



**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет лісового господарства,
деревооброблювальних технологій та
землевпорядкування**

**Кафедра управління земельними ресурсами,
геодезії та кадастру**

Супутникова геодезія та сферична астрономія

**Методичні вказівки
до виконання практичних робіт**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

**Харків
2024**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет лісового господарства, деревооброблювальних технологій та
землевпорядкування
Кафедра управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

Супутникова геодезія та сферична астрономія

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено
рішенням Науково-методичної
ради факультету лісового
господарства,
деревооброблювальних
технологій та
землевпорядкування
Протокол № _____
від _____ р.)

**Харків
2024**

УДК 528.7:521.9](072)
С-92

Схвалено на засіданні кафедри управління земельними ресурсами,
геодезії та кадастру
Протокол №1 від 28 серпня 2024р.

Рецензенти:

С-92 Супутникова геодезія та сферична астрономія: методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій», укладачі: А.О. Сєдов; ДБТУ. – Харків: 2024. – 41 с.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Супутникова геодезія та сферична астрономія» містять опис, структуру та методику виконання практичних робіт для денної та заочної форм навчання здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

УДК 528.7:521.9](072)

Відповідальний за випуск:

© Сєдов А.О., 2024

© ДБТУ, 2024

Вступ

Технології глобального позиціонування (GPS, Galileo) дозволяють вирішувати геодезичні завдання різного рівня: від розвитку державної геодезичної мережі до інвентаризації земельних ділянок. Практика показує, що у разі застосування супутникових геодезичних вимірів продуктивність праці зростає в десятки разів. Залежно від необхідної точності визначення координат, ліміту часу на виміри, умов виконання робіт застосовуються GPS(GNSS)-приймачі різних типів.

Сучасні підходи до створення кадастрових баз даних допускають широке використання сучасних методів геодезичних вимірів, у першу чергу – технологій супутникових вимірів. Супутникова радіонавігаційна система, або як вона ще називається, глобальна система визначення місця розташування, забезпечує високоточне визначення координат і швидкості об'єктів у будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час доби, у будь-яку погоду, а також точне визначення часу.

Глобальні супутникові навігаційні системи є ефективними інструментами для вирішення завдань геодезії. Для ефективного використання цих систем у геодезичних цілях потрібно уважно підходити до вибору методу спостережень, пунктів мережі, устаткування, до планування й організації спостережень тощо.

Обладнання супутникової навігації застосовується не лише у повсякденному житті, а й стало звичайним засобом у землеустрої, при моніторингу, зйомках місцевості та геодезичних роботах. Випуск порівняно недорогої споживчої апаратури обумовив початок її входження в наш побут, спорт, туризм і мандрювання.

Опис методів супутникових вимірювань

Для вирішення різних завдань визначення точних координат окремих точок, послідовних вимірів місця розташування безлічі точок, безперервних координатних визначень у процесі руху автомобіля тощо розроблений ряд методів виконання вимірів. Ці методи відрізняються технологією виконання робіт й одержуваною точністю обчислення вектора бази.

Визначення координат одного пункту називається «абсолютним визначенням положення» пункту. Воно виконується за допомогою одного приймача, що вимірює кодові дальності до супутників (чотирьох і більше).

Визначення координат одного пункту щодо відомих координат іншого пункту називається «відносним визначенням положення» пункту. Воно виконується за допомогою двох приймачів на двох пунктах, які одночасно вимірюють кодові дальності або фази несучої частоти до тих самих супутників. Точність визначення вище, ніж в абсолютному методі, тому що задіяні спостереження із двох пунктів. Звичайно приймач, який встановлений на пункті з відомими координатами, є стаціонарним під час спостережень.

Отже, термін «відносний» вживається у випадку спостережень фази несучої частоти, а у випадку спостережень кодової дальності використовується термін «диференціальний». Абсолютний метод використовується в навігації, а відносний – у геодезичній зйомці.

Для виконання супутникових вимірювань застосовуються такі методи:

- статичний (Static);
- швидкостатичний (Fast Static, Rapid Static);
- псевдокінематичний (псевдостатичний, реокупація);
- кінематичний (Stop&Go, Real-Time Kinematic – RTK).

Статичний метод (СМ) вважається «класичним» методом супутникових вимірів. Метод припускає, що вимірювання виконуються одночасно між двома і більше нерухомими приймачами тривалий період часу. За час вимірювань змінюється геометричне розташування супутників, яке відіграє значну роль у підвищенні точності. Великий обсяг вимірювань дозволяє зафіксувати пропуски циклів і правильно їх змоделювати.

Статичний метод застосовується під час виконання високоточних робіт, вимірів векторів більше 15-20 км, а також у разі обмежених вікон спостережень з мінімальною кількістю супутників.

Тривалість сеансу залежить від довжини вимірюваних ліній, кількості одночасного спостереження супутників, типу приймачів і необхідної точності. Протягом 90% часу під час спостережень повинні прийматися сигнали не менше ніж від чотирьох супутників.

Основні вимоги статичного методу:

- спостереження на пункті не менше чотирьох супутників;
- інтервал запису – 20 с.

Швидкостатичний метод (ШСМ) супутникових вимірів поєднує в собі високу точність статичного методу з перевагою короткого часу спостережень.

Це досягається за рахунок оптимального використання всіх доступних якісних вимірів при двох частотах. ШСМ реалізується двочастотними приймачами за наявності програми обробки вимірів. З-за короткого періоду вимірювань СМ чутливий до нестачі вимірювань. Так само робить вплив розташування і кількість захоплених супутників, інтервал запису.

ШСМ застосовується під час вимірів векторів до 10-15 км, у мережах з великою кількістю пунктів (точок). Тривалість сеансу залежить від довжини вимірюваних ліній.

Основні вимоги ШСМ:

- спостереження на пункті не менше п'яти супутників;
- при переміщенні з пункту на пункт підтримувати захоплення не потрібно;
- інтервал запису – 5-10 с.

Псевдокінематичний метод (ПКМ) застосовується, в основному, під час роботи з одночастотними приймачами.

ПКМ зменшує час вимірювань в порівнянні зі статичним методом за рахунок використання двох 5-10-хвилинних періодів спостережень, розділених годинним (і більше) інтервалом, з тим щоб змінилося взаємне розташування спостережуваних супутників. Це означає, що мобільні приймачі можуть відвідати кілька пунктів (точок) створеної мережі по 5-10 хв вимірювань на кожному протягом приблизно однієї години. Потім цикл повторюється за тими ж пунктами.

У процесі постобробки виміру отримані дані в першому і повторному відвідуваннях об'єднуються в одне рішення. Недолік ПКМ – необхідність подвійного відвідування пункту, що збільшує час, який витрачається на переміщення і установку на пункті.

ПКМ застосовується в мережах з короткими відстанями між пунктами, а також у випадку, коли не вдалося вирішити неоднозначність під час вимірів іншими методами.

Основні вимоги ПКМ:

- спостереження не менше чотирьох супутників в обох відвідування пункту;
- інтервал запису – 5-10 с;
- перерва між відвідуваннями не менше години;
- однакова висота антени в обох відвідуваннях пункту.

Stop&Go-кінематика передбачає виконання одночасних спостережень між референцним і мобільним (одним і більше) приймачами. Визначення координат виконується за безпосередньої установки антени на визначених пунктах, тобто вимірювання належать до закріплених точок на місцевості. За

рахунок безперервності роботи приймачів зростає обсяг вимірювань, що дозволяє отримати точність, яку можна порівняти зі статичним методом.

Метод Stop&Go застосовується в мережах з великою кількістю пунктів (точок) на відкритій місцевості. Тривалість часу вимірів на пункті – до 1-2 хв.

Основні вимоги методу Stop & Go:

- ініціалізація до початку виконання вимірювань;
- підтримання постійного захоплення не менше чотирьох супутників під час руху;
- інтервал запису – 5-10 с;
- у разі втрати захоплення супутників необхідно повернутися на попередню певну точку і повторити вимірювання або заново виконати процедуру ініціалізації.

RTK подібна до Stop&Go-кінематики за технологією виконання польових робіт, але різниться за технологією обробки. RTK заснована на передачі поправок до вимірювання псевдовідстаней від референцного приймача до мобільного через пристрій зв'язку (радіомодем, GSM-модем, WiFi-роутер). Під час спільної обробки вимірювань референцного та мобільного приймачів визначаються координати пункту, на якому встановлено мобільний приймач. Результати, на відміну від інших методів, видаються негайно (в польових умовах) після виконання вимірювань.

Точність вимірювань сучасними геодезичними супутниковими приймачами залежить від типу приймача і вибраного методу вимірювань.

Таблиця 1

Стандартні показники точності

Метод	Середня відстань між пунктами, км	Тривалість сеансу	Абс. і відн. похибки вимірювання відстані	Примітки
Статичний	до 20	близько 1 години	$5\text{мм}+1*10^{-6}*\text{Дмм}$ 1:100000 – 1:5000000	для двочастотного приймача
Швидко- статичний	до 10	5-10 хв	$5-10\text{мм}+1*10^{-6}*\text{Дмм}$ 1:100000 – 1:1000000	для двочастотного приймача
Псевдокінематичний	до 10	20 хв (2 рази по 10 хв)	$10\text{мм}+1*10^{-6}*\text{Дмм}$ 1:50000 – 1:500000	переважно для одночастотного приймача
Stop & Go	до 5	до 2 хв	$10-20\text{мм}+1*10^{-6}*\text{Дмм}$ 1:100000 – 1:1000000	переважно для одночастотного приймача
RTK	5-10 (залежно від радіомодема)	до 1 хв	10-20мм	за наявності пристроїв зв'язку

Точність визначення геодезичних висот, як правило, в 1,5 раза нижче точності визначення векторів.

Виконання лабораторно-практичних робіт

Лабораторно-практична робота №1. Будова, характеристика і налаштування одночастотного GPS-приймача «Magellan eXplorist 500» для виконання ним зйомки місцевості

Мета роботи: вивчення будови, характеристик і налаштування одночастотного GPS-приймача «Magellan eXplorist 500» для виконання ним зйомки місцевості.

GPS-навігатор – прилад, основною функцією якого є прийом сигналів від супутників GPS і обрахування Вашого місця розташування (визначення координат). Крім того, за допомогою навіть самих простих GPS-навігаторів можна записувати Ваші координати у вигляді дорожніх точок, складати з них маршрути, керуючись покажчиками визначати напрямок на потрібну точку, автоматично запам'ятовувати координати по ходу руху (треки).

Більш складні прилади мають можливість завантаження і відображення електронної карти (як правило, у власному форматі). Деякі GPS-навігатори мають вбудований магнітний компас і барометричний висотомір. Компактні ручні GPS-навігатори активно використовуються мисливцями, рибалками, туристами, мандрівниками.

GPS-навігатор здатний виконувати свої функції у повністю автономному режимі, надаючи користувачу дані про поточні координати, напрямок руху, точки маршруту, найкоротші відстані до місця призначення, розрахунковий час в дорозі та ін. GPS-навігатор може обмінюватись даними з ПК або КПК за наявності відповідного програмного забезпечення і апаратних засобів.

На сьогодні налічується більше 1000 моделей GPS-навігаторів. Окреме місце в цьому ряду посідає «Magellan eXplorist 500» – кольоровий LCD-дисплей, наявність 16 Мб вбудованої пам'яті, можливість підключення векторних карт і функція геокешування (завантаження координат з Інтернету) – вигідно відрізняють цю модель від інших.

