

Міністерство освіти і науки України  
Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича

**Р.І. Беспалько, Т.В. Гуцул**

# **ГНСС-технології у землеустрої**

*Навчально-методичний посібник*



Чернівці

Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича  
2022

УДК 528.7(075.8)  
Б 534

Рекомендовано вченою радою  
навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів  
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича  
(протокол № 4 від 7.12.2021 р.)

**Беспалько Р.І., Гуцул Т.В.**

Б 534      Застосування ГНСС-технології у землеустрої: навч.-метод.  
посіб. / Р.І. Беспалько, Т.В. Гуцул. Чернівці: Чернівец. ун-т  
ім. Ю. Федьковича, 2022. 140 с.

Навчальний посібник написано згідно із затвердженим стандартом вищої освіти за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Враховано особливості освітньо-професійної програми за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», спеціалізації «Землеустрій та кадастр» для підготовки здобувачів першого рівня вищої освіти (бакалаврського) у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича.

Наведено завдання до лабораторних робіт, подано їх теоретичне обґрунтування та рекомендації до їх виконання. Запропонований теоретичний матеріал і прикладний інструментарій спрямовано на формування практичних навичок роботи з ГНСС-технологіями, їх прикладного застосування у сфері землеустрою.

УДК 528.7(075.8)

© Р.І. Беспалько, 2022

© Т.В. Гуцул, 2022

© Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича, 2022

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
ІНСТРУКТАЖ ІЗ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ.....	7
ЗАГАЛЬНІ ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУПУТНИКОВИХ ПРИЙМАЧІВ .....	12
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ ІЗ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ .....	15
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. GPS-знімання мобільним пристроєм.....	16
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Рекогностування пунктів державної геодезичної мережі й оцінка точності визначення їх координат .....	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. Планування сеансів супутникових спостережень.....	34
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. Планування геодезичного знімання GPS-методом .....	50
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. Обробка навігаційних повідомлень GNSS-спостережень для визначення геоцентричних координат супутника.....	62
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. Підготовка карт для GPS-навігаторів у програмі OziExplorer.....	69
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7. Розв'язання головних геодезичних задач на площині .....	75
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8. Розв'язання головних геодезичних задач на поверхні еліпсоїда .....	81

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9. Визначення площі земельної ділянки аналітичним методом за координатами вершин полігона .....	89
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10. Збір геопросторових даних для побудови ЦМР .....	101
ГЛОСАРІЙ.....	110
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТА ЗАПИТАННЯ.....	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	123
ДОДАТКИ .....	125
ДЛЯ НОТАТОК.....	139

## ПЕРЕДМОВА

Стаття 50 Закону України «Про землеустрій» передбачає у разі формування земельної ділянки наявність у складі проектів відведення матеріалів геодезичних вишукувань [1]. Зазначені матеріали обов'язкові і в складі технічної документації із землеустрою щодо встановлення меж земельної ділянки в натурі (на місцевості), технічної документації із землеустрою щодо встановлення меж частини земельної ділянки, на яку поширюється право суборенди, сервітуту, технічної документації із землеустрою щодо поділу та об'єднання земельних ділянок та інших видів документації із землеустрою.

Розвиток глобальних супутникових геодезичних систем (ГНСС) типу GPS (США), ГЛОНАСС (Росія) та нових Compass (Китай), Galileo (Європейський Союз) здійснив революцію в геодезичних методах вимірювань. ГНСС – інфраструктура, до якої належить плеяда орбітальних супутникових станцій із глобальним покриттям, котрі працюють у поєднанні з мережею наземних станцій і супутниковими системами диференціальної корекції дають змогу з'ясувати географічне положення, відстань, напрям, швидкість руху і місцевий час приймача-користувача в будь-якому місці земної поверхні чи в повітрі за допомогою опрацювання сигналів, отриманих від супутників у космосі. Особливу увагу привертає кінематичне знімання у режимі реального часу (Real Time Kinematic – RTK) та кінематичної постобробки (Post-Processed Kinematic – PPK), оскільки ці методи сприяють зніманню великої кількості точок за менший відрізок часу з горизонтальною точністю  $1 \text{ см} + 2 \text{ ppm}$  та вертикальною  $2 \text{ см} + 2 \text{ ppm}$ . Їхньому розвитку слугує розбудова в Україні мережі активних референтних станцій ГНСС [2].

За наявності відповідних технічних засобів і умов спостережень визначення координат пунктів може здійснюватися із використанням супутникових радіонавігаційних систем типу GPS [3]. Відповідно до Наказу Міністерства аграрної політики та продовольства № 255 від 11.04.2013 р. виконавець (розробник) робіт із землеустрою повинен володіти (мати у власності або в користуванні) геодезичні інструменти та обладнання для вимірювання відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів із метою визначення координат і висот точок місцевості або геодезичний супутниковий приймач для визначення координат точок місцевості [4].

Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт (затверджена наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України № 19 від 17.02.2000 р.) [5], обов'язкова для всіх суб'єктів підприємницької діяльності всіх форм власності, діяльність яких пов'язана з виконанням топографо-геодезичних та картографічних робіт, характеризує контроль польових робіт як складову виробничого процесу і наголошує на необхідності його здійснення протягом усього періоду виконання з охопленням усіх процесів і видів інженерно-геодезичних вишукувань.

У процесі контролю якості GPS-спостережень перевіряють:

- схему GPS-мережі, яка повинна складатись із замкнутих петель або інших замкнених фігур;
- прив'язку GPS-мережі до пунктів державної геодезичної мережі (не менше як до 3-х пунктів) та до нівелірної мережі (не менше як до 4-х пунктів);
- правильність і своєчасність перевірок і досліджень метеоприладів;
- правильність вибору місць встановлення геодезичних знаків і закладки центрів;
- правильність вибору часу й оптимального вікна спостережень, визначення кількості сесій та їхньої тривалості;
- протоколи спостережень на пункті.

У разі використання глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС-приймачів) із безпосередньою прив'язкою до пунктів ДГМ (додаток А); інших перманентних мереж, зокрема комерційного використання (додатки Б, В) документація із землеустрою повинна містити такі матеріали:

- картографічну схему розташування об'єктів масштабів 1:2000 – 1:10000;
- схему ГНСС-спостереження (додаток Г);
- опис технології виконання спостереження (додаток Д);
- результати розрахунків координат вимірюваних точок (додаток Е);
- результати вимірювань в електронній формі (файл Rinex.2x);
- відомість урівноваження ГНСС-спостережень (використане програмне забезпечення: назва та версія; дата і час виконання врівноваження; результати розрахунків координат вимірюваних точок; результати оцінки точності вимірювань: СКП);
- звіт про результати врівноваження, який генерується програмним забезпеченням (файл «сирих» вимірювань з кожного ГНСС-приймача у стандартному обмінному форматі; файли поправок до ГНСС-вимірювань, отримані у постачальника сервісу та застосовані в процесі постобробки у форматі Land XML (якщо використовувалися сервіси перманентних ГНСС-станцій);
- метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки (додаток Ж).

# ІНСТРУКТАЖ ІЗ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Під час виконання геодезичних робіт необхідно дотримуватися вимог з охорони праці та промислової безпеки відповідно до ДБН А.3.2-2 та пожежної безпеки відповідно до НАПБ А.01.001, ДБН В.1.1-7, ДБН В.1.2-7 [6].

## 1. Загальні положення

1.1. До виконання інженерно-геодезичних розвідок допускаються особи, які мають спеціальну підготовку і пройшли з питань охорони праці вступний і первинний інструктажі при вступі на роботу, а в процесі трудової діяльності повторний і цільовий – перед виконанням розвідок на об'єктах з підвищеною небезпекою.

1.2. До робіт з підвищеною небезпекою належать:

1.2.1. Інженерно-геодезичні розвідки в зоні ліній електропередач.

1.2.2. Інженерно-геодезичні розвідки в зоні діючих магістральних газопроводів.

1.2.3. Інженерно-геодезичні розвідки на автомагістралях і автомобільних дорогах.

1.2.4. Інженерно-геодезичні розвідки на об'єктах залізничної мережі.

1.3. Усі питання, щодо організації розвідки на об'єктах підвищеної небезпеки повинні узгоджуватися з організаціями, які експлуатують ці об'єкти.

Роботи на цих об'єктах повинні проводитися тільки за допуском цих організацій у присутності їхніх представників.

1.4. При виконанні інженерно-геодезичних вишукувань можуть мати місце такі основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- ✓ ураження електричним струмом, блискавкою;
- ✓ отруєння газом;
- ✓ травмування на автомобільних дорогах, залізницях, при пересуванні в полі, по льоду, водних переправах і т. ін.;
- ✓ сонячний удар, переохолодження організму.

1.5. Для виконання інженерно-геодезичних вишукувань працівникам видаються засоби індивідуального захисту:

- ✓ капелюх крилатий;
- ✓ черевики (кеди);
- ✓ жилет оранжевий сигнальний;

- ✓ плащ з каптуром;
- ✓ аптечка похідна.

