

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ GNSS-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИКОНАННІ
КРУПНОМАСШТАБНОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ**
(на прикладі території АТ «Чернівцігаз»)
ДИПЛОМНА РОБОТА
Рівень вищої освіти-другий (магістерський)

Виконала: студентка VI курсу 628 групи
спеціальності: 193 «Геодезія та
землеустрій» ОП «Геодезія»

КРОЛКОВА Вікторія Олександрівна

Керівник : к.геогр.н., доцент

МЕЛЬНИК Антон Анатолійович

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № __

від “__” _____ 2021 р.

Зав. кафедри _____ проф. Сухий П.О.

Чернівці – 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ GNSS-ТЕХНОЛОГІЇ.....	8
1.1. Історичні передумови, розвиток та сучасний стан GNSS-технологій.	8
<i>1.1.1. Історія розвитку GlobalPositioningSystem (GPS)</i>	<i>9</i>
<i>1.1.2. Історія розвитку системи Galileo</i>	<i>11</i>
<i>1.1.3. Історія розвитку системи ГЛОНАСС</i>	<i>13</i>
<i>1.1.4. Інші локальні системи ГНСС (Beidou, QZSS, NAVIC).....</i>	<i>15</i>
1.2. Сфери застосування GNSS-спостережень	17
1.3. Законодавче забезпечення проведення топографо-геодезичних, картографічних та землевпорядних робіт з використанням GNSS-обладнання	19
ВИСНОВКИ ДО 1 РОЗДІЛУ	24
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ GNSS-ТЕХНОЛОГІЇ.....	25
2.1. Загальний алгоритм планування та проведення GNSS-знімання	25
2.2. Джерела помилок GNSS	29
2.3. Алгоритм розрахунку коефіцієнтів, що характеризують точність спостережень (GDOP, PDOP, TDOP).....	33
2.4. Програмно-апаратні засоби для планування GNSS-знімань.....	35
<i>2.4.1. Мобільний додаток «GNSS View».....</i>	<i>37</i>
<i>2.4.2. Онлайн-рішення Trimble GNSS Planning.....</i>	<i>40</i>
ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ	49
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ GNSS-ТЕХНОЛОГІЙ.....	50
3.1. GNSS-вишукування при виконанні топографічного знімання у масштабі 1:500	50
3.2. Огляд технічних засобів та збір вихідних даних, необхідних для GNSS-знімання	53

3.3. Основні параметри методики супутникових спостережень для створення опорних геодезичних мереж із застосуванням ГНСС.....	56
3.4. Камеральна обробка результатів знімання	60
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТКИ	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

SCNSU – система космічного навігаційно-часового забезпечення України)

Real Time Kinematic (RTK) – кінематичне позиціонування в режимі реального часу

QZSS (Quazi-Zenith Satellite System (QZSS) – це регіональна навігаційна супутникова система

Position Dilution Of Precision (PDOP) – параметр «зниження точності»

GPS – система глобального позиціонування

УПМ ГНСС – Українська мережа постійно діючих станцій спостережень глобальних навігаційних супутникових систем:

ГНСС – супутникова система навігації

ГЛОНАСС – радянська/російська радіонавігаційна супутникова система

ВСТУП

У 70-х роках ХХ століття із впровадженням супутникових та комп'ютерних технологій геодезія стала наукою планетарного масштабу. Національні геодезичні системи відліку перестали задовольняти потреби науки і практики. Всебічний розвиток почали набувати загальноземні системи відліку та геодезичні референсні системи координат, утворені на їх основі. Згодом більшість країн почали реорганізацію своїх національних геодезичних систем відліку і адаптовувати їх до нових умов. Не оминув цей процес і Україну.

Розвиток геодезії за останні кілька десятиліть не тільки підвищив точність традиційних методів вимірювання, але й використав супутникові технології для постановки та вирішення широкого кола нових проблем. У порівнянні з наземними геодезичними методами ці технології мають багато переваг у забезпеченні точності, швидкості, простоти та економічності вимірювань. По-перше, вони можуть визначати координати точок з високою точністю та ефективністю, причому координати цих точок можуть бути досить далеко один від одного без взаємної видимості між точками. Крім того, супутниковий метод характеризується простою роботою і високим ступенем автоматизації.

Все це сприяло швидкому впровадженню супутникових технологій у вирішення задач геодезії, зокрема, створення та реконструкції державних, інженерно-геодезичних мереж і мереж, які використовуються в геодинаміці та в наукових дослідженнях інших галузей.

Однак, для забезпечення виконання такими мережами їхніх основних функцій, необхідно методику їх створення постійно вдосконалювати та оновлювати відповідно до сучасного стану супутникових технологій

Актуальність. Сьогодні технології, пов'язані з використанням глобальної навігації, використовуються для вирішення широкого кола інженерно-геодезичних завдань, зокрема створення та реконструкції державних,

інженерно-геодезичних мереж, мереж геодинаміки та інших напрямів досліджень.

Хоча GNSS широко використовується для створення геодезичних мереж, поки не розроблено метод визначення тривалості необхідного сеансу спостереження, який забезпечить необхідну точність для визначення місця розташування точки. Також важливо налаштувати інші параметри, такі як тип ефемериди, що використовується для обробки спостереження, і обмеження висоти супутника над горизонтом (кут відсічки).

Багато вчених як вітчизняних, так і закордонних досліджувало як різні фактори впливають на точність визначення положення приймачів. Це, насамперед, К. Третяк, Ф. Заблоцький, С. Савчук, Я. Костецька, І. Тревого, П. Баран, І. Цюпак, П. Черняга, О. Хода та зарубіжні вчені А. Генике, Г. Побединский, К. Антонович, Е. Ключин, G. Seeber, B. Hofmann-Wellenhof, J. Śledzinski, J. Januszewski, J. Lamparski, C. Specht, T. Soler, P. Psimoulis, P. Häkli, A. Leick, H. Lichtenegger, J. Collins та інші.

Метадипломної роботи полягає у виконанні крупномасштабного топографічного знімання із застосуванням GNSS-технологій.

Для досягнення мети було сформульовані і вирішені такі завдання:

1. Навести перелік сфер застосування GNSS-спостережень;
2. Надати загальний алгоритм планування і проведення GNSS-знімань та порядок розрахунку коефіцієнтів, що характеризують точність спостережень;
3. Виконати топографічне знімання у масштабі 1:500 з використанням GNSS-технологій;
4. Надати основні параметри методики супутникових спостережень для створення опорних геодезичних мереж із застосуванням ГНСС;
5. Здійснити камеральну обробку отриманих результатів знімання.

Об'єктом дослідження є територія АТ «Чернівцігаз».

Предметом дослідження особливості проведення GNSS-знімання в різні періоди.

Методологія та методи дослідження безпосередньо мають зв'язок із метою, об'єктом, предметом дипломної роботи та поставлених завдань. В процесі дослідження було застосовані загальнонаукові та конкретні методи пізнання. З метою визначення теоретичних засад досліджуваної проблеми: емпіричні, статистичні. Із конкретно наукових методів пізнання у процесі дослідження застосовано: порівняльний, геоінформаційний, метод системного аналізу.

Обсяги та структура дипломної. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 72 сторінок машинописного тексту. Робота містить 3 таблиці, 24 рисунки, 4 додатки. Список використаних джерел включає 20 найменувань.

Наукова новизна полягає в отриманні теоретичних і практичних результатів щодо використання GNSS-технологій для виконання крупномасштабного топографічного знімання.

Практичне застосування. Представлена дипломна робота характеризується практичною спрямованістю. Розроблені практичні завдання виконані в натурних умовах на території АТ «Чернівцігаз» з використанням зразка GNSS-апаратури, а отримані результати дослідження безпосередньо застосовані на підприємстві.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ GNSS-ТЕХНОЛОГІЇ

1.1. Історичні передумови, розвиток та сучасний стан GNSS-технологій

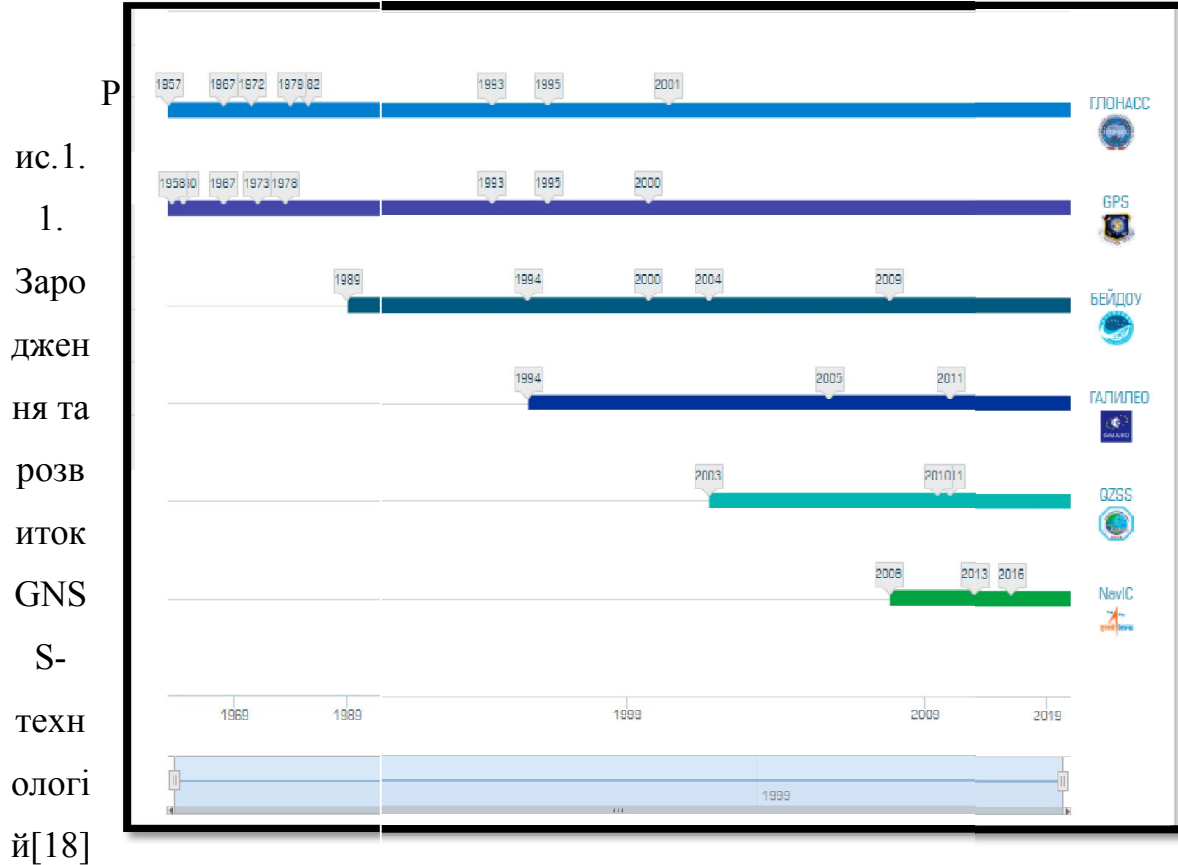
GNSS представляє собою систему супутникової навігації, створену з метою позиціонування (визначення місця розташування в просторі - координат) об'єктів.

Поштовхом до початку практичних робіт в області супутникової радіонавігації послужив успішний запуск в СРСР першого штучного супутника Землі в жовтні 1957 року.

В кінці 1960-х років були створені низькоорбітальні супутникові радіонавігаційні системи "Цикада" (СРСР) і «Транзит» (США). Успішний досвід їх експлуатації підтвердив перспективність супутникової радіонавігації як основної лінії розвитку радіонавігації в цілому.[14]

ГНСС в тому вигляді, в якому вони існують і використовуються зараз, зародилися на початку 1970-х років, коли Радянський Союз і США практично в один час почали розробку глобальних навігаційних супутникових систем ГЛОНАСС і GPS (Рис.1.1). В даний час кожна з цих систем має на орбіті повноцінну орбітальне угруповання навігаційних космічних апаратів, які забезпечують надання послуг в глобальному масштабі.[14]

Крім системи ГЛОНАСС і GPS, роботи з розгортання глобальних навігаційних супутникових систем проводять Китай - система Бейдоу, і країни Європейського союзу - система ГАЛІЛЕО. Японія та Індія розгортають регіональні навігаційні супутникові системи QZSS і NavIC відповідно.



1.1.1. Історія розвитку Global Positioning System (GPS)

Історія створення Global Positioning System (GPS) веде свій початок з 1973 р, коли Управління спільних програм, що входить до складу Центру космічних і ракетних досліджень США, отримало вказівку Міністерства оборони США розробити, випробувати і розгорнути навігаційну систему космічного базування. (Рис. 1.2)

Результатом даної роботи стала система, що отримала первинну назву NAVSTAR (NAVigation System with Time And Ranging), з якого прямо випливало, що система призначена для вирішення двох головних завдань - навігації, визначення миттєвого положення і швидкості споживачів, і синхронізації шкал часу. Оскільки ініціатором створення GPS було Міністерство оборони США, то в якості першочергових завдань передбачалось вирішення завдань оборони і

національної безпеки. Звідси ще одна рання назва системи – оборонна система супутникової навігації (DefenseNavigationSatelliteSystem - DNSS).

Розробка концепції побудови і архітектури GPS зайняла приблизно 5 років, і вже в 1974 році фірма Rockwell отримала замовлення на виготовлення перших восьми космічних апаратів (КА) Block I для створення демонстраційної системи. Перший КА був запущений 22 лютого 1978, і в тому ж році Rockwell отримала контракт на створення ще чотирьох КА.[1]

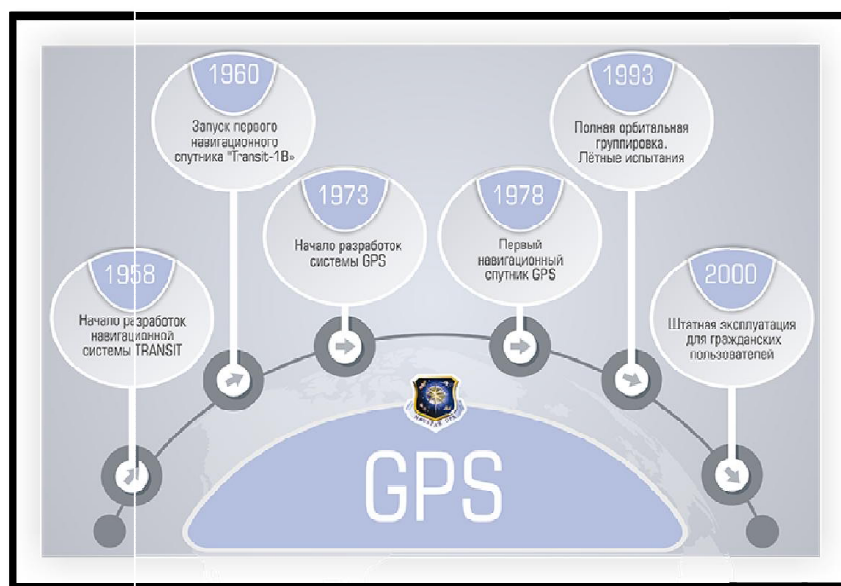


Рис.1.2. Історія створення системи GPS [18]

Система GPS надає два види послуг:

- послугу стандартного позиціонування (Standard Positioning Service - SPS), доступну для всіх споживачів,
- послугу точного позиціонування (Precise Positioning Service - PPS), доступну для санкціонованих споживачів.

Кожен космічний апарат випромінює навігаційні сигнали на декількох несучих частотах. Квадратурні складові сигналів, які передаються на кожній з несучих частот, піддаються фазовій маніпуляції різними далекомірними псевдовипадковими послідовностями (ПСП).