Незважаючи на те, що для виконання геодезичних і кадастрових робіт застосовується високоточне навігаційне забезпечення, то для освоєння принципів супутникових технологій ця модель повністю відповідає поставленим у лабораторно-практичній роботі вимогам.

Прийняті умови і домовленості

Курсивом виділено меню програм, команди меню, діалогові вікна і поля в діалогових вікнах.

Символами типа “**MARK**” позначається використання функціональної клавіші приймача, яку необхідно нажати.

Шрифтом **Courier** виділено те, що виводиться на екран дисплея.

Шрифтом **Arial** виділено ту інформацію, яку треба ввести в приймач або вибрати зі списку.

Таблиця 2

Основні фізичні і технічні характеристики приймача


<i>Тип</i>	портативний
<i>Сфера застосування</i>	універсальний
<i>Вбудована карта</i>	так
<i>Можливість завантаження карти місцевості</i>	так
<i>Розмір вбудованої пам'яті</i>	16 Мб
<i>Функція розрахунку маршруту</i>	так
<i>Вбудований комп'ютер</i>	так
Екран	
<i>Тип екрана</i>	LCD-Кольоровий
<i>Кількість кольорів/градацій екрана</i>	16
<i>Діагональ екрана</i>	2.25 дюйм.
<i>Роздільна здібність екрана</i>	122x160 пікселів
<i>Підсвічування екрана</i>	так
Живлення	
<i>Елементи живлення</i>	власний Li-Ion
<i>Кількість елементів живлення</i>	3 лужні, або літєві батареї розміру ААА, або 9-16 В постійного струму від зовнішнього джерела
<i>Час роботи</i>	17 годин
<i>Ємність акумулятора</i>	1300 мА*час
Приймач	
<i>Число каналів приймача</i>	14
<i>Точність визначення координат</i>	3 м
<i>Точність визначення швидкості</i>	0.1 м/с
<i>Частота оновлення</i>	1 раз/с
<i>Гарячий старт</i>	2 с
<i>Теплий старт</i>	20 с
<i>Холодний старт</i>	60 с
<i>Підтримка WAAS, EGNOS</i>	так
<i>Тип антени</i>	внутрішня
Діапазон вимірювання	
<i>Швидкість</i>	< 1500 км/год
<i>Висота над рівнем моря</i>	< 17500 м
Інтерфейси	
<i>Підключення</i>	USB
<i>Слот</i>	SD
Фізичні характеристики	
Фізичні характеристики	
<i>Водозахищений корпус</i>	так
<i>Габарити</i>	11.7*5.3*3.3 см
<i>Вага</i>	164 г

Технічні характеристики	
Навігаційні екрани	7
Дорожні	500
Маршрути	20 маршрутів з 30-ти реверсуючих відрізків
Формати еліпсоїдів	LAT/LON, UTM, OSGB, MGRS, TD's, Швейцарський, Шведський, Ірландський, Фінський, Французький, Німецький і визначений користувачем
Системи координат	72 плюс призначена користувачем
Введення/даних	NMEA 0183 з диференціальною корекцією DGPS версій 1.5 & 2.1., а також обмін даними з додатковим програмним забезпеченням
Особливості	Вбудована базова векторна карта Європи з даними міст Автоматичне усереднювання місцеположення



Рис. 1. Лицева панель і функціональне призначення клавіш

Опис функціональних клавіш «Magellan eXplorer 500»

On / Off		Вкл/Викл приймач
Backlight		Підсвічування. Регулює підсвічування екрана
ENTER		Введення. Доступ до пунктів меню або активація підсвічених пунктів меню
ESCAPE		Вихід. Відміняє введення даних. Закриває вибране вікно і повертає до попереднього. Використовується для перегортання навігаційних екранів у зворотному напрямі
ZOOM IN		Наближення. Збільшує масштаб зображення до 35 м
ZOOM OUT		Зменшення. Зменшує масштаб вікна до 2700 км
MENU		Меню. Доступ до функцій налаштування приладу. Вибір опцій здійснюється за допомогою джойстика і вибору меню, що підсвічено, за допомогою кнопки ENTER
NAV		Навігація. Послідовно перемикає екрани приладу
MARK		Залишити слід на. Зберігає поточні координати. Можна створити точку, яка віддалена від поточного місцеположення
GOTO		Створює однокроковий маршрут від вашого поточного місцеположення до вибраної точки
Джойстик		Служить для переміщення між пунктами меню, скролінгу по карті і т. ін.

Встановлення батарейок живлення в GPS-приймач

Для електроживлення GPS-приймача «Magellan eXplorer 500» використовуються три лужні батарейки розміру AAA, встановлені в батарейний відсік, розташований з тильної сторони приладу. Для зняття кришки батарейного відсіку повертайте стопорне кільце проти годинникової стрілки.

У разі встановлення нових батарейок слід дотримуватись полярності (рис. 2). Закриття кришки батарейного відсіку здійснюється у зворотній послідовності.



Рис. 2. Задня панель. Полярність джерел живлення.

Включення приймача

Для включення приймача слід натиснути і утримувати клавішу „PWR” 1-2 секунди. Після включення приймача треба підтвердити необхідність його роботи натисненням „ENTER”.

! Якщо в процесі включення живлення протягом 30 секунд не буде підтвердження на роботу, то прилад розцінює це включення як випадкове і живлення автоматично відключиться.

! Приймач завжди включається з максимальним підсвічуванням екрана, що скорочує час служби елементів живлення. Враховуйте це.

Отримання сигналів від супутників

Відразу після включення навігатор починає активний пошук супутників, вважаючи, що антена приймача знаходиться на останній точці на момент виключення, координати якої зберігаються в його пам'яті. При цьому використовується спеціальний файл, що зберігається в пам'яті приладу – так званий альманах. Саме за допомогою альманаха операційною системою навігатора проводиться розподіл приймальних каналів для отримання інформації з супутників. Ця процедура називається «теплий старт» і займає до 20 секунд.

Якщо навігатор не має ніякої інформації про поточні координати, він використовує заводський альманах. Ця процедура називається «холодний старт» і займає, як правило, дві-три хвилини. Це трапляється в таких випадках:

✓ Найперше включення приладу. Пам'ять приладу не містить практично ніякої інформації про поточні координати.

✓ Програмне скидання приладу.

✓ Переміщення приладу більш ніж на 800 км від місця останнього включення.

Після включення приймач починає приймати сигнали від всіх доступних супутників, а також сигнали від інших супутників у міру їхньої появи над об'єктом. Після захвату сигналу із супутника приймач продовжує відслідковувати цей супутник доти, поки сигнал не перерветься.

Антені приймача потрібно мати відносно безперешкодний вид неба. Великі перешкоди – будівлі, пагорби, дерева – заважають прийому сигналу і тому може знадобитися додатковий час, щоб обчислити місцеположення.

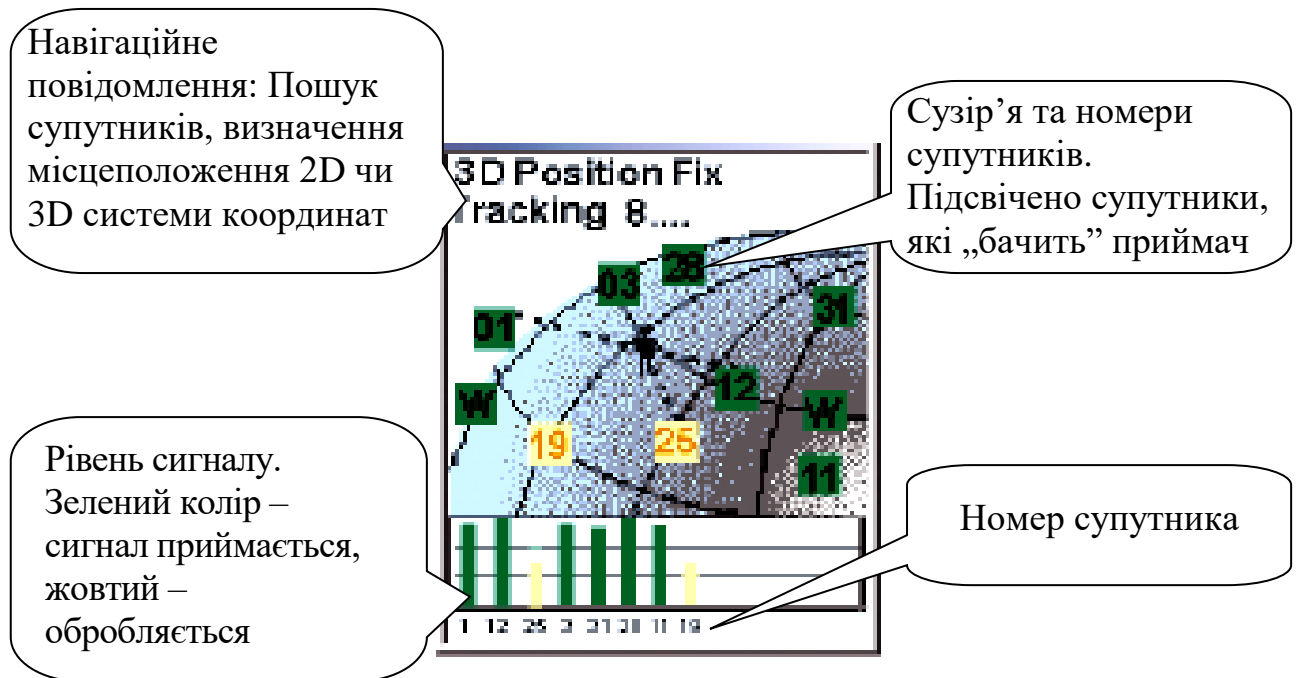


Рис. 3. Навігаційне вікно „Статус”

Якщо умови прийому сигналу задовільні, а розташування супутників сприяє швидкому визначенню місцеположення, то через деякий час у лівому верхньому куті навігаційного вікна „Статус” з’явиться повідомлення 2D або 3D (дво- чи тривимірна система координат) і приймач автоматично перейде у навігаційне вікно „MAP” – карта, плотер (рис. 4).

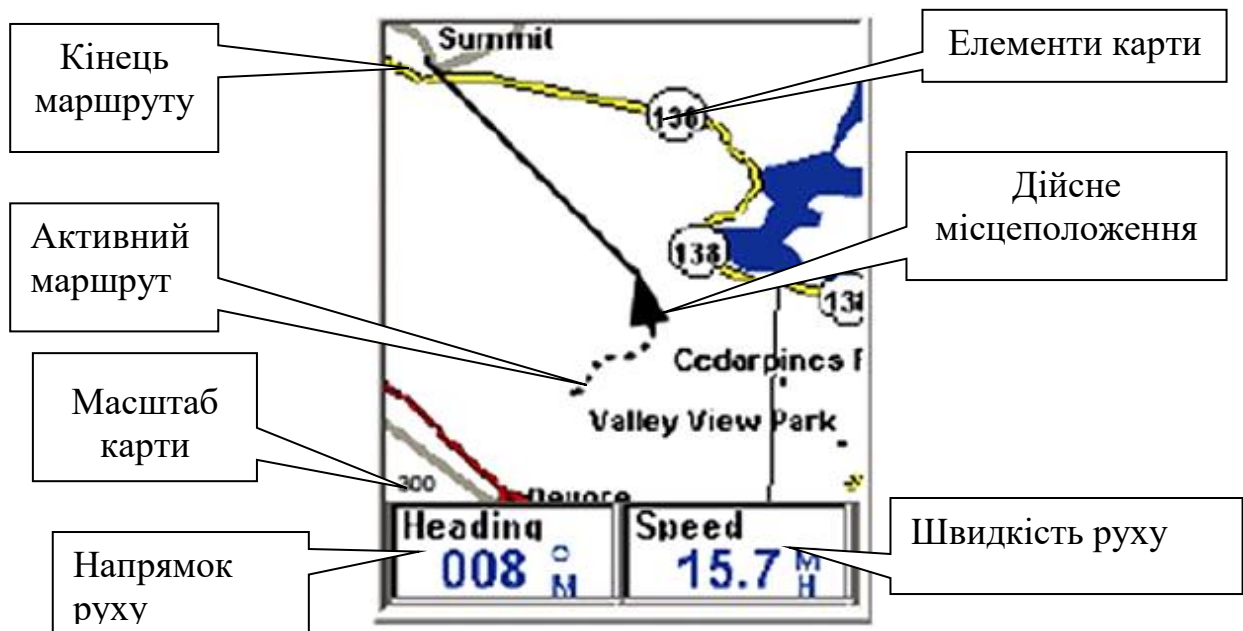


Рис. 4. Навігаційне вікно „Карта”

- **HEADING** – курс руху (магнітний або дійсний залежно від налаштування).