## **2. Вимоги безпеки перед початком роботи**

2.1. Перевірити наявність і справність засобів індивідуального захисту.

2.2. Одержати допуск на право проведення розвідок на об'єктах підвищеної небезпеки і пройти цільовий інструктаж з питань охорони праці в начальника структурного підрозділу.

2.3. Провести цільовий інструктаж із питань охорони праці відряджених до бригади осіб під особистий розпис у журналі обліку інструктажу або спеціальній відомості.

2.4. Нагадати складу групи про основні вимоги з безпеки виконання розвідок.

## **3. Вимоги безпеки під час роботи**

3.1. Проведення інженерно-геодезичних розвідок в охоронній зоні ліній електропередачі:

3.1.1. При виявленні обірваних і лежачих проводів діючої лінії електропередач напругою 1000 В і вище забороняється наблизитися до них на відстань менше як 10 м. У населеному пункті біля обірваного проводу потрібно виставити охорону і негайно повідомити технічному керівнику енергоділянки.

3.1.2. Виконання інженерно-геодезичних розвідок поблизу повітряних ліній електропередачі під час грози і при її наближенні забороняється.

3.1.3. Встановлення геодезичних знаків на майданчиках підстанцій, виконання ручних і бурових робіт під геодезичні знаки, особливо в зоні кабельних ліній, можна робити тільки за погодженням з адміністрацією підстанцій і лише за присутності представників-фахівців, які знають місця пролягання кабелів.

3.1.4. Забороняється проводити виміри висоти підвіски проводів тичинами, рейками, гілками та іншими подібними вимірними інструментами і приладами.

3.2. Проведення інженерно-геодезичних розвідок в охоронній зоні діючих магістральних газопроводів:

3.2.1. Проведення робіт на відстані 15 м з обох сторін від наземного газопроводу і 3 м від підземного – узгоджується з організацією, яка їх експлуатує, і ведеться за присутності її представника.

3.2.2. При виявленні запаху газу на місці розвідки траси газопроводу роботи необхідно припинити, сповістити про це представника експлуатаційної організації та вийти із загазованої зони.



3.3. Проведення інженерно-геодезичних розвідок на автомагістралях і автомобільних дорогах:

3.3.1. При виконанні робіт на полотні автодороги працівники бригади повинні бути одягнені в сигнальні жилети жовтогарячого кольору.

3.3.2. Перехід від одного місця до іншого дозволяється (за відсутності тротуару) по проїжджій частині автодороги назустріч руху автотранспорту.

3.3.3. При виконанні робіт на проїжджій частині керівник бригади зобов'язаний виставити регулювальників за 50-100 м по обидва боки від місця роботи.

3.3.4. Під час проведення робіт на проїжджій частині доріг забороняється:

- ✓ залишати на автодорогах без нагляду геодезичні інструменти та устаткування;
- ✓ виконувати роботи на автодорогах під час туману, заметілі, грози й ожеледі.

3.3.5. При прокладанні теодолітних ходів вимір ліній потрібно проводити вздовж узбіччя. Вимір ліній упродовж осі дорожнього покриття дозволяється робити тільки у разі значного руйнування узбіччя або при виконанні спеціальних робіт і з дозволу патрульної поліції.

3.4. Проведення інженерно-геодезичних розвідок на об'єктах залізничної мережі:

3.4.1. Виконання робіт на залізничних коліях і в смузї відведення залізниць дозволяється тільки за наявності допуску, підписаного начальником станції або начальником дистанції шляху.

3.4.2. Усі працюючі на розвідках на залізниці повинні бути в жилетах сигнального та жовтогарячого кольору.

3.4.3. У місцях робіт на ділянках залізничних колій із умовами, котрі погіршують видимість, керівник бригади зобов'язаний виставити сигнальників так, щоб підхід потягів по обидва боки було видно не менше ніж за 500 м від місця робіт.

3.4.4. Одержавши сигнал про підхід потяга по будь-якому шляху, усі працюючі повинні зійти зі шляху на найближче узбіччя на відстань не менше 2 м від крайньої рейки, забравши зі шляху всі інструменти.

3.4.5. Висоту підвіски проводів, опор, стовпів та інших високих споруджень визначають аналітичним способом або тригонометричним нівелюванням.

3.4.6. Інженерно-геодезичні розвідки на електрифікованих ділянках і при обстеженні пристроїв електропостачання мають

здійснюватися відповідно до вимог особи, яка відповідає за догляд над дотриманням правил техніки безпеки.

3.4.7. Усі обмірні роботи на електрифікованих ділянках виконуються тільки дерев'яними метрами і тесм'яними рулетками. Застосування металевих складних метрів, металевих і тесм'яних рулеток з металевою основою забороняється.

3.4.8. При обмірюваннях мостів та інших споруджень на висоті більше 2 м працівники повинні користуватися сходами, підмостями, запобіжними поясами та іншими пристосуваннями, а при роботах на схилах і кругах – додатковою страхувальною мотузкою.

3.4.9. Забороняється переходити або перебігати шлях, перебувати між коліями або на сусідньому шляху при наближенні потяга; випадково виявившись з якихось причин між коліями під час руху потягів по сусідніх шляхах, необхідно негайно лягти на живіт, поки йдуть вагони, щоб не бути захопленим вихровими повітряними потоками під колеса потягів, які рухаються.

3.5. Пересування в полі, по льоду і водних переправах.

3.5.1. Відповідає за дотримання правил безпеки при пересуванні маршрутом по льоду і водних переправах через ріки керівник (старший) бригади.

3.5.2. Умови і порядок пересування маршрутами мають бути доведені до всіх членів бригади.

3.5.3. При настанні негоди під час пересування необхідно перервати рух, сховатися в безпечному місці і перечекати негоду.

3.5.4. Переходи і пересування бригади повинні здійснюватися тільки у світлий час доби.

3.5.5. Забороняються переправи через ріки і водні перешкоди:

- по плаваючих крижинах, виступаючих із води каменях;
- без взуття і тичин при переправі вброд;
- через водні перешкоди будь-якої ширини під час сильного дощу, снігу, туману, криголами, сильної хмарності, при сильному вітрі та великій хвилі.

3.5.6. При пересуванні по льоду потрібно уважно оглянути загальну придатність крижаного покриву для переправи.

Обстеження крижаного покриву має здійснюватися двома особами, які пересуваються в мотузковій зв'язці на відстані 10 м один від одного з тичинами.

Забороняються пробні переходи однієї особи з метою визначення міцності льоду.

3.6. Інші вимоги техніки безпеки при виконанні розвідок:

3.6.1. Для запобігання сонячного удару працівникам рекомендується носити крилаті повстяні або солом'яні капелюхи, а також інші головні убори з довгим козирком.

У найжаркіші години дня роботу треба відкласти на ранкові і привечірні години.

3.6.2. При організації тимчасових стоянок забороняється:

✓ установлювати намет поблизу ліній електропередач;

✓ очищати майданчики із застосуванням вогню (випалованням) у трав'янистих і лісистих районах, в очеретах тощо.

3.6.3. При купанні забороняється:

✓ купатися в невідомих, забруднених або багатих джерелами водоймах, у каналах поблизу шлюзів, водорозподільних пристроїв та інших гідротехнічних споруд;

✓ запливати далеко від берега;

✓ стрибати у воду в місцях невідомої глибини з поромів, причалів, мостів.

#### **4. Вимоги безпеки по закінченні робіт**

4.1. Перевірити наявність і комплектність застосовуваних приладів, пристосувань, устаткування, інструментів. Вкласти їх у спеціальні шухляди.

4.2. Установити укладальні шухляди з приладами та інструментами в кузові автомашини, закріпити їх від падіння, усунувши можливість травмування ними при різкому гальмуванні автомобіля.

4.3. Доповісти безпосередньому керівникові про недоліки в забезпеченні дотримання належних правил розвідок.

#### **5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях**

5.1. З появою ознак можливої аварії необхідно вжити заходів до її запобігання і довести ситуацію до відома старшого групи.

5.2. При виникненні аварії діяти відповідно до чинних вимог проведення аварійних робіт.

5.3. Надати першу медичну допомогу потерпілим під час аварії. У разі потреби доправити потерпілого до найближчої лікарні.

## **ЗАГАЛЬНІ ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУПУТНИКОВИХ ПРИЙМАЧІВ**

Перед початком використання геодезичного супутникового обладнання ознайомтеся з інструкцією з техніки безпеки та переконайтеся, що ви її зрозуміли.

Конкретні застереження не означають повну безпеку та відсутність ризиків. Завжди дотримуйтесь вказівок, супутніх попереджень або застережень, оскільки вони призначені для усунення або мінімізації ризиків, травм або пошкодження обладнання.

**Вплив радіочастотного випромінювання** – важливий фактор, який впливає на безпеку. Правилами FCC прийнято стандарт безпеки для людей, котрі потрапляють під вплив високочастотної електромагнітної енергії (яка випромінюється обладнанням, сертифікованим за правилами FCC – The Federal Communications Commission) 79-144 від 13 березня 1986 р.