Послуга стандартного позиціонування SPS і тимчасової синхронізації доступна для всіх категорій споживачів безоплатно глобально і реалізується за допомогою випромінювання усіма космічними апаратами GPS навігаційних радіосигналів, модульованих далекомірним кодом C / A (Coarse / Acquisition - грубий прийом).

Послуга точного позиціонування PPS реалізується за допомогою випромінювання усіма космічними апаратами орбітального угруповання GPS навігаційних радіосигналів в діапазонах L1 і L2, модульованих далекомірним P (Y)-кодом. Послуга PPS призначена для використання виключно збройними силами США, федеральними агентствами США і збройними силами деяких союзників.

В GPS використовується Всесвітня геодезична система 1984 року (WorldGeodeticSystem - WGS-84). Чергове уточнення параметрів системи WGS-84 (G1678) відбулося в 2012 році, при цьому розбіжності між діючою системою WGS-84 і ITRF 2008 становить величину порядку 1 см, обидві системи є фактично ідентичними.[11]

1.1.2. Історія розвитку системи Galileo

Глобальна навігаційна супутникова система ГАЛІЛЕО створена Європейським Союзом для забезпечення незалежності країн членів в сфері координатно-часового та навігаційного забезпечення.(Рис.1.3)

Європейська програма зі створення ГНСС офіційно була затверджена в 1994 р., коли Європейська Рада зажадала від Європейської комісії вжити заходів щодо розвитку інформаційних технологій, включаючи і супутникову навігацію. Було прийнято рішення розвивати два напрямки. Перше з них - створення систем функціональних доповнень існуючих ГНСС GPS і ГЛОНАСС. Ця програма отримала назву EuropeanGeostationaryNavigationOverlay Service

(EGNOS). Другий напрямок полягало в створенні власної ГНСС, призначеної для цивільного застосування і побудованої на принципах державно-приватного партнерства. У 1999 Європейський проект по створенню ГНСС отримав умовну назву ГАЛІЛЕО на честь італійського астронома Галілео Галілея.

Експериментальні супутники GIOVE-A і GIOVE-B були запуснені на орбіту 28 грудня 2005 і 27 квітня 2008 відповідно. Основне завдання GIOVE-A полягала в оцінці точних характеристик навігаційних радіосигналів ГАЛІЛЕО у всіх частотних діапазонах, а GIOVE-B - в тестуванні навігаційної корисного навантаження.

Два перших навігаційних космічних апарати (КА) були запуснені 20 жовтня 2011 року з допомогою ракети «Союз-СТБ» з космодрому в Куру. Технологія виведення КА ГАЛІЛЕО передбачає групові запуски по два КА на російській ракеті-носії «Союз» і по чотири КА на європейській ракеті «Аріан-5».

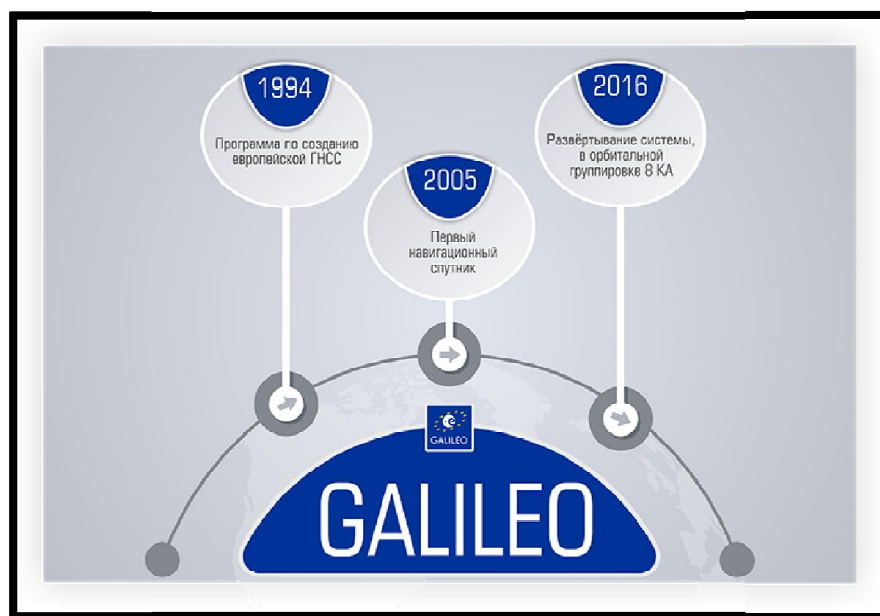


Рис.1.3. Історія створення системиGalileo [18]

Повністю розгорнуте орбітальне угруповання ГАЛІЛЕО забезпечує роботу трьох режимів навігаційного обслуговування і надає наступні види навігаційних послуг:

- Відкрита послуга (Open Service) - відкриті сигнали, без абонентської та іншої плати, доступні всім видам споживачів.
- Комерційна послуга (Commercial Service) - зашифрований сигнал, доступ до двох додаткових сигналів, більш висока швидкість передачі даних.

В системі ГАЛІЛЕО використовується традиційна геоцентрична декартова система координат, яка отримала назву GalileoTerrestrialReferenceFrame (GTRF). Ця система координат пов'язана з міжнародною земною системою координат ITRF і визначена таким чином, що її розбіжність з ITRF не перевищує 3 см з імовірністю 0,95. Для підтримки GTRF створена спеціальна геодезична служба ГАЛІЛЕО, яка також забезпечує участь міжнародного співтовариства у визначенні та підтримці системи координат GTRF.

1.1.3. Історія розвитку системи ГЛОНАСС

Вперше пропозицію по використанню супутників для навігації було зроблено проф. В.С. Шабашкевичем в 1957р. Ця можливість була відкрита ним при дослідженні додатків радіоастрономічних методів в літако керування. Дані дослідження були використані в 1963р. при дослідно-конструкторських роботах над першою вітчизняною низькоорбітального системою "Цикада".

У 1967р. був виведений на орбіту перший навігаційний вітчизняний супутник "Космос-192". Система "Цикада" була здана в експлуатацію в складі чотирьох супутників в 1979 р. Після 2008 року споживачі космічних навігаційних систем «Цикада» та «Цикада-М» були переведені на обслуговування ГЛОНАСС (див.Рис.1.4), і експлуатація цих систем була припинена.

Льотні випробування високо орбітальної вітчизняної навігаційної системи, що отримала назву ГЛОНАСС, були розпочаті в жовтні 1982 р запуском супутника "Космос-1413". Система ГЛОНАСС була прийнята в дослідну експлуатацію в 1993 р.[14]

У 1995 р розгорнута орбітальне угруповання повного складу (24 КА «Глонасс» першого покоління) і розпочато штатна експлуатація системи.



Рис.1.4.Історія створення системи ГЛОНАСС [18]

Система ГЛОНАСС надає споживачеві два види послуг - стандартної і високої точності.

Послуги стандартної точності надаються споживачам за допомогою передачі сигналів стандартної точності в L-діапазоні частот. Кожен космічний апарат «Глонасс-М» передає навігаційні радіосигнали з частотним поділом в двох діапазонах: L1 (1,6 ГГц) і L2 (1,25 ГГц).

Сигнал стандартної точності з тактовою частотою 0,511 МГц, призначений для використання вітчизняними і зарубіжними цивільними споживачами, доступний для всіх споживачів, оснащених відповідною АП, в зоні видимості яких знаходяться супутники системи ГЛОНАСС.

Передані кожним космічним апаратом системи ГЛОНАСС в складі оперативної інформації ефемериді описують стан фазового центру передавальної антени даного КА в пов'язаній з Землею геоцентричній системі координат ПЗ-90, яка визначається наступним чином:

- початок координат розташовано в центрі мас Землі;
- вісь Z спрямована в Умовний полюс Землі, як визначено в рекомендації Міжнародної служби обертання Землі (IERS);
- вісь X спрямована по лінії перетину площини екватора Землі і початкового меридіана, встановленого Міжнародним бюро часу (BIH);
- вісь Y доповнює геоцентричну прямокутну систему координат до правої.

1.1.4. Інші локальні системи ГНСС (Beidou, QZSS, NAVIC)

QZSS

Японська квазізенітна супутникова система QZSS (Quazi-ZenithSatelliteSystem (QZSS)) – це регіональна навігаційна супутникова система, призначена для обслуговування споживачів в Тихоокеанському-Азіатському регіоні.

Система QZSS надає три основні послуги:

- передача сигналів, ідентичних сигналів системи GPS, що дозволяє підвищити доступність навігації для споживачів послуг GPS, особливо на території з щільною міською забудовою;
- передача поправок та інформації цілісності, розрахованих за вимірюваннями мережі наземних станцій;
- послуга призначена для забезпечення зв'язку і передачі даних в умовах щільної міської забудови і гористій місцевості.

В системі QZSS використовується Японська геодезична система JGS (Japanesegeodeticsystem), близька за параметрами до ITRF. Параметри основного

еліпсоїда JGS відповідають геодезичній системі координат 1980 р включаючи положення гравітаційного центру Землі і орієнтацію осей.

Beidou

Ідея створення китайської національної регіональної навігаційної системи була запропонована в 1983 році. Концепція системи, що використовує два геостационарних космічних апарати (робоча назва системи Twinsat), пройшла експериментальну перевірку в 1989 р Експеримент проводився на базі двох зв'язкових космічних апаратів DFH-2 / 2A, вже знаходилися на орбіті.

Система Бейдоу надаватиме два види глобальних і два види регіональних послуг. Глобальними послугами є послуги з відкритим і санкціонованим доступом. Регіональні послуги - це послуга широко зонної диференціальної корекції і послуга передачі коротких повідомлень.

Параметри руху КА Бейдоу передаються в китайській геодезичній системі координат 2000 року (ChinaGeodeticCoordinateSystem 2000 - CGCS2000). Центр даної системи координат збігається з центром мас Землі. Вісь Z спрямована на опорний полюс Міжнародної служби обертання Землі (IERS ReferencePole), вісь X - з центру системи координат в точку перетину опорного меридіана Міжнародної служби обертання Землі (IERS ReferenceMeridian) і площині, перпендикулярній осі Z. Вісь Y доповнює дану систему координат до правої трійки.[4]

NAVIC

У травні 2006 р Індія затвердила програму створення системи регіональної навігаційної супутникової системи (IndianRegionalNavigationSatelliteSystem - IRNSS), яка повинна забезпечити автономне навігаційно-тимчасове забезпечення на Індійському півострові.

Перший НКА IRNSS-1a запущено 8 липня 2013 р Формування штатної орбітального угруповання з 7 космічних апаратів закінчено в 2016 року.

У 2016 році система отримала нову назву - NavIC. Система NavIC надає послуги з відкритим і санкціонованим доступом, включаючи забезпечення споживачів даними про цілісність навігаційного забезпечення і високоточної Еві.

Система NavIC є першою незалежною навігаційною системою, що надає споживачам з одночастотної апаратурою іоносферні поправки на основі параметрів іоносферної точкової сітки, забезпечуючи тим самим точність визначення місця розташування споживача, яку можна порівняти з точністю, одержуваної при використанні двочастотної апаратури.

В системі NavIC використовується Всесвітня геодезична система (WorldGeodeticSystem - WGS-84).[4]

1.2. Сфери застосування GNSS-спостережень

Визначення місцезнаходження

Послуги, засновані на даних про місцезнаходження

(Цільова реклама; просторово-орієнтований доступ до інформаційних ресурсів; геопросторові інформаційні системи; комплексна інформація про навколишній простір)

Моніторинг

(Моніторинг розташування людей, тварин і майна ; координація екіпажів екстрених служб; моніторинг переміщення високовартісних вантажів; оперативний моніторинг стану залізничних колій)

Геодезія і картографія

(Геодезична зйомка; кадастрові роботи, межування; підтримка проведення інженерних робіт і будівництва; актуалізація карт і планів)

Будівництво

(Автоматизоване управління будівельною технікою; дорожні будівельні роботи; прокладка комунікацій, трубопроводів та ін.; будівництво та ремонт залізничних колій)

Навігація

Дозвілля і відпочинок

(Піший туризм; рибна ловля, полювання; човновий спорт; прокладка маршрутів подорожей; персональні аварійні маяки)

Наземний транспорт

(Автономне побудова маршрутів руху; інтелектуальні транспортні системи; оперативний моніторинг стану залізничних колій)

Сільське господарство

(Оптимізація посадки, поливу та збору врожаю; підвищення ефективності запилення посівів; обслуговування сільськогосподарської техніки)

Авіація

(Захід і посадка за категоріями ІКАО; маршрутна навігація; підвищення безпеки вертолітоводіння; навігація безпілотних літальних апаратів)

Космос

(Відстеження засобів виведення; високоточне визначення орбіт космічних апаратів; визначення орієнтації космічного апарату щодо сонця)

Водний транспорт

(Підхід і маневрування в портах, на внутрішніх водних шляхах; навігація на внутрішніх водних шляхах; моніторинг і облік флоту)

Наукові дослідження і синхронізація довкілля

Навколишнє середовище

(Моніторинг деформацій Землі; моніторинг параметрів обертання землі; моніторинг складу і стану тропосфери та іоносфери; моніторинг водних і лісових ресурсів; видобуток корисних копалин)

Зв'язок і синхронізація

(Синхронізація роботи ліній електропередач; синхронізація засобів зв'язку і телекомунікацій; синхронізація часу рознесених в просторі споживачів; всесвітнє скоординовування часу (UTC).

1.3. Законодавче забезпечення проведення топографо-геодезичних, картографічних та землепорядних робіт з використанням GNSS-обладнання

Відповідно до статті 11 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» створення, розвиток і підтримка в робочому стані Державної геодезичної і висотної геодезичної мереж, у тому числі гравіметричної фундаментальної і першого класу, щільність і точність яких забезпечують створення державних топографічних карт і планів, вирішення загальнодержавних, оборонних, науково-дослідних та інших завдань, належать до загальнодержавних топографо-геодезичних і картографічних робіт.

Пунктом 11 Порядку побудови Державної геодезичної мережі, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 07 серпня 2013 р. № 646 (далі – Порядок), визначено що геодезична (планова) мережа включає українську постійно діючу (перманентну) мережу спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та геодезичні (планові) мережі 1, 2 і 3 класу.

Одним із важливих факторів для широкого поширення національних мереж референсних станцій глобальних навігаційних супутникових систем (далі – ГНСС) є створення європейської наземної системи відліку ETRS89, яка доступна по всій Європі. Реалізація цієї референсної системи базується на роботі мережі європейських перманентних станцій (EPN), які є складовими міжнародної ГНСС-служби – IGS. У більшості європейських країн успішно

працюють мережі референцних станцій ГНСС, які об'єднані єдиною організаційною структурою – EUPOS (European Position Determination System).

Пунктом 21 Порядку визначено, що українська постійно діюча (перманентна) мережа спостережень глобальних навігаційних супутникових систем (далі – УПМ ГНСС) забезпечує безперервне відтворення загальноземної та європейської геодезичної систем координат і редукування результатів спостережень, координатних визначень на єдину епоху з урахуванням релятивістських ефектів припливних та інших рухів земної кори.

Відповідно до підпункту 15 пункту 4 Положення про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 14.01.2015 р. № 15 Держгеокадастр відповідно до покладених на нього завдань забезпечує функціонування та розвиток Державної геодезичної мережі. Сьогодні більшість європейських країн розробили багатофункціональні високоточні системи позиціонування. Створена мережа опорних станцій GNSS, яка може отримувати точні координати точки сантиметрового рівня в режимі RTK (у реальному часі).

Поява технології RTK при розробці точних супутникових систем позиціонування та спільне використання нових телекомунікаційних можливостей забезпечило її широке застосування в різних сферах, таких як навігація, геодезія та кадастр.