- **SPEED** – швидкість (одиниці виміру встановлює користувач).

Користувач має змогу самостійно підготувати детальну карту на той чи інший регіон, встановити її в навігатор і підключати за необхідності. Однак технологія створення карт для «Magellan eXplorer 500» винесена за рамки цих методичних вказівок і рекомендується для самостійного освоєння.

Навігаційне вікно „Карта” використовується під час виконання динамічної зйомки. Різновидами динамічної зйомки є безперервна кінематика та режим "stop and go".

Для застосування методів відносних супутникових визначень – статика, швидка статика та реокупація – потрібно працювати у навігаційному вікні „Позиція” (рис. 5).

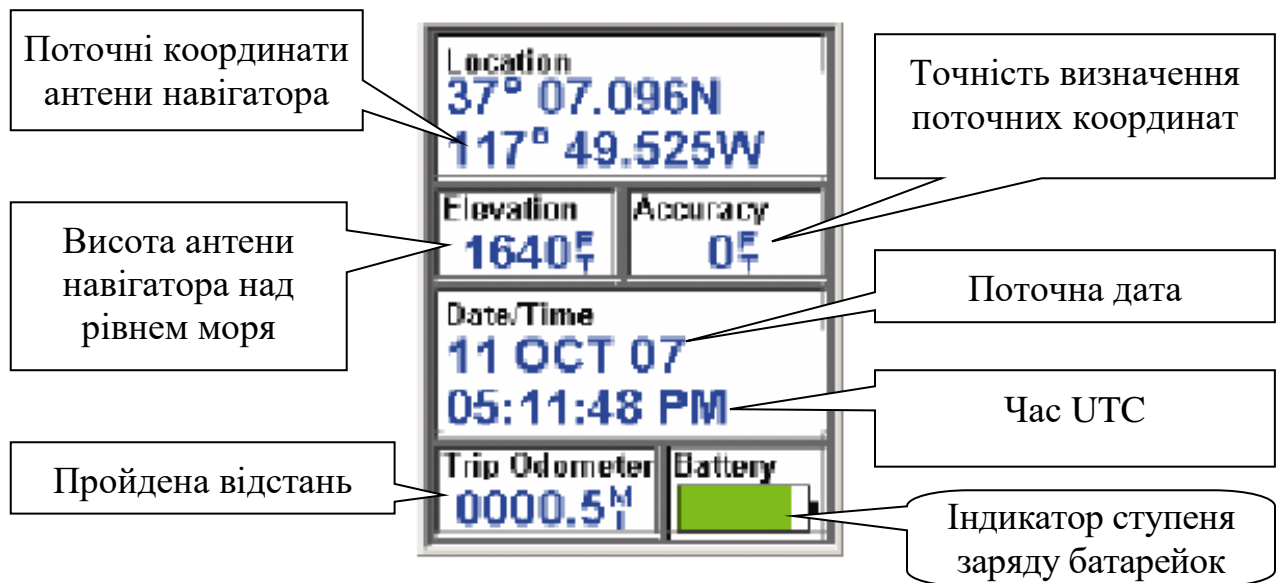


Рис. 5. Навігаційне вікно „Позиція”

Для перемикавання навігаційних вікон використовуються функціональні клавіші:

- ✓ NAV – в прямому напрямку;
- ✓ ESCAPE – у зворотньому.

Підготовка приймача до роботи

Ця процедура полягає в проведенні таких дій:

- ініціалізація приймача;
- вибір та установка одиниць вимірювання.

Ініціалізація приймача

Будь-який інструмент (теодоліт, комп'ютер та ін.) користувач завжди налаштовує «під себе», тому необхідно, перш за все, «скинути» всі настройки навігатора. Тільки в цьому випадку в пам'яті приладу не буде якихось установок, що не відповідають вимогам, які ставляться.

Увійдіть до **MENU**, і використовуючи “ **ДЖОЙСТИК** ” (далі ▼) ▼, виберіть в підміню **УСТАНОВКИ (SETUP)**, “**ENTER**”, ▼, опцію **ОЧИСТИТИ ПАМ'ЯТЬ (CLEAR MEMORY)**, “**ENTER**”, ▼, **ВСЕ (ALL)**, “**ENTER**”, ▼, **ТАК (YES)**, “**ENTER**”.

Нове включення приймача почнеться з діалогу, який дасть змогу вибрати мову інтерфейсу, до якої звук користувач.

Якщо, наприклад, англійську, то ▼, **ENGLISH**, “**ENTER**”. Автоматично користувач опиняється в полі навігаційного вікна „**Статус**” – розпочався процес “**Холодний старт**”.

Щоб прискорити процес визначення місцеположення можна підказати приймачу де знаходиться спостерігач – „**MENU**”, ▼, **УСТАНОВКИ**, “**ENTER**”, ▼, **РЕСТАРТ GPS**, “**ENTER**”.



У вікні з'явиться карта світу і реєстр материків. Переходячи “від загального до часткового”, послідовно вибирається ▼, EUROPE, “ENTER”, ▼, UKRAINE, “ENTER”.

На дисплеї з'являться географічні координати: довгота, широта і висота відмітки стели біля Головоштамту м. Києва – умовний центр України. Для опанування приладу (тренування) можна ввести координати своєї домівки (координати знімаємо з карти), змінити поточний час і дату (не забуваючи про часові пояси) і підтвердити ГОТОВО.

Подвійне натиснення на “ESCAPE” повертає у вікно „Статус”.

! Якщо при включенні приладу, на його дисплеї не з'являється вікно ініціалізації – то він вже ініціалізований і не потребує проведення процедури початкової ініціалізації, наведеної вище.

Кожного разу проводити початкову ініціалізацію приймача не потрібно, за винятком випадків повної втрати вмісту пам'яті, або якщо переміщення відбулося більш ніж на 800 км і при цьому приймач не був включений.

Налаштування приймача для зйомки

Вибір та установка одиниць вимірювання

До обов'язкових одиниць вимірювання в GPS-навігації належать:

1. Навігаційні – швидкість та відстань.
2. Орієнтування – по магнітному або істинному азимуту.
3. Система координат – В, L, Н та пласкі прямокутні координати x та y.
4. Параметри референц-еліпсоїда – велика піввісь і стиснення.

Якщо перші два параметри майже не впливають на точність визначення місцеположення, то до вибору останніх рекомендується підійти дуже ретельно.

По-перше – треба визначитись із системою координат. Більшість користувачів навігаторів, що не мають геодезичної освіти, вважають, що широта і довгота будь-якої точки на поверхні Землі – є величина абсолютна, ні від чого не залежна. Однак це не так. Можна в цьому переконатися, задавши для вхідних даних і результату одну і ту ж проекцію Geographic (Lat/Lon), але різні еліпсоїди (наприклад, Красовського і WGS-84), і при цьому значення широти і довготи однієї і тієї ж точки на двох еліпсоїдах будуть *різними*, а зміщення координат об'єктів може сягати 150 - 200 м.

Як зазначалося вище, в GPS приймачі «Magellan eXplorist 500» реалізована можливість вимірювань в 72 системах координат. В Україні слід керуватись прийнятою для нашої держави системою координат.

Отже – „MENU”, ▼, *УСТАНОВКИ*, “ENTER”, ▼, *ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ*, і переходимо в наступне вікно.

Map Units	Показники	Одиниці виміру
Nav Units		
Miles/Ft/MPH	<i>НАВИГАЦ. ОД.ВИМ</i>	КМ/КМГ
North Reference		
Magnetic	<i>НАПР. НА ПІВНІЧ</i>	ДІЙСНИЙ
Coord System		
Lat/Lon	<i>СИСТЕМА КООРДИНАТ</i>	СВОЯ СІТКА*
Map Datum		
WGS84	<i>РЕФ. ЕЛІПСОЇД</i>	КОРИСТУВАЧ**

Рис. 6. Вікно «Одиниці вимірювання»

*СВОЯ СІТКА, “ENTER”, ▼, *ПОПЕРЕЧН. МЕРК.*, (на ній побудована загальноземна система координат), “ENTER”, LATITUDE OF ORIGIN вводимо **00** (тобто підтверджуємо, що відлік буде йти від екватора) “ENTER”, LONGITUDE OF ORIGIN (осьовий меридіан зони) **39.00000В** (для Харкова) “ENTER” МАСШТАБНИЙ ФАКТОР (залежить від віддаленості від осьового меридіана зони – можна прийняти, що він дорівнює **1.00000**) “ENTER” UNITS TO METERS CONV (масштабний коефіцієнт переводу в одиниці виміру – метри дорівнює **1.00000**) FALSE EAST AT ORIGIN (значення ординати на осьовому меридіані – щоб уникнути мінусових значень координат) **500 000** “ENTER” FALSE NORTH AT ORIGIN (залишаємо без змін), “ENTER” *ГОТОВО*, “ENTER”.

**КОРИСТУВАЧ. Для індивідуалізації лабораторно-практичних завдань кожен студент повинен працювати зі своїм референц-еліпсоїдом, параметри якого визначаються за таблицею.

Таблиця 4

Параметри індивідуальних завдань по референц-еліпсоїду

Параметри	Значення	Опис	Варіант
Delta A	-110,0	Різниця в довжині між великими напівосями (a) еліпсоїдів WGS84-Красовського	Додати останню цифру залікової книжки
Delta F	+0,00480795	Масштабована різниця стиснення $(f_1-f_2)*10000$ еліпсоїдів WGS84-Красовського	Однакове для всіх
Delta X	+25,0	З еліпсоїда по осі X	Додати останню цифру року
Delta Y	-140,0	З еліпсоїда по осі Y	Додати номер групи
Delta Z	-85,0	З еліпсоїда по осі Z	Додати порядковий номер в списку
Обертання x	0	Обернення осі x, с	Однакове для всіх
Обертання y	0	Обернення осі y, с	Однакове для всіх
Обертання z	0	Обернення осі z, с	Однакове для всіх
Масштабний фактор	1,0	Диференційна різниця масштабів на осьовому меридіані	Однакове для всіх

Під час проведення процедури встановлення одиниць вимірювання слід бути дуже уважним:

- ►, ◄ використовується для зміни позиції, а ▼, ▲ користуються для введення цифр, а в деяких випадках і букв, і вибору символів умовних знаків.

Польові роботи

Після налаштування GPS-навігатора необхідно провести польові вимірювання індивідуального полігону на території навчального полігону. Навчальний полігон складається із чотирьох точок, три з яких є опорними і є загальними для всієї академічної групи (позначаються I, II, III, IV) і однієї індивідуальної (позначається 1,2,3,...28). Точки стояння визначає викладач.

