Похибка навігаційних систем, пов'язана із середовищем поширення сигналу

Одним з факторів, що збільшують похибку визначення розташування об'єкта навігаційною системою, є проходження сигналу від супутника до приймача через іоносферу, що має свої неоднорідності структури, що залежать, зокрема, від геофізичної обстановки. Навігаційний приймач визначає місце розташування об'єкта шляхом вирішення навігаційної задачі з використанням псевдодальностей від точки прийому сигналу до навігаційних супутників.

У роботі, присвяченій прогнозуванню шумової похибки вимірювання псевдодальностей в умовах обурень F-шару іоносфери, зроблено висновок про те, що за таких умов шумова похибка може зрости до 1000 разів у порівнянні з умовами спокійної іоносфери. Експеримент проводився при спокійній геомагнітній обстановці в умовах полярної ночі та дозволив визначити рівень впливу іоносфери на поширення сигналу від навігаційного супутника. Для полярних районів було запропоновано апаратно-програмний комплекс, що дозволяє досліджувати особливості GPS-позиціонування у морській арктичній зоні.

При розв'язанні задач супутникового позиціонування найбільш важливі дані щодо повного електронного змісту іоносфери вздовж траєкторії поширення сигналу.

Після тривалої апробації як стандартна довідкова модель іоносфери в системі GPS було прийнято модель Клобучара [19], що дозволяла здійснювати корекцію параметрів сигналів супутників з урахуванням іоносферної затримки. Як зазначено в роботі, похибка визначення координат з використанням такої моделі іоносфери може становити близько 10 метрів для двочастотних приймачі

та спокійних геліогеомагнітних умов. У сучасних наукових дослідженнях міжнародним стандартом defacto є емпірична модель іоносфери IRI (International Reference Ionosphere).

3.3. Можливості використання математичних моделей для врахування впливу іоносфери

Забезпечення поліпшення точності визначення розташування об'єкта за допомогою глобальних супутникових систем навігації досягається шляхом зменшення похибок різного роду, що впливають на неї. Встановлення додаткових станцій стеження та введення в дію більшої кількості супутників пов'язані зі значними фінансовими витратами. У той же час більш точного опису середовища поширення супутникового навігаційного сигналу для зменшення відповідної похибки можна досягти за допомогою глобальних моделей іоносфери, що відтворюють неоднорідності її структури за різних геліогеофізичних умов.

Емпіричні (статистичні) моделі іоносфери, прикладом яких є модель Клобучара і модель IRI (Міжнародна еталонна іоносфера), будуються за допомогою усереднення великої кількості даних спостережень і є описом фізико-хімічних характеристик середовища та їх змін у вигляді таблиць попередньо оброблених даних спостережень або формул (розкладів та їх коефіцієнтів), апроксимують ряди проведених вимірів. Такий вид моделей може адекватно описувати поведінку параметрів у тих областях, якими є достатня кількість результатів спостережень, але через процедуру усереднення ці моделі не можуть детально відтворювати поведінку іоносфери за нестандартних умов, наприклад, під час геомагнітних бур та суббур.

Математичним або теоретичним прийнято називати моделювання, засноване на вирішенні рівнянь, що описують фізичні та хімічні процеси, що

протікають в іоносфері. Математичні моделі іоносфери вперше були створені близько 50 років тому і з того часу безперервно розвивалися.

В даний час однією з найрозвиненіших тривимірних математичних моделей є глобальна чисельна самоузгоджена модель верхньої атмосфери Землі (UAM – Upper Atmosphere Model) [20], в рамках якої вирішуються фізичні рівняння, що описують поведінку фізичних параметрів навколоземного середовища, включаючи нижню та верхню іоносферу.

Труднощі при роботі з такою теоретичною моделлю обумовлені насамперед тим, що розв'язувана система є нелінійною і містить рівняння різних типів, які пов'язані між собою. Однак для умов геомагнітних бурень і для високих широт чисельна модель UAM більш адекватно з фізичного погляду описують середовище, тоді як емпіричні моделі не відтворюють варіації іоносфери, що спостерігаються.

Перспективним є використання моделі UAM для коригування параметрів моделі іоносфери, що використовуються системами позиціонування. Модель враховує положення овалу висипань, потоки частинок, що висипаються, а також характеристики поздовжніх струмів, що особливо важливо для високоширотних областей.

3.4. Затримка передачі сигналу через зовнішні фактори

Самим явним недоліком використання будь-якої інерціальної системи навігації є те, що до приймача може не доходити сигнал, котрий він отримує від супутника або ж отримуватися в спотвореному вигляді. Все це відбувається за певних умов. Так, у будівлі, що знаходиться в залізобетонному каркасі, тунелі або підвалі, безпосередня можливість визначення точного місцезнаходження прагне до 0. [22]

Велика хмарність в небі і щільне листя дерев також погіршують прийом сигналу з супутників. Сигнали GPS можуть також спотворити перешкоди, що

виникають в результаті магнітних бурь, або перешкоди від наземних джерел радіосигналу. У приполярних районах Землі точність погіршує невисокий нахил орбіт, по яких рухаються супутники. Також особливість GPS в тому, що ця система знаходиться в повній залежності від умов надання сигналу Міністерством оборони Сполучених Штатів. Навіть не враховуючи той факт, що навмисне погіршення сигналу в даний момент часу відсутнє.

Зараз вдалося реалізувати повне оновлення GPS-системи, хоча в планах цей проект був досить давно.[21] Застарілі супутники в процесі оновлення планується замінити на нові, розроблені компаніями Boeing і Lockheed Martin. Можливості сучасних навігаційних апаратів значно перевершують старші моделі. Виходячи з наданих технічних даних, супутники дають можливість точного визначення місцерозташування клієнтів з похибкою лише 0,5 метра.

Міністерство оборони США посилається на те, що повне завершення поновлення даної системи можливо тільки через 10 років. При цьому кількість супутників залишиться сталою – 30, з яких 3 резервних і 27 працюючих.

Природно, не варто забувати про аспекти, які виникають при обчисленні координат: супутникова система може отримувати розташування з похибками і природа цих помилок різна. Основними джерелами помилок, що вносять похибки в обчислення точності навігаційних повідомлень у системі GPS, є[24]:

- іоносферні затримки сигналу – затримки розповсюдження сигналів котрі призводять до помилок порядку 10-20 м вдень і 2-5 м вночі;
- похибка відходу шкали часу супутника – викликана розбіжністю шкал часу різних супутників. Усувається за допомогою наземних станцій стеження;
- тропосферні затримки сигналу – величина похибки безпосередньо залежить від метеорологічних параметрів (тиск, вологість, температура,), а також від висоти супутника над горизонтом. Компенсація тропосферних затримок проводиться шляхом розрахунку математичної моделі цього шару атмосфери. Значення похибок не перевищують 30 м;

- похибка визначення відстані до супутника – помилка не корельована з іншими видами похибок. Її величина не перевищує 10 м;
- ефемеридна похибка – помилки обумовлені розбіжністю між фактичним положенням супутника і його розрахунковим положенням. Значення похибки зазвичай не більше 3 м.;
- помилки обчислення орбіт – з'являються внаслідок неточностей прогнозу і розрахунку ефемерид супутників, виконуваних в апаратурі приймача. Похибка призводить до помилки вимірювання координат близько 1-2 м;
- похибка неточного визначення часу – призводить до виникнення систематичної помилки визначення координат близько 0.6 м. Усувається за допомогою встановлення сервера точного часу на приймачі;
- інструментальна помилка приймача – зумовлена наявністю шумів в електронному тракті приймача. Відношення сигнал/шум приймача визначає точність процедури порівняння, прийнятого від супутника і опорного сигналу, тобто похибка обчислення псевдодальності. Призводить до виникнення координатної помилки порядку 1.2 м;
- багатопроменевий прийом – з'являється в результаті вторинних відображень сигналу супутника від великих перешкод, розташованих в безпосередній близькості від приймача. Виникає явище інтерференції і вимірювана відстань виявляється більше дійсної. Найкращим способом боротьби вважається раціональне розміщення антени приймача щодо перешкод;
- геометричне розташування супутників – при обчисленні сумарної помилки необхідно врахувати взаємне положення приймача і супутників. Для цього вводиться спеціальний коефіцієнт геометричного зниження точності GDOP (Geometric Dilution Of Precision) [23], на який необхідно помножити всі перераховані вище помилки, щоб отримати результуючу помилку. Вона обернено пропорційна обсягу фігури, яка буде утворена, якщо провести поодинокі вектори від приймача до супутників. Велике значення GDOP свідчить про невідале розташування сателіта і велике значення помилки.

3.5. Аналіз затримки передачі сигналу

Загальним недоліком використання будь-якої радіонавігаційної системи є те, що за певних умов сигнал може не сягати приймача, або приходити зі значними спотвореннями або затримками. Наприклад, практично неможливо визначити своє точне місцезнаходження у глибині квартири всередині залізобетонної будівлі, у підвалі чи тунелі навіть професійними геодезичними приймачами. Так як робоча частота GPS лежить в дециметровому діапазоні радіохвиль, рівень сигналу від супутників може серйозно знизитися під щільним листям дерев або через велику хмарність. Нормальному прийому сигналів GPS можуть пошкодити перешкоди від багатьох наземних радіоджерел, а також (в поодиноких випадках) від магнітних бур або навмисно створювані «глушилками» (цей спосіб боротьби з супутниковими автосигналізаціями часто використовується автовикрадачами). Постановка перешкод приймачам GPS-сигналів ефективно використовувалася для боротьби з засобами наведення крилатих ракет під час операцій США та Великобританії в Іраку, а також «Рішучої сили» НАТО в Союзній Республіці Югославії. Це призводило до самоліквідації крилатих ракет, а також до їх позаштатного польоту по несанкціонованій траєкторії[25]. Більш ефективно виконувати завдання супутникової навігації в складних перешкодових умовах дозволяє застосування в GPS-системі цифрових решіток, що забезпечують формування «нулів» в діаграмі спрямованості антенної системи в напрямках на джерела активних перешкод[25].

Також проблемою з GPS (та деякими іншими системами супутникової навігації) є скидання номера тижня (WNRO - перенесення номера тижня), оскільки це може вплинути на роботу пристроїв супутникової навігації. Навігаційні радіосигнали, що передаються від супутників системи до приймача, містять номер тижня з максимальним значенням 1023. Коли номер тижня досягає 1023, лічильник скидає номер тижня на 0 (приблизно кожні 20 років).

Непідготовлені пристрої можуть почати неправильно обчислювати час і дату, що може вплинути на функції пристрою, які залежать від цих налаштувань. Щоб мінімізувати вплив WNRO на ваші пристрої супутникової навігації, необхідно своєчасно оновлювати програмне забезпечення та, якщо у вас виникнуть запитання, звертатися до виробника. Хороша новина полягає в тому, що з модернізацією GPS (та інших SSN) максимальне значення номера тижня зросте (спеціалісти GPS хочуть збільшити кількість бітів лічильника), і про WNRO можна більше не турбуватися [26].

Невисокий спосіб орбіт GPS (приблизно 55°) серйозно погіршує точність у приполярних районах Землі, так як супутники GPS невисоко піднімаються над горизонтом, в результаті на промені зору знаходиться більша повітряна маса, а також можливі об'єкти поблизу горизонту.). Похибки у визначенні псевдодальності, що вносяться іоносферою і тропосферою, для супутника в зеніті становлять 1 м і 2,3 м відповідно, тоді як надгоризонтного супутника ці величини можуть досягати 100 м і 10 м, відповідно.

GPS реалізована і експлуатується міністерством оборони США, і тому є повна залежність від цього органу отримання інших користувачів точного сигналу GPS.

Для проведення аналізу впливу факторів на роботу GPS-трекінгу було виконане дослідження 18.11.2021, в якому був побудовано два окремих маршрута і цим маршрутом була виконана поїздка. Дані маршрути були створені в додатку Google Maps.

Маршрут під номером №1 був виконаний 18.11.2021 о 18:30. На рисунку 3.1 зображений даний маршрут, точка початку – Національний Авіаційний Університет, точка завершення – ТРЦ «Район».

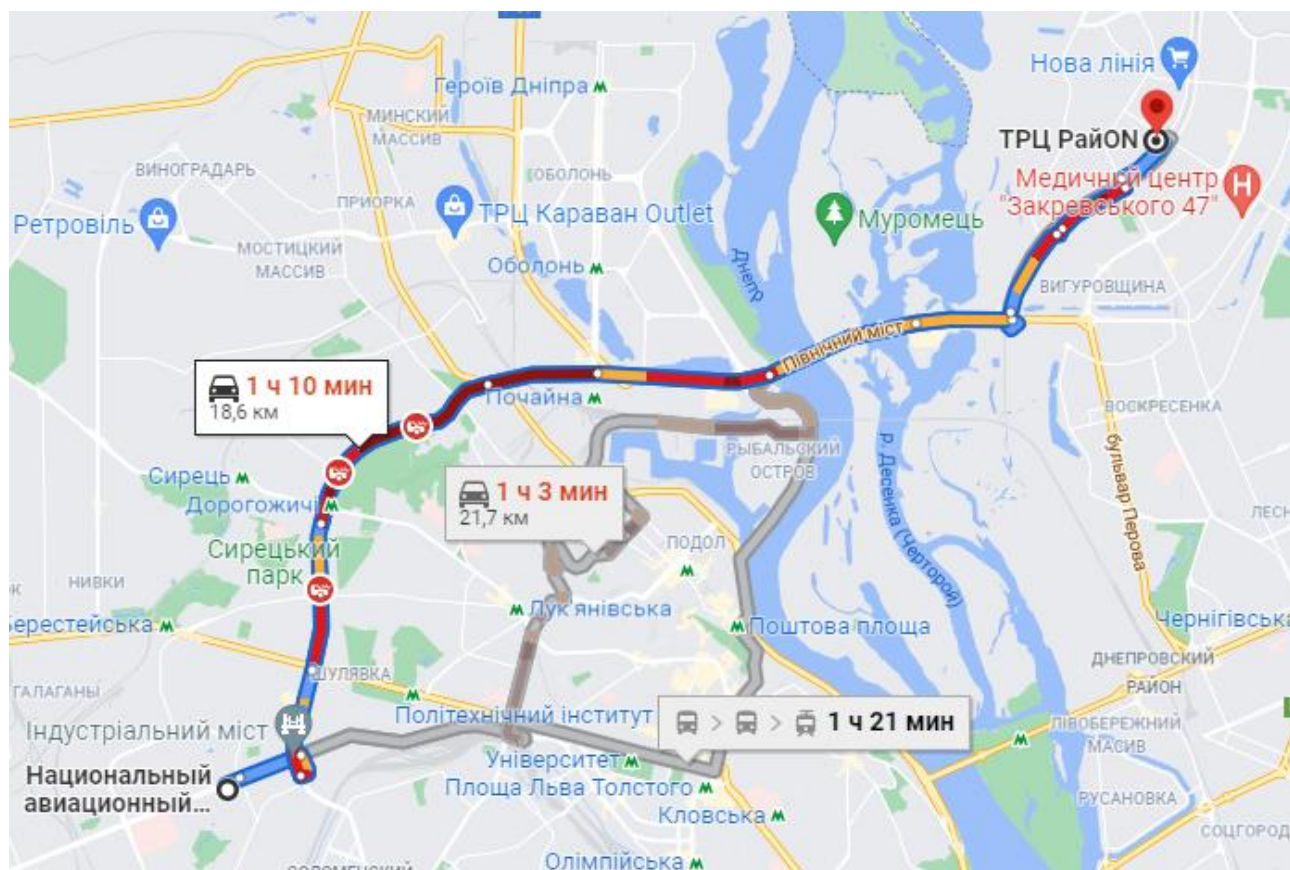


Рисунок 3.1 - Маршрут поїздки №1

Під час виконання поїздки було помічено, що сигнал GPS пропадав у декількох місцях, а саме, під час того як машина знаходилась під мостом сигнал переривався, а також в місцях низовини, де наявна аномальна зона відсутності зв'язку, в цих випадках в додатку з'являлося повідомлення про те, що сигнал GPS зник. В цей момент значок, яким машина відмічена на карті застосунка, не рухався, до моменту коли сигнал GPS не відновлювався. Всі мости та аномальні зони помічені на рисунку 3.2 червоними стрілками.