Щоб виконувати роботу в режимі реального часу, користувачеві достатньо використовувати свій мобільний GNSS-приймач для підключення до існуючої інфраструктури за допомогою двостороннього зв'язку, який можна отримати через GSM (глобальна система мобільного зв'язку), GPRS (GeneralPacketRadioService) або інші методи передачі даних.

Наразі за допомогою опорних станцій GNSS можна отримати не лише координати всіх об'єктів на поверхні землі, а й висоту, тому GNSS UPM тепер є самостійною складовою Державної геодезичної мережі.

Відповідно до статті 11 Закону України «Про топографію, геодезію та картографічну діяльність» створення, розвиток та утримання загальнодержавної геодезичної та висотної геодезичної мережі, у тому числі заснування та першокласні гравітаційні вимірювання, її щільність та точність забезпечують національні топографічні карти. і плани, рішення національних, національних оборонних, науково-дослідних та інших завдань, належить до національних топографічних, земельних і картографічних робіт. [7]

Пунктом 11 Порядку побудови Державної геодезичної мережі, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 07 серпня 2013 р. № 646 (далі – Порядок), визначено що геодезична (планова) мережа включає Українську постійно діючу (перманентну) мережу спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та геодезичні (планові) мережі 1, 2 і 3 класу.

Пунктом 21 Порядку встановлено, що постійна (постійна) мережа спостережень Української глобальної навігаційної супутникової системи (УПМ GNSS) забезпечує безперервне відтворення національної та європейської геодезичної системи координат, зменшує результати спостережень, координатних визначень на єдину епоху з урахуванням релятивістських ефектів припливних та інших рухів земної кори.

УПМ ГНСС є окремою складовою Державної геодезичної мережі, що покликана вирішувати науково-технічні задачі найвищої точності, забезпечити користувачів, які працюють у сфері координатного забезпечення, можливістю практичного отримання координат будь-якої доступної для супутникових технологій точки на земній поверхні чи у навколишньому просторі з достатньою точністю (в сантиметрах) та оперативністю (в секундах / хвилинах).

Функціонування УПМ ГНСС УПМ ГНСС – забезпечується в результаті скоординованої діяльності відповідних органів виконавчої влади та Національної академії наук з використанням технічних засобів спостереження за орбітальними угрупованнями навігаційних систем типу NAVSTAR GPS, ГЛОНАСС, Galileo з метою задоволення потреб національної економіки і населення держави.

На даний момент УПМ ГНСС включає:

- станції спостережень глобальних навігаційних супутникових систем, які діють постійно, які постійно проводять комплексні супутникові, астрономічні та геодезичні дослідження, гравітаційні та геофізичні спостереження;
- станції спостережень глобальних навігаційних супутникових систем, які діють періодично, вони проводять комплексні супутникові, астрономічні та геодезичні зйомки, гравітаційні та геофізичні спостереження не рідше одного разу на п'ять років;
- центри обробки інформації (Центр геодезичних досліджень Науково-дослідного інституту геодезії і картографії, Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук та Центр контролю навігаційного поля ДКА).

Існуючий стан станцій ГНСС в Україні:

Сьогодні в Україні налічується близько 200 (переважно приватних) постійних GNSS обсерваторій (далі – станції) у вигляді локальних мереж та незалежних станцій.

До найвідоміших можна віднести:

- УПМ ГНСС – Українська мережа постійно діючих станцій спостережень глобальних навігаційних супутникових систем:
- SCNSU – система космічного навігаційно-часового забезпечення України);
- ZAKPOS – мережа референцних ГНСС станцій:
- TNT-TP1 – мережа активних референцних станцій;
- NGS NET – Регіональна система високоточних геодезичних вимірювань в Харківській області;
- System.NET – мережа ГНСС, розробка фірми ПрАТ «Систем Солюшнс» (Системні рішення);
- Geo Terrase – мережа ГНСС інституту геодезії Національного університету «Львівська Політехніка».

В межах 50 кілометрової прикордонної зони розташовано близько 31 станції.[9]

ВИСНОВКИ ДО 1 РОЗДІЛУ

GNSS представляє собою систему супутникової навігації, створену з метою позиціонування (визначення місця розташування в просторі - координат) об'єктів.

Глобальна навігаційна супутникова система (Global Navigation Satellite System - GNSS) - це супутникові системи (найпоширеніші GPS і ГЛОНАСС), що використовуються для визначення розташування в будь-якій точці земної поверхні із застосуванням спеціальних навігаційних або геодезичних приймачів. GNSS-технологія знайшла широке застосування в геодезії, міському та земельному кадастрі, при інвентаризації земель, будівництві інженерних споруд, геології тощо.

Основні переваги та переваги:

- Не потрібно прямої видимості між пунктами.
- Завдяки автоматизації вимірювань зведено до мінімуму помилки спостерігачів.
- Дозволяє цілодобово за будь-яких погодних умов визначати координати об'єктів у будь-якій точці Земної кулі.
- Точність GNSS-визначень мало залежить від погодних умов (дощу, снігу, високої чи низької температури, а також вологості).

- GNSS дозволяє значно скоротити терміни проведення робіт проти традиційними методами.
- GNSS-результати подаються у цифровому вигляді і можуть бути легко експортовані до картографічних або географічних інформаційних систем (ГІС).

РОЗДІЛ 2.МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ GNSS-ТЕХНОЛОГІЇ

2.1. Загальний алгоритм планування та проведення GNSS-знімання

Планування спостережень – це етап, специфічний саме супутникової технології. Метою планування є визначення часових інтервалів, найбільш сприятливих (і несприятливих) спостережень.

Наприклад, в результаті планування може бути встановлено, що на даному об'єкті в даний період - в період запланованих робіт - краще виконувати спостереження з 5 до 12 годин, а з 17 до 18 годин краще не спостерігати. Така ситуація повторюється щодня, оскільки розташування супутників на небосхилі також повторюється щодня.

Поняття "найсприятливіший інтервал часу для спостережень" означає, що в даному інтервалі над горизонтом (над маскою) буде знаходитися шість і більше супутників, а PDOP буде по можливості близьким до одиниці.

Програма планування зазвичай входить до складу програмного забезпечення. Вихідними для планування є наближені координати об'єкта, приблизний час робіт, дані рекогносрування про перешкоди навколо пунктів і альманах системи. Для отримання альманаху достатньо перед плануванням та виїздом на об'єкт виставити приймач на відкрите місце та потримати його

увімкненим 15-20 хвилин. Приймач за цей час встигне зібрати альманах і цей альманах можна буде перекачати на комп'ютер. У результаті перед виїздом у поле бригада геодезистів отримує графік, на якому вказано, скільки супутників перебуватиме над маскою в даний часовий інтервал і яким буде PDOP. Для пунктів, поблизу яких є перешкоди, планування виконують окремо. Оператор вводить інформацію про перешкоди та програма враховує, що супутники, які перебувають за перешкодою, до уваги брати не слід. Завжди бажано мати свіжий альманах. Інакше старіє ефемеридна інформація та дані про «здоров'я» супутників. Не рекомендується користуватись альманахом, вік якого перевищує місяць.[8]

Проектування GPS-зіомок передбачає нанесення точок створеної мережі GPS на топографічні карти різного масштабу. Для створення проекту дозволяється використовувати карту масштабу від 1:25000 до 1:100000.

При виборі місця розташування цих точок необхідно враховувати наступні основні вимоги:

1. Відсутність біля запроектованого пункту спостереження перешкод для поширення сигналу від супутника, що буде спостерігатися над горизонтом на висоті не менше 20° .

2. Відсутність навколо точки спостереження відбиваючих поверхонь, створених металевими конструкціями, огорожами, водними поверхнями.

3. Відсутність на близькій відстані від точки спостережень (20-30 м) радіо електричних передавачів, високовольтних повітряних ліній чи кабелів, що можуть впливати на радіосигнали супутника.

Для кожної запроектованої точки по карті визначають геодезичні координати B і L , а також геодезичну висоту H .

Наступний крок у проектуванні робіт зі спостереження передбачає визначення періоду доби, коли можна найбільш якісно проводити ці

спостереження. Інтервал часу, коли за результатами спостережень не менше як чотирьох супутників можна отримати якісні результати, називається «вікном». Оптимальне «вікно» визначається шляхом вивчення карт видимих місць супутників, які будують на кожному пункті спостереження за розрахованими значеннями азимута і висоти (зенітної відстані) супутників.

Нехай задана топоцентрична горизонтальна просторова система координат XYZ (рис.2.1), осі якої направлені так: вісь Z – в точку зеніту точки спостереження, вісь X – на північ, вісь Y – доповнює систему координат до правої.

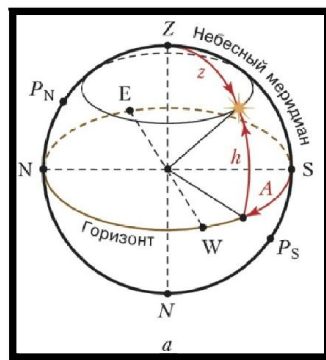


Рис.2.1. Топоцентрична горизонтальна просторова система координат

Знаючи геодезичні координати точки спостереження B і L , розраховують одиничні вектори i, j, k , що направлені по осям X, Y, Z . Маємо:

$$i = \begin{vmatrix} -\sin B \cos L \\ -\sin B \sin L \\ \cos B \end{vmatrix} \quad (2.1)$$

$$j = \begin{vmatrix} -\sin B \\ \cos L \\ 0 \end{vmatrix} \quad (2.2)$$

$$k = \begin{vmatrix} \cos B \cos L \\ \cos B \sin L \\ \sin B \end{vmatrix} \quad (2.3)$$

Приймемо, що для супутника, який буде спостерігатися момент S за зоряним часом відомі екваторіальні координати α і δ і радіус-вектор супутника

r , який, для цього випадку, для супутників системи GPS можна прийняти рівним 20200 км. Тоді топоцентричні координати супутника на момент спостереження розраховуємо за формулами:

$$\begin{aligned}x &= r \cos \delta \cos \gamma \\y &= r \cos \delta \sin \gamma \\z &= r \sin \delta\end{aligned}\tag{2.4}$$

де $\gamma = \alpha - S$.

Тоді одиничний вектор супутника Δr визначиться з формули:

$$\Delta r = \left| -\frac{x}{r}, \frac{y}{r}, \frac{z}{r} \right|.\tag{2.5}$$

Обчислення азимута супутника α і його зенітної відстані z базується на визначенні проекції одиничного вектора супутника Δr на координатні осі за скалярним добутком відповідних векторів. Знаходимо:

$$\begin{aligned}\Delta r * i &= \sin z \cos a \\ \Delta r * j &= \sin z \sin a\end{aligned}\tag{2.6}$$

$$\Delta r * k = \cos z$$

На основі (2.6) визначаємо:

$$a = \arctan \left(\frac{\Delta r * j}{\Delta r * i} \right)\tag{2.7}$$

$$z = \arccos(\Delta r * k)$$

Розрахунок правильного значення азимута a необхідно знаходити за його табличним значенням a_m і з врахуванням знаків величин $\Delta r * j$ і $\Delta r * i$, які вкажуть на орієнтування вектора r відносно меридіана точки спостереження. За результатами обчислень отримують азимуту і зенітні відстані супутників, які можуть спостерігатися у заданій точці, і за цими даними будують карту видимості супутників у цій точці спостереження.

2.2. Джерела помилок GNSS

Як і у звичайних геодезичних вимірах, можна виділити чотири основні джерела помилок:

- помилки спостерігача (неточний вимір висоти антени, помилки центрування, помилки у показаннях метеоапаратури);
- помилки апаратури, до яких відносяться помилки фазових та кодових відділів, що характеризують шум апаратури, помилки у вимірних тимчасових затримках або поправках годинника як на супутнику, так і в приймачі, нестабільність фазових центрів антен;
- вплив зовнішніх умов по трасі поширення сигналу (неоднорідності тропосфери та іоносфери, багатокількість, інтерференція, ослаблення сигналів через перешкоди, вплив магнітних бур);
- помилки математичної обробки (слабка геометрія сузір'я супутників, помилки орбіт та апріорних координат початку базової лінії, помилки геофізичних моделей або стохастичних моделей).

Розглянемо докладніше основне джерело помилок:

1. Вплив обертання Землі (зміщення приймача під час проходження сигналу).

Координати ШСЗ у геоцентричній системі координат обчислюють на певний момент часу. За час t поширення електромагнітних хвиль від супутника до приймача внаслідок обертання Землі сигнал буде прийнятий не в точці 1, а в точці 2. Внаслідок цього замість координат X, Y, Z через поворот на кут α отримаємо координати $X', Y'; Z'$.

Вплив обертання землі незначно впливає, облік якої необхідний при високоточних вимірах. Максимальною помилкою буде на екваторі, мінімальною – на полюсах.

2. Релятивістський ефект.

Поправка за релятивістський ефект пов'язана з тим, що головний годинник, що визначає шкалу часу системи GPS і годинник на супутнику, розташований у місцях з різними гравітаційними потенціалами і переміщується з різними швидкостями.

Ця обставина призводить до усунення частот генераторів на супутниках. Величина усунення має невелику постійну компоненту та періодичну компоненту. Постійна частина враховується у поправочному коефіцієнті годинника супутника. Максимальна величина поправки в супутниковий годинник дорівнює 70 наносекунд, а дрейф годин - 0,01 наносекунд. Виправлення за релятивістські ефекти на супутниках враховуються контрольними станціями. Поправки в годинник приймача містяться у програмному забезпеченні приймача та вносяться автоматично.

3. Вплив середовища розповсюдження сигналу.

Основний вплив має іоносфера і тропосфера:

а) вплив іоносфери. Швидкість поширення радіосигналів в іоносфері залежить від кількості вільних електронів з їхньої шляху. Іоносфера зазвичай має спокійну поведінку в помірних широтах, але може флюктувати поблизу екватора та магнітних полюсів. Район із найвищою іоносферною затримкою лежить у межах $\pm 20^\circ$ від магнітного екватора. Сонячні спалахи та подальші магнітні бурі можуть створювати великі та швидкі флюктуації у фазі несучої та в амплітуді сигналів СРНС. Це, хоча короткочасне і нечасте середніх широтах, може створювати труднощі у безперервному відстежуванні сигналів у полярних і екваторіальних районах. При фазових вимірах двочастотним приймачем можливе значне ослаблення впливу іоносфери. При вимірюваннях одночастотним приймачем вплив іоносфери є суттєвим на відстанях понад 30 км між приймачами.

б) вплив тропосфери. Тропосферна рефракція не залежить від частоти f , отже, впливає і кодову модуляцію, і фазу несе однаковим чином. Затримка залежить від температури, вологості та тиску, змінюється з висотою користувача та з типом місцевості під траєкторією сигналу. Через те, що тропосферна рефракція не залежить від частоти несучої, її неможливо усувати у двочастотних спостереженнях, на відміну від іоносферної рефракції. Показник заломлення повітря для електромагнітних хвиль, що використовуються в супутникових системах позиціонування, залежить від стану атмосфери, тобто від температури повітря T , тиску P і вологості (тиску водяної пари).

$$N = f(T, P, e).$$

Показник заломлення є функцією положення точок простору, якими проходить шлях сигналу, оскільки метеорологічне поле атмосфери вважається регулярним лише умовно. Воно є неоднорідним, особливо поблизу Землі. Тому для обчислення шляху, пройденого сигналом супутника і знайденого з прямих або непрямих визначень, необхідно знати дійсний показник. Справжній середній показник заломлення n теоретично визначається виразом:

Ця рівність передбачає, що функція $N(x)$ від шляху відома. Вона може бути визначена тільки за достовірних припущень про будову атмосфери або з безпосередніх вимірів.

4. Багатоколіїність.