На кожній із отриманих точок необхідно провести вимірювання GPS-навігатором протягом 10 хв, записуючи значення через кожну хвилину. Таким чином кожний студент має отримати координати всіх своїх чотирьох точок (всього вимірювань – 40).

Збереження координат у пам'яті приладу

Для того, щоб записати координату пункту у пам'ять приймача, необхідно на панелі управління натиснути клавішу **“MARK”**, потім за допомогою джойстика ▼,▲ вибрати умовний знак точки, натиснути **“ENTER”**, вибрати ім'я точки (наприклад А1, А2, А3,...), натиснути **“ENTER”**, далі натиснути ОК та **“ENTER”** і вибрати СОХРАНИТЬ.

Передача польових вимірювань з приймача до комп'ютера

Рекомендується такий порядок дій:

- під'єднати приймач через шнур USB до вільного USB входу комп'ютера;
- запустити програму «OziExpLoger»;
- налаштувати програму на роботу з приймачем через опцію Configuration, розташовану в меню File;
- вибрати виробника GPS у меню GPS. GPS Make (виробник) – MAGELLAN;
- вибрати модель GPS у меню GPS. GPS Model (модель) – MAGELLAN USB;
- вибрати набір символів у меню GPS. GPS Symbol Set (набір символів) – MAGELLAN;
- вибрати систему координат у меню GPS. GPS Upload/Download Datum (система координат при передачі/одержуванні) – WGS 84;
- вибрати систему координат у меню GPS. GPS NMEA Output Datum (система координат OP8 на виході) – WGS 84;
- відкрити карту найкрупнішого масштабу через опцію Load from file – Load map file в меню File;
- передати інформацію про точки з приймача в комп'ютер – Меню MAGELLAN – Get Waypoints from GPS;
- записати на цифровий носій інформацію про точки у вигляді текстового файлу. Меню File – Save To File – Export Waypoints to Text File, вказати систему координат (WGS 84), ім'я та шлях запису файлу;
- роздрукувати текстовий файл і прикласти до технічного звіту.

По закінченні виконання роботи складається пояснювальна записка, до якої додаються визначені координати, формулюються висновки.

Лабораторно-практична робота №2. Обчислення планових координат за абсолютними вимірами, виконаними GPS-приймачем «Magellan eXplorist 500»

Мета роботи: виявлення промахів в отриманих результатах та вибракування результатів вимірів.

Вимірювання будь-якої величини є порівнювання цієї величини з іншою, прийнятою за одиницю виміру. Унаслідок цього процесу знаходять число, яке є співвідношенням до одиниці виміру і називається результатом виміру. На практиці встановлено, що багаторазовим вимірюванням однієї і тієї ж величини ми не отримуємо однакових результатів. Коливання результату виміру навколо якоїсь величини називається погрішністю.

Оскільки поняття «погрішність» належить до топографо- геодезичних робіт, то зупинимося детальніше на ньому. У теорії математичної обробки геодезичних вимірювань виділяють поняття:

- абсолютна погрішність;
- вага результату геодезичних вимірювань;
- груба погрішність;
- допустима погрішність;
- інструментальна погрішність;
- особиста погрішність;
- методична погрішність;
- відносна погрішність;
- погрішність за вплив зовнішніх умов;
- гранична погрішність;
- інші.

Зробимо загальне зауваження: йдеться про статистику. На практиці, якщо вимірювання дійсно не містять грубих погрішностей (наприклад, із-за невмілого користування інструментами), то реально одержана погрішність істотно менша за допустиму погрішність.

Обчислення планових координат за абсолютними вимірами

Дані, одержані від GPS-навігатора (як і будь-які інші геодезичні вимірювання), потребують подальшої обробки. Ця процедура в нашому випадку виконується «вручну» – за допомогою електронних таблиць або програмованого калькулятора. Як правило, обробка результатів вимірювань займає більше часу ніж власне супутникові вимірювання.

Обчислювальна обробка проводиться за такими етапами:

- 1) попередня обробка – отримання координат точок, що визначаються у системі координат глобальної навігаційної супутникової системи і оцінка точності;
- 2) трансформація координат у прийняту систему координат;
- 3) зрівнювання геодезичних побудов і оцінка точності.

Алгоритм обробки результатів виміру

1. Відсортувати дані по точках і вписати значення X та Y до таблиці (табл. 5).

2. Знайти відхилення ΔX та ΔY за формулами:

$$\Delta X_i = X_{2i} - X_{1i} \quad \Delta Y_i = Y_{2i} - Y_{1i},$$

де X_{1i}, Y_{1i} – координати індивідуальної станції;

X_{2i}, Y_{2i} – координати базової станції.

3. Знайти довжини (L) відповідних ліній за формулою:

$$L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

4. Вирахувати середню довжину лінії ($L_{cp.}$) за формулою:

$$L_{cp} = \frac{\sum L}{n},$$

де $\sum L$ – сума усіх отриманих довжин;

n – кількість вимірів.

5. Вирахувати відхилення від середнього значення (ΔL) за формулою:

$$\Delta L = L_i - L_{cp},$$

де L_i – довжина кожного виміру;

L_{cp} – середня довжина.

Якщо сума ΔL дорівнює нулю, тоді розрахунок зроблений правильно.

6. Підвести ΔL до квадрата та знайти суму по цій колонці.

7. Знайти середню квадратичну похибку.

Середня квадратична похибка (СКП) – це міра розсіювання результатів вимірювань навколо істинного значення вимірюваної величини.

Значення СКП визначається за формулою К.Ф. Гауса:

$$mL = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta L^2}{n}},$$

де n – кількість вимірів;

$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta L^2$ – сума квадратів відхилення вимірів від арифметичної середини.

8. Знайти середню квадратичну похибку одного виміру.

Відхилення від арифметичної середини характеризують міру впливу випадкових похибок на результати вимірювань. Середня квадратична величина випадкової похибки одного вимірювання може бути визначена за формулою Бесселя:

$$ml = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta L^2}{n-1}},$$

де n – кількість вимірів;

$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta L^2$ – сума квадратів відхилення вимірів від арифметичної середини.

9. Знайти відношення відхилення від середнього значення до середньоквадратичної випадкової похибки одного вимірювання ($\Delta L / ml$).

10. Виявити промахи, вибракувати необхідні результати.

Виявлення промахів

Аналіз результатів вимірювань може показати, що існують дані, які сильно відрізняються за значенням від інших вимірювань і що є грубими помилками (промахи). Визначаємо, чи є результат промахом, чи ні таким чином: з таблиці «Верхні відсоткові точки статистик α критерію Граббса» (табл. 7) обираємо число, яке пересікається між n (наприклад 10) та % (10), залежно від числа вимірювань; воно становить 2,036; а тепер кожен результат співставляємо з числом 2,036; якщо число більше 2,036, то це і є промах. Ми його викидаємо із таблиці, знову рахуємо нову таблицю (так само, як попередню), але без промахів. Так, наприклад, у табл. 5 викреслюємо рядок вимірів № 8. Розрахунок продовжуємо до тих пір, доки у стовбці $\Delta L / ml$ не буде промахів.

Таблиця 5

Таблиця попередньої обробки результатів вимірів

№ п/п	X_{30}	Y_{30}	X_{IV}	Y_{IV}	L	ΔL	ΔL^2	$\Delta L/ml$
1	5529948	316809	5529932	316805	17,07	3,94	15,52	1,149
2	5529950	316811	5529938	316797	18,49	5,36	28,77	1,565
3	5529948	316810	5529937	316799	15,49	2,36	5,58	0,689
4	5529946	316810	5529937	316799	14,22	1,09	1,18	0,318
5	5529945	316810	5529939	316799	12,13	-1,00	1,00	-0,291
6	5529944	316812	5529937	316800	13,08	-0,05	0,00	-0,013
7	5529947	316806	5529937	316800	10,43	-2,70	7,26	-0,786
8	5529941	316804	5529937	316800	5,16	-7,97	63,44	-2,324
9	5529943	316808	5529937	316799	10,06	-3,07	9,41	-0,895
10	5529946	316812	5529937	316799	15,14	2,01	4,07	0,588
Сер.зн.	5529945	316809	5529937	316799	13,13	$\Sigma=0,00$	$\Sigma=136,23$	

Таблиця 6

Зведена таблиця обробки результатів вимірів

№ ст.	X	Y	L	mL
30	5529946,07	316810,61	-	-
II	5530000,11	316883,65	90,66	2,229
III	5529876,90	316808,21	68,66	1,967
IV	5529937,20	316800,05	14,50	1,590

Верхні відсоткові точки статистик α критерію Граббса

n	0,1%	0,5%	1%	2,5%	5%	10%
3	1,155	1,155	1,155	1,155	1,153	1,148
4	1,499	1,496	1,492	1,431	1,463	1,425
5	1,780	1,764	1,749	1,715	1,672	1,602
6	2,011	1,973	1,944	1,887	1,822	1,729
7	2,201	2,139	2,097	2,020	1,938	1,828
8	2,358	2,274	2,221	2,126	2,032	1,909
9	2,492	2,387	2,323	2,215	2,110	1,977
10	2,606	2,482	2,410	2,290	2,176	2,036
11	2,705	2,564	2,485	2,355	2,234	2,088
12	2,791	2,636	2,550	2,412	2,285	2,134
13	2,867	2,699	2,607	2,462	2,331	2,175
14	2,935	2,755	2,659	2,507	2,371	2,213
15	2,997	2,806	2,705	2,549	2,409	2,247
16	3,052	2,852	2,747	2,585	2,443	2,279
17	3,103	2,894	2,785	2,620	2,475	2,309
18	3,149	2,932	2,821	2,651	2,504	2,335
19	3,191	2,968	2,854	2,681	2,532	2,361
20	3,230	3,001	2,884	2,709	2,557	2,385

На цьому робота обчислення планових координат за абсолютними вимірами GPS-приймачем «Magellan eXplorist 500» закінчується. Результатом виконання даної роботи є зведена таблиця обробки результатів вимірів, у якій вказуються кінцеві середні координати станцій, середні довжини ліній, оцінка точності одного вимірювання та всіх вимірювань (СКП).

Після закінчення виконання роботи складається пояснювальна записка, до якої додаються зазначені вище таблиці, формулюються висновки.

Лабораторно-практична робота №3. Врівноваження геодезичних побудов

Мета роботи: визначення місцеположення індивідуальної точки в системі координат «УСК-2000».

У цій лабораторно-практичній роботі необхідно знайти місцеположення індивідуальної точки в системі координат «УСК-2000». Вихідними даними для цієї роботи є зведена таблиця обробки результатів вимірів з лабораторно-практичної роботи № 2 (див. табл. 6) та координати опорних пунктів I, II, III, IV в системі координат «УСК-2000» (табл. 8).

Таблиця 8

Каталог координат опорних пунктів
в системі координат «УСК-2000»

№ точки	X	Y
I	5520454,569	5368347,344
II	5520416,913	5368399,908
III	5520299,371	5368315,477
IV	5520355,858	5368314,342

Алгоритм врівноваження геодезичних побудов

1. На аркуш ватману формату А4 нанести три задані опорні пункти за координатами «УСК-2000» (з таблиці 8). Масштаб побудов 1:1000 (рис. 7).