Правильне використання вбудованих у приймач радіомодемів спричинює випромінювання на допустимому рівні потужності. Рекомендовано такі заходи обережності:

- ✘ не працюйте в режимі передачі даних, якщо будь-хто перебуває ближче 20 см від антени;
- ✘ не працюйте в режимі передачі даних, доки до всіх використовуваних радіочастотних роз'ємів не буде підключено антени або напругу;
- ✘ не працюйте з обладнанням поблизу електричних капсул детонаторів або у вибухонебезпечній атмосфері;
- ✘ все обладнання згідно з інструкції повинно бути правильно заземлене для подальшої безпечної роботи.
- ✘ все обладнання мусить експлуатуватися тільки навченим персоналом.

Випромінювана вбудованим безпроводним передавачем Bluetooth потужність значно нижча встановлених FCC обмежень на радіочастотні випромінювання. Тим не менше його варто вмикати тільки при віддаленні від приймача на відстань не менше 20 см від тіла людини. Безпроводний Bluetooth-модем працює відповідно до стандартів впливу електромагнітної енергії та рекомендацій наукової спільноти.

У деяких країнах засіб можна використовувати без одержання спеціального дозволу, в інших – використання радіочастот потребує ліцензування. Стандарт Bluetooth використовує смугу частот, яка не потребує додаткових дозволів. Рівень випромінюваної енергії значно нижчий, ніж у мобільних телефонів. Однак, використання

бездротового радіоканалу може бути обмежене в деяких ситуаціях, наприклад, повітряних суднах.

**Громозахист.** Якщо приймач використовується із застосуванням різних віх, рейок тощо, то зростає ризик ураження блискавкою. Небезпечно працювати також поблизу високовольтних ЛЕП. Блискавки і торкання електропроводів можуть призвести до нещасних випадків, навіть летального характеру. Тому:

- \* для уникнення потрапляння блискавки не рекомендується використовувати обладнання під час грози;

- \* переконайтесь, що перебуваєте на безпечній відстані від електричних вузлів. Не використовуйте прилад під час роботи з ЛЕП. За необхідності роботи в таких умовах дотримуйтеся правил інструкції з техніки безпеки;

- \* якщо обладнання повинно використовуватися стаціонарно на відкритій місцевості (наприклад перманентна станція), переконливо рекомендується застосовувати громовідводи. Приклад можливої організації громозахисту обладнання наведено на рис. 1. Обов'язково дотримуйтеся норм і правил щодо встановлення громовідводів.

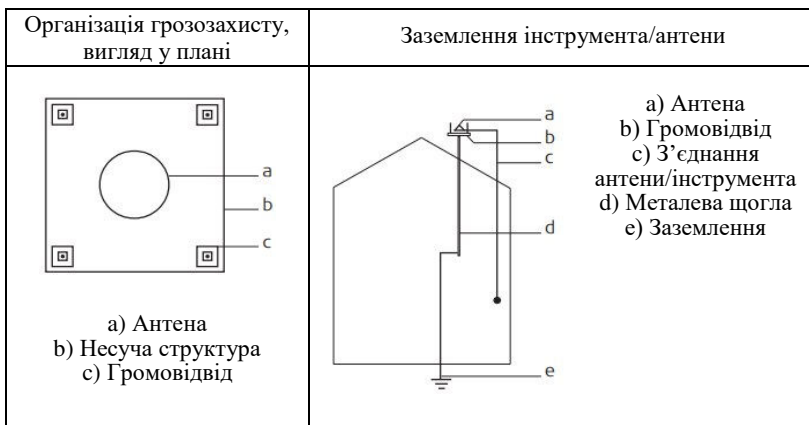


Рис. 1. Організація громозахисту обладнання

- \* якщо можлива гроза або інструмент довгий час не експлуатується, вилучайте з нього елементи живлення та відмикайте всі кабелі.

**Правила поведіння з батареями.** Не пошкоджуйте літій-іонну батарею. Це може спричинити вибух або пожежу та завдати особистої шкоди або псування майна. Для запобігання ймовірній шкоді або пошкодженням:

✓ не заряджайте батарею, якщо вона пошкоджена. До пошкоджень належить зміна кольору, деформація, витік електроліту та інші дефекти;

✓ не спалюйте батарею, не піддавайте її впливу високої температури та уникайте потрапляння прямого сонячного проміння;

✓ не занурюйте батарею у воду;

✓ не використовуйте та не зберігайте батарею в автомобілі за спекотної погоди;

✓ не кидайте та не проколуйте батарею;

✓ не відкривайте батарею та не замикайте її контакти.

За можливості уникайте контакту з літій-іонною батареєю у разі розгерметизації. Електроліт – їдка речовина, контакт з якою може завдати шкоди. Для запобігання шкоді або пошкодженням:

✓ у разі протікання батареї уникайте контакту з електролітом.

✓ якщо електроліт потрапив в очі, швидко промийте їх чистою водою та зверніться по медичну допомогу. (Не тріть очей!);

✓ якщо електроліт потрапив на шкіру або одяг, негайно змийте його чистою водою.

Заряджайте та використовуйте літій-іонну батарею тільки в строгій відповідності до інструкції. Зарядка або використання батареї в непередбаченому обладнанні може призвести до вибуху або займання, що може завдати шкоди Вам і/або майну. Для запобігання шкоди та пошкоджень:

✓ не заряджайте та не використовуйте батарею, якщо вона пошкоджена або має витік;

✓ заряджайте літій-іонну батарею тільки з використанням фірмових засобів, призначених для її заряджання, і передбачених комплектацією приладу;

✓ переконайтесь у дотриманні інструкції, яка додається до зарядного пристрою;

✓ припиніть зарядку батареї, якщо вона перегрілась або пахне горілим;

✓ використовуйте батарею тільки в її штатному режимі та відповідно до інструкції з експлуатації приладу.

**Правила експлуатації у вологих приміщеннях.** Супутникові приймачі не призначені для експлуатації у вологих приміщеннях з використанням джерела живлення Ethernet або зовнішнього джерела живлення постійного струму. За таких умов допускається використання тільки вбудованої батареї.

Зовнішнє джерело живлення постійного струму, його кабель і відповідна частина кабелю не призначені для експлуатації у вологих приміщеннях.

Не можна застосовувати зовнішнє джерело живлення постійного струму у вологих приміщеннях. Не затребувані роз'єми варто закривати штатними заглушками.

## **ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ ІЗ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

1. Робота виконується на ПК типу IBM під OS Windows 7. Більшість програмного забезпечення сумісна саме з означеною операційною системою. Стабільна робота інструментальних засобів в інших операційних системах не гарантується.

2. Звіт із виконаної роботи оформляється з використанням текстових редакторів типу OpenOffice Writer, LibreOffice та подібних, безпосередньо під час виконання самої роботи.

3. Для перевірки робота зверстується на аркушах формату А4 у електронному варіанті та завантажується на сайт електронного навчання університету у відповідний курс. При цьому варто дотримуватись обмежень до фізичного розміру файлу, передбаченого системою дистанційного навчання.

4. Умови форматування тексту звіту у текстовому редакторі:

- поля: зверху – 2 см, знизу – 2 см, ліворуч – 2 см, з правого боку – 1 см;
- шрифт – Times New Roman 12 (у таблицях допускається розмір шрифту не менше 8);
- міжрядковий інтервал – одинарний;
- вирівнювання загального тексту за шириною всієї сторінки зі стандартним абзацним відступом 1,25.

5. Рисунки, які вставляються (імпортуються в текст) як ілюстрації до тексту звіту необхідно попередньо зберегти у форматі \*.jpeg (чи його різновидах).

6. За наявності передбачених додаткових файлів із розв'язками варіантів завдань, вони поміщаються до \*.zip-архівів та надаються разом із оформленим звітом до системи електронного навчання.

7. Використані джерела інформації оформляються згідно з вимогами. В Україні діє один затверджений Національний стандарт, який відповідає за оформлення бібліографічної інформації у науковій роботі.

- ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. Вид.офіц. [Уведено вперше ; чинний від 2016-07-01] . Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 17 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. GPS-знімання мобільним пристроєм

**Мета роботи:** оволодіти навичками визначення координат за допомогою мобільних пристроїв.

**Матеріально-технічне забезпечення:** мобільний пристрій із підтримкою Android, ПК, додаток Geodesist, програма SASPlanet.

### Завдання для виконання роботи

1. Завантажте та встановіть додаток Geodesist на мобільний телефон.
2. Визначте координати довільних точок та побудуйте маршрут.
3. Визначте відстані та відносні висоти між одержаними значеннями координат довільних точок.
4. Оцініть точність проведеного GPS-знімання мобільним пристроєм.

### Порядок виконання роботи

1. В ролі GPS-приймача використайте власний мобільний пристрій. Додайте до звіту з лабораторної роботи його зображення та назву моделі.

Для визначення координат застосуйте програму «Geodesist» (рис. 2), яка є продуктом вільного використання та доступна в бібліотеці мобільних додатків Google Play<sup>1</sup>.