Є основним джерелом помилок. Приймач приймає як сигнали з супутника по прямій лінії, а й відбиті від навколишніх предметів і земної поверхні. У результаті фазові вимірювання за сумарним сигналом мають спотворення, які можуть досягати 5 см, і у випадках, коли відбитий сигнал перевищує прямий, ця помилка може наблизитися до 10 см.

Об'єктами, що відбивають, для приймачів можуть бути будівлі, дерева, пагорби і т. д. Багатоколіїність створюється земною поверхнею, особливо

гладкими поверхнями, такими, як асфальтове покриття, водне дзеркало, рівний шар снігу. Значно менше впливає трав'яний покрив, оранка. Дахи будинків є поганим оточенням для приймача, оскільки тут часто є виступи будівель, труби та інші об'єкти, що відображають поблизу антени. Непоганими відбивачами є дерева, особливо з мокрим листям.

Для ослаблення помилок, зумовлених багатокількісністю, доцільно:

1) пункти спостережень вибирати в місцях, поблизу яких немає об'єктів, що відображають;

2) при розробці антенних систем для супутникових приймачів передбачити встановлення екрануючих пристроїв, що перешкоджають попаданню відбитих радіосигналів на вхід антени;

3) на пунктах, схильних до впливу відбиття, виконувати більш тривалі сеанси спостережень, усереднення отриманих результатів може істотно послабити вплив багато шляху остюки;

4) при обробці результатів спостережень використовувати тільки ті, на які вплив поверхонь, що відбивають, найменший.

5. Перешкоди радіо- та електромагнітних хвиль.

Високовольтні лінії ЛЕП, антени мобільного зв'язку, радіо та телевізійні антени, тролейбусні контактні мережі створюють перешкоди, які не можна нехтувати. Залежно від потужності випромінювання необхідно виключити GPS спостереження в зоні від 50 м (наприклад від ЛЕП 10 кВ, тролейбусних контактних мереж) до кількох сотень метрів (ЛЕП 35, 110, 150, 220, 330, 400, 500, 750, 8 кВ; радіо та телевізійних антен).

6. Помилки спостерігача.

До помилок спостерігача (оператора GPS) можна віднести такі джерела помилок: помилки центрування, помилки вибору режиму та тривалості

спостережень, помилки вибору місця спостережень, помилки вибору час спостереження (вікна спостережень), помилки введення даних.

7. Помилки обробки даних.

При обробці особливу увагу слід звертати на геометрію супутників, сталість сигналу протягом період спостереження. Необхідно виключати супутники і супутники з переривчастим сигналом. Маска піднесення повинна становити не менше 13° , відсіваючи сигнали супутників, що знаходяться в меншій площині екліптики над горизонтом. Також необхідно контролювати правильність введення вихідних даних при обробці, режим урівнювання вироблених спостережень. Після закінчення обробки перегляд звіту про вирівнювання є обов'язковим.

2.3. Алгоритм розрахунку коефіцієнтів, що характеризують точність спостережень (GDOP, PDOP, TDOP)

Одним з основних факторів, що істотно впливають на точність визначення точки спостереження, є величина, що характеризує взаємне положення супутників і точки спостереження, так звана геометрія супутників.

У технічній літературі параметр, що характеризує вплив геометрії супутника на точність позиціонування, позначається символом DOP (Dilution of Precision-Defect of Precision). Цей параметр використовується для оцінки планованого положення та висоти точки спостереження.

Розрахувавши коефіцієнт GDOP (Geometric Dilution of Precision), отримуємо характеристику зниженої точності через геометричну форму сузір'я супутника, а використовуючи коефіцієнт PDOP (Position Dilution of Precision), отримуємо характеристику зниження точності визначення координат. Якщо коефіцієнт GDOP менший або дорівнює 6, геометрична форма сузір'я супутника вважається прийнятною. Обчислюючи коефіцієнт GDOP для різних періодів часу доби, можна встановити часовий інтервал, який найбільш сприятливий для спостереження в цей

час. Щоб розрахувати коефіцієнт GDOP у даний момент часу s , ми використовуємо наступну вихідну позицію.

Припустимо, що для чотирьох супутників у момент часу s ми знаємо екваторіальні координати α і δ і радіус-вектор r кожного з них. На основі цих вихідних даних розраховуються коефіцієнти GDOP і PDOP у такому порядку. Відповідно до відомого значення супутникового гелі α_i і заданим моментом спостереження s розраховують значення орієнтуючих кутів γ_i і топоцентричні координати x_i, y_i, z_i , створюючи вихідну твірну матрицю A лінійних рівнянь спостережень за вимірами псевдо відстаней. [6]

Ця матриця матиме вид:

$$A = \begin{vmatrix} -\frac{x_1}{r_1} - \frac{y_1}{r_1} - \frac{z_1}{r_1} - c \\ \frac{x_2}{r_2} - \frac{y_2}{r_2} - \frac{z_2}{r_2} - c \end{vmatrix} \quad (2.8)$$

В (2.8) c - швидкість світла у вакуумі, яка дорівнює 299792458 м/с. Після створення матриці виду (2.8) знаходять її транспоновану матрицю A' , а потім і їх добуток AA' . [6]

Оцінку якості спостережень за критерієм DOP отримують, обчисливши обернену матрицю

$$Q = (AA')^{-1}. \quad (2.9)$$

$$Q = \begin{vmatrix} q_{xx}, q_{xy}, q_{xz}, q_{xt} \\ q_{xy}, q_{yy}, q_{yz}, q_{yt} \\ q_{xz}, q_{yz}, q_{zz}, q_{zt} \\ q_{xt}, q_{yt}, q_{zt}, q_{tt} \end{vmatrix} \quad (2.10)$$

Елементи матриці (2.10) характеризують вплив на точність визначення місцеположення таких факторів, як геометрію сузір'я, час розповсюдження сигналу зі супутника, та і саме розміщення точки спостереження на земній поверхні.

За цими елементами коефіцієнт GDOP, що характеризує зменшення точності, обумовлене геометрією сузір'я супутників, визначається формулою:

$$GDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz} + q_{tt}} \quad (2.11)$$

Коефіцієнт PDOP, який характеризує зменшення точності визначення координат, розраховують за формулою[6]:

$$PDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz}}, \quad (2.12)$$

а зменшення точності визначення часу оцінюють коефіцієнтом, що розраховується за формулою[6]:

$$TDOP = \sqrt{q_{tt}} \quad (2.13)$$

2.4. Програмно-апаратні засоби для планування GNSS-знімачів

Геоінформаційні технології активно інтегруються в багато сфер життя людини і її господарської діяльності. Однією з актуальних проблем є вибір і оптимальне використання різних програмно-апаратних вимірювальних засобів, призначених для збору і обробки геопросторової інформації. Це стосується і таких завдань як створення та актуалізація ГІС для лісових, сільських

господарств, комунальних служб та ін. Електронні карти з базою атрибутивних даних для таких об'єктів можна умовно назвати локальним ГІС-проектом.

Особливістю роботи з такими ГІС є те, що при створенні або актуалізації всієї системи вимірювальна робота ведеться по окремим типовим об'єктам господарювання щодо невеликих розмірів (наприклад, квартал лісового господарства). Подібна специфіка передбачає, що пристрої збору геопросторових даних, з одного боку, повинні бути компактними і міцними, з іншого боку - забезпечувати оперативний збір даних високої точності. Сучасні вимірювальні технології пропонують широкий спектр способів вимірювань (традиційні оптико-електронні технології, лазерні наземні вимірювання, фотограмметрія, і.т.д.), але найбільш цікавими і ефективними для задач локального збору геоданих є супутникові GNSS-технології і побудовані на їх базі вимірювальні GNSS-приймачі.[5]

Основним завданням GNSS-вимірювачів є обчислення з різною точністю поточних невідомих координат точок і винесення в натуру точок з відомими координатами, а також ряд додаткових додатків (прорахунок відстаней, обчислення площ, координатна геометрія, розбивка і ін.). Однак вимірювання для ГІС, крім необхідності координування об'єктів, містять також ряд додаткових завдань, серед яких в першу чергу - необхідність записи різних атрибутивних даних, прив'язаних до об'єктів ГІС. Всі супутникові GNSS-приймачі за класом точності і продуктивності можна умовно розділити на дві основні групи: навігаційні та геодезичні. В якості окремої підгрупи слід також розглянути вимірювальні GNSS-приймачі з вбудованою мобільного ГІС, так звані ГІС-контролери.

Для вирішення даного завдання досліджувалися способи збору ГІС даних GNSS обладнанням трьох типів: а) ручний GPS навігатор, б) високоточний геодезичний GNSS приймач і в) спеціалізований ГІС-контролер.

За параметрами простоти використання кращі показники у ручного навігатора, проте точності результатів вимірювань (9м) жодним чином не задовольняють вимогам в більшості розглянутих практичних завдань. Тим більше що збір атрибутів і зведення результатів в потрібний формат вимагає додаткових технічних і програмних засобів для конвертації обміну даними, що ускладнює досягнення результату і збільшує загальний час роботи над створенням локального ГІС-проекту. Цей же недолік відноситься і до класу геодезичних GNSS приймачів. Однак прилади цього класу мають максимальну точність в поєднанні з високою швидкістю вимірювань. Ця перевага характеризує такі прилади як кращий універсальний інструмент для координування. Але все ж необхідність в додаткових коштах і прийомах обробки даних для ГІС ускладнює використання таких високоточних супутникових вимірників для даної специфічної сфери.

В останньому ж випадку (ГІС-контролер) ми маємо вимірювальний засіб, яке саме, по суті, є ГІС системою і дозволяє здійснювати весь спектр робіт і операцій, характерних при побудові ГІС, прямо в польових умовах з використанням супутникового позиціонування. З огляду на допустиму точність координування і повну автоматизацію обміну даними з камеральних ГІС системами, в поєднанні з широким спектром додаткових вбудованих інструментів збору атрибутивних даних, можна сказати, що супутникові вимірювальні ГІС-контролери на сьогоднішній день є найбільш оптимальним програмно-апаратним рішенням для створення та актуалізації локальних ГІС-проектів.[5]

2.4.1. Мобільний додаток «GNSS View»

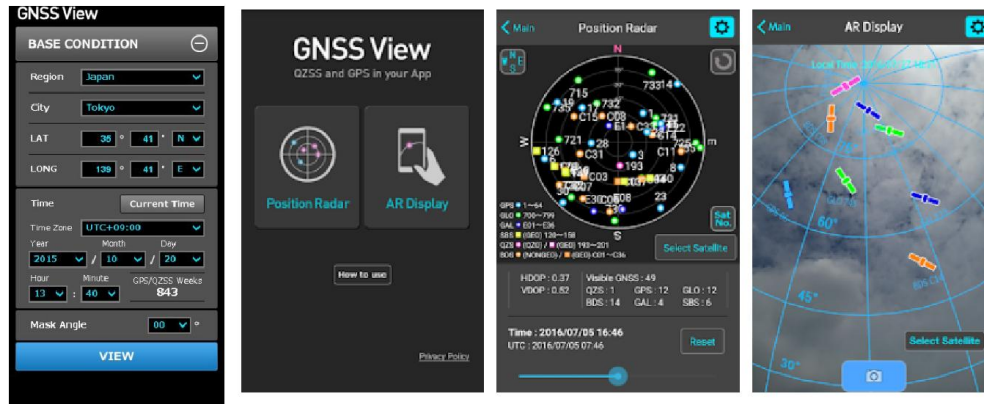


Рис.2.2.Скріншоти екранумобільногододаткуGNSSView

Додаток, який показує розташування супутника. GNSS View - це програмне забезпечення, що відтворює розміщення супутників у небі (сузір'їв) у визначений час та місце розташування на основі публічно оприлюдненої інформації про розміщення супутників (випущено в 2014 році).

Ця програма відображає поточне місцезнаходження та час за замовчуванням, але встановлений час можна змінити, щоб переглянути зміни в розміщенні супутника. Підтримує шість систем супутникового позиціонування.

Ця програма може відображати розміщення супутників для шести систем супутникового позиціонування, включаючи Michibiki, GPS, ГЛОНАСС (Росія), BeiDou (Китай), Galileo (Європа) та Супутникову систему збільшення (SBAS). Чотири системи, крім Мічібікі та GPS, розраховуються на основі загальнодоступної інформації про орбіти Північноамериканського командування аерокосмічної оборони (NORAD).

На додаток до веб-версії для звичайних браузерів, версія Google GNSS View доступна через GooglePlay, а версія iOS для пристроїв Apple доступна в AppStore.

Ця програма дозволяє побачити, де знаходиться квазі-зенітна супутникова система в небі.

Квазі-зенітна супутникова система (QZSS) – це японська система супутникового позиціонування, що складається в основному із супутників на квазі-зенітних орбітах (QZO).

Супутникові системи позиціонування використовують супутникові сигнали для обчислення інформації про місцезнаходження. Одним із відомих прикладів є Американська система глобального позиціонування (GPS), а QZSS іноді називають японською системою GPS.

GNSS View надає додаток для версії Android, який базується на веб-програмі "GNSS View". Ця програма оптимізована для 32 біт.

Позиціонуючі супутники, що відображаються у поданні GNSS, не базуються на супутниковій інформації, отриманій безпосередньо смартфоном, а відображаються на основі розташування супутників, розрахованих на основі публічно оприлюдненої інформації про орбіту.

Функції GNSSView 3

Головна

- Ви можете перейти до екрану PositionRadar або AR Display з екрана запуску програми.
- Ви можете переглянути інструкцію з експлуатації та політику конфіденційності цієї програми на веб-сайті.

Позиційний радар

- Забезпечується радіолокаційний огляд позиціонування супутників, таких як QZS та GPS, як графік неба у визначений час та місце розташування.
- Супутники позиціонування можуть бути визначені з QZSS, GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo, SBAS.
- Ви також можете вибрати певні супутники сигналу, щоб бачити на радарі.

- Ви можете побачити вибрані супутники, встановивши кут маски піднесення.
- Ви можете переключитися на схід і на захід від розташування супутників, увімкніть / вимкніть обертання та увімкніть / вимкніть відображення номера супутника.
- На ньому відображаються HDOP, VDOP, загальна кількість супутників та кількість кожного супутника, що позиціонує, в супутниковій системі, що відображається на радарі.

Display AR-дисплей

- Положення супутників позиціонування, таких як QZSS та GPS, на небі з вашого поточного місцезнаходження може бачити через вашу камеру Android у зазначений час.

Для відображення супутників необхідно увімкнути інформацію про місцезнаходження смартфона та завершити позиціонування. Таким чином, це може зайняти деякий час на дисплей.

- Супутники позиціонування можуть бути визначені з QZSS, GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo, SBAS.
- Ви також можете вибрати певні супутники сигналу бачити на радарі.
- Ви можете побачити вибрані супутники, встановивши кут підйому маски.