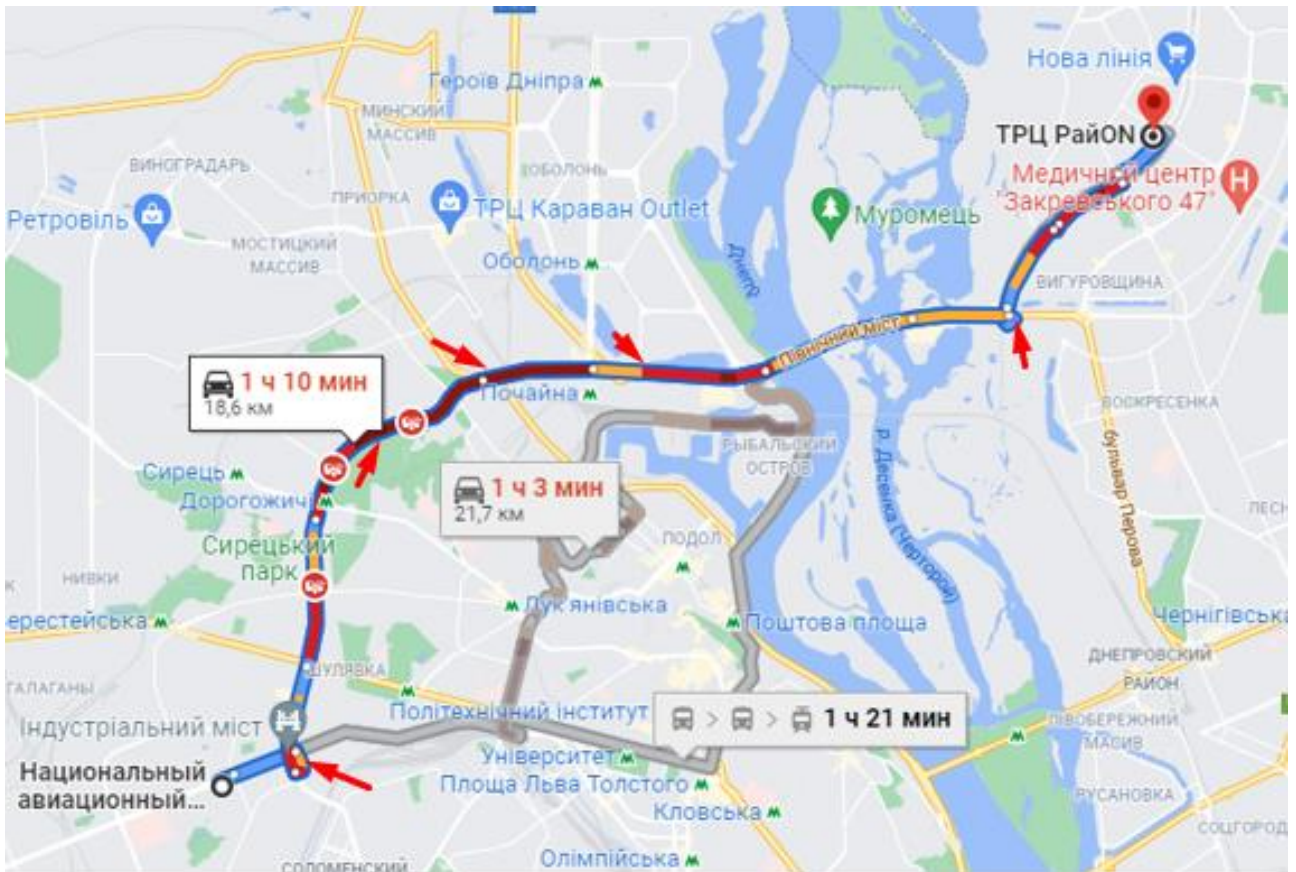


Рисунок 3.2 – Розташування мостів

В онлайн ресурсі Trimble GNSS Planning Online були внесені координати відповідні експериментальному маршруту. Даний ресурс створений для відстежування місцезнаходження супутників таких як GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou і QZSS. Для нашого дослідження ми вибрали сузір'я супутників GPS. На рисунку 3.3 ми можемо спостерігати скільки і як розташовані супутники.

Цим сервісом було виявлено що наявність достатньої кількості супутників GPS на окремих ділянках дороги не завжди впливає на коректності передачі даних.

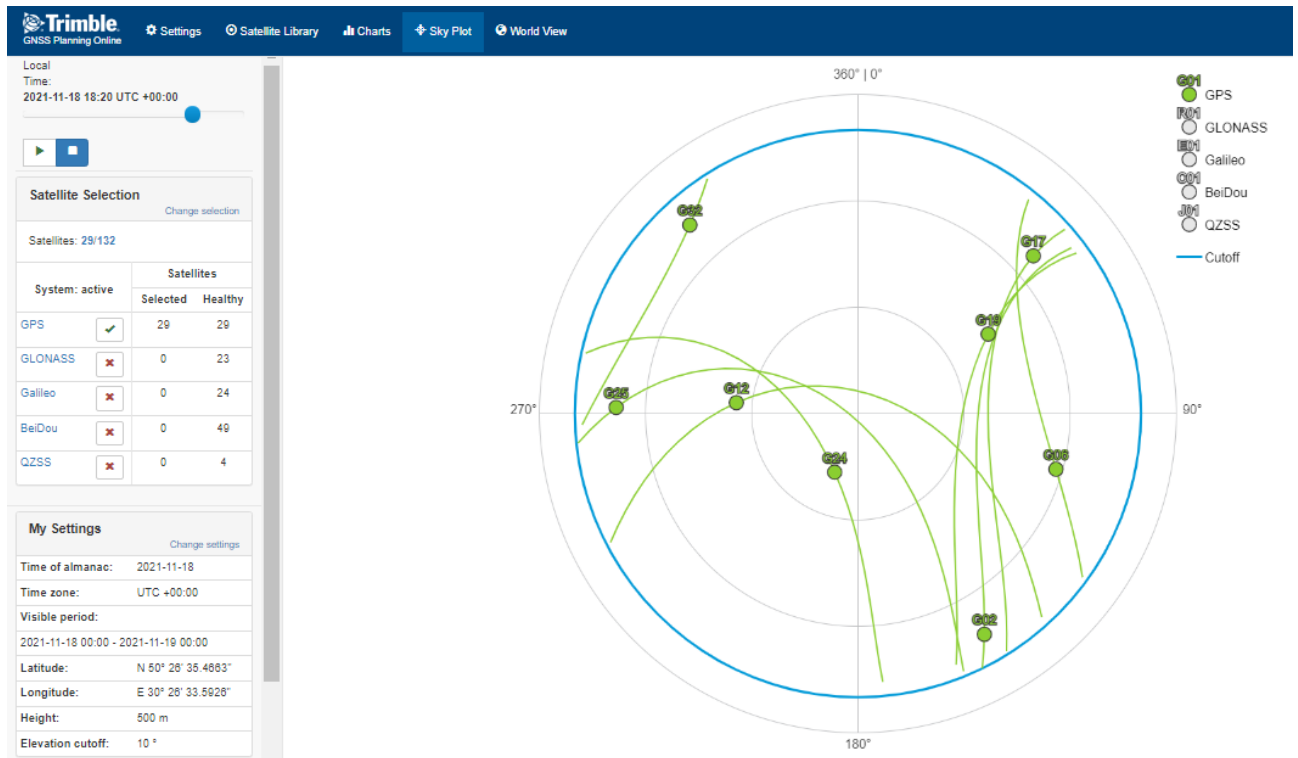


Рисунок 3.3 – Зображення на карті Trimble GNSS Planning розташування сузір'я супутників GPS

В даному досліді ми змогли спостерігати що робота GPS систем може давати несправності в роботі якщо сигнал переривається і не може дійти до машини.

Також, був проведений ще один експеримент в інших умовах, на іншій ділянці дороги Києва. Даний маршрут №2 можливо спостерігати на рисунку 3.4, він проходить від Національного авіаційного Університету до Ботанічного Саду імені Гришка.

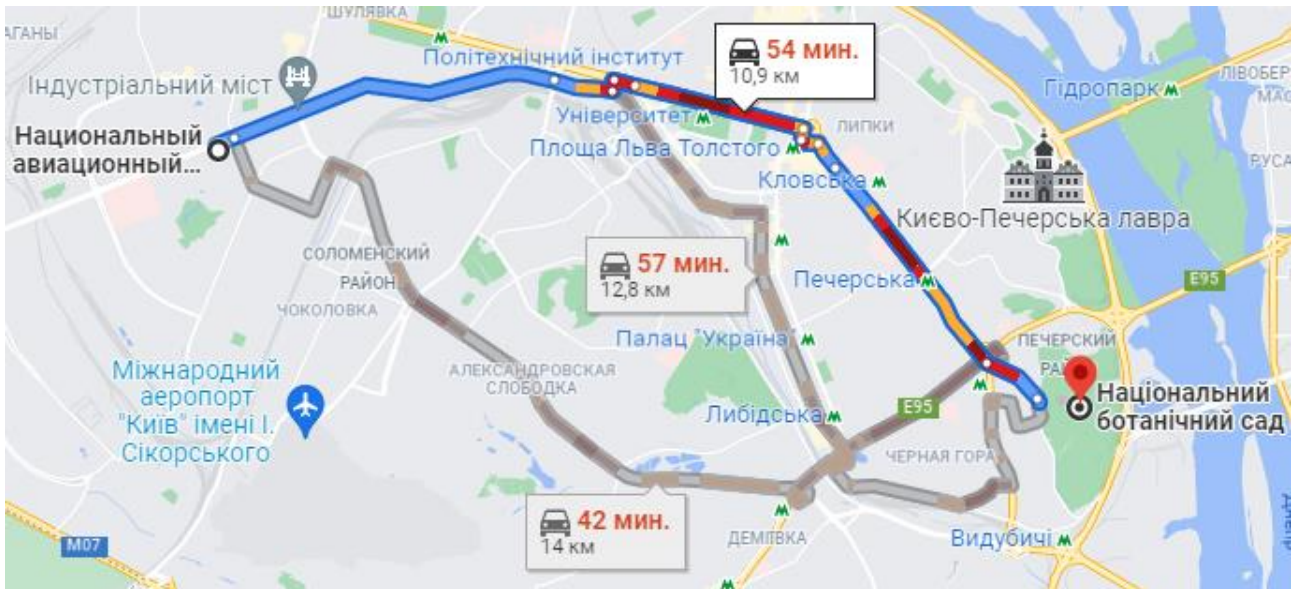


Рисунок 3.4 – Маршрут поїздки №2

Під час того як машина проходила по вулиці бул. Лесі Українки було помічено що сигнал GPS не втратив працездатність, але значок, яким була помічена машина на карті, не міг точно визначити місцезнаходження на карті. Як тільки машина виїхала з даного бульвару на вулицю Бастіонна, сигнал GPS почав заново працювати правильно без затримок сигналу.

На даній ділянці дороги було взяті дані розташування супутників GPS в ресурсі Trimble GNSS Planning Online, але зріз висоти ми обрали 35°. Обрали саме такий градус, тому що даний бульвар с двох боків огорожений дев'ятиповерховими будівлями (рисунок 3.5), і кут огляду одразу став набагато меншим. На рисунку 3.6 ми можемо спостерігати скільки і як розташовані супутники по заданим характеристикам.

Даний експеримент показав нам недоліки роботи супутникових систем спостереження за автотранспортом. Будь-яка перешкода чи то міст над дорогою, заїзд в тунель або висотні будівлі обабіч дороги призводять до зниження ефективності в передачі сигналу супутників.