Рис. 2. Програмний засіб Geodesist

---

<sup>1</sup> Доступно за гіперпосиланням:  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=isakov.android.isak.geodesist>







Згідно зі статистикою з 2015 року програму встановлено понад 100 тис. разів. Користувачі високо оцінили додаток, відзначивши його 4,36 балами із 5 можливих.

2. Запускаємо додаток на мобільному пристрої, натиснувши на екрані на відповідну піктограму (табл. 1)

Таблиця 1

Основні піктограми програмного засобу Geodesist

Піктограма	Підпис	Виконувана команда
	–	запуск мобільного додатку
	Location	визначення поточного місцезнаходження
	Marks	завантажує список визначених точок
	Add marks	додати нову точку

Натиснувши піктограми «Marks» – «Add marks», одержимо діалогове вікно, зображене на рис. 3.

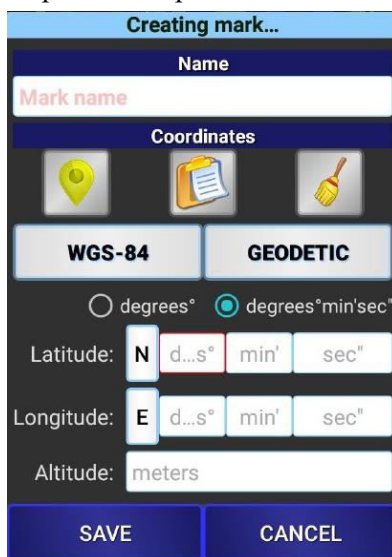


Рис. 3. Процес створення точки вимірювань

Після заповнення інформації в діалоговому вікні на рис. 3 натисніть кнопку «Save».

Досліджуючи територію, визначте координати об'єктів у системі координат WGS-84 [8] та занесіть їх до відповідного журналу GPS-навігації (табл. 2).

Результат вимірювань можна знаходити за експортом в – Geodesist marks file (\*.gmrks) та GPX format file (\*.gpx).

Таблиця 2

Журнал GPS-навігації.

Визначення деяких вуличних об'єктів за адресою:

*м. Чернівці, вул. Руська 219 – вул. Руська 248С*

№ п/п	Назва точки	Координати		Десятковий вигляд		Висота (Н)	Об'єкт
		Широта (N)	Довгота (В)	(N)	(В)		
1	т.1	48°16'58,36"	25°59'00,52"	48,282878	25,983478	240,06	гараж №562
2	т.2	48°16'56,84"	25°59'02,20"	48,282456	25,983944	233,80	вул. Казарлицька
3	т.3	48°16'55,36"	25°58'59,43"	48,282044	25,983175	246,10	споруда
4	т.4	48°16'51,43"	25°58'58,00"	48,280953	25,982778	243,50	вул. Руська, 229А
5	т.5	48°16'46,80"	25°58'59,58"	48,279667	25,983217	222,60	вул. Руська, 231
6	т.6	48°16'43,28"	25°59'04,00"	48,278689	25,984444	232,10	церква
7	т.7	48°16'40,56"	25°59'09,52"	48,277933	25,985978	228,90	ГРП
8	т.8	48°16'38,95"	25°59'13,11"	48,277486	25,986975	233,70	вул. Володарська – вул. Немцівська
9	т.9	48°16'35,30"	25°59'13,35"	48,276472	25,987042	232,50	зупинка
10	т.10	48°16'30,29"	25°59'22,78"	48,275081	25,989661	224,00	церква
11	т.11	48°16'23,50"	25°59'34,76"	48,273194	25,992989	217,80	зупинка
12	т.12	48°16'21,95"	25°59'37,20"	48,272764	25,993667	224,60	ресторан «Водограй»
13	т.13	48°16'19,85"	25°59'35,36"	48,272181	25,993156	229,40	СТО
14	т.14	48°16'19,12"	25°59'33,48"	48,271978	25,992633	230,30	ТЦ «Екватор»
15	т.15	48°16'17,00"	25°59'31,00"	48,271389	25,991944	230,00	ТЦ «Екватор»

Використовуючи вільно поширюваний програмний засіб SAS Planet у вигляді маркерів, нанесіть нові точки (не менше 15). З'єднайте точки контуром та отримайте схему пройденого маршруту (приклад схеми показано на рис. 4).

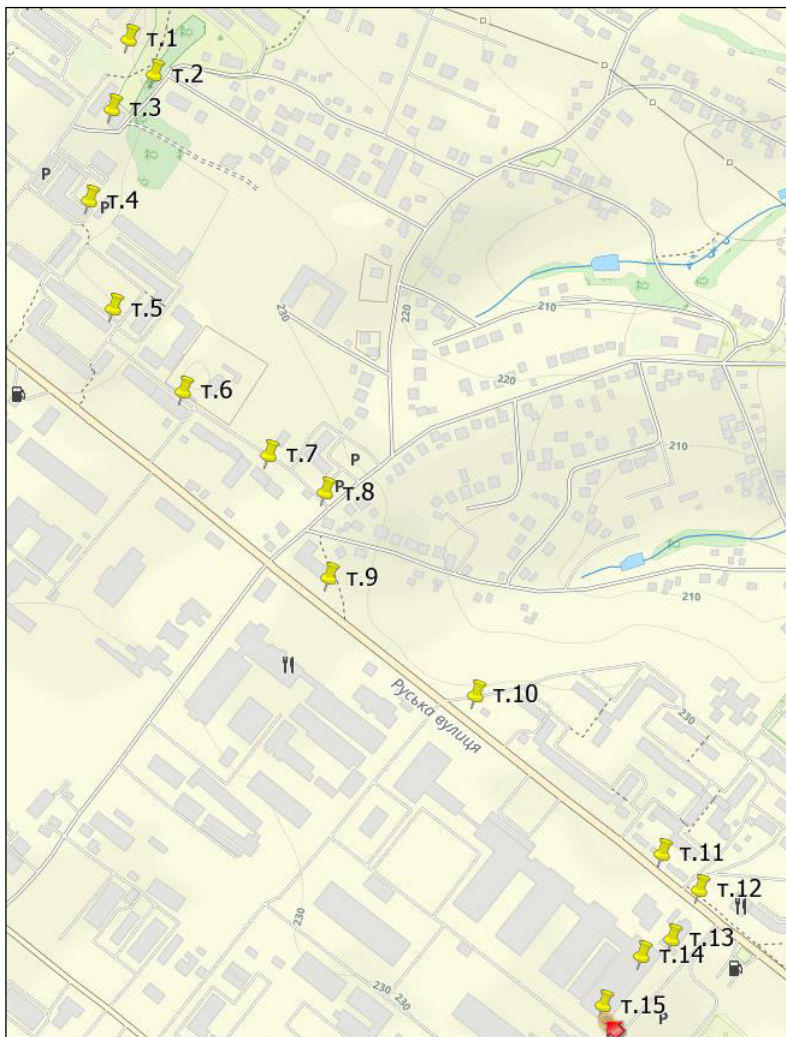


Рис. 4. Схема визначення координат точок у середовищі SAS Planet

В середовищі SAS Planet активізуєте меню «Параметри» – «Налаштування» та перемкніть тип координат на «Гаус-Крюгер (6° зони)/СК 42». Поверніться до меню «Керування мітками» і здійсніть редагування будь-якої обраної мітки. Переконайтеся, що формат відображення координат змінився.

Розпочніть занесення оновлених значень координат до табл. 3.

Використовуючи «Геодезичний калькулятор» геопорталу Державної геодезичної мережі здійсніть перерахунок між системами координат. При цьому вхідними даними вкажіть:

- систему координат – СК-42 (x,y), стандартні 6° зони;
- вид координат – СК-42 GK6, зона 5, осьовий меридіан 27°.

Вихідними координатами вкажіть:

- систему координат – УСК-2000 (x,y), стандартні 6° зони;
- вид координат – УСК-2000 GK6, зона 5, осьовий меридіан 27°.

Результати обчислень занесіть до табл. 3.

Таблиця 3

Каталог визначених координат у різних системах

№ п/п	Назва точки	СК-42 (Гаус-Крюгер, 6° зони)		УСК-2000 (стандартні 6° зони, 5 осьовий меридіан 27°)	
		X	Y	X	Y
1	т.1	5350503,58	5424681,15	5350502,977	5424680,542
2	т.2	5350456,18	5424715,16	5350455,577	5424714,552
3	т.3	5350411,22	5424657,45	5350410,617	5424656,842
4	т.4	5350290,22	5424626,36	5350289,618	5424625,753
5	т.5	5350146,78	5424657,04	5350146,178	5424656,433
6	т.6	5350036,85	5424746,73	5350036,249	5424746,124
7	т.7	5349951,33	5424859,42	5349950,729	5424858,814
8	т.8	5349900,63	5424932,78	5349900,030	5424932,174
9	т.9	5349787,83	5424936,24	5349787,230	5424935,634
10	т.10	5349630,52	5425128,63	5349629,921	5425128,025
11	т.11	5349417,55	5425372,89	5349416,952	5425372,286
12	т.12	5349369,01	5425422,57	5349368,412	5425421,966
13	т.13	5349304,64	5425383,78	5349304,042	5425383,176
14	т.14	5349282,61	5425344,72	5349282,013	5425344,116
15	т.15	5349217,80	5425292,72	5349217,203	5425292,116

Одержані в табл. 3 результати оформіть у вигляді плану знімального обґрунтування (рис. 5) та обов'язково додайте до звіту з лабораторної роботи. При цьому застосовуйте нормативні вимоги, передбачені [9], [10], [11].