2. Від нанесених опорних точок відкласти вираховані середні відстані від опорних точок до індивідуальної. Відкладати та позначати відстані необхідно засічками (рис.7). Якщо б всі виміри були високоточні, то ці засічки б перетинались в одній точці, яка б і була нашою індивідуальною точкою, що визначається. Проте, зважаючи на низку джерел похибок, можливе утворення трикутника помилок, у площині якого і буде індивідуальна точка, тому цей трикутник потребує подальшого вирішення.

3. Графічно визначити координати вершин трикутника помилок.

4. На аркуші ватману формату А4, збільшивши масштаб (укрупнений масштаб визначає студент, залежно від зручності подальших побудов), за визначеними координатами наносяться вершини трикутника помилок. Якщо б похибки отримання вихідних даних при польових вимірюваннях були б рівнозначними, то індивідуальна точка була б у центрі цього трикутника (перетин медіан трикутника). Проте оскільки похибки мають різний характер (геометрія супутників, атмосферний вплив, похибка позиціонування тощо), то центр трикутника буде зміщений на величину ваги похибок.

5. Виміряти сторони трикутника помилок, враховуючи масштаб.

6. Визначити ваги похибок.

$$P_n = (l_n * mL_n) / L_n,$$

де P_n – вага;

l_n – похибка вимірювання відповідної лінії (сторона трикутника помилок);

mL_n – середня квадратична похибка;

L_n – довжина відповідної лінії.

Наприклад:

$$P_1 = 3,66 * 1,967 / 68,66 = 0,11;$$

$$P_2 = 6,28 * 1,590 / 14,50 = 0,69;$$

$$P_3 = 8,12 * 2,229 / 90,66 = 0,20.$$

Сума ваг має наближатись до одиниці або до нуля, що свідчить про правильність виконання попередніх етапів роботи. Якщо сума ваг наближена до нуля, то центр трикутника помилок не зміщується.

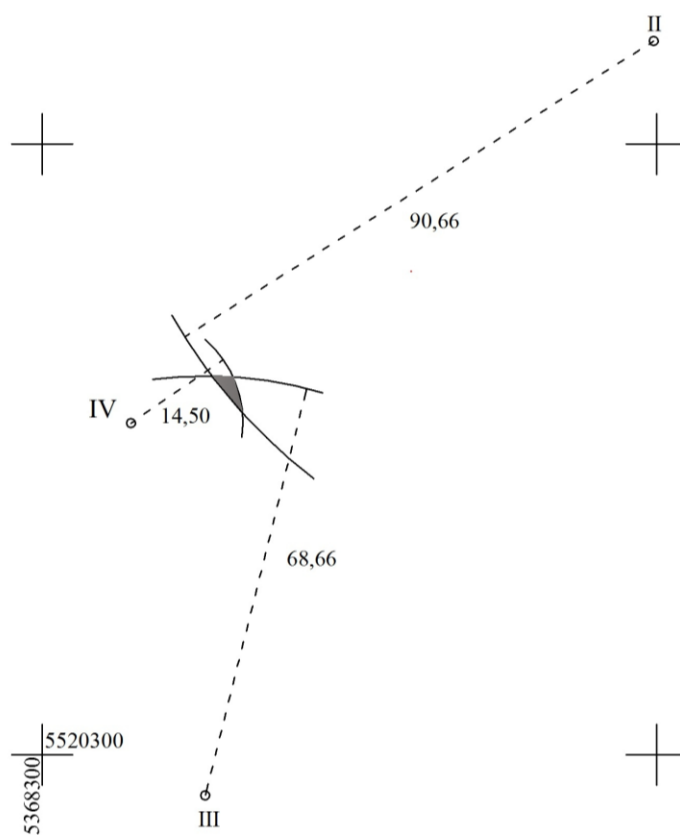
7. Визначити місцеположення індивідуальної точки в трикутнику помилок. Для цього необхідно змістити центр трикутника на величину ваги похибки, тобто сторону трикутника похибок помножити на відповідну вагу похибки (рис. 8).

8. Побудувати план GNSS-знімання в системі координат «УСК-2000» (рис. 9).

9. Оформити каталог координат.

10. Оформити зведену таблицю результатів врівноваження геодезичних побудов (табл. 9)

Визначення місцеположення індивідуальної точки № 30

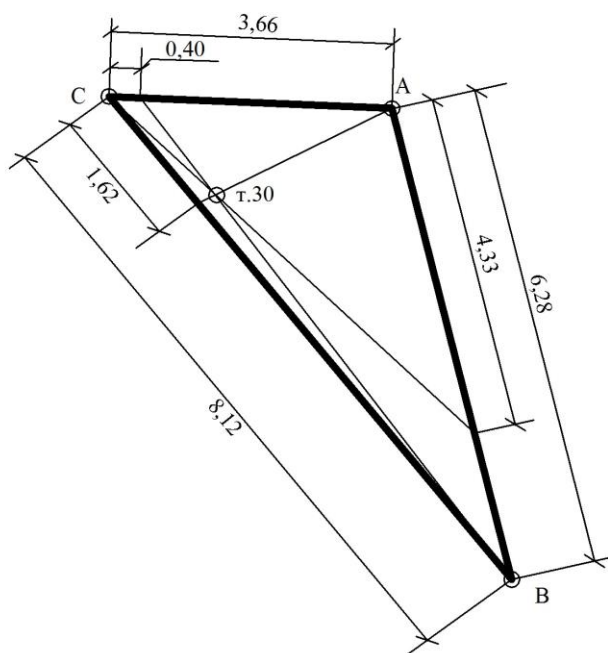


Масштаб 1:1000

Виконав: ст. 193-206-01 І. Франко
Перевірив:

Рис. 7. Визначення місцеположення індивідуальної точки

Розв'язання трикутника помилок



Масштаб 1:100

Виконав: ст. 193-206-01 І. Франко
Перевірив:

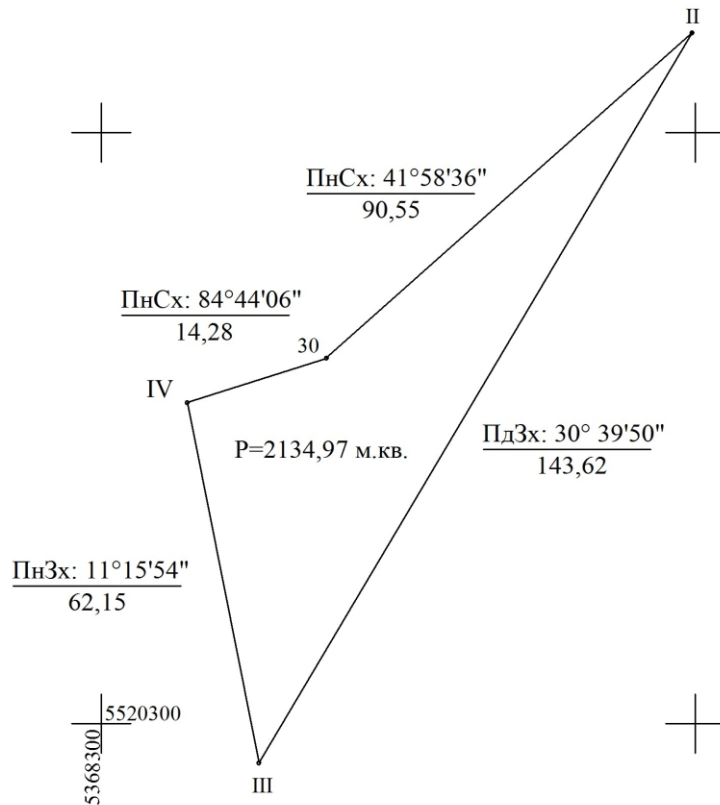
Рис. 8. Розв'язання трикутника помилок

Таблиця 9

Зведена таблиця результатів урівноваження геодезичних побудов

Найменування ліній	Відстані		Похибка	
	виміряні	врівноважені	абсолютна	відносна
30-II	90,66	90,55	0,11	1/823
30-III	68,66	68,54	0,12	1/571
30-IV	14,50	14,28	0,22	1/65

**ПЛАН
GNSS-знімання земельної ділянки № 30
гр. І.Франка**



Масштаб 1:1000

Каталог координат

	X	Y
II	5520416,913	5368399,908
III	5520299,371	5368315,477
IV	5520355,858	5368314,342
30	5520359,803	5368343,130

**Виконав: ст. 193-206-01 І. Франко
Перевірив:**

Рис. 9. План GNSS-знімання земельної ділянки

По закінченні виконання роботи складається пояснювальна записка, до якої додаються всі необхідні графічні матеріали, формулюються висновки.

Лабораторно-практична робота № 4. Проектування геодезичних мереж згущення, створюваних за допомогою GNSS-спостережень

Мета роботи: створення геодезичної мережі згущення та геодезичного знімального обґрунтування в населеному пункті для подальшого проведення геодезичних робіт.

Для виконання цієї лабораторно-практичної роботи студенти отримують нове індивідуальне завдання: аркуш карти масштабу 1:100000 із заданою номенклатурою, населений пункт, який знаходиться в межах цієї карти, та його растрове зображення. Також вихідними даними для виконання роботи є: тип GNSS-знімання – швидкостатичний; кількість і тип GNSS-приймачів – два двочастотні.

Початковим етапом роботи є так зване «камеральне рекогностування». На заданому аркуші карти необхідно виявити всі пункти державної геодезичної мережі (ДГМ), що розташовані в радіусі десяти кілометрів від населеного пункту. Державна геодезична мережа – це сукупність її пунктів, рівномірно розміщених на території країн і закріплених на місцевості спеціальними центрами, які забезпечують їх збереження та стійкість.

Далі необхідно вибрати із всіх пунктів лише чотири (рис.10). Основними критеріями для вибору є: 1) населений пункт має знаходитися в середині площини, яку утворюють ці пункти (тобто пункти не мають бути розташовані на одній лінії); 2) легка доступність до пунктів ДГМ; 3) оптимально коротка відстань від пункту ДГМ до населеного пункту; 4) відсутність джерел спотворення супутникових сигналів (відбиваючі поверхні, дзеркало водних об'єктів, лінії високовольтних електромереж тощо). Характеристика всіх пунктів ДГМ заноситься в спеціальну таблицю (табл. 10).

Таблиця 10

Характеристика пунктів ДГМ

№ пункту ДГМ	Розміщення Висота, м	Відстань, км		Примітки
		просторова	по дорогах	
I	ПнЗх, узбіччя польової дороги 220 м	9,1	11,2	
II	ПнСх, узбіччя дороги 215,7 м	9,2	10,4	
III	ПнСх, узбіччя дороги, поблизу ЛЕМ, 206,9 м	7,2	8,4	
IV	ПнЗх, узбіччя польової дороги 214,6 м	4,5	4,6	Задовольняє вимогам

V	ПнСх, узбіччя дороги, 218,6 м	2,9	3,2	Задовольняє вимогам
VI	Сх, у полі, неподалік від узбіччя дороги, 211,1 м	6,2	7,1	
VII	ПдСх, узбіччя дороги, 206,7 м	8,1	8,9	Задовольняє вимогам
VIII	ПдЗх, узбіччя дороги, поблизу ЛЕМ 225,1 м	5,2	5,8	
IX	ПдЗх, узбіччя дороги, 213,7 м	2,0	2,2	Задовольняє вимогам

Після визначення зручних для прив'язки пунктів ДГМ необхідно запроектувати місцеположення пунктів геодезичної мережі згущення. Геодезичні мережі згущення (ГМЗ) – геодезичні мережі, створювані як розвиток мереж більш високого класу. ГМЗ будуються на основі пунктів ДГМ шляхом переходу від загального до часткового (від вищого розряду до нижчого), збільшуючи щільність пунктів геодезичної мережі для створення можливості виконання зйомок великих масштабів і безпосереднього розв'язання маркшейдерських задач. За відсутності пунктів державної геодезичної мережі, якщо площа зйомки в масштабі 1:5000 не перевищує 500 км² чи в масштабі 1:2000 не перевищує 100 км², можна обмежитися створенням самостійної мережі згущення, що розвивається методами триангуляції, трилатерації, полігонометрії. Щільність геодезичної мережі згущення повинна бути доведена до чотирьох пунктів на 1 км² в населених пунктах, а за їх межами на незабудованій території – 1 на 1 км².