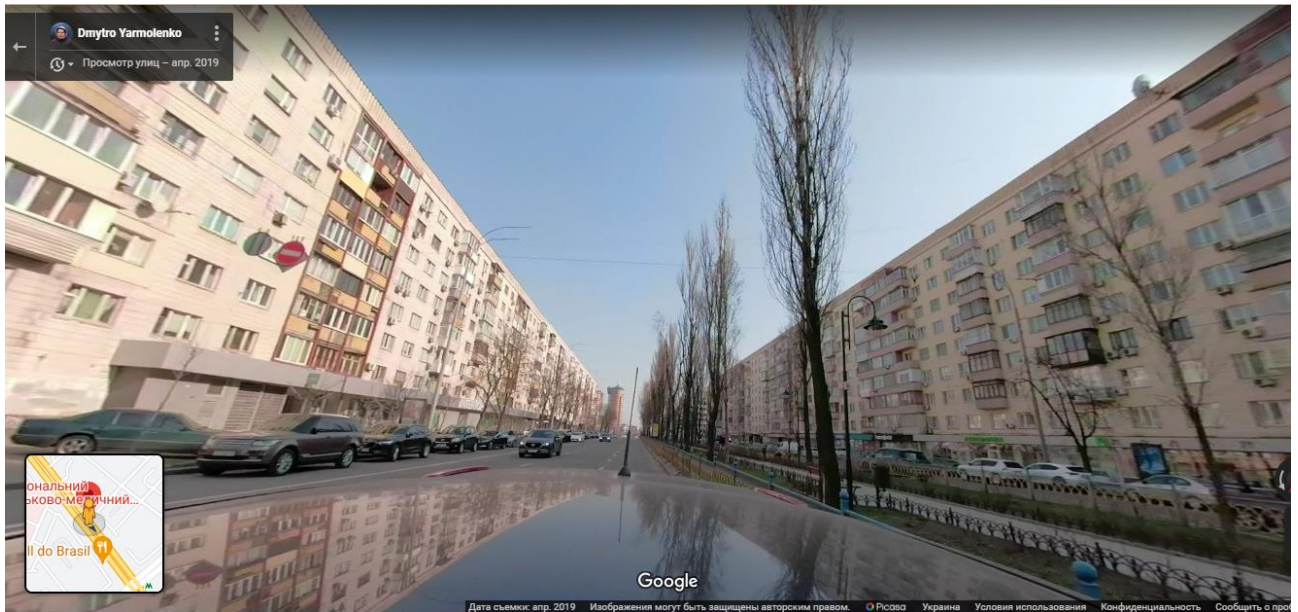


Рисунок 3.5 - Вигляд бульвару Лесі Українки

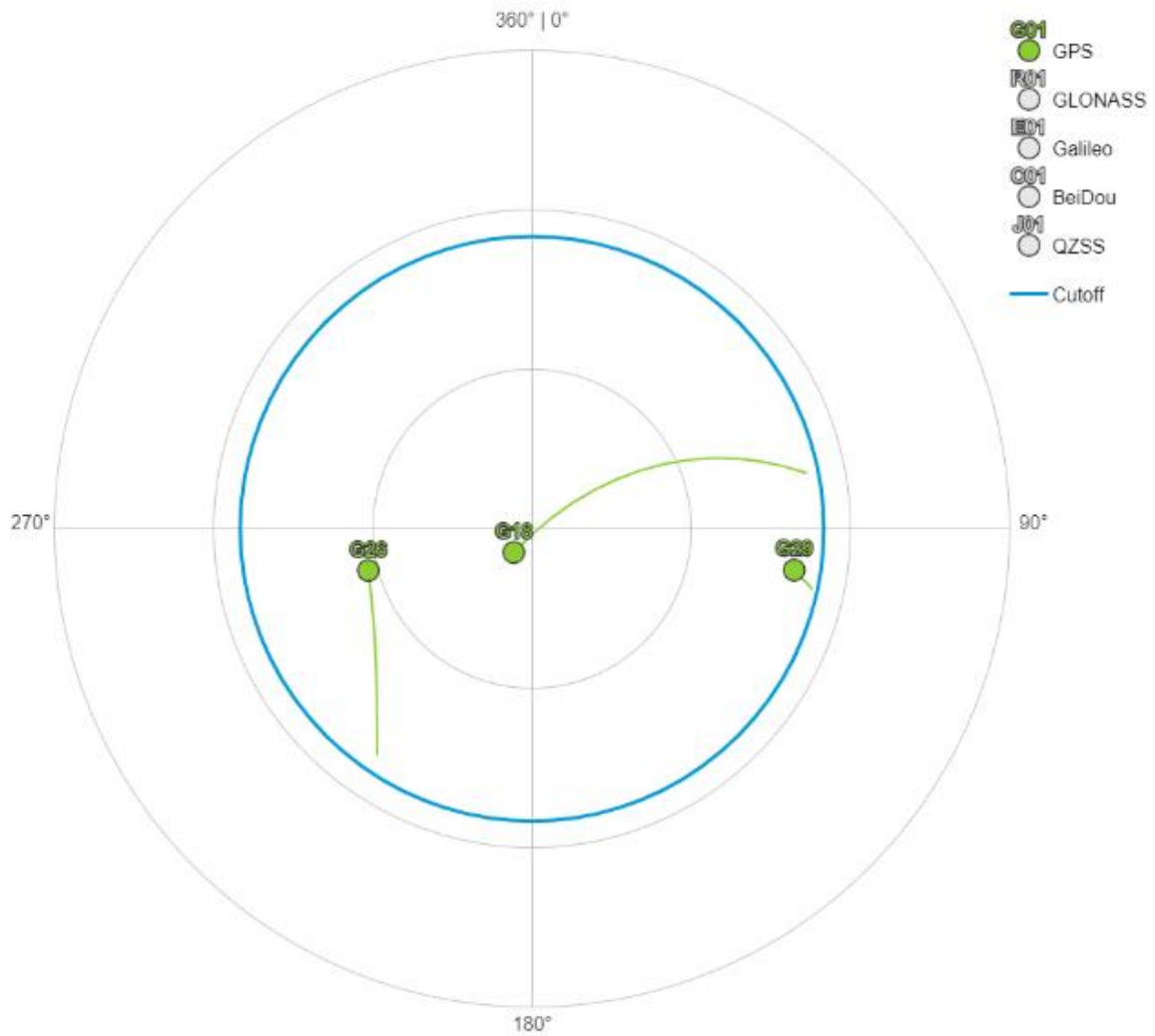


Рисунок 3.6 – Зображення на карті Trimble GNSS Planning розташування сузір'я супутників GPS

3.6. Різновиди підсистем моніторингу автотранспорту

На ринку України є багато видів супутникових систем спостереження. Вони різняться між собою зовнішніми виглядами самих GPS-трекерів, структурою програмного забезпечення, файлами електронних карт та додатковими послугами які надає кожна з компаній постачальників послуги.

Для того аби зрозуміти який з видів систем найбільш зручний у використанні та має найбільш ефективний коефіцієнт корисної дії, ми відокремили три підвиди систем моніторингу автомобільного транспорту, а саме GNSS система, multi-GNSS та сукупність двох систем GNSS та INS. Далі ми розглянемо окремо кожен з систем та в кінці виведемо яка з систем буде найоптимальнішою для роботи та установки в машинах.



Рисунок 3.7 – Різновидність систем моніторингу автотранспорту

3.7. Система GNSS

Глобальна супутникова навігаційна система (GNSS) – це система, що дозволяє визначати просторове становище об'єктів місцевості шляхом обробки приймаючим пристроєм супутникового сигналу. GNSS складається з трьох сегментів: космічного, наземного та користувальницького. Космічний сегмент є сузір'ям супутників. Наземний сегмент включає мережу стежать станцій, які

спостерігають за супутниками на орбіті і виконують коригування їх положення. Користувальницький сегмент включає всі приймачі, що визначають своє місцезнаходження.

В даний час існує кілька GNSS:

- GPS (global position system), управління якою здійснюється урядом США;
- ГЛОНАСС (глобальна навігаційна супутникова система); Російська супутникова система;
- Galileo, європейська супутникова система;
- Compass, супутникова навігаційна система під управлінням уряду Китаю.

Всі супутникові навігаційні системи відрізняються сигналом, кількістю супутників, що одночасно перебувають на орбіті, орбітальними параметрами польоту супутників. Майже всі супутники передають сигнали як цивільного (відкриті сигнали), і військового призначення (закриті сигнали). Для визначення просторового розташування користувача з точністю 3-15 м йому достатньо мати супутниковий навігаційний приймач.

Для визначення просторового положення з більш високою точністю необхідно виконувати вимірювання в диференціальному режимі (тобто мати два приймачі, один з яких виступає базовим і повинен бути встановлений на точці із заданими координатами, а другий виступає як роверний (пересувний) для визначення координат потрібних точок, при цьому обидва приймачі повинні працювати одночасно).

Існує два режими виконання вимірювань: з постобробкою та в RTK (режимі реального часу). При використанні режиму з постобробкою спочатку виконуються польові вимірювання точок, що цікавляться, а потім виконується перенесення даних з приймача на комп'ютер, і проводиться обробка вимірювань з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. Режим реального часу дозволяє отримувати координати точок безпосередньо в польових умовах, для цього потрібен радіозв'язок, або GSM-зв'язок між базовим і роверним приймачем, забезпечених радіо або GSM модемами.

Точність визначення координат GNSS наведена в таблиці 3.8 Похибки визначення просторових координат точок супутниковими методами в залежності від типу сигналу та режиму вимірювань. [27]

Найменування методу	Похибки координат	
	Фазові вимірювання	Кодові вимірювання
Абсолютний метод	- рішення з точними ефемерисами 0,6 – 4 см.	- PPS 2 – 18 м; - SPS без режиму SA 4 – 40 м; - SPS із режимом SA 12 – 100 м.
Диференціальний (відносний) метод	- Статика (фіксоване рішення) $(0,1 - 1) + D \cdot 10^{-7}$ см; - Статика (плаваюче рішення) 7 - 50 см; - Кінематика RTK, VRS 0,6 - 5 см.	- DGPS за кодом, згладженим фазою 0,2 – 1 м; - DGPS 0,6-5 м.

Таблиця 3.8 - Точність визначення координат GNSS

Перевагою GNSS є можливість визначення координат точок у потрібній системі координат на великих відстанях і внаслідок цього значно скорочуються трудовитрати.

Недоліками системи є висотні будівлі, тунелі, мости та все інше що може призупинити передачу сигналу від супутника до транспорту.

3.8. Система multi-GNSS

Багатосузірні та багаточастотні GNSS-приймачі сьогодні використовуються в багатьох галузях промисловості для надійного позиціонування аж до

сантиметрового рівня. Серед різноманітних GNSS-приймачів професійного рівня, доступних сьогодні, існує мінливість у кількості супутникових сузір'їв та сигналів, до яких приймач може отримати доступ. Ті приймачі, які мають доступ до найбільшої кількості сузір'їв і сигналів, пропонують найкращу доступність, точність і стійкість навіть у складних умовах. Вони також надають доступ до нових і майбутніх послуг, які будуть доступні для користувачів через сигнали GNSS. До них належать служби захисту від спуфінгу, такі як Galileo OSNMA та GPS Chimera, високоточні послуги, як-от Galileo HAS, QZSS CLAS, BeiDou HAS тощо.

Оскільки позиціонування супутника зазвичай вимагає середовища відкритого неба, позиціонування в обмежених середовищах (наприклад, щільні міські райони) завжди було складним при використанні єдиної системи GNSS, оскільки в цих областях можна використовувати лише обмежену кількість видимих супутників. Таким чином, очікується, що поєднання систем з кількома GNSS може покращити продуктивність позиціонування, коли середовище сильно замасковане.

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) — це система супутників, які передають сигнали з космосу з інформацією про розташування та час. Ці сигнали вловлюються приймачами, які потім використовують цю інформацію для визначення свого географічного розташування з точки зору довготи, широти та висоти.

Кожен із супутників GNSS використовує одну або кілька частот для передачі сигналів дальності та навігаційних даних. Ці сигнали відрізняються за надійністю та доступністю. Чим більше сигналів може отримати приймач, чим більше інформації він зможе зібрати із супутників, тим точнішою та надійнішою буде обчислена позиція.

Враховуючи кількість і стан здоров'я супутників на орбіті, ми використовуємо п'ять сузір'їв GNSS для багатофункціонального позиціонування GNSS. Вимірювання (псевдодальності та фази несучої) від GPS, ГЛОНАСС,

Galileo, BDS і QZSS використовуються для встановлення моделі одноточкового позиціонування з багатьма GNSS та моделі відносного позиціонування.

Навігація GPS в телефонах, автомобілях та інших споживчих пристроях зазвичай використовує сигнали GPS або GNSS лише на одній частоті (L1). Двочастотні приймачі можуть приймати два сигнали від кожної супутникової системи. Багаточастотні приймачі, з іншого боку, отримують безліч сигналів від будь-якої системи GNSS. Такі багаточастотні приймачі розширюють межі технології GNSS для досягнення максимально точного, надійного та надійного позиціонування.

Різні системи GNSS досліджують шляхи підвищення вартості своїх супутникових сузір'їв за допомогою послуг високої безпеки та високої точності позиціонування, які найближчим часом будуть доступні безпосередньо через сигнали GNSS. Використання перспективних багаточастотних GNSS-приймачів дозволяє користувачам скористатися перевагами цих майбутніх послуг, як тільки вони стануть доступними.

Коли GNSS-приймач підключений щонайменше до 4 супутників GNSS, він може обчислити своє положення (довгота, широта, висота). Використовуючи поправки, такі як RTK, приймачі GNSS можуть ще більше підвищити свою точність до сантиметрового рівня. Тим не менш, чим більше супутників «бачить» приймач, тим надійніше його точне позиціонування, і тим більше у нього шансів надати позиції навіть у складних умовах.

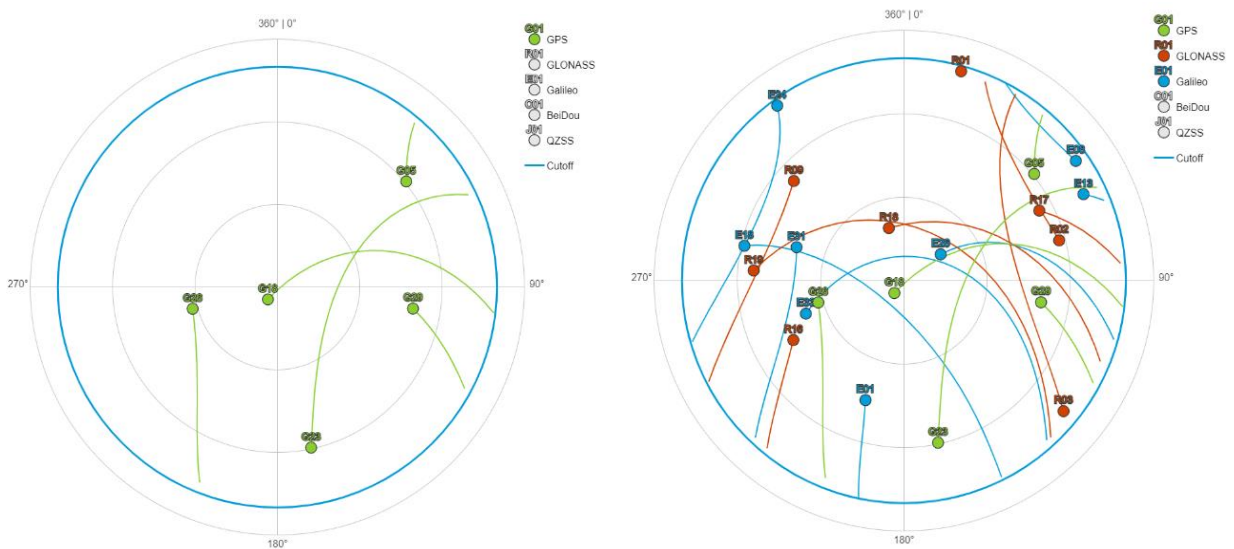


Рисунок 3.9 - Порівняння кількості отриманих супутників (ліворуч: приймач GPS, праворуч: приймач Multi-GNSS)

На робочому майданчику вид на небо часто частково перекривають машини, будівлі, каміння або листя. Це означає, що кількість супутників, які можна використовувати, значно зменшується. Багаточастотні GNSS-приймачі, які відстежують всі сигнали від усіх можливих супутникових систем, «бачають» якомога більше супутників, що допомагає їм бути надійними в таких складних умовах.