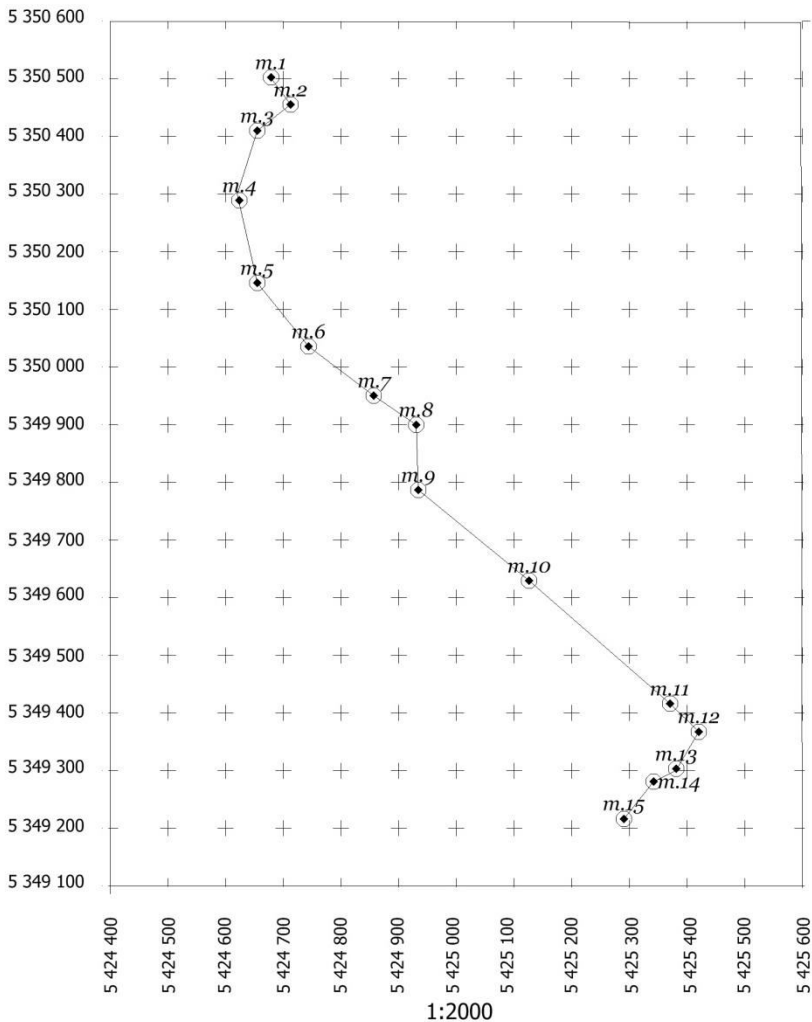


Рис. 5. План знімального обґрунтування (зразок)

3. Використовуючи імпортовані в середовище SAS Planet маркери точок інструментом «Лінійка», виміряйте відстані між ними та занесіть значення до табл. 4. За даними значень висот, наявних у табл. 1, здійсніть розрахунок перевищень між точками.

Таблиця 4

## Визначення відстаней та перевищень між об'єктами

№ п/п	Назва точки 1 (точка відліку)	Назва точки n+1	Відстань, м	Висота точки 1, м	Висота точки n+1, м	Перевищення, м
1	т.1	т.2	57,86	240,06	233,80	+6,26
2	т.2	т.3	70,91	233,80	246,10	-12,30
3	т.3	т.4	125,04	246,10	243,50	+2,60
4	т.4	т.5	143,87	243,50	222,60	+20,90
5	т.5	т.6	142,86	222,60	232,10	-9,50
6	т.6	т.7	141,29	232,10	228,90	+3,20
7	т.7	т.8	89,41	228,90	233,70	-4,80
8	т.8	т.9	112,50	233,70	232,50	+1,20
9	т.9	т.10	248,40	232,50	224,00	8,50
10	т.10	т.11	319,65	224,00	217,80	+6,20
11	т.11	т.12	69,22	217,80	224,60	-6,80
12	т.12	т.13	76,10	224,60	229,40	-4,80
13	т.13	т.14	44,80	229,40	230,30	-0,90
14	т.14	т.15	83,08	230,30	230,00	0,30
15	т.15	т.1	1425,78	230,00	240,06	-10,06

За даними табл. 4 побудуйте поздовжній та поперечний профілі місцевості (рис. 5). Для надання профілю кращої наочності, лінію профілю узагальніть, тобто нанесіть висоти у більш крупнішому (зазвичай у 10 разів) масштабі, ніж горизонтальне прокладання (1:10000 та 1:1000; 1:5000 та 1:500; 1:2000 та 1:200).

Побудову профілю розпочніть із розрахунку розташування лінії умовного горизонту. Нижче цієї лінії зробіть розграфлення паралельними лініями для запису необхідних даних. Висоту умовного горизонту оберіть так, щоб найнижча точка профілю розмістилася вище лінії умовного горизонту на 2–4 см. У відповідний рядок занесіть всі пікети та плюсові точки. Після чого від лінії умовного горизонту відкладіть висоти пікетів та плюсових точок в прийнятому для вертикальних відстаней масштабі.

Всі нанесені за відмітками точки послідовно з'єднайте прямою лінією та одержите лінію профілю.

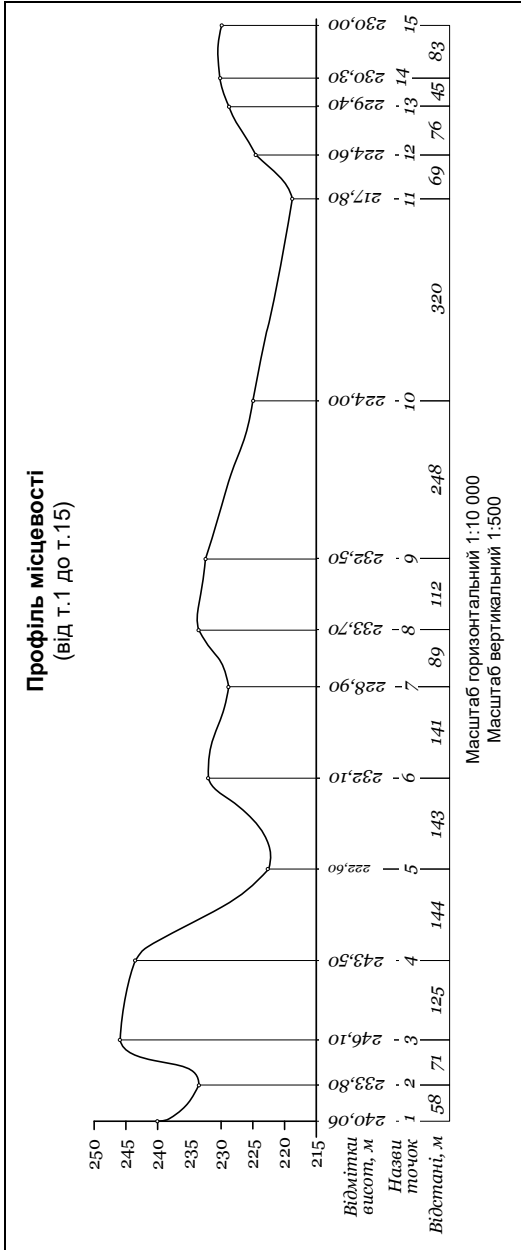


Рис. 5. Поздовжній та поперечний профілі місцевості (зразок)

### Запитання та завдання для самоперевірки

1. Використовуючи середовище додатків Google Play, відшукайте та наведіть перелік інших додатків, які підтримують визначення просторових координат за допомогою вимірювальних пристроїв.
2. У чому полягають відмінності між технологіями GPS та A-GPS?
2. Опишіть принцип роботи технології A-GPS. У чому полягають її переваги та недоліки використання?
3. Які фактори впливають на точність проведення GPS-знімання мобільним пристроєм?
4. Який рівень точності визначення висотних позначок у сучасного ГНСС-обладнання?
5. Що таке GPS-нівелювання? Якому класу точності воно відповідає на сучасному етапі?