Підтримувані версії (Android 4.0,Android 4.1,Android 4.2,Android 4.3,Android 4.4,Android 5.0,Android 5.1,Android 6.0,Android 7.0,Android 7.1,Android 8.0,Android 9.0)

2.4.2. Онлайн-програма Trimble GNSS Planning

Нова утиліта GNSS PlanningOnline.(Рис.2.3)

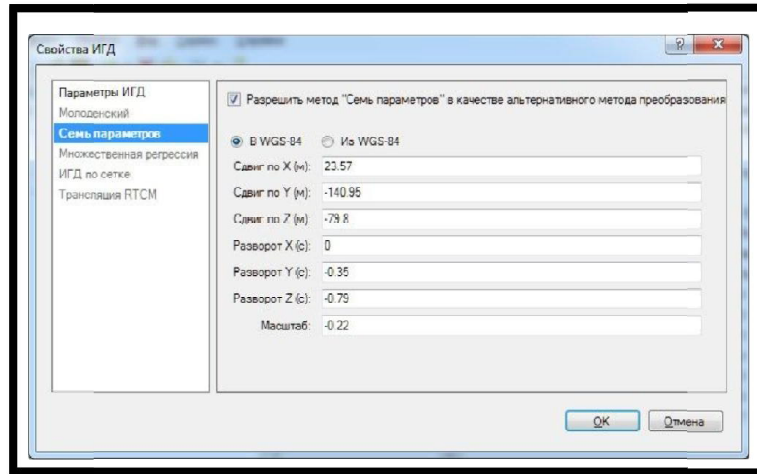


Рис.2.3.Робоче вікноонлайн-програми GNSS PlanningOnline

Trimble випустив безкоштовну онлайн-програму GNSS PlanningOnline. Вона призначена для визначення основних характеристик супутникового GNSS покриття.(Рис.2.4)

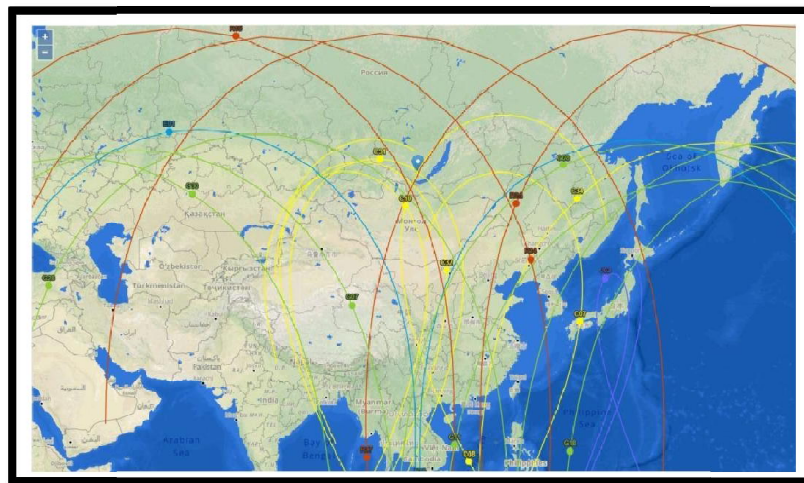


Рис.2.4.Перегляд GNSS-систем

Користувачеві потрібно ввести координати місця (вручну або графічно), маску кута піднесення, дату і проміжок часу, а також вказати які цікавлять сузір'я (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou і QZSS) або супутники.(Рис.2.5)

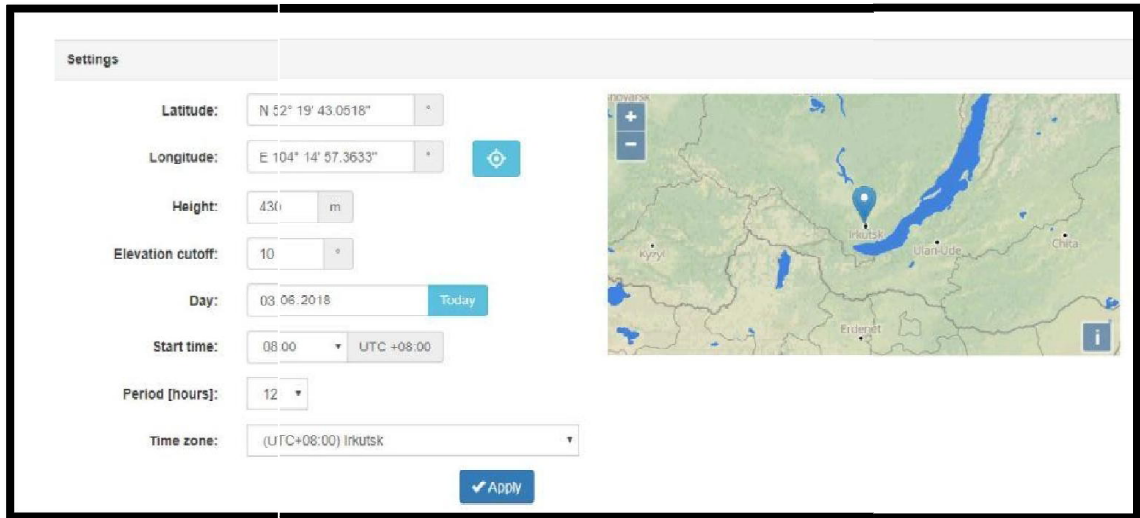


Рис.2.5.Робоче вікно внесення даних

Для всіх графіків видно на небосхилі, DOP, числа супутників і їх підвищень, стану іоносфери TEC і ін. Доступний хронологічний перегляд у вигляді бігунка.(Рис.2.6)



Рис.2.6.Хронологічний перегляд супутників

У вкладці SatelliteLibrary можна отримати додаткову інформацію про параметри і стан будь-якого супутника в будь-якому сузір'ї.(Рис.2.7)

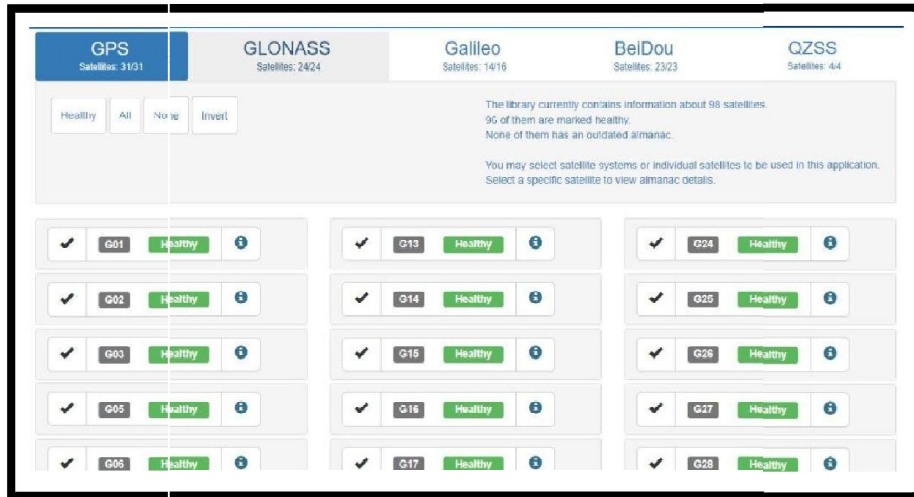


Рис.2.7.Інформація про стан супутників

Програмний засіб TrimblePlanning 2.7

Планування місії GPS є найважливішою складовою будь-якого проекту, що включає GPS, у складних умовах (під навісом або в гірській місцевості). Модуль планування Trimble (версія 2.7) має безліч нових функцій, які роблять це та потужний самостійний інструмент для аналізу супутникової видимості для вашої місії GPS. Попередні користувачі QuickPlan знайдуть це набагато зручнішим для користування.

Статичний і швидкостатистичний методи ГНСС зйомок використовуються для забезпечення найвищої точності. Необхідні умови для проведення статичних

(швидкостатистичних) ГНСС вимірювань включають в себе (рис.2.8.):

- Необхідно як мінімум два приймача;
- Приймачі повинні мати можливість проводити вимірювання не тільки по С/Акоду;
- На кожній станції необхідно відстежувати одночасно, не менше 4НІСЗ (Навігаційні ШСЗ);

- Вимірювання повинні проводитися в єдиний момент часу - епохи (мати загальний інтервал вимірювань);
- Деякі пункти зйомки (принаймні один), повинні мати відомі координати в потрібній системі координат і висот;

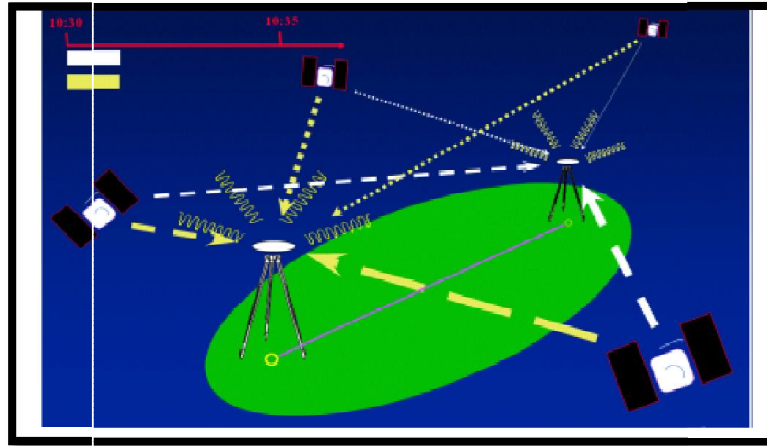


Рис.2.8. Мінімальні вимоги для проведення статичних ГНСС вимірювань[8]

Тривалість ГНСС спостережень залежить від:

- типу приймача;
- довжини базової лінії;
- геометрії супутників;
- наявності багатопроменевості;

У сеансі для здійснення прийому на кожному пункті необхідно виконати такі операції, дотримуючись рекомендацій перерахованих вище, керуючись експлуатаційною документацією застосовуваного типу приймача:

1. Провести розгортання апаратури, встановити приймач на пункті і визначити висоту антени.
2. Підготувати приймач до роботи, як зазначено в експлуатаційній документації.
3. Встановити режим реєстрації даних спостереження супутників.

4. Користуючись клавіатурою, ввести в пристрій: значення номерпункту, значення висоти антени і допоміжну інформацію: час початку і кінцяприйому, втрат зв'язку та ін.

5. Провести прийом спостережень супутників протягом часу, зазначеного в робочій програмі польових робіт для застосовуваного методу супутникових визначень.

6. Вимкнути режим реєстрації даних і виконати згортання апаратури. Після проведення ГНСС вимірювань потрібно завантажити дані з приймачів і провести їх попередню обробку, до повернення в камеральні умови.

Для правильної редукції вимірюваного вектора до центрів геодезичних пунктів слід ретельно вводити висоту і тип антени ГНСС приймачів, які брали участь в вимірах. Критерієм отримання високоточних результатів є:

- Обчислення векторів, для яких використовуються вимірювання по фазі несучої;
- Тільки дозвіл неоднозначностей, який дозволяє забезпечити сантиметрову точність з GPS;
- Неоднозначність цілих визначається шляхом обробки по різницям;
- Фіксована (fixed) рішення означає, що неоднозначності були дозволені;

Якщо в ході вимірювань з незалежних базових векторів отримані замкнуті геометричні фігури, слід обчислити суму збільшень просторових координат в цих фігурах і отримати абсолютні і відносні нев'язки, результати контролю незамикання полігонів представляються у вигляді (Табл.2.1):

Таблиця 2.1.

Результати контролю незамикання полігонів [8]

Сторін в полігоні:	3
Число контурів:	22
Число прийнятих контурів	22

Число помилкових контурів:	0
----------------------------	---

	Довжина, м	$\Delta 3D$, м	Δ в плані, м	Δ по вис., м	PPM
Критерії придатності	-	-	-	-	1
Найкращий	-	0,001	0	0	0,034
Найгірший	-	0,013	0,013	0,01	0,586
Середнє по полігонам	35240,355	0,007	0,007	0,003	0,25
Стандартна помилка	21725,489	0,008	0,007	0,004	0,132

Перевірка відповідностей отриманих абсолютно відносних нев'язок допустимих відповідно до Інструкції значення і дозволяє провести попередню оцінку якості проведення ГНСС вимірювань.

Остаточна обробка ГНСС вимірювань і зрівнювання опорної і геодезичної мереж виконується за допомогою модуля зрівнювання в два етапи:

- Мінімально обмежене (вільне) зрівняння;
- Повністю обмежене (жорстке) зрівняння;

Завдання вільного зрівнювання полягає:

- Перевірити внутрішню «узгодженість» мережі;
- Виявити грубі спостереження;
- Забезпечити точну оцінку помилок;

В результаті з мережі можуть бути виключені надлишкові виміри невідповідні точним характеристикам пропонованих до опорної мережі (рис.2.9).

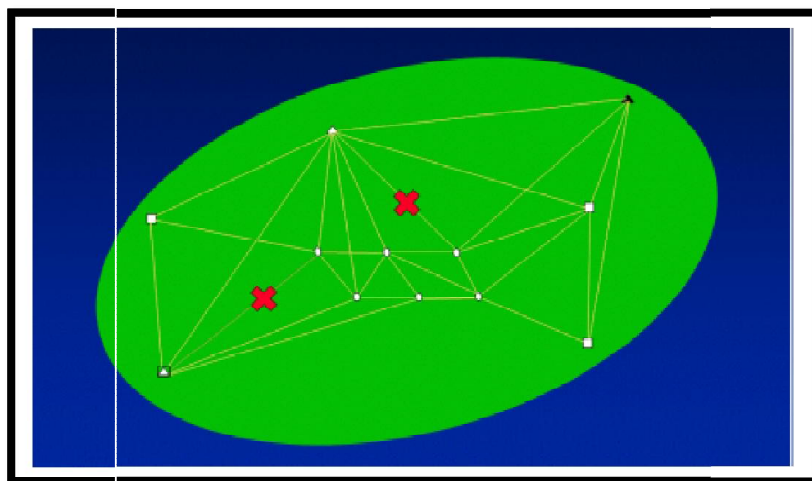


Рис.2.9. Приклад вільної мережі з одною вихідною точкою [8]

Після процедури зрівнювання вільної мережі ми отримуємо оцінку її точності в вигляді еліпсів помилок (рис.2.10), а так само в табличному вигляді (табл.2.2). Координативільного зрівнювання слід використовувати тільки для аналізу внутрішньої точності мережі. Їх не слід поширювати як остаточні результати.

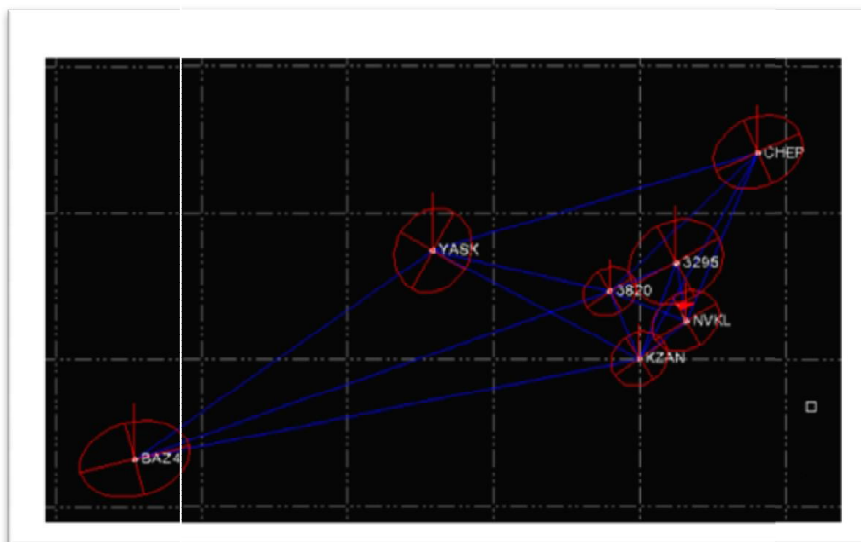


Рис.2.10. Приклад зрівнювання вільної мережі

Рівняння координат з оцінкою точності

Ім'я точки	Східний показник	Східний показник Помилка, м	Північ X, м	Північ X Помилка, м
3295	2529,594	0,003	6592,181	0,003
3820	-2048,281	0,002	4606,538	0,001
BAZA	-34629,594	0,004	-6829,000	0,003
СНЕР	8107,215	0,003	14079,768	0,002
KZAN	-0,085	0,002	-0,527	0,002
NVKL	3213,135	0,002	2569,497	0,002
YASK	-14174,149	0,002	7406,104	0,002

Узагальнення та аналіз сучасного світового досвіду показують, що можливості використання лише традиційних методів і засобів при виконанні геодезичних і кадастрових робіт практично вичерпані. Високим вимогам сучасних технологій, що застосовуються в галузі геодезії, землеустрою та кадастру за точністю та оперативністю отримання даних, відповідають лише методи, засновані на використанні супутникових навігаційних систем.