Найочевиднішою перевагою multi-GNSS-приймача є наявність більшої кількості сигналів, ніж раніше. Збільшена кількість спостережень підвищить надійність і доступність рішення про позицію, а також запропонує кращу точність для користувача в певних сценаріях. В умовах відкритого неба ця перевага часто не очевидна. Але особливо в міських каньйонах, де користувач оточений високими будівлями, загальна кількість доступних супутників стає вирішальним фактором. Іншою, можливо, менш очевидною перевагою є стійкість до перешкод, коли розглядаються кілька частот від кількох GNSS.

Крім надійної роботи в складних умовах, є й інші переваги приймача, який має доступ до більшої кількості частот GNSS.

1. Усунення іоносферних помилок: основним відмінним фактором між одночастотними та двочастотними (або багаточастотними) приймачами є вища

точність, яка може бути досягнута шляхом видалення іоносферних помилок першого порядку. Заряджені частинки в іоносфері порушують і затримують сигнали GNSS. Коли приймач має доступ до двох або більше сигналів з одного супутника, він може усунути всі основні помилки іоносфери, забезпечуючи автономну точність від кількох метрів до одного метра.

2. Стійкість до радіочастотних перешкод: перешкоди виникають, коли інші сигнали на тій самій частоті пересилають сигнали GNSS. Заводи можуть бути викликані радіоаматорами або сусідніми електронними пристроями, і зазвичай вони впливають на одну з частот GNSS за раз. Використання сигналів на кількох частотах дозволяє приймачу перемикатися на іншу частоту, якщо виявлено перешкоди на одній частоті. Дізнайтеся більше про розширену технологію пом'якшення та моніторингу перешкод.

3. Краще відхилення багатопроменевості: сигнал L1, який використовується в одночастотних приймачах, сприйнятливий до багатопроменевості. Багатопроменевість – це спотворення сигналів прямої видимості, оскільки вони забруднені ідентичними сигналами, відбитими від таких об'єктів, як будівлі, автомобілі або дерева. Нові сигнали GNSS, такі як GPS L5, Galileo L1BC і особливо Galileo E5-AltBoc, за своєю суттю більш стійкі до багатопроменевості, тому приймач, який використовує ці сигнали, буде менше страждати від багатопроменевих помилок. Крім того, багаточастотні GNSS-приймачі включають передові алгоритми APME+ для найвищого рівня стійкості до багатопроменевості.

4. Підвищена точність: наявність доступу до багатьох супутників створює надлишковість, що дозволяє проводити статистичний аналіз супутників та їхніх сигналів. Наявність такої статистичної інформації дозволяє приймачу виявляти та усувати випадкові несправності сигналів дальності для підвищення точності позиціонування.

5. Сумісність з мережами RTK: можливість приймати всі сигнали GNSS робить приймач повністю сумісним з усіма мережами RTK, оскільки для

певного сигналу передбачені корекції RTK. Наприклад, мережа RTK може надавати виправлення на E5b, а не на E5a.

6. Швидке виправлення RTK та ініціалізація курсу: для одночастотних приймачів може знадобитися до кількох хвилин, щоб отримати виправлення RTK, що є найточнішою точністю позиціонування, можливою з RTK. Якщо приймач може відстежувати та використовувати декілька сигналів, час зближення для визначення позиціонування та курсу (приймачі з подвійною антеною) зменшується до кількох секунд. Це особливо важливо в складних середовищах, де позиціонування іноді може бути втрачено і його потрібно швидко отримати знову.

7. Додаткове виявлення спуфінгу: приймачі, які використовують декілька частот, можуть використовувати ці частоти для додаткових перевірок підробки. Порівнюючи інформацію про дальність (відстань до супутника) від різних сигналів, можна виявити аномалії та позначити їх.

Стохастичне моделювання включає визначення (ко)дисперсійної інформації коду та фазових сигналів, що відстежуються від приймачів з кількома GNSS. Це важливо для отримання точних оцінок невідомих параметрів. Для багатоепохових моделей також необхідно повністю враховувати кореляцію часу спостереження. За умови реалістичного визначення стохастичних моделей невизначеність оцінюваних параметрів буде зведена до мінімуму.

Коли супутникові сигнали поширюються через атмосферу до приймачів GNSS, на них впливають тропосферні та, що більш важливо, іоносферні помилки. Одночастотним приймачам, зокрема, потрібні іоносферні моделі, щоб мати можливість точно визначати положення, і, використовуючи моделі іоносфери, можна також прискорити зближення параметрів для дво- та багаточастотних додатків GNSS. Завдяки розробці алгоритмів PPP, іоносфера може бути точно визначена за допомогою використання одного приймача. У цій особливій частині внесок Fan et al. досліджує отриманий PPP вертикальний

загальний вміст електронів (VTEC), який ілюструє потенціал іоносферних затримок, отриманих від PPP.

Завдяки значно більшій кількості сигналів, отриманих при поєднанні GNSS, надійність і надмірність моделей позиціонування можна покращити. Крім того, використовуючи багаточастотні, можна отримати більш точні атмосферні затримки і, таким чином, швидше точне позиціонування в порівнянні з одно- та двочастотними сценаріями.

За останні кілька років розробка недорогих мульти-GNSS-приймачів відіграла революційну роль у додатках точного позиціонування. На ці недорогі мікросхеми приймача, як правило, впливає використання недорогих антен, які дуже чутливі до багатопроблемності, що впливає на продуктивність. Проте, комбінуючи кілька GNSS, було продемонстровано, що можна отримати конкурентоспроможну продуктивність позиціонування порівняно з використанням приймачів та антен GNSS оглядового рівня, які краще придушують багатопроблемність. Виробники смартфонів почали використовувати переваги таких недорогих чіпів GNSS, що призвело до додатків точного позиціонування в смартфонах.[28]

3.9. Система GNSS+INS

Що робити, якщо огляд неба повністю закритий, наприклад, під мостами або під густим листям? Система GNSS/INS може використовувати інерціальний датчик для обчислення відносного положення до останнього відомого положення GNSS, заповнюючи пропуски під час тимчасового відключення GNSS.

Винятково важливим і радикальним засобом підвищення надійності навігації є інтеграція приймачів навігаційних сигналів з інерціальними системами, що стала дуже популярною в останні роки в розвинених країнах світу. Використання інтегрованих систем дає можливість зберегти високу

точність і надійність координатних визначень навіть за умов періодичної втрати сигналів супутників (наприклад, в умовах руху по складній пересіченій місцевості – тунелі, висотні будівлі, гірський рельєф і т. ін.). Приклад ефективності використання інтегрованих систем наведений на рисунку 4.4. На даному рисунку чітко видно, що інтеграція GPS-приймача та інерціальної системи (червона лінія) компенсує похибки навігаційних визначень й надає достовірні значення координат на відміну від того випадку, коли інерціальна система не використовується (чорна лінія).

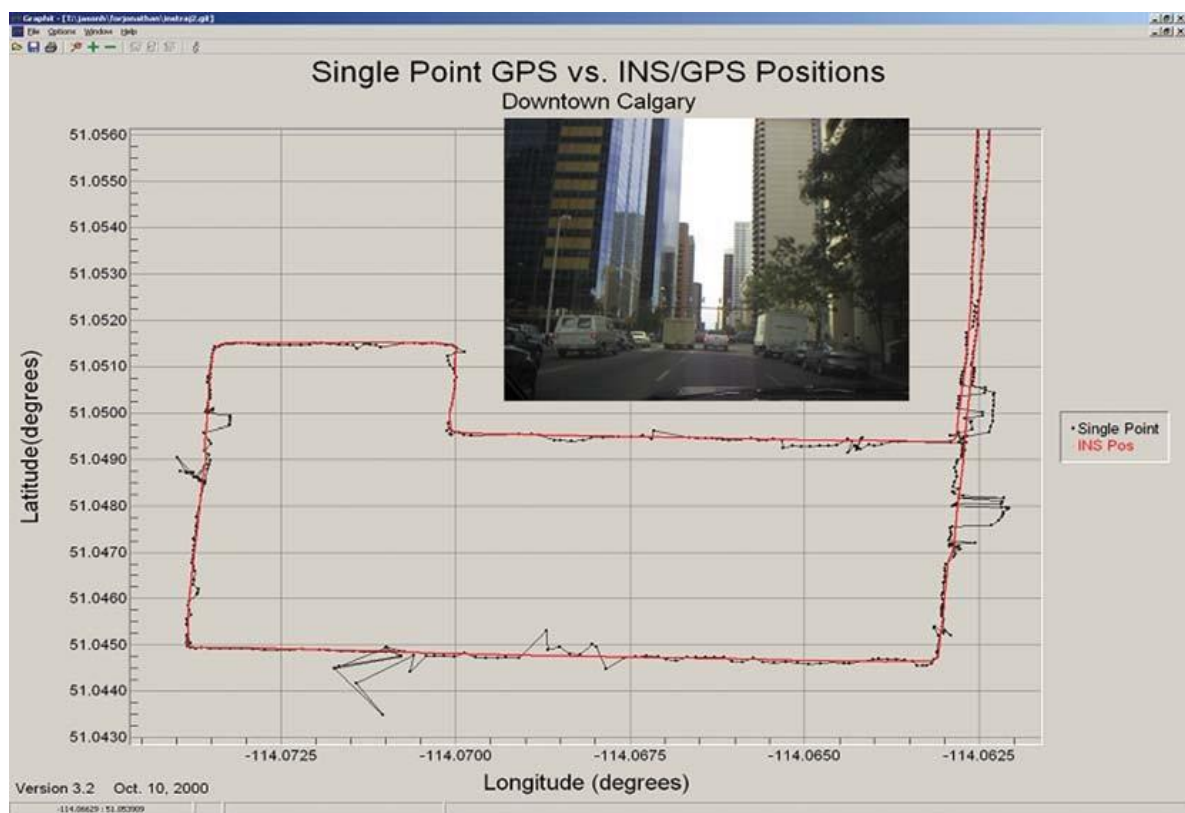


Рисунок 3.10 - Траєкторія руху автомобіля визначена, двома способами: з використанням інтегрованих систем – червона лінія; використанням тільки GPS приймача – чорна лінія

Як обговорювалося, GNSS використовує сигнали від орбітальних супутників для обчислення положення, часу та швидкості. GNSS-навігація має чудову точність за умови, що антена має пряму видимість принаймні для

чотирьох супутників. Коли лінія видимості супутників заблокована перешкодами, такими як дерева або будівлі, навігація стає ненадійною або неможливою.

Інерціальна навігаційна система (INS) використовує інформацію про обертання та прискорення від блоку інерційного вимірювання (IMU) для обчислення відносного положення в часі. IMU складається з шести додаткових датчиків, розташованих на трьох ортогональних осях. На кожній з трьох осей з'єднані акселерометр і гіроскоп. Акселерометри вимірюють лінійне прискорення, а гіроскопи вимірюють прискорення обертання. За допомогою цих датчиків IMU може вимірювати точно відносне переміщення в тривимірному просторі. INS використовує ці вимірювання для обчислення положення та швидкості. Додаткова перевага вимірювань IMU полягає в тому, що вони забезпечують кутові рішення щодо трьох осей. INS перетворює це кутове рішення в локальне рішення (крен, крок і азимут), яке він може надати на додаток до положення та швидкості.

Здатність INS забезпечувати визначення положення є важливим доповненням для кількох застосувань, таких як аерофотозйомка та гідрографія. Наприклад, під час аерофотозйомки важливо не тільки знати, де була камера під час зйомки, а й під яким кутом вона була відносно землі.

IMU забезпечує ці прискорення та обертання системі INS як дискретні вимірювання на певній частоті. Як правило, системи INS працюють на частотах від 50 до 1000 Гц, хоча більшість IMU здатні брати вибірку своїх даних із набагато більшою швидкістю.

Звичайно, всі системи, включаючи IMU і, отже, INS, мають свої недоліки. По-перше, INS надає лише відносне рішення з початкової точки початку. Цю початкову точку початку необхідно надати INS. По-друге, і що більш важливо, високочастотні вимірювання, надані IMU, включають кілька джерел помилок. Залежно від якості (тобто, вартості/розміру) IMU ці похибки можуть бути досить великими щодо фактичних вимірювань, які реєструються. Навігація в

тривимірному просторі за допомогою IMU — це фактично підсумовування (або інтеграція) сотень/тисяч вибірок за секунду, протягом якого також накопичуються помилки. Це означає, що невиправлена система INS швидко відхилиться від справжнього положення без зовнішнього посилання. Надання зовнішнього посилання на INS дозволяє йому оцінити похибки вимірювань IMU за допомогою математичного фільтра та пом'якшити їх вплив.

Це зовнішнє посилання може досить ефективно забезпечувати GNSS. GNSS надає абсолютний набір координат, які можна використовувати як початкову точку початку. Крім того, GNSS надає безперервні позиції та швидкості після цього, які використовуються для оновлення оцінок фільтра INS. Коли GNSS скомпрометовано через перешкоди сигналу, система INS може продовжувати ефективно навігацію протягом більш тривалого періоду часу.