### Рекомендована література

1. Беспалько Р.І., Гуцул Т.В. Застосування мобільного додатку «Geodesist» для збору геопросторової інформації в польових умовах : збірник наукових праць до науково-практичного круглого столу (м. Київ, 18 листопада 2020 р.). Київ, 2020. С. 38–41.
2. Грицюк Т.Ю., Федоришин Н.Г., Феношин М.І. Топографія. Поздовжній профіль : методичні вказівки з організації самостійної роботи. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 18 с.
3. Карпінський Ю., Кучер О. Заєць І. Обґрунтування методу та побудова трансформаційного поля перетворення координат між системами СК-42 та УСК-2000. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. Випуск 78. С. 169–171.
4. Кучер О. В., Куриляк І. С., Староверов В. С., Кошелюк Н. К. Дослідження методики трансформування геодезичних, топографо-картографічних та кадастрових матеріалів у систему координат УСК-2000. *Інженерна геодезія*. 2017. № 64. С. 28–44.
5. Петрова О. А. Інформаційна технологія оцінювання надійності систем позиціонування та навігації всередині приміщення : дис... канд. техн. наук : 05.13.06 / НУ «Запорізька політехніка». Запоріжжя, 2020. 165 с.
6. Соколенко О. С., Дорошенко А. Ю. Обробка GPS координат з використанням калманівської фільтрації. *Проблеми програмування*. 2018. № 1. С. 105–112.



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2.**

### **Рекогностування пунктів державної геодезичної мережі й оцінка точності визначення їх координат**

**Мета роботи:** оволодіти навичками пошуку та обстеження стану геодезичних пунктів на місцевості.

**Матеріально-технічне забезпечення:** мобільний пристрій із підтримкою Android, ПК, додаток Geodesist.

#### **Завдання для виконання роботи**

1. Знайдіть геодезичну інформацію про один із пунктів ДГМ.
2. Внесіть інформацію щодо розташування пункту в додаток Geodesist.
3. За допомогою мобільного пристрою відшукайте пункт ДГМ на місцевості.
4. Заповніть картку Кроку пункту полігонометрії.
5. Використовуючи топографічну карту району робіт з'ясуйте та обґрунтуйте оптимальне місце для побудови геодезичного знака.
6. Заповніть Картку побудови геодезичного знака.
7. За заданими координатами відшукайте пункт «Університет» та проведіть серію ідентичних вимірювань його центра.
8. Порівняйте одержані результати визначення координат з еталонними значеннями та сформулюйте відповідні висновки.

#### **Порядок виконання роботи**

1. Відвідайте геопортал Державної геодезичної мережі України. Активуйте шар «Геодезичні пункти». Ознайомтеся з місцезнаходженням геодезичних пунктів на території свого населеного пункту. Відшукайте найближче територіально розташований до себе пункт і дізнайтеся інформацію про нього (наприклад пункт 4076 – рис. 6). Візьміть до уваги, що координати та висоти пунктів на геопорталі Державної геодезичної мережі наведено з точністю до 1 м. До звіту додайте геодезичну інформацію про свій пункт та рисунок його центра.

Геодезична інформація про пункт	
Індекс пункту	M353250280
Назва пункту	4076
Тип центру	Марка в бетоні
Глибина залягання центру, м	
Номер марки	
Тип знаку	без зовнішнього знаку
Висота знаку, м	
Належність до мережі	планова
Клас планової мережі	4
Клас нівелірної мережі	
Метод визначення координат	супутниковий метод
Метод визначення висоти	GPS нівелювання
x, м	5 351 028.00
y, м	5 421 015.00
B, град.	48.29
L, град.	25.94
m <sub>x</sub> , м	0.007
m <sub>y</sub> , м	0.004
H (висота над рівнем моря), м	260.00
Опис місцезнаходження	
Стан	Задовільний на 2010 рік. НДГК



марка в бетоні

Рис. 6. Інформація про пункт ДГМ – «4076»


2. Здійсніть запуск додатку Geodesist на мобільному пристрої. Натисніть кнопку Toolbar (в крайньому правому кутку панелі інструментів) та додайте нову точку (кнопка Add marks). Введіть назву за назвою пункту ДГМ та його географічні координати (рис. 7). Перед введенням географічних координат здійсніть їх перерахунок із десяткового вигляду, наведеного на геопорталі у формат градусів, мінут та секунд. Збережіть нову точку.


Creating mark...


Name

4076

Coordinates







WGS-84

GEODETIC

degrees°     degrees°'min"sec"

Latitude: N    48    17    24

Longitude: E    25    56    24

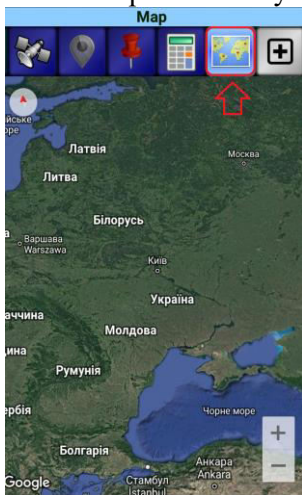
Altitude: 260

SAVE

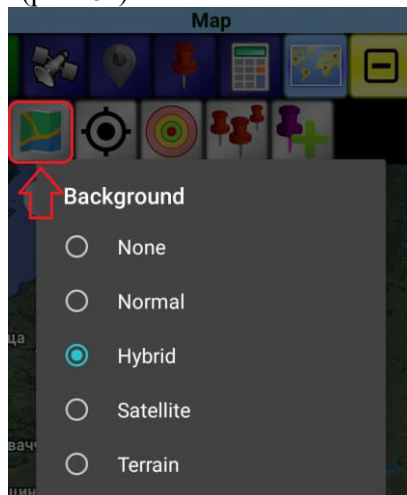
CANCEL

Рис. 7. Створення нової точки в додатку Geodesist

3. Натисніть кнопку Мар (рис. 8а), і на дисплеї з'явиться растрова підкладка. Натискаючи кнопку Background, можна змінювати варіанти її візуалізації (рис. 8б).



а – кнопка Мар



б – кнопка Background та варіанти зміни вигляду карти

Рис. 8. Додавання карти

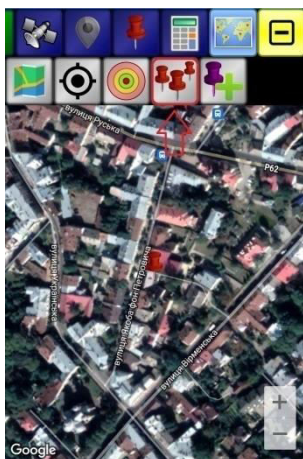


Рис. 9. Точка на інтерактивній карті. Кнопку Select Marks показано вгорі.

Натисніть кнопку Select Marks, і оберіть зі списку пропонованих варіантів точок ту, яка попередньо збережена. Виділіть її з списку та натисніть зелену кнопку статусу підтвердження в правому верхньому кутку дисплея. Точка повинна зайняти своє просторове положення на інтерактивній карті (рис. 9).

Зверніть увагу, що у верхній правій частині вікна інтерактивної карти є піктограма  $\Phi$ , яка допомагає визначати поточне місцезнаходження користувача на карті. Саму ж карту можна повертати, зумувати та орієнтувати в напрямку на північ.

Зорієнтуйтеся на місцевості та прямуйте до орієнтовного місця розташування пункту. Відшукування геодезичних пунктів та їхніх пунктів-супутників виконується за погодженням із користувачами (власниками) земельних ділянок чи власниками будівель, на яких вони розташовані.

4. На кожний геодезичний пункт, який підлягає обстеженню, складається картка побудови, обстеження й оновлення геодезичного пункту (рис. 10 та рис. 11).

<p align="center"><b>Картка</b> побудови, обстеження та оновлення геодезичного пункту класу</p>	<p><b>Суб'єкт господарювання</b></p>	
	<p><b>Об'єкт</b> _____ <b>Трапеція</b> _____</p> <p align="center">(масштаби 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000)</p>	
<p><b>Назва пункту</b> _____ встановлено по карті, за каталогом (непотрібне викреслити) _____ (номер марки верхнього центра)</p>	<p><b>Тип знака</b> _____ (піраміда, сигнал, знак не встановлено)</p>	<p><b>H =</b> _____ (висота над рівнем моря) _____</p>

Рис. 10. Картка побудови, обстеження й оновлення геодезичного пункту

<p><b>Місце розташування пункту:</b> (адміністративно-територіальна одиниця)</p>									
<p align="center"><b>Пункт</b></p> <p>Намічено: <u>на новому місці</u>; на місці старого пункту</p> <p align="center">(назва, клас, рік побудови, номер роботи за каталогом)</p>									
<p align="center"><b>Центр</b></p> <p>Тип старого центру, його стан. Необхідно докласти, перекласти, закласти новий (описати роботу)</p>									
<p>Пн. ↑ Пд</p>	<p>Схема напрямків</p>	№ з/п	Напрямки	Клас	Тип знака	Магнітні азимуты		Відстань (км)	На яке проєктується
					рекогносцирування	будівництво			
	1								
		2							

Примітка. Магнітні азимуты визначає тільки на побудовані пункти.

Рекогносцирування виконав \_\_\_\_\_  
(посада, ініціали, прізвище, підпис, дата)

Рис. 11. Рекогностування і обстеження

5. Пошук необхідних топографічних карт для вивчення умов території із визначенням місць закладення нових пунктів розпочніть зі встановлення масштабу та номенклатури аркушів.

Схеми розграфлення листів карт доступні на геопорталі Державної геодезичної мережі для систем координат:

- УСК-2000 в масштабах від 1:1 000 000 до 1:10 000;
- СК-63 в масштабах 1:100 000 до 1:10 000.