Поблизу заданого населеного пункту необхідно розмістити чотири пункти ГМЗ, кожен пункт створюваної мережі необхідно прив'язати супутниковими методами як мінімум до трьох пунктів ДГМ. Пункти ГМЗ розташовуються попарно з різних сторін населеного пункту. Як мінімум між двома пунктами має забезпечуватись пряма видимість (враховуючи рельєф), максимально допустима відстань між двома пунктами – 300 м.

Для визначення масштабу растрового зображення населеного пункту, в завданні буде зображена кілометрова координатна сітка (у файлі із растровим зображенням виділена червоним кольором).

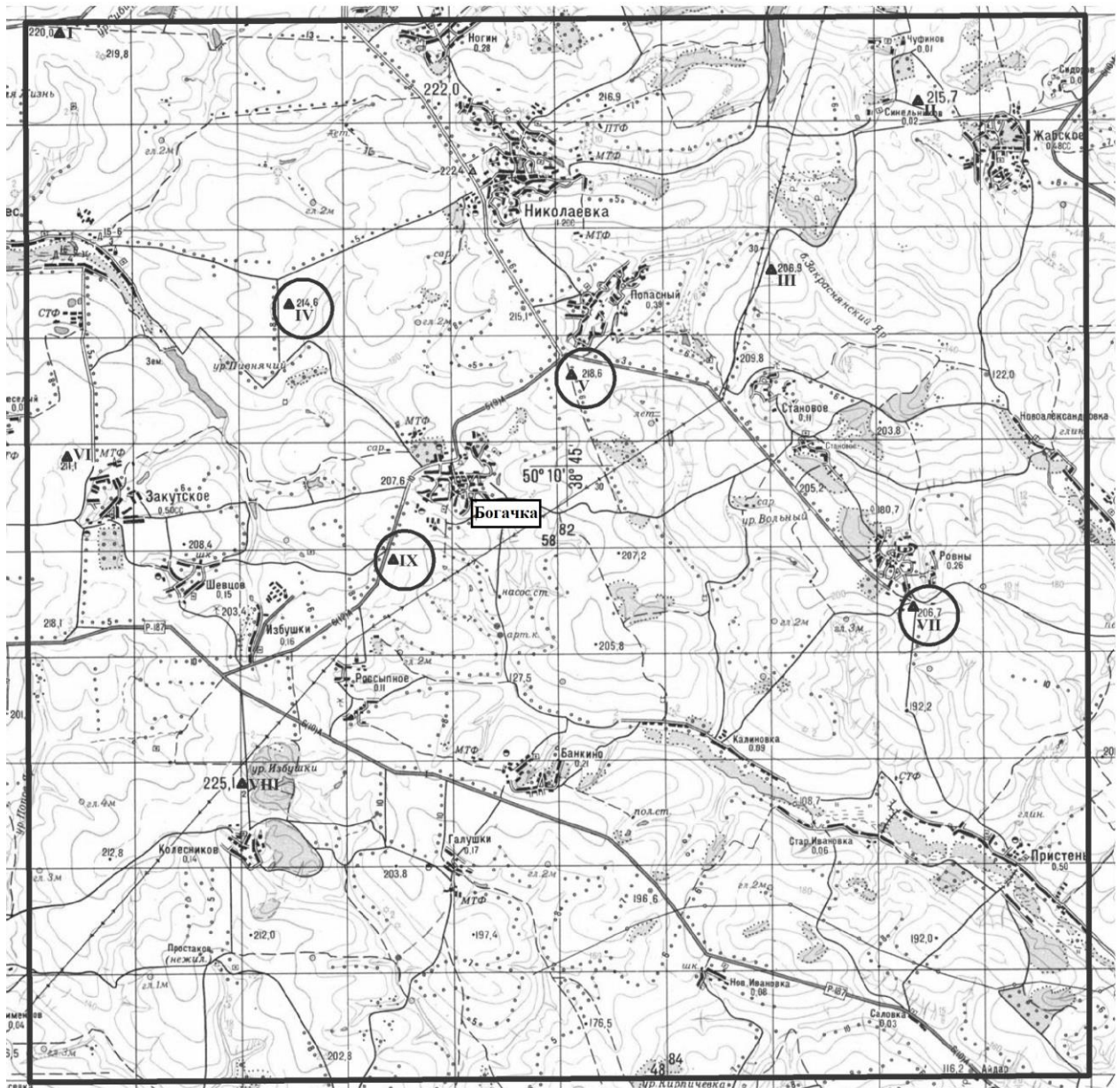


Рис. 10. Фрагмент карти М-37-066 (с. Богачка)

Також обов'язковими умовами для розміщення пунктів знімальної геодезичної мережі згущення є:

- відсутність перешкод прийому сигналів від супутників (маска не менше 10-15°);
- відсутність відбиваючих поверхонь (металевих споруд, огорож, водних поверхонь);
- відсутність електричних пристроїв та комунікацій (передавачі, кабелі високовольтного струму);
- розміщення пунктів у місцях, де гарантується його збереження;
- легкий під'їзд на транспорті;
- не на землях приватної власності.

У пояснювальній записці необхідно обґрунтувати обрані схеми прив'язки, враховуючи просторове розміщення вихідних пунктів ДГМ.

Так, на рис. 11 наведено приклад закладки та прив'язки пунктів ГМЗ. Пункт геодезичної мережі згущення «2» було прив'язано до пунктів ДГМ IV, V, VII; пункт «1» – до IV, VII, «2» (оскільки пункт ГМЗ «2» вже є прив'язаним до ДГМ); пункт «3» – до IV, «1», «2»; пункт «4» – до «1», «2», «3». Схему прив'язки необхідно зображувати лініями різного кольору чи лініями різних типів.

На наступному етапі роботи необхідно запроектувати знімальну геодезичну мережу (ЗГМ), вихідними пунктами для якої будуть пункти ГМЗ. Знімальна геодезична мережа створюється з метою ущільнення геодезичної мережі згущення планової та висотної основи до щільності, що забезпечує безпосереднє виконання топографічних зйомок. Ця мережа розвивається від пунктів геодезичних мереж згущення. Щільність пунктів знімальних мереж залежить від технології виконання знімання, масштабу і рельєфу місцевості.

Мінімальна кількість пунктів ЗГМ визначається за формулою:

$$n = \frac{1.2 \cdot P}{S^2} - N,$$

де P – площа населеного пункту, км²;

S – відстань між пунктами ЗГМ (для населених пунктів до 0,2 км), км;

N – кількість пунктів ГМЗ.

Для наведеного прикладу кількість пунктів ЗГМ дорівнює:

$$n = \frac{1.2 \cdot 0,65}{0,2^2} - 4 = 19,5 - 4 \approx 16$$

Під час проектування пунктів ЗГМ необхідно дотримуватись таких вимог: видимість двох пунктів; розташовуються пункти вздовж вулиці, як правило, в «шаховому» порядку; відстань між пунктами не більше 200 м; не розташовуються на землях приватної власності; біля пунктів не має бути перешкод (дерева, огорожі, водні об'єкти тощо).

Схема розміщення пунктів ГМЗ наведена на рис. 12.

Після виконання роботи складається пояснювальна записка, до якої додаються всі необхідні графічні матеріали, формулюються висновки.