Використання положень і швидкостей GNSS для оцінки помилок INS називається «слабо пов'язаною» системою. Однак комбіновані системи GNSS+INS можуть стати набагато складнішими. Різноманітні терміни, такі як «тісно пов'язані» або «глибокі зв'язки», чітко вказують на набагато більш симбіотичні відносини між ними. У цих системах необроблені вимірювання GNSS використовуються безпосередньо для допомоги INS, а INS навіть може використовуватися як обмеження, щоб допомогти GNSS швидше отримувати втрачені сигнали або відхилити погані сигнали. На рисунку 3.11 показана спрощена схема тісно пов'язаної системи.

Таким чином, коли GNSS та INS об'єднані, обидві методи покращують один одного, щоб забезпечити потужне навігаційне рішення, як показано на рисунку 3.12. Коли умови GNSS хороші (пряма видимості для кількох супутників), GNSS-приймач забезпечує точне розташування і час до навігаційної системи. Коли умови GNSS стають поганими, INS забезпечує позицію та навігацію, доки умови GNSS не покращуються.



Рисунок 3.11 - Тісно пов'язана система GNSS+INS

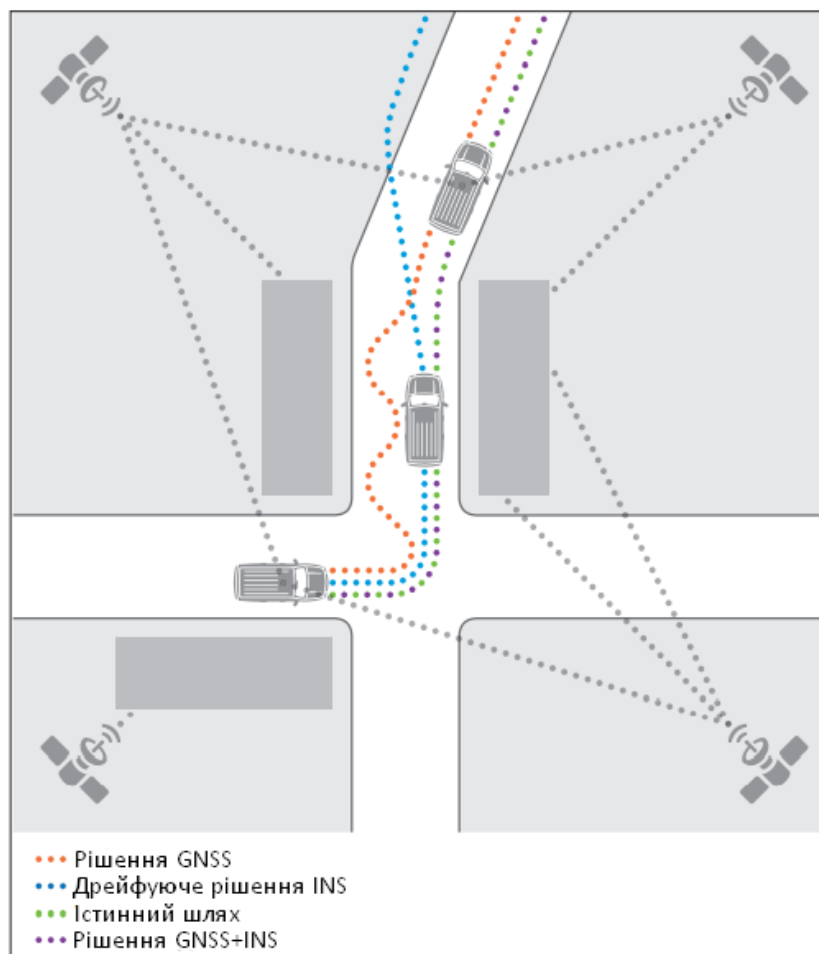


Рисунок 3.12 - Комбіноване рішення GNSS+INS

GNSS – не єдиний корисний вхідний матеріал для інерціальної навігації. Для різних середовищ також можна додати різні датчики, щоб допомогти вирішити проблему. Поширеним зовнішнім датчиком для наземних транспортних засобів є додавання одометра. Це забезпечує ще одне незалежне вимірювання переміщення та швидкості, яке може допомогти навігаційному рішенню GNSS+INS. Це в основному використовується, коли сигнал GNSS заборонений, наприклад, під час подорожі через тунель.

Іншим потенційним джерелом допомоги є використання фотограмметрії або використання візуальної навігації. У навігаційній системі з підтримкою зору зображення використовуються для надання інформації про місцезнаходження навігаційній системі. Зображення з камери обробляються навігаційною системою для розпізнавання та відстеження об'єктів в навколишньому середовищі.

Це можна використовувати двома способами. Відомі обстежені цілі камер можуть використовуватися для формування абсолютного положення в певному середовищі або повсякденні об'єкти можуть використовуватися як контрольні точки; коли об'єкт розпізнається системою, відносна зміна послідовних зображень може бути використана для створення відносної зміни положення камери в тривимірному просторі.

Це означає, що систему підтримки зору можна об'єднати з системою GNSS+INS, щоб забезпечити оновлення положення та положення INS, коли оновлення GNSS недоступні. Прикладом застосування навігаційної системи зору є безпілотний транспортний засіб, який використовується для перевезення вантажу з двору на склад. Коли безпілотний автомобіль знаходиться на вулиці, GNSS+INS забезпечує навігацію для автомобіля. Перебуваючи на складі, система бачення використовує відомі функції/цілі всередині будівлі, щоб надавати оновлення положення в INS.

Термін, який стає все більш популярним у цій галузі, — це «з'єднання датчиків». Все частіше це не просто GNSS або навіть GNSS+INS, це об'єднання

будь-якої доступної інформації для створення найбільш надійного та точного рішення, доступного в будь-яких умовах. Враховуються всі технології введення, GNSS, INS, камери, одометри, цифрові моделі висот, датчики дальності тощо.[28]

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Загальним недоліком використання будь-якої радіонавігаційної системи є те, що за певних умов сигнал може не доходити до приймача, або надходити зі значними викривленнями чи затримками. Наприклад, практично неможливо визначити своє точне розташування в глибині квартири всередині залізобетонної будівлі, у підвалі або в тунелі. Оскільки робоча частота GPS лежить у дециметровому діапазоні радіохвиль, рівень прийому сигналу від супутників може значно погіршитись під щільним листям дерев або через дуже велику хмарність. Нормальному прийому сигналів GPS можуть завадити перешкоди від багатьох наземних радіоджерел, а також від магнітних бур.

Невисокий нахил орбіт супутників GPS (приблизно 55°) значно погіршує точність у приполярних районах Землі, оскільки супутники GPS невисоко підіймаються над горизонтом.

Було проведено дослідження яке виявило ряд недоліків в роботі супутникових систем, а саме будь-яка перешкода чи то міст над дорогою, заїзд в тунель або висотні будівлі обабіч дороги призводять до зниження ефективності в передачі сигналу супутників.

Дані недоліки можливо доповнити іншою системою, і в нашій роботі ми виявили що найкраще підходить система INS.

В наступному розділі ми проведемо експериментальне дослідження в якому буде видно які похибки даних має односистемний та двосистемний приймач. Та зробимо висновки який приймач краще працює в поганих умовах.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВАРІАНТІВ БУДОВИ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

4.1. Апаратні засоби для експериментальної оцінки точності визначення координат. Приймач GNSS.

Сімейство OEMV пропонує одно-, подвійні та потрійні GNSS-приймачі та перший інтегрований L-групу діапазону без необхідності окремої плати. Продукти OEMV-групи мають підтримку GLONASS та здатні до повного коду та кінематичного позиціонування в режимі реального часу (RTK).

Запатентований корелятор апертури імпульсів (PAC) з технологіями багатопроменевого пом'якшення та потужним 32-бітовим процесором, дозволяє сімейству приймачів OEMV пропонувати багатопроменеву обробку на високому рівні швидкості оновлення даних. Чудовий час отримання та повторного отримання дозволяє приймачам працювати в середовищах, де можливо очікувати дуже високу динаміку на часті переривання сигналів. В своєму досліді ми використовували систему OEMV-1G.

OEMV-1G – це компактна, малопотужна, одночастотна карта L1 GPS + GLONASS. Особливості карт OEMV-1G:

- 12 каналів L1 GLONASS
- Можливість позиціонування AdVance RTK 20 см. (RT-20) і RT2-LITE для GPS + GLONASS.
- Швидке повторне отримання
- Низьке споживання енергії
- 20Гц вихідні дані та швидкість виведення позиції
- Допоміжні стробоскопічні сигнали, включаючи конфігурований вихід PPS для синхронізації часу та позначок входу. [29]



Рисунок 4.1 - приймач OEMV-1G

Відстеження сигналів:

GPS L1 C/A, L1C, L2C, L2P, L5

GLONASS2 L1 C/A, L2 C/A, L2P, L3, L5

SBAS L1, L5

L-діапазон до 3 каналів

Загальна інформація:

Довжина (мм):71

Ширина/Діаметр (мм):46

Висота (мм):9,8

Вага (г):21,5

Типова споживана потужність:1,1

Кількість портів COM:

LVVTTL– 4

USB– 1

Максимальна швидкість передачі даних:

Вимірювання до 100 Гц

Позиція до 100 Гц

Вихідна потужність порту для антени:

Вихідна напруга + 4.74 до +5.10 В постійного струму $\pm 5\%$

Максимальний струм 100 мА

Параметри навколишнього середовища для роботи приймача:

Температура: робоча -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$

зберігання -45°C до $+95^{\circ}\text{C}$

Вологість: 95% без конденсації

Випадкова атмосфера RTCA D0-160D (4 г)

Ударостійкість: MIL-STD 810F (40 г)

Для виконання експериментальної частини за допомогою приймача NovAtel OEMV-1G ми проводили запис логу в програмі BESTPOS.

4.2. Обробка експериментальних даних і оцінка точності визначення координат

Для проведення цього дослідження було записано дані супутникових систем в трьох різних умовах кута зрізу, а саме:

- GPS 15;
- GPS 27;
- GPS 35 GLONASS 35.

Дані записувались протягом двох годин.

Отже, розглянемо отримані результати.

4.2.1. GPS 15

Для того аби дослідити в лабораторних умовах вплив зовнішніх факторів на якість передачі сигналу та його коректність. Для цього в лабораторних умовах ми відтворили три ситуації, в двох з них була змодельована робота

односистемного приймача при різних кутах зрізу, а в третій роботі ми відтворили роботу двосистемного приймача при

На рис. 4.1 представлена початкова конфігурація – у вимірюванні приймає участь система GPS, з кутом зрізу 15° . На вкладці «Constellation» ми можемо побачити, що під час запису параметрів позиції нам було доступно 7 супутників системи GPS. PDOP дорівнює 2.6, що є непоганим показником.

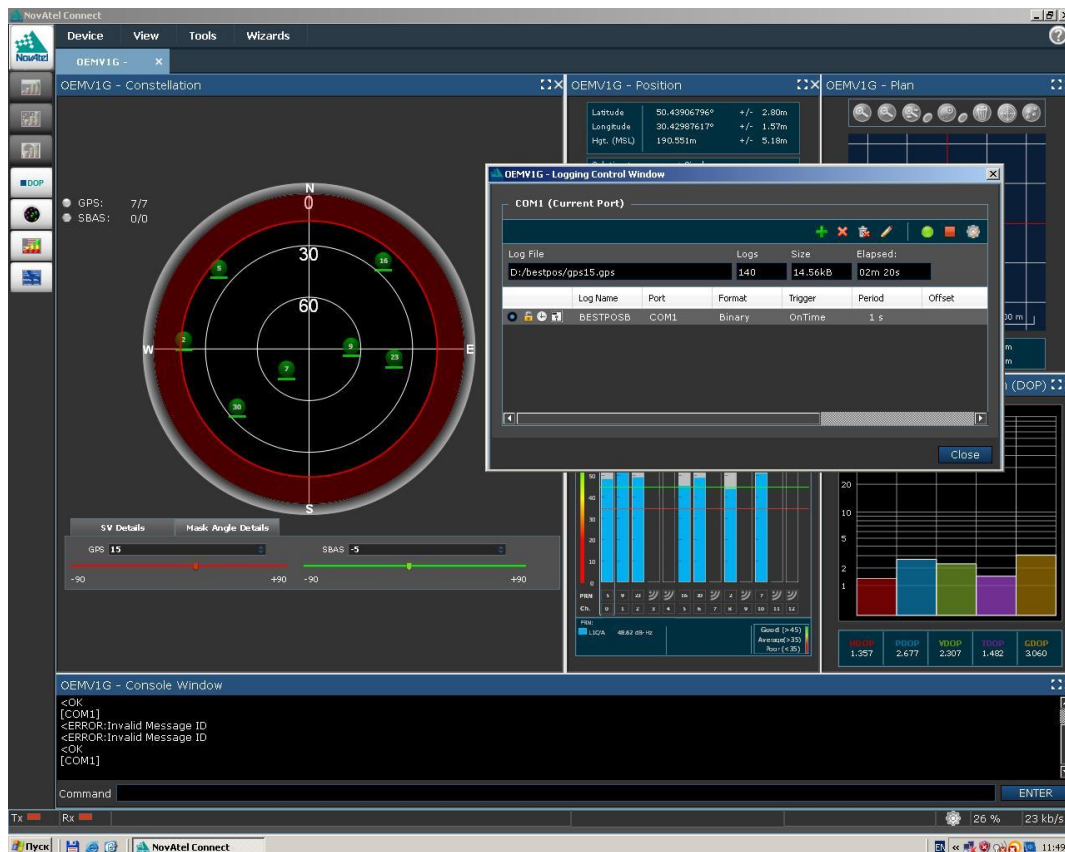


Рисунок 4.1 - Інтерфейсна панель для вимірювання GPS

На виході програма надає графіки довготи, висоти та середньквадратичне відхилення висоти.