Для СК-42 можна скористатися програмним засобом SAS Planet. Для цього активізуйте відповідне меню та оберіть необхідний масштаб (рис. 12).

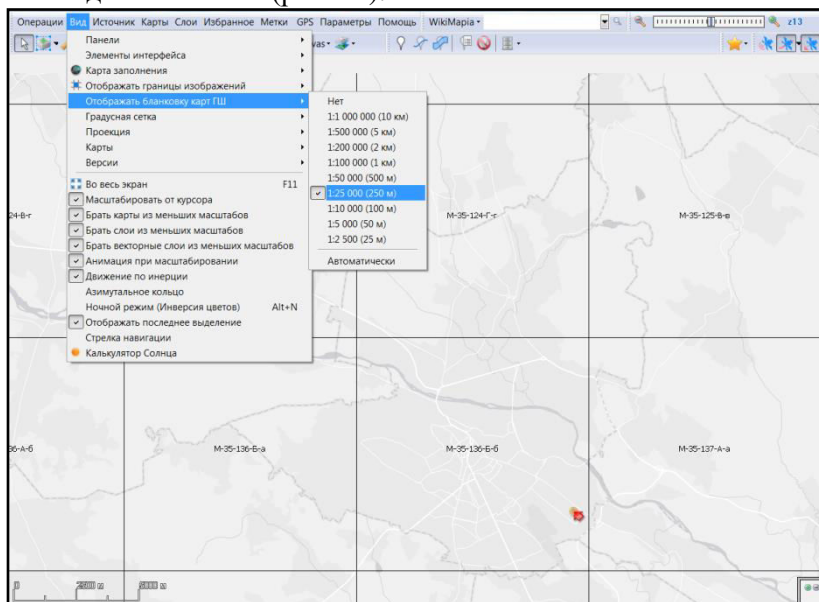


Рис. 12. Розграфлення номенклатурних аркушів топографічних карт у системі координат СК-42 у середовищі SAS Planet

Правила оновлення пунктів геодезичної мережі 1, 2, 3 класів наведено в розділі 3 [12].

6. Вони передбачають заповнення:

- картки побудови пункту або його оновлення (рис. 13);
- акта повторного закладання центра (рис. 14);
- бланку контролю і приймання робіт (рис. 15).

**Відомості про центр**

Центр закладено (дозакладено, перезакладено) \_\_\_\_\_  
(тип закладеного центра)

															<b>Новий центр суміщено з маркою</b> _____ (заповнюється при перезакладанні старого центра) <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-top: 5px;"/> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin-top: 5px;"/>

(зарисувати ескзи втраченого і нового центрів)

**Відомості про пункти-супутники (ПС)**

Пункти-супутники встановлено:

ПС № 1 \_\_\_\_\_

ПС № 2 \_\_\_\_\_  
(значити тип центра, глибину закладання, відстань до центра ПС, дирекційний кут на ПС)

**Зовнішнє оформлення ПС**

(навести опис зовнішнього оформлення)

**Зовнішнє оформлення пункту**

(навести опис зовнішнього оформлення)

**Передача пункту для забезпечення його схоронності**

Пункт передано для забезпечення схоронності за актом від № \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(дата, найменування / прізвище, ініціали землекористувача (землевласника) чи власника будівлі, якому передано геодезичний пункт)

Виконавець \_\_\_\_\_  
(посада, ініціали, прізвище, підпис, дата)

Рис. 13. Форма картки побудови пункту або його оновлення

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Складено \_\_\_\_\_

(посади, прізвища, ініціали працівників бригади)

у тому, що новий пункт \_\_\_\_ класу суміщено із втраченим пунктом \_\_\_\_\_

Центр нового пункту суміщено точно в плані з \_\_\_\_\_  
(вказати з чим суміщено)

Положення старого і нового центрів зазначено на центрувальному аркуші.

Відстань від верхньої площини дошки	До верхнього моноліту	До середнього моноліту	До нижнього моноліту
Втраченого центра			
Нового центра			

Марка верхнього моноліту нового центра закладена на \_\_\_\_ см вище (нижче) верхнього, середнього, нижнього моноліту втраченого центра.

Ескіз і розміри втраченого і нового центрів додаються до акта (надати ескізи з розмірами).

Інженер \_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище, підпис, дата)

Технік \_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище, підпис, дата)

Робітник \_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище, підпис, дата)

Рис. 14. Форма акта повторного закладання центра

Якість виконаних робіт і методи контролю		Посада, прізвище, ім'я та по батькові, дата перевірки
Центр (тип, глибина і правильність закладання)		
Зовнішній знак (збережено для подальшого використання, знищено, демонтовано)		
Пункти-супутники (тип, глибина закладання, зовнішнє оформлення, відстань)		
Наявність видимості на суміжні пункти		
Інші зауваження (щодо відповідності виконаних робіт вимогам нормативно-технічних документів)		

Побудований пункт відповідає вимогам нормативно-технічних документів.

Керівник суб'єкта

господарювання \_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище, підпис, дата)

Головний інженер \_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище, підпис, дата)

М. П.

Рис. 15. Форма бланка контролю і приймання робіт



7. За наведеними в табл. 5 координатами та використовуючи додаток Geodesist, відшукайте пункт Державної геодезичної мережі «Університет».

Таблиця 5

Геодезичні координати пункту «Університет»		
	WGS-84	СК-42
Широта ( <i>B</i> )	48°17'52",55358 N	48°17'53",5438 N
Довгота ( <i>L</i> )	25°55'16",51300 E	25°55'22",3726 E
Висота ( <i>H</i> )	284,221 м	255,300 м

Проведіть кількаразові вимірювання центра пункту, встановивши на нього мобільний пристрій.

8. Порівняйте одержані значення з наведеними еталонними у табл. 5.

### Запитання та завдання для самоперевірки

1. Які варіанти джерел актуальних картографічних даних та способи їх одержання?
2. Проаналізуйте додаткову фахову літературу на предмет виявлення рівня точності сучасних мобільних засобів та перспектив розвитку цього напрямку.
3. Використовуючи дані геопорталу Державної геодезичної мережі, з'ясуйте, як описується система координат УСК-2000 для геоінформаційної системи ArcGIS.

### Рекомендована література

1. Бурак К. О. Деякі проблеми координатного забезпечення інженерно-геодезичних вишукувань в Україні. *Вісник геодезії та картографії*. 2015. № 2(95). С. 7–13.
2. Гуцул Т. В., Писаренок О. В. Можливості геоінформаційного аналізу в дослідженнях стану геодезичного забезпечення території України для потреб дорожньої галузі. *Інженерна геодезія*. 2017. Випуск 64. С. 77–88.
3. Гуцул Т. В., Проданюк Д. М. Визначення точності мобільної навігації відносно даних геодезичних спостережень. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Географія*. 2021. № 80.
4. Терещук О. І., Нисторяк О. І., Шульц Р. Відновлення міських полігонометричних мереж сучасними супутниковими технологіями. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2015. Випуск 82. С. 59–72.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3.**

### **Планування сеансів супутникових спостережень**

**Мета роботи:** виконання комплексу практичних та обчислювальних робіт для визначення оптимального часу проведення високоточних ГНСС-спостережень для заданої на місцевості точки і запланованої дати.

**Матеріально-технічне забезпечення:** Trimble Planning 2.7, Google Earth, SAS Planet.

#### **Завдання для виконання роботи**

1. Оцініть поточний стан угруповання ГНСС.
2. З'ясуйте місцезнаходження супутників.
3. Визначте орієнтовні координати місця майбутнього проведення ГНСС.
4. Розпізнайте схему перешкод ГНСС.
5. Розрахуйте оптимальну дату та час проведення ГНСС з урахуванням параметра зниження точності PDOP.
6. Спрогнозуйте «космічну» погоду на дату запланованих спостережень.
7. Ознайомтеся з додатковими функціями Trimble Planning для планування ГНСС.
8. Розробіть та обґрунтуйте проєкт спостережень на певну дату та час.

#### **Порядок виконання роботи**

1. Інформацію стосовно поточного стану та намірів здійснення регламентних робіт необхідно взяти з офіційних сайтів:

- Інформаційно-аналітичний центр ГЛОНАСС – [www.glonass-iac.ru](http://www.glonass-iac.ru)
- Навігаційний центр Берегової охорони США (GPS) – [www.navcen.uscg.gov](http://www.navcen.uscg.gov)
- Європейське космічне агентство (Galileo) – [www.gsc-europa.eu/system-service-status/constellation-information](http://www.gsc-europa.eu/system-service-status/constellation-information)

2. Встановіть програму Trimble Planning 2.7.

Із одного із попередньо наведених сайтів завантажте альманах в форматі \*.alm.

Запустіть програмний засіб Trimble Planning 2.7. Зайдіть у меню «File» – «Station» та здійсніть налаштування орієнтовного місцезнаходження (рис. 16).