Геодезичні супутникові технології доповнюють класичні технології та підвищують їхню ефективність. Основними недоліками класичних технологій є: висока трудомісткість та висока вартість польових робіт. У середньому за вартістю та витратами часу польові роботи становлять не менше 60% загального обсягу робіт. Класичні технології, особливо у частині польових робіт, не піддаються повної автоматизації. Супутникові технології вільні більшості цих недоліків. Вони не вимагають встановлення взаємної видимості між пунктами та спорудженням зовнішніх знаків. Високий ступінь автоматизації супутникових технологій ґрунтується на застосуванні радіоелектронної та обчислювальної техніки.

Геодезична зйомка тільки тоді хороша, коли контролюється весь процес її вимірів та обробки. Одним із головних мінусів GPS вимірів, на мій погляд, є

відсутність повного контролю точності вимірів. Точність визначення координат пункту як у польових умовах (зйомка в режимі реального часу з використанням радіомодемів), так і в процесі камеральної обробки, не можна констатувати зі стовідсотковою гарантією.

Підвищити якість GPS вимірювань можна так:

1. Вибір комплектації обладнання.
2. Планування польових робіт, врахування особливостей об'єкта зйомки.
3. Вибір режиму вимірів. Дотримання технологій GPS вимірів.
4. Використання професійного програмного забезпечення для вирівнювання вимірювань.
5. Польовий та камеральний контроль вимірювань.
6. Об'єднання GPS методів з іншими приладами.
7. Використання диференціальних GPS сервісів.
8. Використання перманентної мережі базових станцій GPS, технологія VRS

ВИСНОВКИ ДО 2 РОЗДІЛУ

Сучасні вимірювальні технології пропонують широкий спектр способів вимірювань (традиційні оптико-електронні технології, лазерні наземні вимірювання, фотограмметрія, і.т.д.), але найбільш цікавими і ефективними для задач локального збору геоданих є супутникові GNSS-технології і побудовані на їх базі вимірювальні GNSS-приймачі.

Джерела помилок як і у звичайних геодезичних вимірах, можна виділити чотири основні джерела помилок: помилки спостерігача, помилки апаратури, вплив зовнішніх умов по трасі поширення сигналу, помилки математичної обробки.

Одним з головних факторів є те, що на положенні точок спостерігається величина, яка суттєво впливає на точність визначення місцеположення точки

спостереження а також характеризує взаємне положення супутників, так звана супутника геометрія.

У технічній літературі параметр, який характеризує вплив геометрії супутника на точність позиціонування, позначається символом DOP (Dilution of Precision-Defect of Precision). Цей параметр використовується для оцінки планованого положення та висоти точок спостереження.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ GNSS-ТЕХНОЛОГІЙ

3.1.GNSS-вишукування при виконанні топографічного знімання у масштабі 1:500

Планування GNSS-знімання є однією з найважливіших складових, яка дозволяє визначити часові інтервали, найбільш сприятливі для спостереження.

В результаті планування на даному об'єкті (Рис.3.1)за допомогоюGNSS Planning Onlinенами було встановленонайсприятливіші інтервали часу для спостережень як на 06.04.2021 р., так і на06.10.2021 р., що дало можливість визначити години в які краще проводити GNSS-знімання. Така ситуація (Рис.3.2, Рис.3.3) повторюється щодня, оскільки розташування супутників на небосхилі також повторюється щодня.

Поняття "найсприятливіший інтервал часу для спостережень" означає, що в даному інтервалі над горизонтом (над маскою) буде знаходитися шість і більше супутників, а PDOP буде по можливості близьким до одиниці.

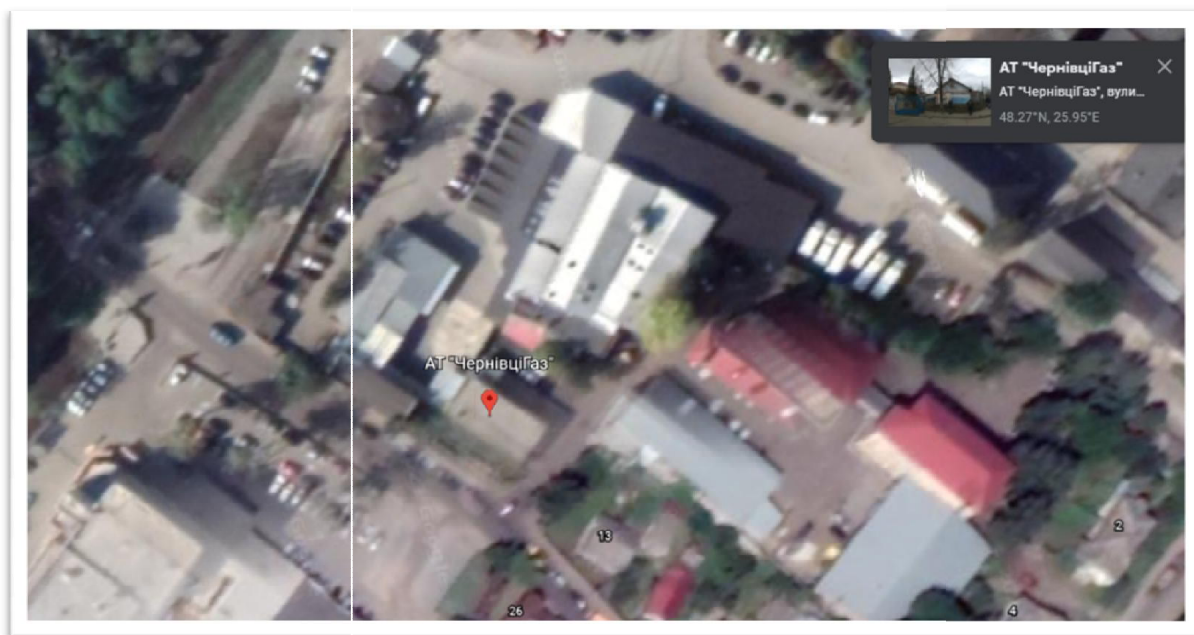


Рис.3.1. Територія АТ «Чернівцігаз»

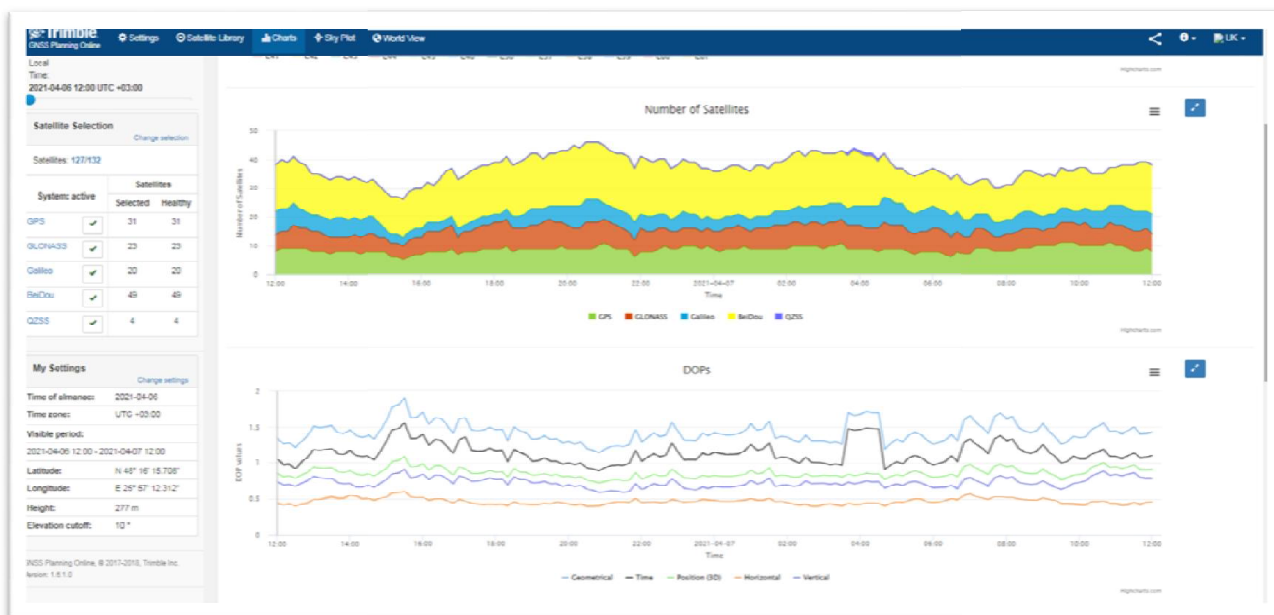


Рис.3.2.Значення похибки DOP, яка показує оптимальний час для проведення ГНСС спостережень на 06.04.2021 р.

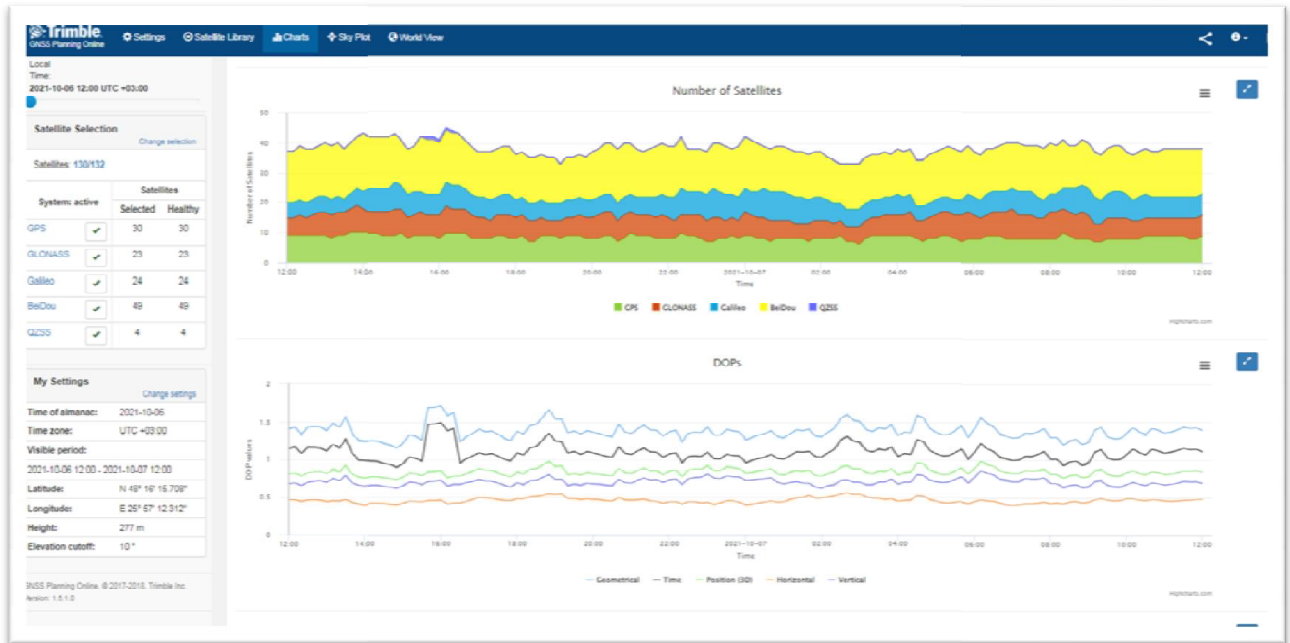


Рис.3.3.Значення похибки DOP, яка показує оптимальний час для проведення ГНСС спостережень на 06.10.2021 р.

Варто зауважити, що знімання ситуації місцевості було здійснено за допомогою GPS-приймача в режимі RTK (Рис.3.4), який забезпечений піврічною підпискою від System Solutions.

GPS-зйомка в режимі RTK (Real Time Kinematics - реальний кінематичний режим) є найбільш ефективним способом виконання топографо-геодезичних робіт, його основною перевагою є одержання координат з високою точністю безпосередньо під час виконання зйомки, а час одного виміру становить лише кілька секунд. Принципова відмінність виконання робіт у режимі RTK полягає у відсутності постобробки векторів та редагування супутникової інформації. Всі польові виміри записуються в пам'ять контролера, а потім передаються в комп'ютер, внаслідок чого на виході виходять координати пунктів із уже

відомою точністю. Винесення в натуру, розбивка профілів, обчислення відхилень від проектних значень - це неповне коло завдань, які можна виконати, працюючи тільки в режимі RTK.

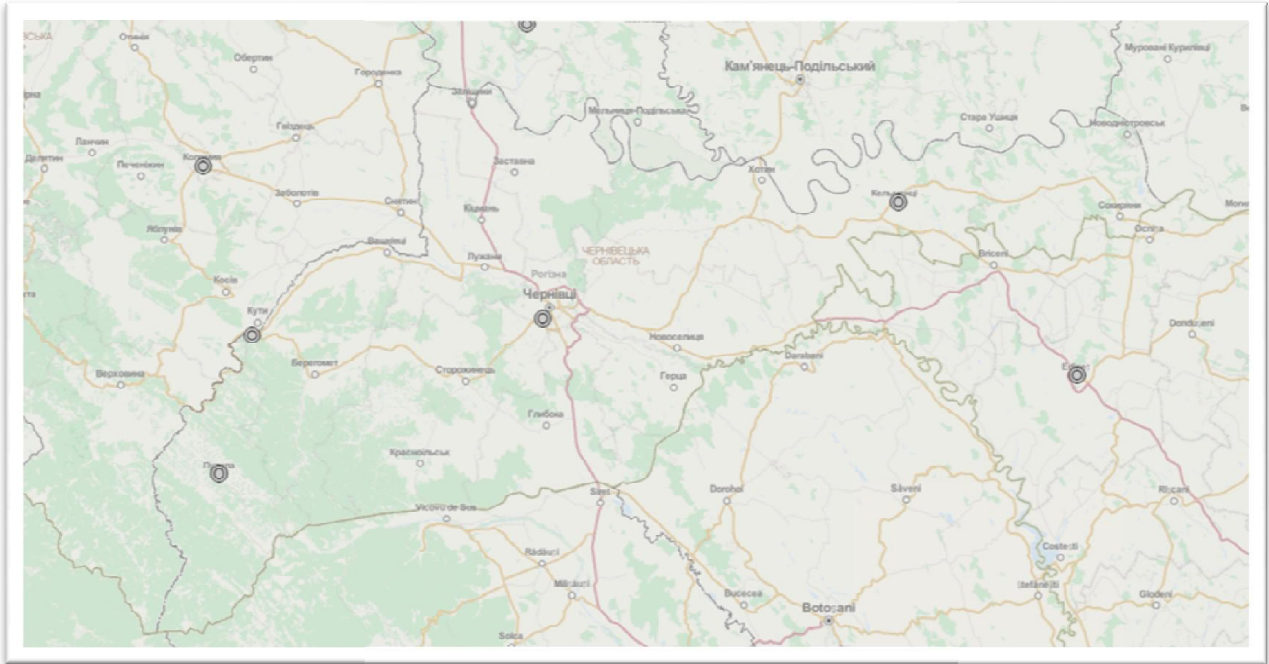


Рис.3.4.Розташування базових RTK-станцій Чернівецької області

3.2. Огляд технічних засобів та збір вихідних даних, необхідних для GNSS-знімання

Комплект GNSS RTK приймача SouthGalaxy G1 (КНР) з польовим контролером SouthH3Plus (Рис.3.5), програмним забезпеченням SurvX (Android версія, російське меню) і підпискою тривалістю 6 місяців на мережевий RTK сервіс.