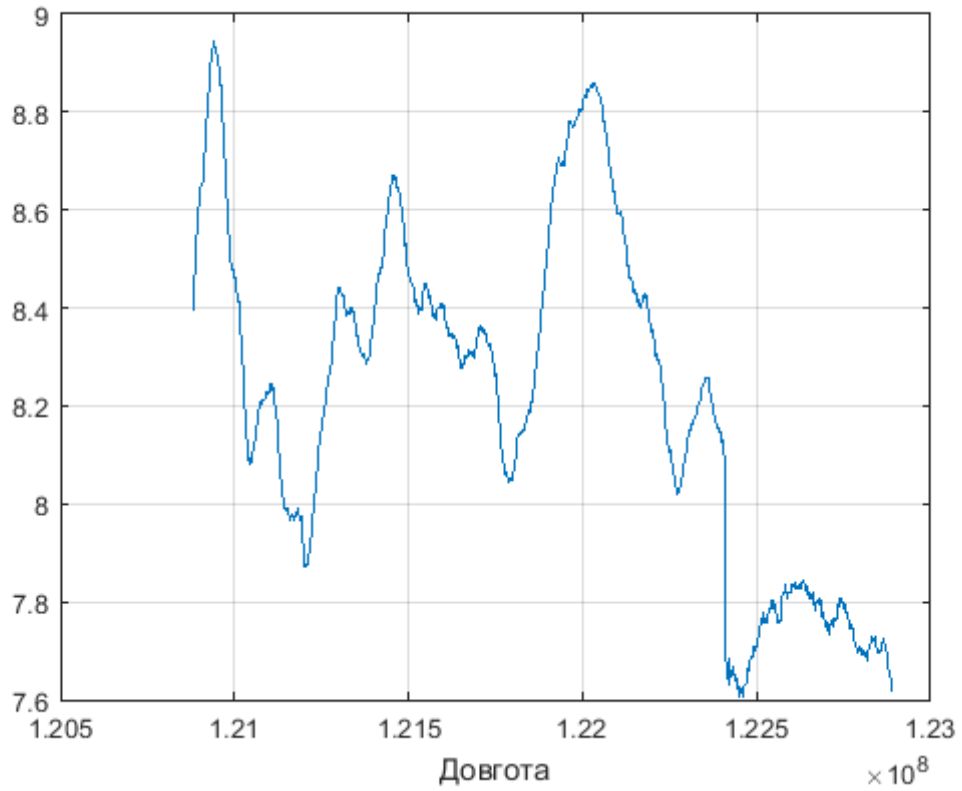


Рисунок 4.2 – Графік довготи при заданих параметрах GPS15

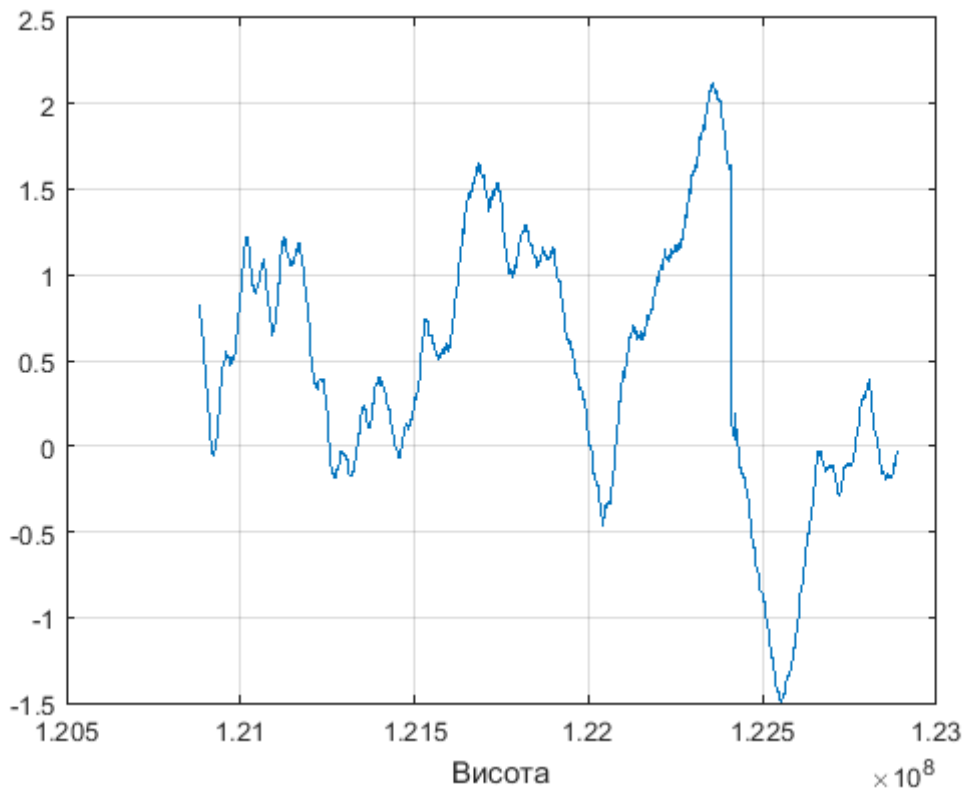


Рисунок 4.3 – Графік висоти при заданих параметрах GPS15

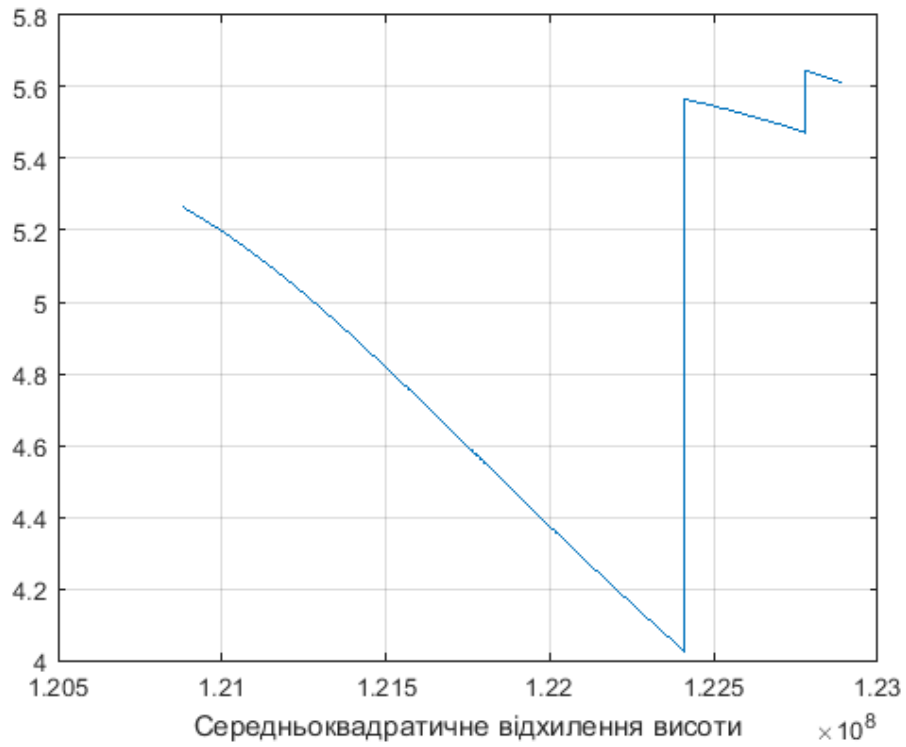


Рисунок 4.4 – Графік середньоквадратичного відхилення при заданих параметрах GPS15

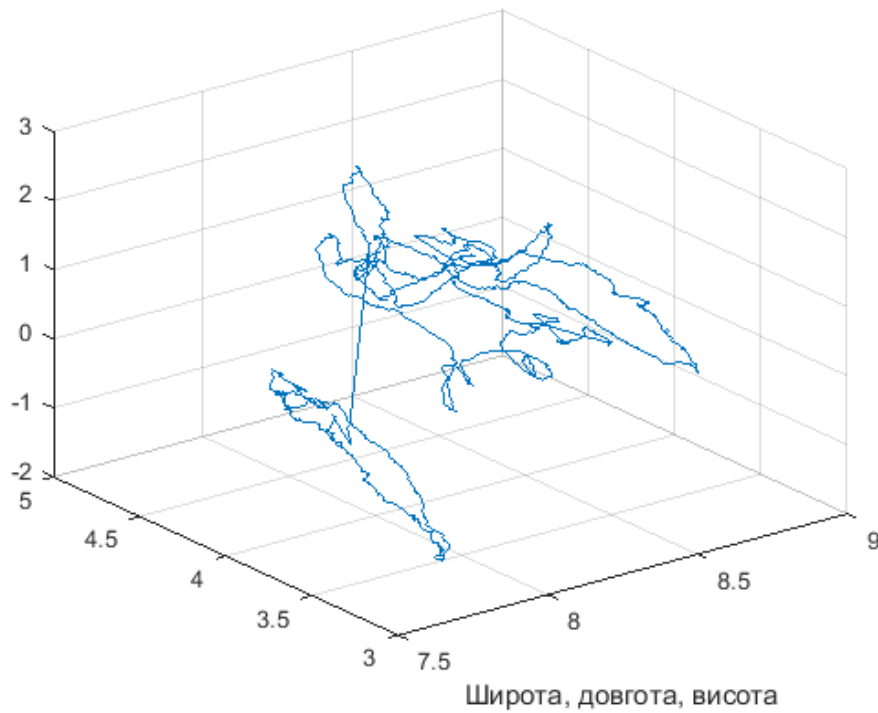


Рисунок 4.5 – Графік широти, довготи, висоти в тривимірній проекції при заданих параметрах GPS15

4.2.2. GPS 27

На рис. 4.6 представлена початкова конфігурація – у вимірюванні приймає участь система GPS, з кутом зрізу 27° . На вкладці «Constellation» ми можемо побачити, що під час запису параметрів позиції нам було доступно 4 супутників системи GPS, що на 3 супутника менше ніж в першому досліді (рисунок 4.1). PDOP дорівнює 4.4, що показує погіршення точності позиції в тривимірному просторі.

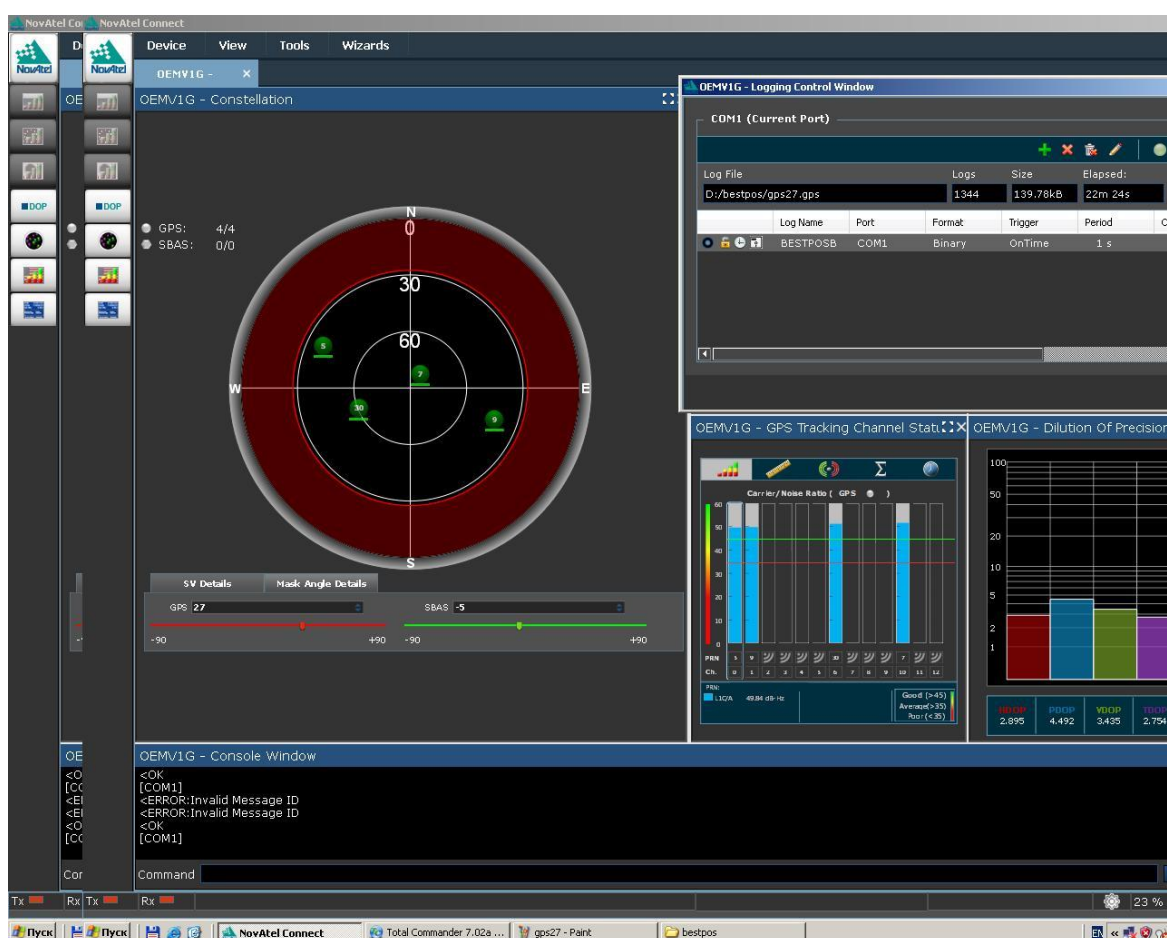


Рисунок 4.6 - Інтерфейсна панель для вимірювання GPS

На виході отримуємо графіки довготи, висоти та середньквадратичне відхилення висоти для заданих характеристик дослідження.