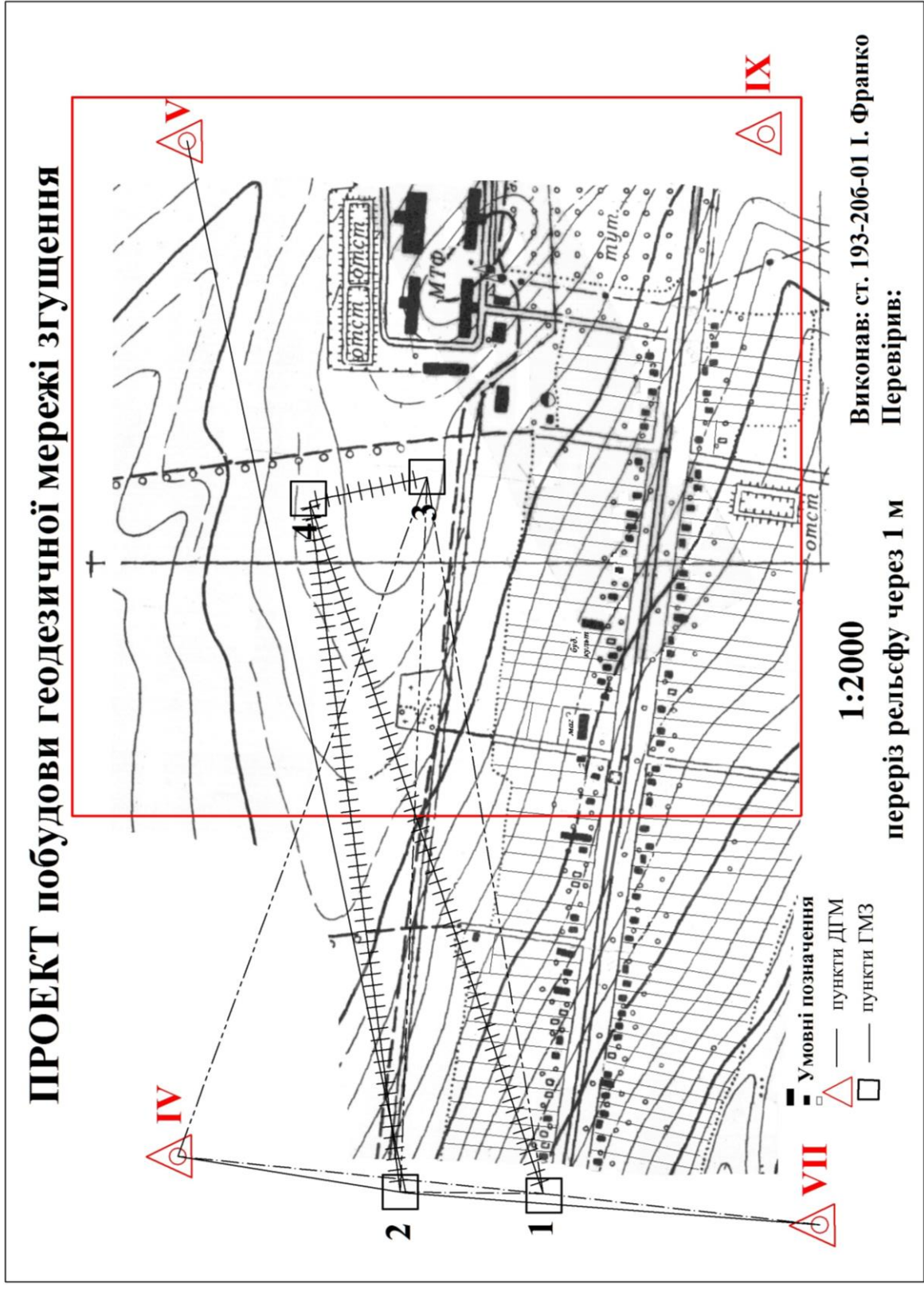
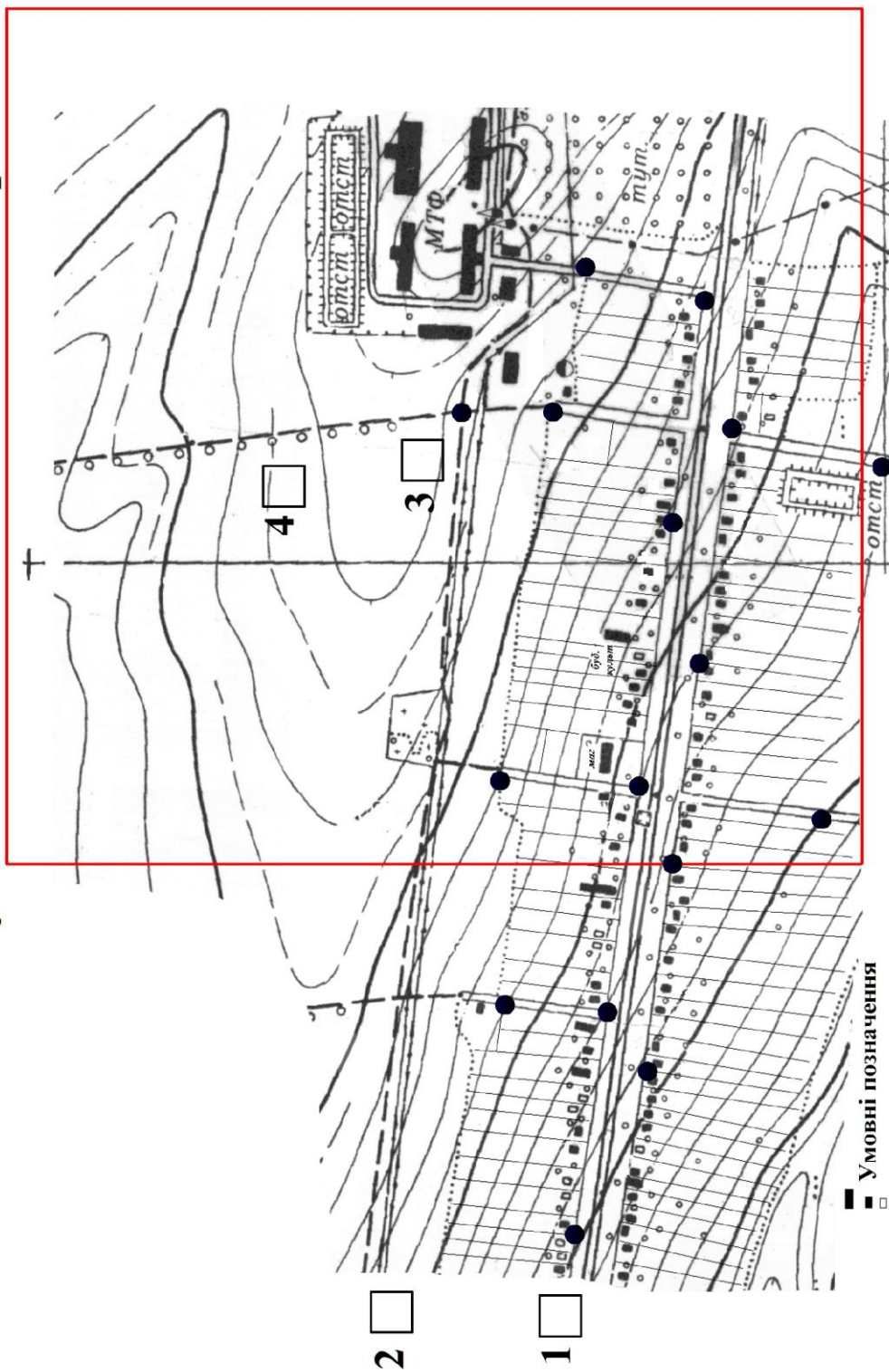


Рис. 11. Проект побудови геодезичної мережі згущення

СХЕМА побудови знімальної геодезичної мережі



Виконав: ст. 193-206-01 Г. Франко
Перевірив:

Рис. 12. Схема побудови знімальної геодезичної мережі

Лабораторно-практична робота № 5. Проектування геодезичної зйомки супутниковими методами

Мета роботи: Спланувати польові роботи, пов'язані з GNSS-вимірюваннями на задану дату для певної території.

Під час планування GNSS-зйомки обов'язково розглядаються такі питання:

- конфігурація мережі пунктів ДГМ та проектної ГМЗ;
- конфігурація сузір'я супутників;
- число і тип використовуваних приймачів;
- економічні чинники (транспортні витрати, оплата праці тощо).

Вихідні дані для виконання роботи:

1. Проект геодезичної мережі згущення (з попередньої роботи, рис. 11).
2. Координати населеного пункту.
3. Кількість і тип GNSS-приймачів – 2 шт. двочастотних.
4. Метод знімання – швидкостатичний.
5. Кут піднесення спостережуваних супутників над горизонтом (маска) – не менше 15°.
6. Планова дата початку спостережень. За варіантом: місяць – місяць вашого народження, день – номер варіанта.
7. Мінімальна кількість супутників – 8-N, де N – номер групи.

Планування польових робіт, пов'язаних з GNSS-вимірюваннями на задану дату для певної території можна виконати за допомогою програми сервісу «Trimble GNSS Planning Online», який доступний за веб-адресою <https://www.gnssplanning.com>

Після запуску вказаного сервісу обираємо меню «Settings» («Налаштування», рис.13) та проводимо необхідні налаштування:

1) Вказати місцеположення населеного пункту. Це можна зробити 2 способами: а) ввести координати (Latitude, Longitude) вручну, попередньо визначивши їх за допомогою топокарти масштабу 1:100000 з лабораторно-практичної роботи №4; б) знайти необхідний населений пункт на електронній карті.

2) Вказати висоту (Height) місцеположення населеного пункту, попередньо визначивши її за допомогою топокарти масштабу 1:100000 з лабораторно-практичної роботи №4.

3) Вказати кут піднесення спостережуваних супутників над горизонтом (Elevation cutoff).

4) Вказати заплановану дату початку спостережень (Day).

5) Вказати запланований час початку спостережень (Start time).

6) Вказати запланований період спостережень (Period [hours]).

7) Вказати часовий пояс, в якому знаходиться населений пункт (Time zone).

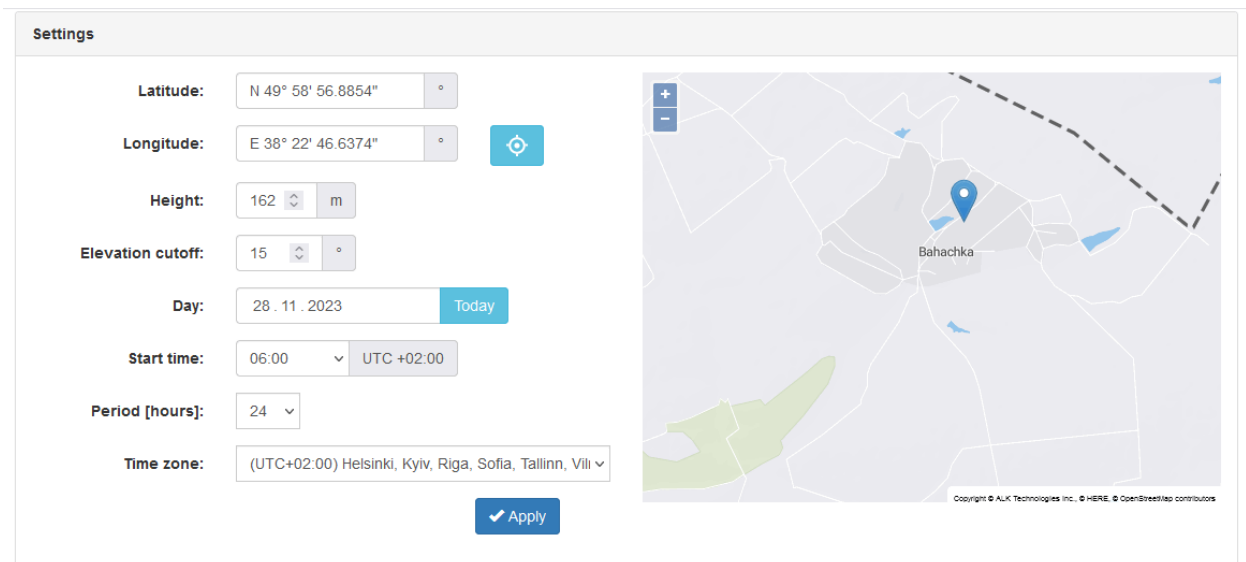


Рис. 13. Меню «Settings» веб-сервісу

В меню «Satellite Selection» обираємо глобальну навігаційну систему GPS.

Після заповнення всіх необхідних параметрів, натискаємо клавішу «Apply» («Готово»)

Після цього переходимо до меню «Charts» («Графіки», рис.14). На графіку «Elevation» («Висота», рис.14), де по вертикалі відкладається значення кута маски (0° - 90°), а по горизонталі – час (0:00-24:00), бачимо графіки положення супутників, які спостерігаються в цьому місці в цей час. Проаналізувавши даний графік переходимо до наступного – «Number of Satellites» («Кількість супутників», рис.15), де по вертикалі відкладається кількість спостережуваних супутників, а по горизонталі – час (0:00-24:00). За допомогою графічного редактора (наприклад «Paint») проводимо горизонтальну лінію відповідно до необхідної кількості спостережуваних супутників, в наведеному прикладі їх кількість 7. Таким чином не зафарбовані площі нижче цієї лінії вказують нам про періоди часу, коли спостереження за супутниками проводити неможна. Необхідно виписати ці періоди часу, щоб виключити їх з періодів GNSS-спостережень.

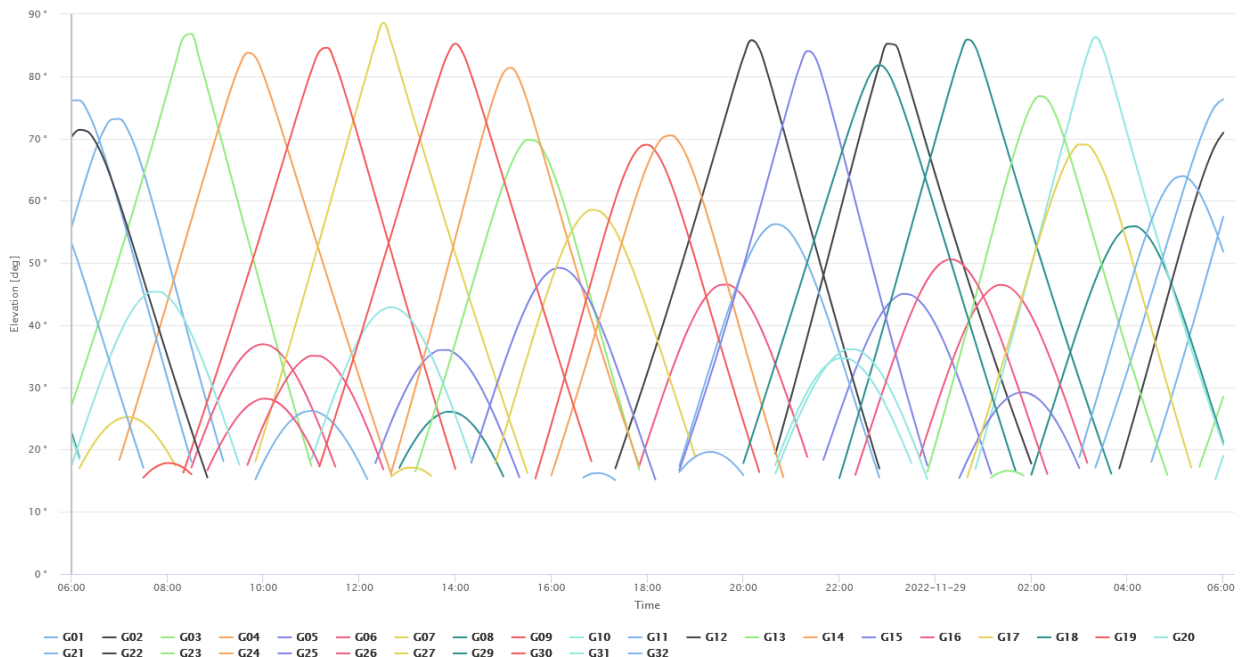


Рис. 14. Графік «Elevation»