Рис.3.5.GNSS приймач SOUTH Galaxy G1 та контролер South H3 Plus

GNSS приймач SOUTH Galaxy G1

Нове покоління GNSS приймачів маленького розміру і інноваційного дизайну, який отримав премію в області промислового дизайну ReddotDesignAward 2015, з відмінним функціоналом, розширеними можливостями, які полегшують і прискорюють роботу, такими як вбудований голосовий помічник.

GNSS приймач SouthGalaxy G1 здатний відстежувати супутники GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Galileo, Beidou. Серед додаткових функцій включають в себе автоматичне регулювання з допомогою електронного рівня, дозволяючи робити вимірювання набагато швидше і більш точно.

Приймач перевершує всі існуючі приймачі, насамперед завдяки вбудованому датчику нахилу це допомагає усунути помилку центрування в цій точці та автоматично вимірювати по шляху прямування. Все, що вам потрібно зробити, це поставити приймач вертикально і тримати його деякий час, а потім пристрій автоматично збереже точку без натискання кнопки «Зберегти».

GNSS-приймач SouthernGalaxy G1 оснащений перевіреною часом 220-канальною платою Trimble BD970, яка використовує технологію

PacificCrestMaxwell 6 для надійного відстеження супутників GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou і технології придушення багатопляховості Trimble Everest.

Цей чохол має двоканальний Bluetooth V2.1 і Bluetooth V4.0, що дозволяє підключатися до контролера, планшета, КПК або смартфона. Підтримка технології NFC (опціонально) дозволяє з'єднати контролер і приймач у пару за кілька секунд. Оновлений Galaxy G1 на новій платформі Linux A5-II оснащений модулем Wi-Fi, який можна підключати до веб-інтерфейсу приймача (режим точки доступу) або роздавати патчі на інші пристрої в режимі WIFI-клієнта.

Приймач оснащений сучасним стільниковим модулем 4G LTE / 3,5 G / EDGE / GPRS, що дозволяє швидко отримувати і відправляти поправки в стільниковій мережі через Інтернет (NTRIP, TCP / IP). УКХ-приймач також оснащений модулем для роботи в районах з поганим покриттям стільникового зв'язку або без нього.

Приймач можна використовувати з пристроями з різними операційними системами та підтримує різноманітне програмне забезпечення: Andriod (SouthEgstar, SurvX), WIN7/WIN8 (CarlsonSurvPC, MicrosurveyFieldGenius) і Windows Mobile (South EGSTAR, CarlsonSurvCE, MicroSurveyFieldGenius) . Таким чином, ви не обмежені у виборі обладнання та зборі польових даних від приймача в режимі реального часу.

Контролер South H3 Plus

South H3 Plus – це захищений контролер нового покоління від компанії SOUTH для збору і візуалізації польових вимірювальних даних.

Контролер South H3 Plus працює під операційною системою Android 6.0 і оснащений потужним процесором 1,3 ГГц. Виготовлений з легкого і міцного магнієвого сплаву, витримує падіння на бетон з висоти 1,5 метрів, захист від пилу і вологи контролера відповідає стандарту IP68, крім того, вбудована Li-ion

аккумуляторна батарея ємністю 6500 мА/год забезпечує тривалий час роботи в полі більше 10 годин.

South H3 Plus має слот для двох SIM карт і обладнаний вбудованим ГНСС модулем, здатним приймати сигнали від супутників GPS, ГЛОНАСС, SBAS в діапазоні L1. Підтримує карти пам'яті microSD до 64 Гб, оснащений різними датчиками, такими як барометр, NFC, гіроскоп, електронний компас, G-сенсор. Нове покоління Bluetooth V4.0, а також модуль WIFI дозволяють працювати на відстані до 10 метрів і 8 годин безперервного з'єднання. Контролер оснащений 8 Мп камерою з автофокусом.

Контролер поставляється з ПЗ (ліцензія) для роботи з GNSS приймачами SOUTH у RTK режимі.

3.3. Основні параметри методики супутникових спостережень для створення опорних геодезичних мереж із застосуванням ГНСС

Методика проведення геодезичних робіт при створенні планової опорної геодезичної мережі сформована давно, включаючи основні нормативні документи, яких необхідно неухильно дотримуватися при організації геодезичних зйомок. Це стосується і робіт, пов'язаних із використанням супутникових технологій. Повністю розроблені і обґрунтовані методи - обов'язкова умова успішного виконання будь-якого завдання. Сукупність певних прийомів і формують спосіб виконання роботи. Однак при вирішенні будь-якої задачі недостатньо просто перерахувати методи, їх потрібно спроектувати і спростити в цілісну систему, щоб визначити порядок їх застосування. Слід зазначити, що при розгляді способу використання супутникової технології для створення геодезичної мережі ми матимемо справу з відносно статичними методами вимірювання.

Основні вимоги до здійснення GNSS спостережень узагальнені в положеннях, інструкціях та інших технічних документах. Дотримання певних специфікацій і правил дозволяє мінімізувати неминучі похибки і запобігти накопиченню помилок у процесі вимірювань, тим самим підвищуючи точність визначення необхідних параметрів. [11]

У 80-х рр. геодезисти багатьох країн почали робити спроби використання системи NAVSTAR GPS для створення планових опорних геодезичних мереж, які були досить успішними. І вже у 90-х рр. були розроблені певні рекомендації та нормативні документи, які передбачали застосування ГНСС для створення планових геодезичних мереж, в тому числі мереж, пункти яких служать для розповсюдження на всю територію країни єдиної системи координат. Останні стали основою для топографічного знімання усіх масштабів території країни, що задовольняє потреби господарства держави, її оборони, розвитку науки та потреб цивільного населення. В Україні такі мережі названо державними геодезичними мережами (ДГМ).

У всіх країнах/регіонах вимірювальні мережі складаються з кількох типів взаємопов'язаних мереж. У нормативних документах висувуються вимоги до точності та щільності кожного типу мережевих точок, плану його побудови та складських номерів.

Для створення високоточної геодезичної мережі використовують найточніший метод супутникового спостереження - відносно статичний.

В нормативній літературі багатьох країн (Україна, Росія, Білорусія, Польща, Великобританія, США, Австралія, Гонконг, Єгипет та ін.) регламентують основні параметри методики супутникових спостережень. Загальноприйнятими у світовій практиці є такі: тип приймача, яким потрібно виконувати спостереження; тривалість сеансів спостережень; мінімальна кількість супутників, сигнали яких одночасно повинні приймати

приймачі; максимальне допустиме значення GDOP; мінімальна висота супутників над горизонтом; інтервал реєстрації супутникових сигналів.

Діапазон віддалей між приймачами в кожному класі мережі залежить від прийнятої щільності її пунктів.

В табл. 3.1 наведені нормативні значення параметрів методики супутникових спостережень, які діють в Україні. Таблиця складена використовуючи "Інструкцію про побудову ДГМ з використанням СРНС" [10].

Таблиця 3.1.

Основні параметри методики відносних статичних спостережень при створенні державних мереж України

№ п/п	Найменування вимоги	Клас мережі		
		1	2	3
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	Довжини сторін, км найдовша найкоротша	150/50	20/5	10/2
2	Кількість сторін в ході не більше	3	6	6
3	СКП положення пунктів, мм	>5	3-5	5
4	Відносна помилка вимірювання сторін, не більше	–	1:300 000	1:200 000
5	Мінімальна висота супутників над горизонтом, градус	10	15	15
6	Максимальне GDOP	5	5	5
7	Дискретність реєстрації сигналів супутників, сек	30	15 при 10 км/30 при 10 км	10 при 3 км /15 при 3 км

8	Тип приймача	двочастотний	двочастотний/ одночастотний	двочастотний/ одночастотний
9	Мінімальна кількість приймачів	4/6	4/5	4/5
10	Мінімальна кількість супутників	5	4/5	4/5

Нормативні документи, особливо ті, які ми розглядаємо, вимагають визначення розташування всіх категорій точок мережі в єдиній системі координат. З цією метою вони пов'язують створені ними мережі з проектами високого класу, кількість яких залежить від рівня точності створюваних мереж.

Для високоточних мереж рекомендується використовувати принаймні три години або принаймні чотири години як вихідні. Якщо ви проектуєте мережу низького класу з менш суворими вимогами до точності, деякі рекомендації дозволяють вам зв'язатися з двома вихідними точками. Допустима відстань для нових проектів, пов'язаних із вихідними, також залежить від типу створюваної мережі. У більшості випадків його максимальне значення близьке до максимальної довжини сторони, дозволеної в запроєктованій мережі.

Прив'язку пунктів супутникових мереж до пунктів ДГМ виконують статичним методом, не менше як двома сеансами двочастотними приймачами. Тільки у разі, якщо пункти віддалені від пунктів ДГМ не більше ніж на 10 км, то прив'язку дозволяється виконувати одночастотними приймачами.

Для підвищення точності отриманих результатів мережа повинна бути геометрично збалансованою, кожен вектор визначається двома незалежними сеансами зі зміною сузір'я супутників.

Якщо спостереження виконувалися в несприятливих умовах, внаслідок чого точність супутникових визначень погіршувалася, то в такому разі вимірювання повторюють, при іншій конфігурації супутників.

Для досягнення необхідної точності супутникових визначень, виконуючи спостереження, потрібно дотримуватися, як вже вказувалося вище, встановлених значень таких параметрів, як: найменша кількість супутників, дискретність супутникових сигналів, мінімальна висота супутників над горизонтом, параметри геометричної конфігурації супутників (здебільшого GDOP та PDOP).

Для розрахунку зміни параметра GDOP використовують альманах ефемерид супутників за датою не пізніше двох тижнів для кожного пункту, величина даного параметру повинна бути меншою 5-ти одиниць.

Нормативні вимоги до параметрів супутникових спостережень при створенні геодезичних мереж дозволяє звести до мінімуму, насамперед, систематичні помилки та не допустити їх нагромадження, тобто практично отримати потрібну точність визначення положення пунктів.

Проаналізувавши деякі інструкції та пропозиції щодо використання супутникових радіонавігаційних систем, можна зробити висновок, що в цілому методи та вимоги мають багато спільного. Зокрема, що стосується умов спостереження, фактори, які слід враховувати, є стандартними: мінімальна кількість супутників, які слід спостерігати одночасно, висота супутника над горизонтом, наявність або відсутність перешкод сигналу, параметри PDOP або GDOP, інтервал реєстрації супутникового сигналу, кількість приймачів тощо.

Крім того, побудова мережі також здійснюється таким же чином. Якщо є різниця, це не матиме значення, і це залежить від особливостей будівництва мережі в країні. Основна відмінність полягає у визначенні стандартів точності та класифікації мереж за заданими параметрами.

3.4. Камеральна обробка результатів знімання

При камеральній обробці результатів польових робіт необхідновисокопродуктивне та багатofункціональне програмне забезпечення, для переведення растрової інформації в цифровий вигляд та формування власне цифрової картки. Робота з векторною інформацією.

При топографічному картографуванні на комп'ютері можуть використовуватися цифрові фотограмметричні станції (ЦФС), геоінформаційні системи (ГІС) та видавничі пакети. Тому програми для роботи з графічними даними у топографії, а саме різні системи автоматизованого проектування (САПР) та ГІС, вкрай важливі в процесі створення, оформлення та оновлення цифрової моделі місцевості. На даний момент сучасний ринок супутникової апаратури представлений великим вибором супутникових приймачів. Великі фірми виробники оцінили можливість застосування інтегрованих супутникових технологій для виробництва різних топографо-геодезичних та картографічних робіт.[20]

Для обробки нашого знімання загрузаємо отримані координати у програмний продукт AutoCAD 2020. Наведені нижче рисунки (3.6-3.9) демонструють покрокову обробку даних вишукування.

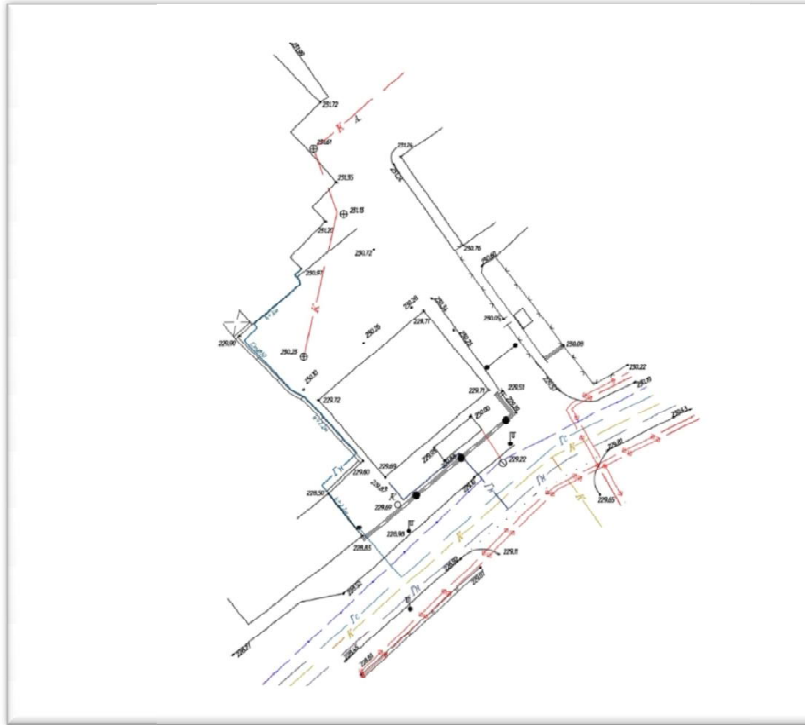


Рис.3.8. Нанесення на план підземних комунікацій

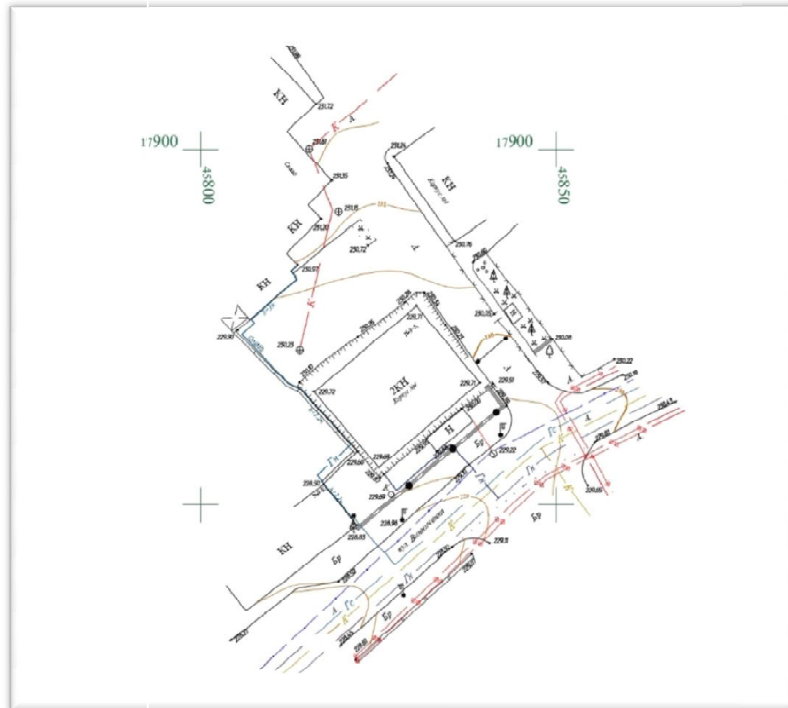


Рис.3.9. Нанесення на план рельєфу, рослинності, надписів та хрестів координатної сітки

Отримані результати знімання до реконструкції та після реконструкції можна переглянути нижче (Додатки В, Г).

ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ

6 квітня 2021 року, а згодом і 6 жовтня 2021 року на території АТ «Чернівцігаз» було проведено топографічне знімання. GNSS-вишукування забезпечив комплект GNSS RTK приймача South Galaxy G1 (КНР) з польовим контролером South H3 Plus.К

Продемонстровано загальну інформацію про даний технічний засіб.