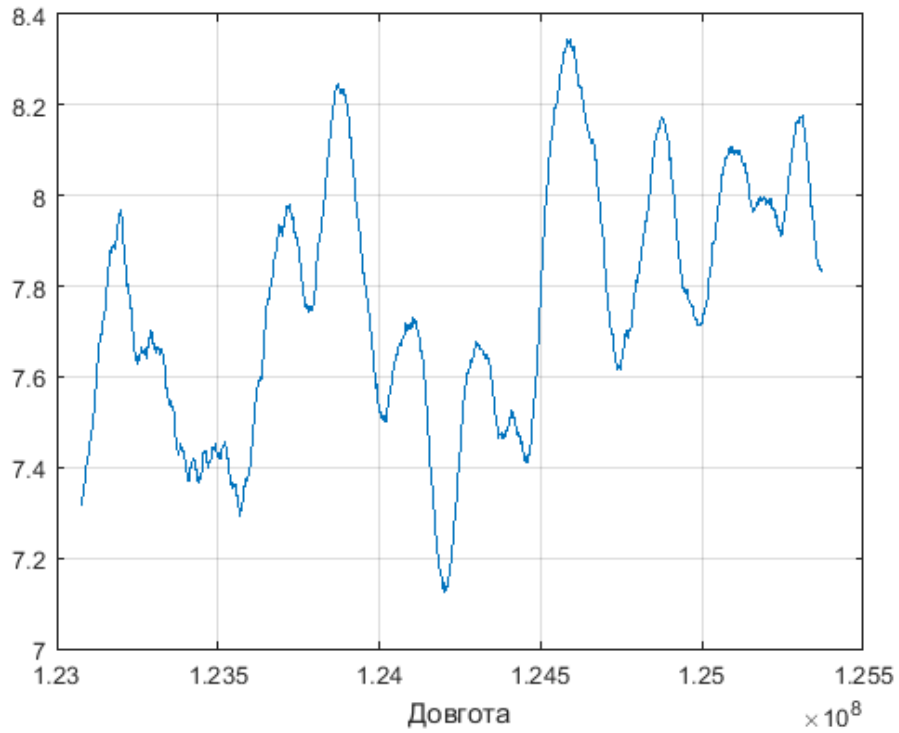


Рисунок 4.7 – Графік довготи при заданих параметрах GPS27

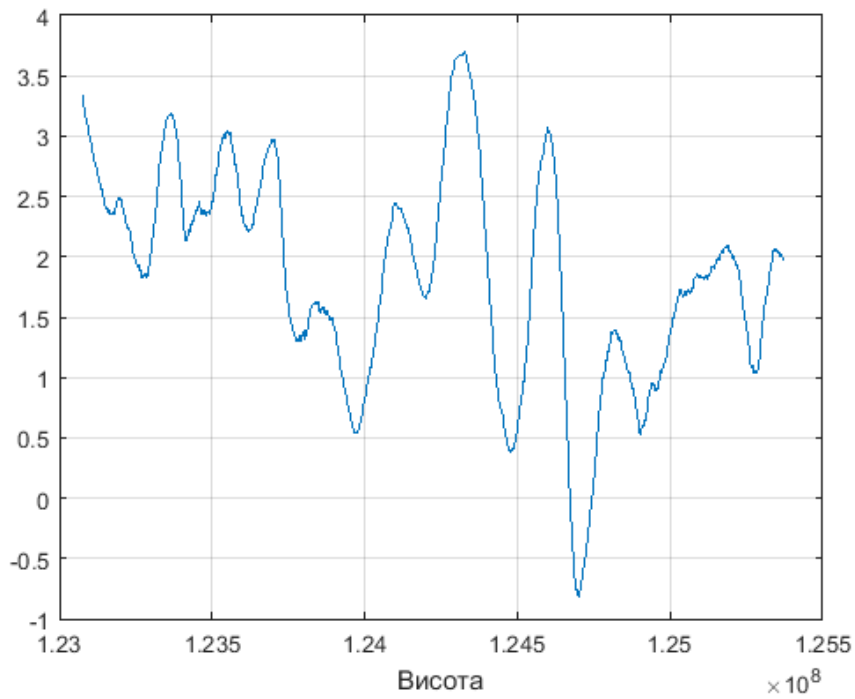


Рисунок 4.8 – Графік висоти при заданих параметрах GPS27

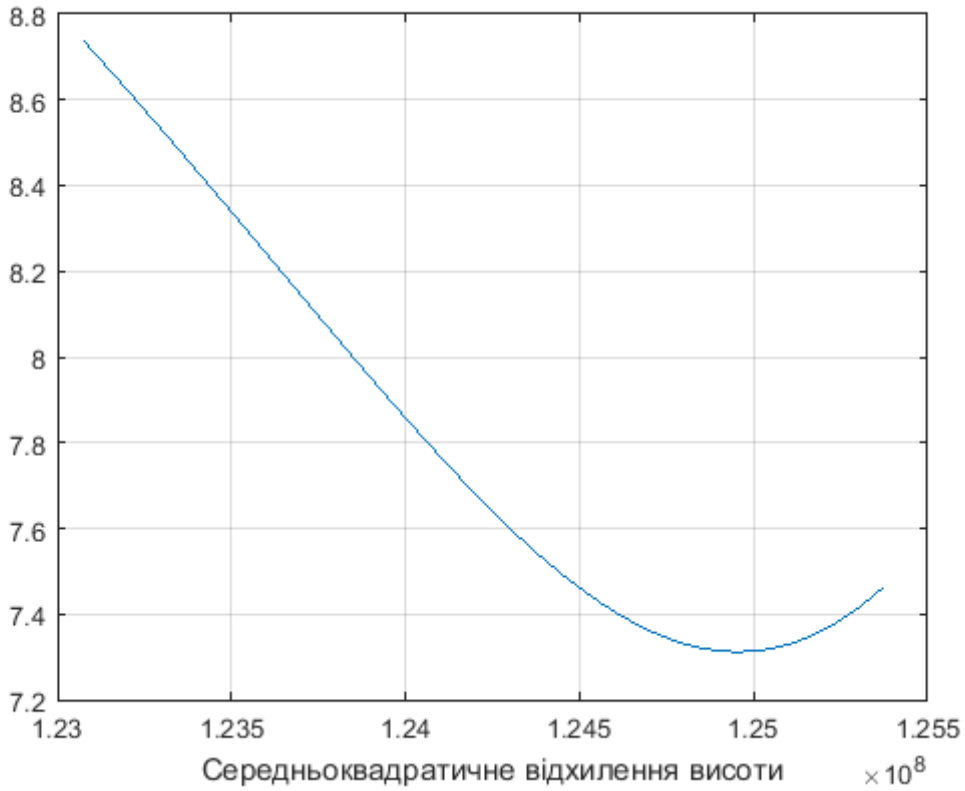


Рисунок 4.9 – Графік середньоквадратичного відхилення при заданих параметрах GPS27

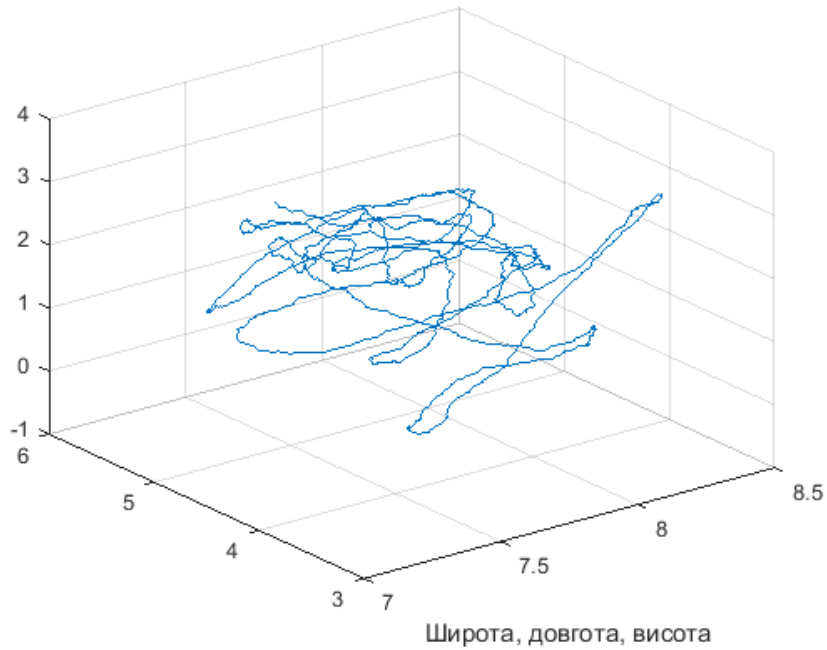


Рисунок 4.10 – Графік широти, довготи, висоти в тривимірній проекції при заданих параметрах GPS15

З даних результатів двох попередніх досліджень односистемного приймача GPS з кутом зрізу 15° та 27° , експериментально було доведено, що зовнішні фактори сильно впливають на якість передачі сигналу, тим самим можуть викликати перешкоди в роботі програми спостереження за транспортом.

4.2.3. GPS 35 GLONASS 35

Для виявлення похибки при роботі двосистемного приймача, ми для дослідів використовуємо одразу дві системи GPS та GLONASS. За попередніх двох дослідів ми виявили, що чим більше кут зрізу, тим більше похибок видає система. Тому для третього дослідів було одразу заданий великий кут зрізу.

На рис. 4.11 представлена початкова конфігурація – у вимірюванні приймає участь система GPS та GLONASS, з кутом зрізу 35° . На вкладці «Constellation» ми можемо побачити, що під час запису параметрів позиції нам було доступно 4 супутників системи GPS та 4 супутників системи GLONASS, що в загальному на 4 супутника менше ніж в другому досліді (рисунок 4.6). PDOP дорівнює 2.9, що є непоганим показником.

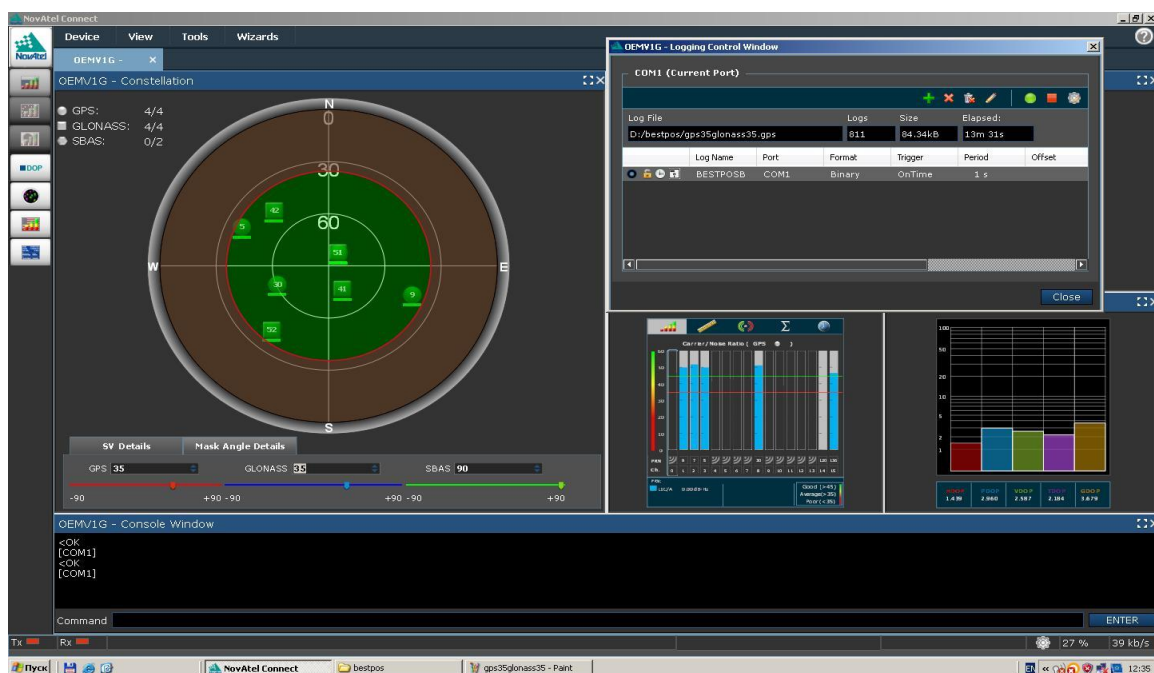


Рисунок 4.11 - Інтерфейсна панель для вимірювання GPS та GLONASS

На виході отримуємо графіки довготи, висоти та середньквадратичне відхилення висоти для заданих характеристик дослідження.

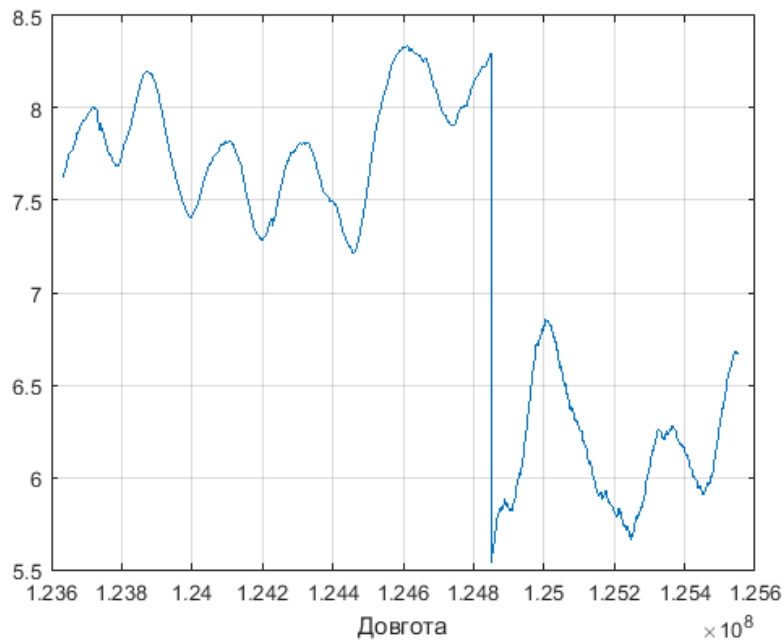


Рисунок 4.12 – Графік довготи при заданих параметрах GPS35
GLONASS35

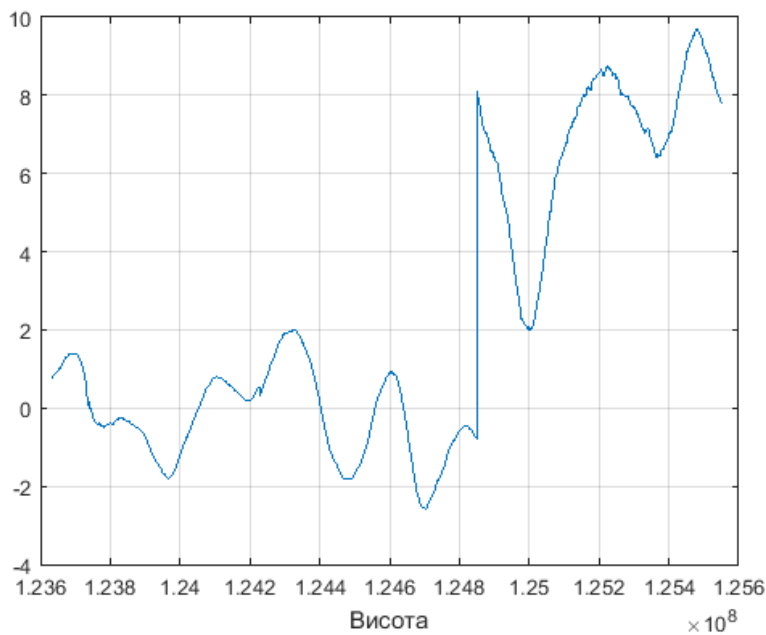


Рисунок 4.13 – Графік висоти при заданих параметрах GPS35 GLONASS35

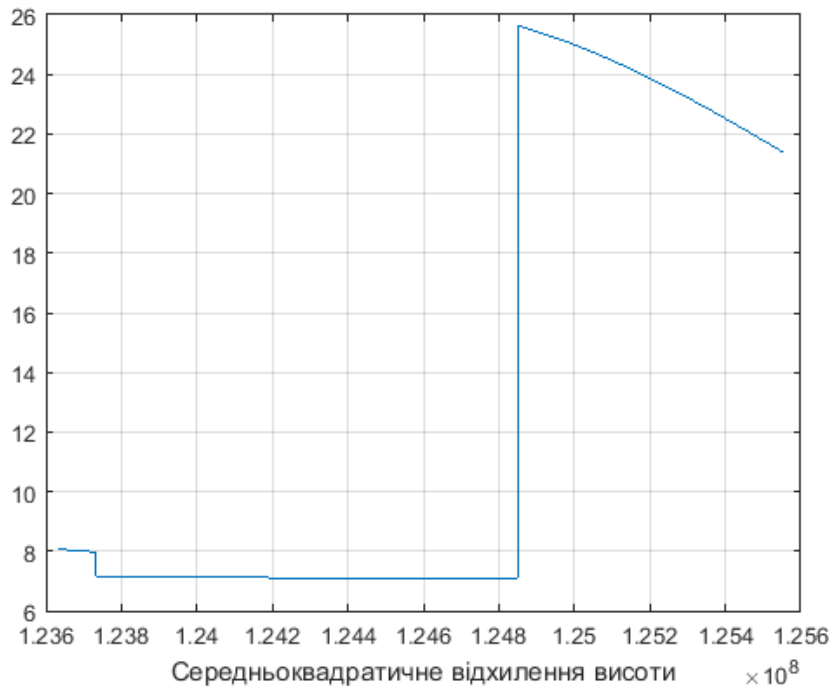


Рисунок 4.14 – Графік середньоквадратичного відхилення при заданих параметрах GPS35 GLONASS35