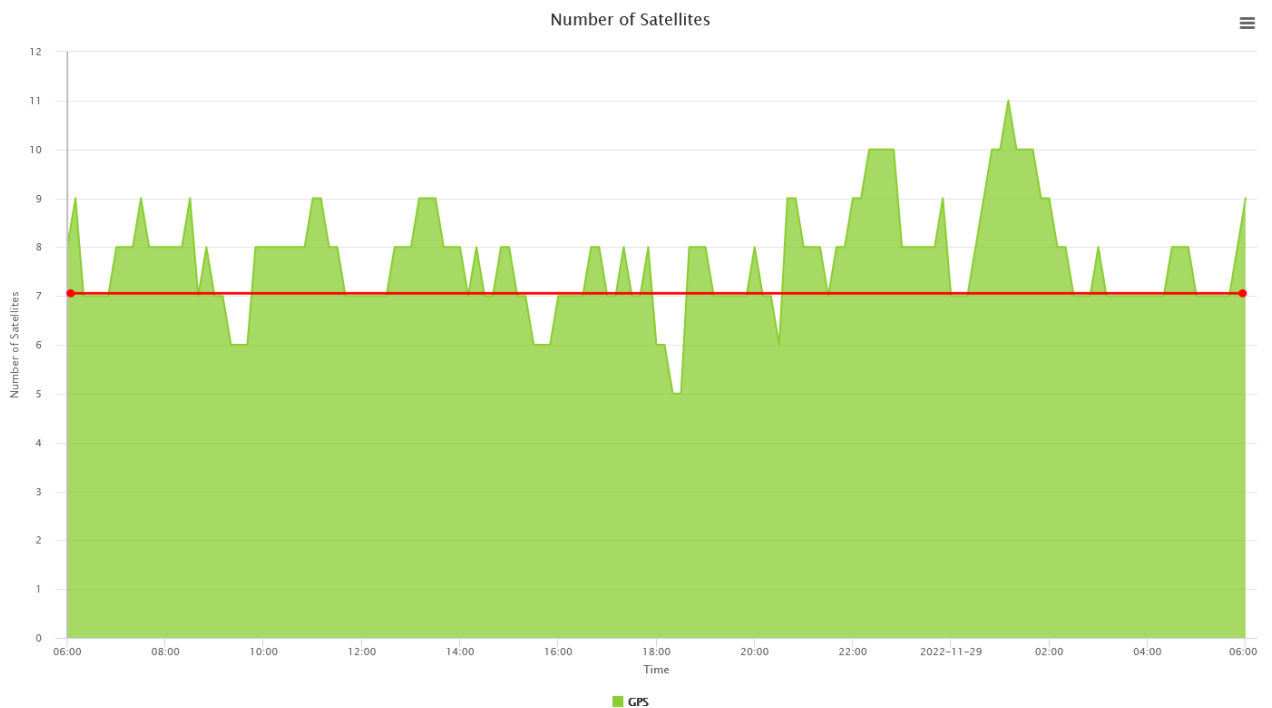



Рис. 15. Графік «Number of Satellites»

Для більш зручного маніпулювання графіками можна використати клавішу , яка розташована в верхньому правому куті над кожним графіком.

Більш детально і точно визначити проміжки часу на графіку «Number of Satellites» («Кількість супутників») можна за допомогою курсору, навівши його в точку інтересу (рис.16)

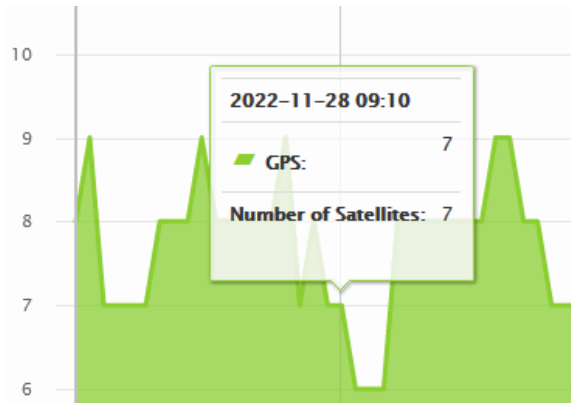


Рис. 16. Інформаційне вікно на графіку «Number of Satellites»

Далі аналізуємо графік «DOPs» (Dilution of Precision – коефіцієнти погіршення точності), на якому представлені GDOP – Geometrical DOP (просторово-часовий параметр); PDOP – Position DOP (просторове (координатне) положення); HDOP – Horizontal DOP (планове положення); VDOP – Vertical DOP (висотне положення); TDOP – Time DOP (одномірний часовий параметр).

Після дослідження всіх графіків, наведених вище, аналізуємо інформацію в меню «Sky Plot» («Небесна сфера», рис.17), де можна наочно побачити в динаміці положення супутників на небесній сфері. Як відомо, ідеальним вважається положення супутників у вигляді «хреста», тобто щоб чотири з наших спостережуваних супутників у цей момент часу були розміщені у різних чвертях.

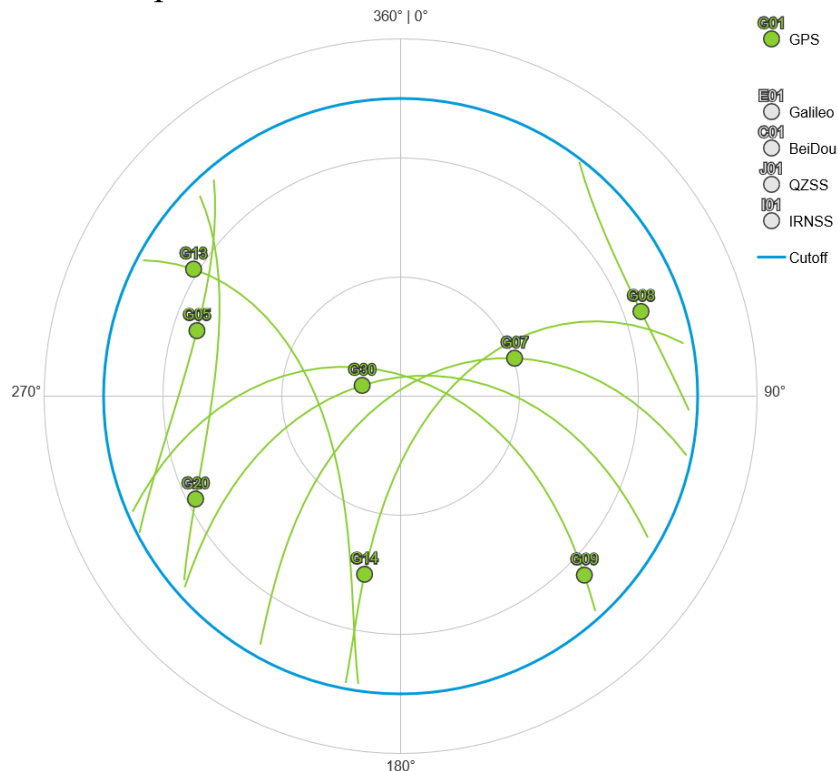


Рис. 17. Меню «Sky Plot»

Детально вивчивши всю необхідну інформацію, необхідно обрати час початку спостережень та спланувати переміщення GNSS-приймачів між

станціями спостереження. У наведеному прикладі доцільно почати зйомку о 8 годині 00 хвилин та виконувати знімання до 9 години 10 хвилин. Потім буде перерва у спостереженнях до 9 години 50 хвилин, що пов'язано зі зменшенням необхідної кількості супутників (менше 7, див. рис.15). Далі необхідно планувати час спираючись на графік «Number of Satellites» («Кількість супутників»), виключаючи періоди часу, коли спостереження за супутниками проводити неможна.

Слід зазначити, що тривалість сесії залежить не лише від методу спостереження, але й від кількості супутників та відстані між пунктами спостереження. Ці параметри залежності часу від вищевказаних чинників наведено у таблиці 11.

У пояснювальній записці необхідно обґрунтувати обрані варіанти прив'язки пунктів ГМЗ до ДГМ та переміщення між ними, враховуючи час спостережень, відстань між об'єктами та час, що витрачається на переміщення. Це обґрунтування зводиться у спеціальну таблицю (табл.12).

По закінченні виконання роботи складається пояснювальна записка, до якої додаються всі необхідні графічні матеріали, формулюються висновки.

Таблиця 11

Залежність тривалості сесії від довжини бази та кількості спостережуваних супутників

Довжина бази, км	Кількість супутників, шт	Тривалість сесії, хв
1	4	15
	5	10
5	5	30
	6	15
10	5	60
	6	30
30	4	90
	5	60

Таблиця 12

Порядок і тривалість проведення робіт на об'єкті

№ сесії	№ приймачів	Назва пункту знімальної мережі	Метод	Дата + інтервали	
				Початок	Кінець
333a	1	2 (база)	ШВИДКОСТАТИЧНИЙ	28.11.2022	28.11.2022
	2	V		8 год 00 хв	8 год 15 хв
333b	1	2 (база)		28.11.2022	28.11.2022
	2	IV		8 год 35 хв	8 год 50 хв
333c	1	2 (база)		28.11.2022	28.11.2022
	2	VII		9 год 50 хв	10 год 05 хв
333d	1	1 (база)		28.11.2022	28.11.2022
	2	VII		10 год 15 хв	10 год 30 хв
333e	1	1 (база)		28.11.2022	28.11.2022
	2	IV		10 год 45 хв	11 год 00 хв
333f	1	1 (база)		28.11.2022	28.11.2022
	2	2		11 год 15 хв	11 год 30 хв
333g	1	3 (база)		28.11.2022	28.11.2022
	2	2		11 год 35 хв	11 год 50 хв
333h	1	3 (база)	28.11.2022	28.11.2022	
	2	1	12 год 00 хв	12 год 15 хв	
333i	1	3 (база)	28.11.2022	28.11.2022	
	2	IV	12 год 35 хв	12 год 50 хв	
333j	1	4 (база)	28.11.2022	28.11.2022	
	2	1	13 год 05 хв	13 год 45 хв	
333k	1	4 (база)	28.11.2022	28.11.2022	
	2	2	13 год 55 хв	14 год 10 хв	
333l	1	4 (база)	28.11.2022	28.11.2022	
	2	3	14 год 20 хв	14 год 35 хв	

Навчальне видання

СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ
ТА СФЕРИЧНА АСТРОНОМІЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт

Укладачі:
Седов Аркадій Олександрович

Підписано до друку 01.01.2024 р.
Формат 60x84/16. Гарнітура Times. Умовн. друк. арк. - 3
Наклад – 30 прим.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44
Укладач Седов Аркадій Олександрович