Було виконано покрокову камеральну обробку, отриманих під час знімання координат. Порівнюючи отримані результати вишукування, можемо дійти до висновку, що точність GNSS-спостережень мало залежить від погодніх умов (дощу, снігу, високої чи низької температури, а також вологості), оскільки проведені в різні місяці зйомки мають похибку 1-2 см.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання поставлених завдань одержано наступні висновки:

1. Обґрунтовано теоретичні відомості про GNSS-технології:
 - розглянуто історичні передумови, розвиток та сучасний стан GNSS-технологій та коротко відображено інформацію про локальні системи ГНСС. (GPS, Galileo, ГЛОНАСС, та ін.);
 - наведено детальний перелік сфер застосування GNSS-спостережень;
2. Розглянуто методико-технологічні особливості використання GNSS-технологій:
 - надано загальний алгоритм планування і проведення GNSS-знімачів та порядок розрахунку коефіцієнтів, що характеризують точність спостережень;
 - виявлено програмно-апаратні засоби для планування GNSS-знімачів (наведено приклад мобільного додатку GNSS View та онлайн-рішення Trimble GNSS Planing);
3. Виконано топографічне знімання у масштабі 1:500 з використанням GNSS-технологій;
 - надано основні параметри методики супутникових спостережень для створення опорних геодезичних мереж із застосуванням ГНСС;
 - здійснено камеральну обробку отриманих результатів знімання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яценков В.С. Основи спутникової навігації. Системи GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 272 с.
2. Стопхай Ю., Висотенко Р. Обробка GPS-спостережень, виконаних на пунктах фундаментальної геодезичної мережі України в 2000 році. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Л.: Вид-во «Ліга-Прес», 2003. – С. 48-54.
3. СоюзГипрозем. GNSS измерения [Електронний ресурс]. СоюзГипрозем. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.souzgiprozem.ru/tehnologii-gnss-izmereniya.html>.
4. Савчук С.Г., Гринишина-Полюга О.Я. Встановлення вихідних координат референсних станцій мережі ZAKPOS. С.Г. Савчук, О.Я., Геодезія, картографія і аерофотознімання – 2009. – № 72. – С. 3-13.
5. Савчук С., Проданець І.І., Калинич І.В. Перша мережа активних референсних станцій в Україні ZAKPOS. Етапи становлення та початок діяльності. Геопрофіль. – 2010. – № 1. – С.16-23.
6. Савчук С., Калинич І., Третьак К. Супутникова система спостережень – елемент ефективного управління земельними ресурсами. Землевпорядний вісник. – Київ, 2007. – №1. – С.37–43.
7. Повідомлення про оприлюднення проекту постанови Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до Порядку побудови Державної геодезичної мережі» [Електронний ресурс]. Держгеокадастр. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://land.gov.ua/info/proekt-postanovy-kabinetu-ministriv-ukrainy-pro-vnesennia-zmin-do-poriadku-pobudovy-derzhavnoi-geodezichnoi-merezhi/>.

8. Планування геодезичного знімання GPS [Електронний ресурс]. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://bibl.com.ua/astromoiya/5840/index.html?page=6>.
9. Краснориллов И. И. Основы спутниковой геодезии – М.: Недра, 1991– 112 с.
10. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3501>.
11. Загретдинов Р.В. Создание опорных геодезических сетей с помощью ГНСС Загретдинов Р.В. Институт физики. – 2013.
12. Загретдинов Р.В. Планирование спутниковых геодезических измерений, Учебно-методическое пособие, К., К(П)ФУ, 2013.
13. Ефременко П.Е., Горб А.И. Специализированное GNSS-оборудование для сбора ГИС-данных. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів.: Вид-во Львівської політехніки. – 2011. – Вип. II (22). – С.82-86.
14. Ефременко П.Е. Программно-аппаратные GNSS-средства для создания и актуализации ГИС-проектов / Ефременко П.Е., Шевченко М.В., Горб А.И.. ООО «Навигационно-геодезический центр». – 2013.
15. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. Под ред. В. Н. Харисова, А. И. Перова, В. А. Болдина. - М.: ИПРЖР, 1998. - 400 с.: ил.
16. Бородко Е. А. Разработка методики и технологии обновления топографических планов на основе интегрированной аппаратуры спутникового определения координат и ГИС технологий : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. : спец. 25.00.35 "Геоинформатика" / Бородко Евгений Александрович – Москва, 2007. – 21 с.

17. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Том. 2. М. Картгеоцентр 2006.
18. Jones C. Geographical Information Systems and Computer Cartography. Longman Limited. – 1997. – 319 p.
19. GPS (GNSS)-технологии [Электронный ресурс]. Сибгеомап. – 2010. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.sibgeomap.com/technology/gpstech>.
20. Ahmed El-Rabbany Introduction to GPS. The Global Positioning System. 2002– 193 p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Координати отримані під час знімання на території АТ «Чернівцігаз»

06.04.2021 р.

ST,5339623.090,2259523.027,230.871	с624,5339567.362,2259503.697,228.305
pp,5339606.826,2259539.216,229.767	ор25,5339567.792,2259500.661,228.476
ор,5339620.500,2259530.405,230.636	ор26,5339581.584,2259517.533,228.829
ор0,5339611.051,2259537.145,230.051	ор27,5339580.870,2259518.033,228.880
ор1,5339610.319,2259537.617,230.010	леп28,5339582.236,2259523.948,228.981
шл2,5339604.508,2259534.810,229.728	леп29,5339594.133,2259537.916,229.446
в3,5339601.190,2259537.177,229.551	л30,5339591.475,2259536.896,229.216
в4,5339604.902,2259541.803,229.742	леп31,5339571.694,2259524.058,228.752
в5,5339605.653,2259542.710,229.859	леп32,5339571.666,2259524.055,228.764
о6,5339607.500,2259545.268,230.080	д33,5339564.602,2259515.112,228.448
о7,5339602.092,2259549.373,230.051	ор34,5339562.659,2259517.257,228.606
о8,5339604.681,2259554.031,230.216	ор35,5339562.142,2259517.461,228.917
д9,5339602.396,2259555.072,230.186	ор36,5339577.303,2259533.668,229.065
д10,5339599.915,2259549.619,229.896	ор37,5339576.966,2259533.966,229.029
д11,5339599.894,2259548.568,229.848	д38,5339578.415,2259530.990,228.920
д12,5339600.334,2259546.568,229.679	д39,5339579.638,2259533.305,229.029
д13,5339601.521,2259544.516,229.571	д40,5339579.005,2259536.216,229.112
о14,5339598.080,2259538.602,229.406	д41,5339587.088,2259541.237,229.263
д15,5339598.267,2259538.765,229.393	д42,5339593.070,2259551.241,229.812
д16,5339596.467,2259539.431,229.359	д43,5339591.594,2259550.239,229.869
д17,5339594.722,2259539.088,229.355	д44,5339589.339,2259549.388,229.774
д18,5339593.911,2259538.473,229.331	д45,5339586.966,2259550.101,229.645
д19,5339589.567,2259532.977,229.100	д46,5339595.742,2259556.527,230.087
д20,5339573.757,2259514.958,228.521	д47,5339598.565,2259562.517,230.427
д21,5339572.704,2259509.066,228.515	ор48,5339603.462,2259534.459,229.740
д22,5339565.554,2259499.754,228.271	к49,5339586.255,2259522.887,229.843

с623,5339566.355,2259497.590,228.376	к50,5339585.509,2259522.007,229.688
	вгаз51,5339583.015,2259517.365,229.360

Додаток Б

Координати отримані під час знімання на території АТ «Чернівцігаз»

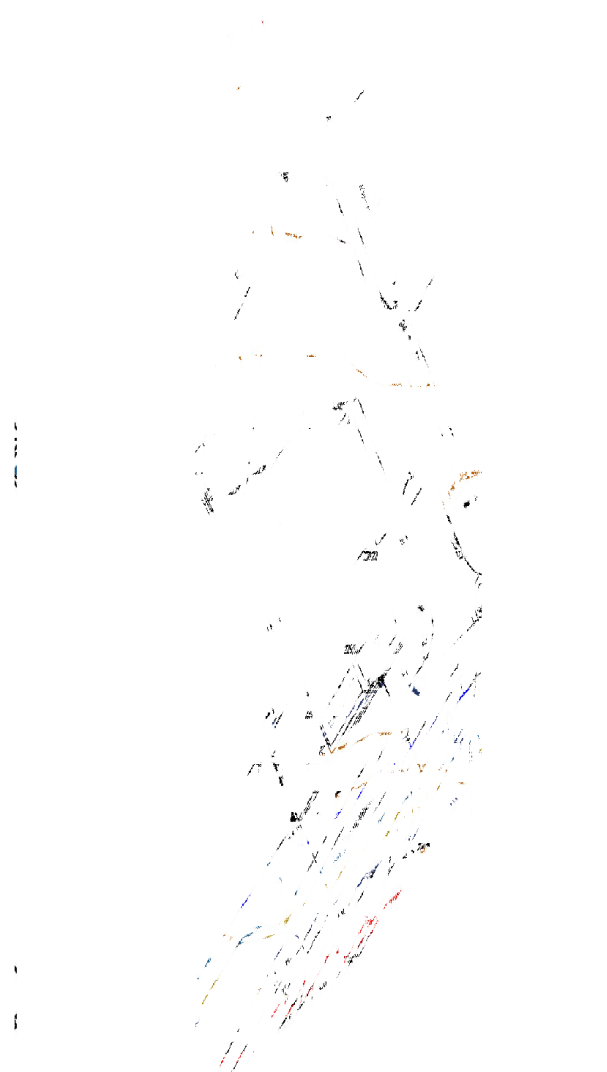
06.10.2021 р.

ук,5339605.323,2259533.463,229.791	бс16,5339601.034,2259535.657,229.188
ук0,5339609.794,2259530.314,230.232	в17,5339601.407,2259536.889,229.509
ук1,5339614.229,2259527.327,230.335	нуль18,5339601.680,2259535.429,229.706
ук2,5339614.266,2259526.124,230.348	бс19,5339601.031,2259535.678,229.196
ук3,5339612.950,2259524.589,230.281	ук20,5339600.387,2259536.074,230.056
ук4,5339608.178,2259517.959,230.263	ук21,5339600.743,2259535.761,229.226
ук5,5339604.561,2259512.694,230.137	ук22,5339598.120,2259532.447,229.155
ук6,5339601.849,2259509.717,230.101	ук23,5339597.997,2259532.506,229.997
нуль7,5339601.544,2259510.822,229.748	ук24,5339593.886,2259527.462,229.925
бс8,5339599.971,2259511.171,230.153	ук25,5339593.937,2259527.184,229.334
укн9,5339607.451,2259518.573,229.441	ук26,5339588.820,2259520.929,229.154
укн10,5339609.930,2259521.167,229.444	ук27,5339588.331,2259520.922,229.865
укн11,5339613.178,2259525.647,229.323	ук28,5339591.788,2259517.699,229.595
укн12,5339613.441,2259527.433,229.464	бс29,5339589.167,2259520.068,229.843
нуль13,5339612.666,2259526.340,229.710	бс30,5339588.797,2259521.575,229.528
укн14,5339608.294,2259530.652,229.346	нуль31,5339589.506,2259520.742,229.693
бс15,5339602.792,2259536.522,229.579	нуль32,5339598.174,2259538.627,229.389

Додаток В

Топографо-геодезичні вишукування
вул. Винниченка, буд. 9-А, м. Чернівці (до реконструкції)

7-1-001

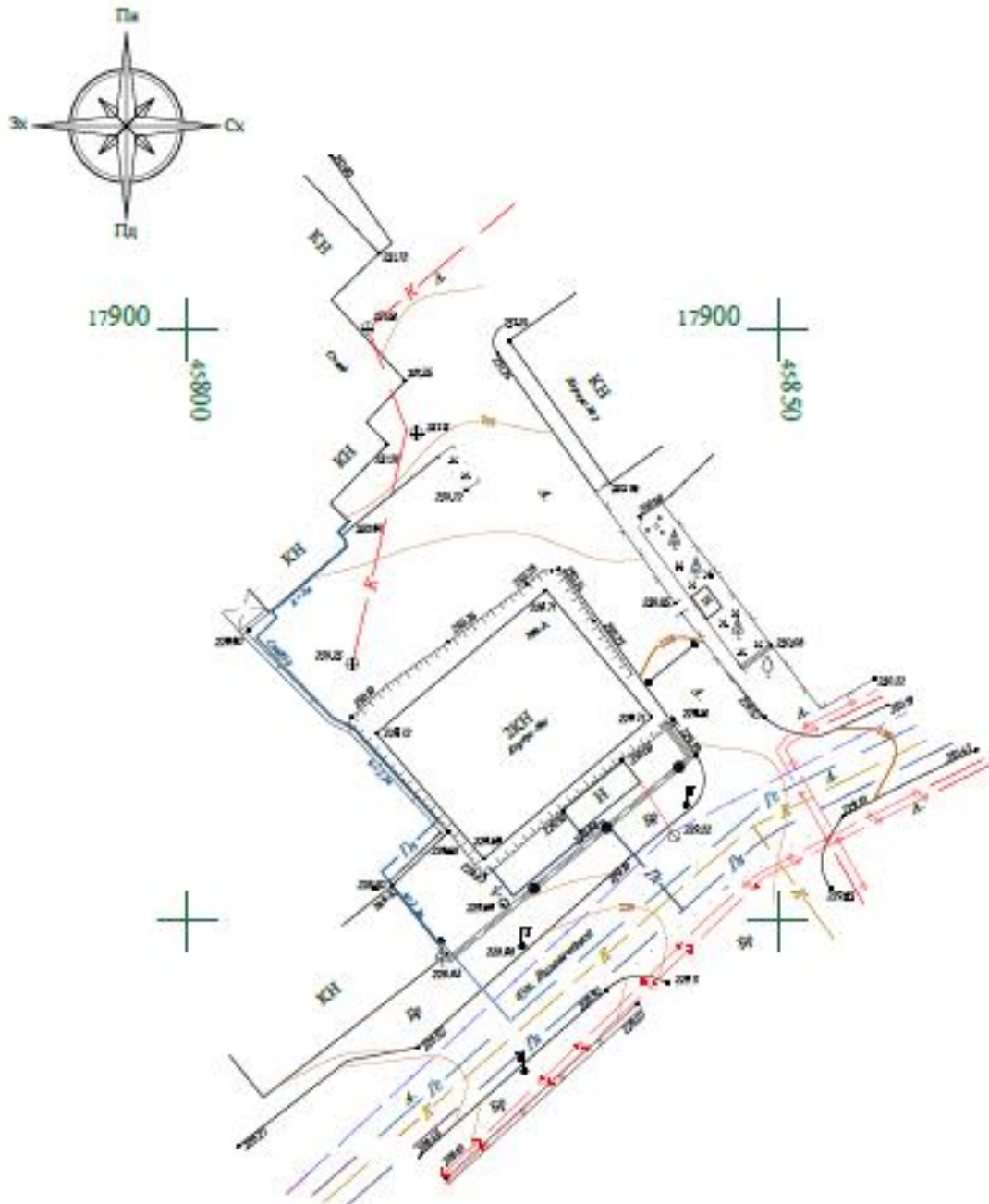


ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН (масштаб 1 : 500)

Система висот: Балтійська .Система координат: місцева м. Чернівці

Додаток Г

Топографо-геодезичні вишукування
вул. Винниченка, буд. 9-А, м. Чернівці (після реконструкції)



ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН (масштаб 1 : 500)

Система висот: Балгійська .Система координат: місцева м. Чернівці