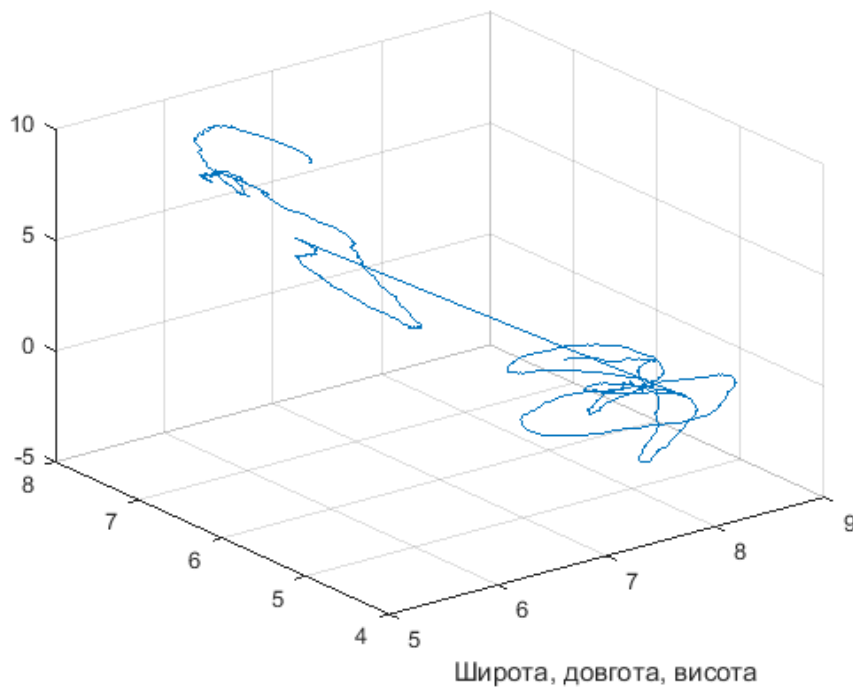


Рисунок 4.10 – Графік широти, довготи, висоти в тривимірній проекції при заданих параметрах GPS35 GLONASS35

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У четвертому розділі ми коротко ознайомились з приймачем OEMV-1G.

Було проведено експериментальне дослідження в якому показали роботу односистемного та двосистемного приймачів за різних обставин.

Із результатів дослідження було виявлено, що односистемний приймач працює майже без перебоїв, якщо кут зрізу є не більше 15° , а як наслідок кількість супутників більше 7 шт. Тим самим ми підтвердили що односистемний приймач буде працювати і мати менше похибок у відкритій місцевості.

Якщо кут зрізу стає більше ніж 25° , виникати похибки, які впливають на роботу приймача тим самим може некоректно передавати місцезнаходження об'єкта.

Таким чином, найбільш коректними і надійними навігаторами є двосистемні пристрою. Саме такі пристрої є найбільш точними і мають найнижчу помилкою у визначенні координат автомобіля. Також зростає і стабільність сигналів, адже такий апарат може «побачити» більше супутників.

ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Обсяг інвестицій в обладнання, експлуатаційні витрати та термін окупності досягли рівня, прийняттого навіть для приватних автовласників.

Сучасне, надійне обладнання, яке пропонує наша компанія та цілодобовий диспетчерський центр та сервісний центр наших партнерів - це безпека транспортного засобу в умовах життя сучасного мегаполісу.

Постійний моніторинг зводить нанівець вплив людського фактору, який часто знижує ефективність роботи. Це стосується частих відхилень від маршруту, тривалих несанкціонованих простоїв, неправомірного використання службового транспорту, зриву розкладу тощо.

Використання трекерів значно полегшує водіям звітування. Наприклад, деякі сервіси дозволяють автоматично створювати дорожні листи. Це позбавляє водіїв від постійної паперової тяганини, яка займає багато часу. Крім того, при автоматичному створенні всіх документів підвищується і точність даних.

Багато пристроїв дозволяють контролювати не тільки рух, але і параметри машин. Зокрема, є можливість контролювати витрату палива, що дуже важливо для великих компаній з великим парком вантажних чи пасажирських автобусів. Щодня вони витрачають великі суми на покупку бензину, тому оптимізація витрат і контроль за нецільовим використанням палива часто допомагає значно мінімізувати втрати.

Ще один важливий, хоча й непрямий, фактор – підвищення якості роботи компаній. Оптимізація маршрутів не тільки підвищує ефективність роботи та зменшує витрати бізнесу, але й дозволяє контролювати рівень обслуговування. Особливо це актуально для таксі, де для пасажирів дуже важливий час, а також для перевезень вантажів, коли потрібно якнайшвидше доставити вантаж у вказане та безпечне.

Ну і, звичайно, одна з найважливіших функцій таких систем – захист транспортного засобу від крадіжки. Трекер дозволяє відстежувати

місцезнаходження автомобіля в режимі реального часу, що в разі викрадення допоможе швидко знайти автомобіль. І тут важливо не економити, купуючи GPS-трекер. Фахівці рекомендують вибирати моделі з можливістю роботи в автономному режимі, а також ті, які подають сигнал тривоги при спробі заблокувати сигнал.

В другому розділі ми розглянули структуру роботи системи спостереження, що будь-яка система складається з супутникової системи, бортового блоку, встановленого на автомобілі, базової станції GSM, серверу бази даних та диспетчерського центру.

Існує велика кількість додаткових компонентів, які можна встановити разом з бортовим блоком, щоб гарантувати надійну роботу системи моніторингу. Крім різноманітних датчиків вимірювання витрати палива, швидкості, температури можливо також встановити прилади для забезпечення успішної роботи навіть в умовах нестійкого зв'язку або при надзвичайних ситуаціях.

В третьому розділі ми провели практичне дослідження, де виявили за яких обставин супутникова навігаційна система може працювати безперебійно, а також виявили при яких зовнішніх факторах система може давати збій в роботі.

Загальним недоліком використання будь-якої радіонавігаційної системи є те, що за певних умов сигнал може не доходити до приймача, або надходити зі значними викривленнями чи затримками. Наприклад, практично неможливо визначити своє точне розташування в глибині квартири всередині залізобетонної будівлі, у підвалі або в тунелі. Оскільки робоча частота GPS лежить у дециметровому діапазоні радіохвиль, рівень прийому сигналу від супутників може значно погіршитись під щільним листям дерев або через дуже велику хмарність. Нормальному прийому сигналів GPS можуть завадити перешкоди від багатьох наземних радіоджерел, а також від магнітних бур.

Невисокий нахил орбіт супутників GPS (приблизно 55°) значно погіршує точність у приполярних районах Землі, оскільки супутники GPS невисоко підіймаються над горизонтом.

Було проведено дослідження яке виявило ряд недоліків в роботу супутникових систем, а саме будь-яка перешкода чи то міст над дорогою, заїзд в тунель або висотні будівлі обабіч дороги призводять до зниження ефективності в передачі сигналу супутників.

Дані недоліки можливо перекрити іншою системою, і в нашій роботі ми виявили що найкраще підходить система INS.

В четвертому розділі ми провели експериментальне дослідження в якому показали роботу односистемного та двосистемного приймачів за різних обставин.

Із результатів дослідження було виявлено, що односистемний приймач працює майже без перебоїв, якщо кут зрізу є не більше 15° , а як наслідок кількість супутників більше 7 шт. Тим самим ми підтвердили що односистемний приймач буде працювати і мати менше похибок у відкритій місцевості.

Якщо кут зрізу стає більше ніж 25° , виникати похибки, які впливають на роботу приймача тим самим може некоректно передавати місцезнаходження об'єкта.

Таким чином, найбільш точними і надійними навігаторами є двосистемні пристрою. Саме такі пристрої є найбільш точними та мають найнижчу помилку у визначенні координат автомобіля. Також зростає і стабільність сигналів, адже такий апарат може «побачити» більше супутників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Обзор систем мониторинга транспорта.
URL: <https://gpsmonitoring-transporta.ru/news/2091/> (дата звернення: 26.10.21).
2. Онлайн мониторинг транспорта.
URL: <https://gurtam.com/ru/wialon/online-monitoring> (дата звернення: 26.10.21).
3. Голев П.А. Система навигационного мониторинга транспорта. URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0301005-.pdf>
(дата звернення: 26.10.21).
4. Как работает система мониторинга? URL: <https://monitoring-gps.ru/>
(дата звернення: 29.10.21).
5. Принцип работы спутниковых систем. URL: http://woodygps.blogspot.com/p/blog-page_91.html (дата звернення: 26.10.21).
6. Глонасс URL: <http://www.aif.ru/boostbook/sputnikovy-i-monitoring.html>
(дата звернення: 29.10.21).
7. GPS. URL: <http://www.aif.ru/boostbook/sputnikovy-i-monitoring.html>
(дата звернення: 29.10.21).
8. Глонасс. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Глонасс> (дата звернення: 29.10.21).
9. Дослідження перспективи застосування навігаційних супутникових терміналів для проведення високоточних вимірювань на пересіченій місцевості і в міських умовах. URL: https://stud.com.ua/179240/prirodnavstvo/metodika_vikoristannya_sputnikovogo_obladnannya (дата звернення 31.10.2021)
10. Радиометеорологія. URL: https://mirlib.ru/knigi/estesstv_nauki/358042-radiometeorologiya-radiometody-v-meteorologii.html (дата звернення 07.03.2021)
11. Глобальні космічні навігаційні системи. URL: <http://space-scitechjournal.org.ua/uk/archive/2001/4/09> (дата звернення 08.11.2021)

12. Дьяконов В.И. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник [Текст] // В. И. Дьяконов, В. О. Круглов. – Санкт Петербург: Питер, 2001. – С. 307–309

13. Бадриев И.Б. Разработка графического пользовательского интерфейса в среде MATLAB [Текст] / И.Б. Бадриев, В.В. Бандеров, О.А. Задворнов. – Казань: Казанский государственный университет, 2010. – 113 с.

14. Параметры зв'язку координат. URL: <https://lektsii.org/4-3424.html> (дата звернення 15.11.2021)

15. Глобальна супутникова радіонавігаційна система ГЛОНАСС. URL: <https://znaimo.com.ua/ГЛОНАСС> (дата звернення 15.11.2021)

16. Поширення радіохвиль.
URL: <http://teg.com.ua/diapazon-radiohvil-ta-yih-poshirennia/> (дата звернення 17.11.2021)

17. Глобальні космічні навігаційні системи.
URL: <http://space-scitechjournal.org.ua/uk/archive/2001/4/09> (дата звернення 15.11.2021)

18. Мистецтво позиціонування.
URL: <https://megamarketing.com.ua/stratehiia-pozytsionuvannia/> (дата звернення 18.11.2021)

19. Klobuchar J. A. Ionospheric time-delay algorithm for single-frequency GPS users // IEEE Transactions on Aerospace Electronic Systems. 1987. V. 23 (3). С. 325–331.

20. High-latitude version of the global numerical model of the Earth's upper atmosphere / A. A. Namgaladze, O. V. Martynenko, M. A. Volkov, A. N. Namgaladze, R. Yu. Yurik // Proceedings of the MSTU. 1998. V. 1, N 2. С. 23–84.

21. История создания системы GPS .
URL: <http://www.itrack.com.ua/support/docs/historyofgps> (дата звернення 18.11.2021)

22. GPS – История, применение, преимущества и недостатки.

URL: ru.navirec.com › F.A.Q (дата звернення 19.11.2021)

23. Причины погрешностей в GPS мониторинге.

URL: <http://gps-tracker.com.ua/prichiny-pogreshnostej-v-gpsmonitoringe.html>
(дата звернення 19.11.2021)

24. Yadav J., Giri R., Meena L. Error handling in GPS data processing // Mausam. 2011. Vol. 62. No. 1. С. 97–102

25. GPS. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GPS> (дата звернення 24.11.2021)

26. Супутникова навігація: основні принципи роботи. Проблеми та методи їх вирішення.

URL: https://xn--j1ahb.xn--j1amh/articles/GPS_GLONASS_AGPS_RTK/ (дата звернення 26.11.2021)

27. GPS (GNSS)-технологии.

URL: <http://www.sibgeomap.com/technology/gpstech> (дата звернення 26.11.2021)

28. NovAtel Inc. An Introduction to GNSS. GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo and other Global Navigation Satellite Systems. Second Edition. 2015. URL: <https://novatel.com/an-introduction-to-gnss> (дата звернення 26.11.2021)

29. OEMV Family. Installation and Operation. User manual. Дата перегляду 07.10.2010.

URL:<https://hexagondownloads.blob.core.windows.net/public/Novatel/assets/Documents/Manuals/om-20000093/om-20000093.pdf>