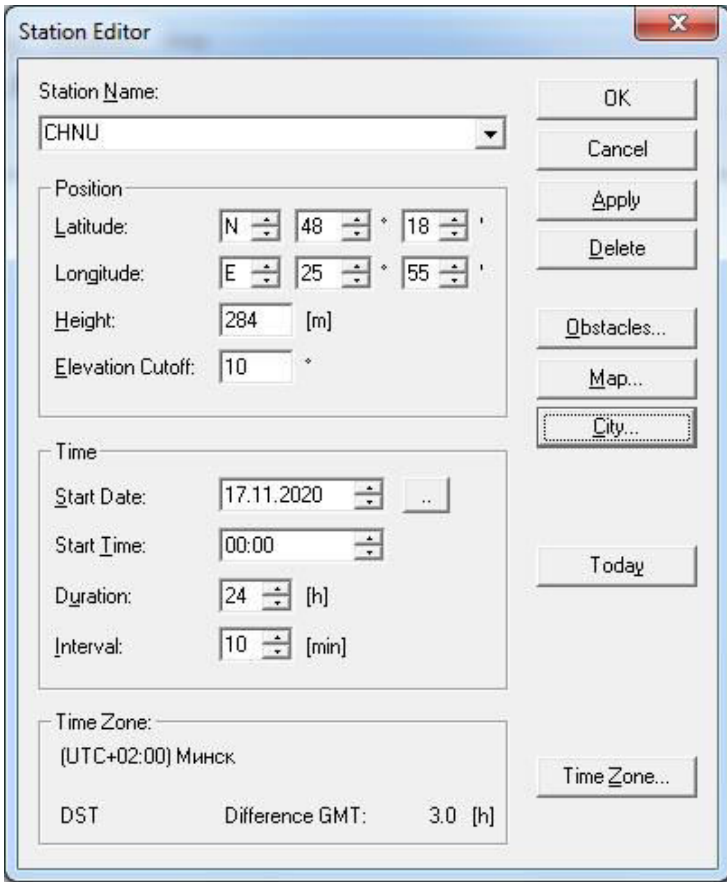


Рис. 16. Налаштування розташування станції

Згідно з переліком варіантів відшукайте за індексами та назвами пункти ДГМ і візьміть наведені значення їх приблизних координат і висот, дати та часу проведення робіт для подальших налаштувань (табл. 6).

Таблиця 6

## Варіанти вихідних даних

Варіант	Індекс пункту	Назва	Дата	Час
1	M353210600	Рупті	21.11.2020	09:15
2	M353220000	Глушків	22.11.2020	09:30
3	M352522000	Березовець	23.11.2020	09:45
4	M343021500	Тростянець	24.11.2020	10:00
5	M341810000	Вишенька	25.11.2020	10:20
6	M341820000	Угнів	26.11.2020	10:40
7	M350724500	Ковель	27.11.2020	11:00
8	L361310200	Надлиманське	28.11.2020	11:30
9	L352348100	Рені	29.11.2020	12:15
10	M363124100	Бандурка	30.11.2020	13:00
11	M362525100	Вербувата	01.12.2020	09:15
12	M362510100	Безпечна	02.12.2020	09:30
13	M361320600	Боярка	03.12.2020	09:45
14	M351231700	Бобрівське	04.12.2020	10:00
15	M360330100	Іванівка	05.12.2020	10:20
16	M361010000	Слобода	06.12.2020	10:40
17	M361222600	Миська Гора	07.12.2020	11:00
18	M371310800	Непокрита	08.12.2020	11:30
19	M363621700	Свистунове	09.12.2020	12:15
20	L370722100	Корсак	10.12.2020	13:00
21	L361822400	Степок	02.12.2020	09:45
22	L361610300	Чаплинка	03.12.2020	10:00
23	L361420600	Кінбург	04.12.2020	10:20
24	L360222400	Молдавка	05.12.2020	10:40
25	M353610700	Плоске	06.12.2020	11:00
26	M352922200	Зозів	07.12.2020	11:30
27	M352110600	Катеринівка	08.12.2020	09:45
28	M352122400	Гриценки	09.12.2020	10:00
29	M352121700	Романів	10.12.2020	10:20
30	M351522900	Борисів	29.11.2020	10:40

Перейдіть до елемента головного меню «Graphs» – «Plot» та побудуйте схему розташування супутників на небесній сфері відносно заданої станції. Додайте на зображення відомості (кнопка Agenda) та легенду (кнопка Legend). Одержане зображення додайте до звіту (рис. 17).

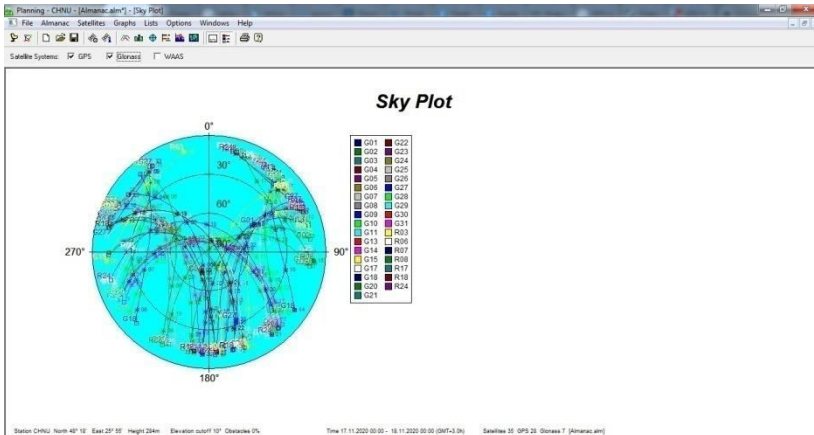


Рис 17. Розташування супутників на небесній сфері за даними альманаху

На панелі інструментів натисніть кнопку «World Projection» та дізнайтесь інформацію щодо траєкторій супутників в проекції на земну поверхню, час сходу та заходу та іншу корисну інформацію (рис. 18).

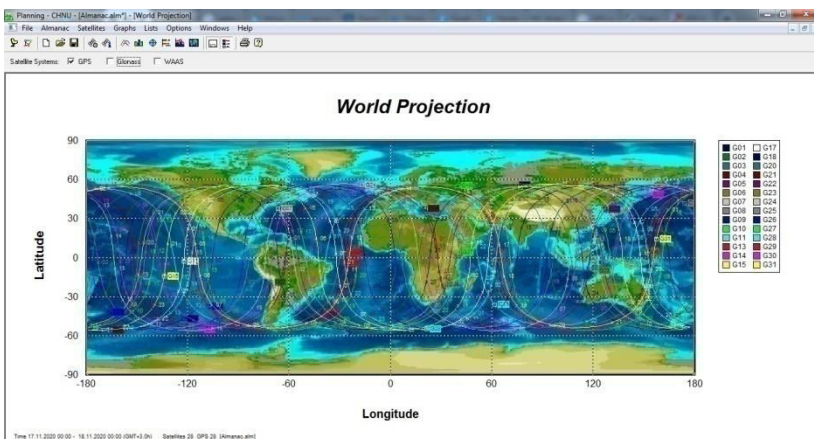


Рис. 18. Траєкторії руху супутників у проекції на земну поверхню

Завантажте альманахи в інших форматах даних та спробуйте їх відкрити через команду «Almanac» – «Import». За допомогою текстового редактора відкрийте будь-який файл альманаху. З довідкових джерел спробуйте з'ясувати його структуру. Одержані результати додайте до звіту.

3. Для планування оптимального ГНСС-спостереження дізнайтеся приблизні (з точністю до 10-15') координати місця проведення вимірювань. Географічні координати з такою точністю можна одержати з використанням дрібномасштабних атласів і карт або за допомогою програми Google Earth або SAS Planet. Відшукайте на електронній карті точку інтересу і отримайте з неї географічні координати (широту та довготу) та значення висоти, наприклад додавши мітку (рис. 19).

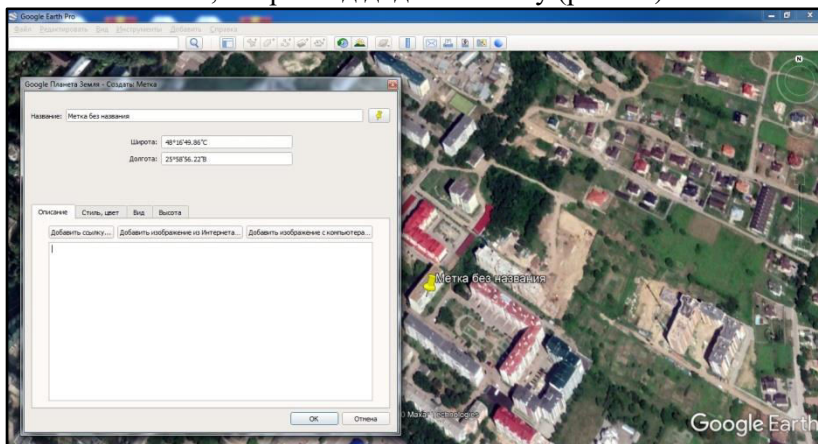


Рис. 19. Визначення географічних координат за допомогою Google Earth

4. Перешкоди для розповсюдження сигналів ГНСС-систем можна визначити за допомогою простого правила – там, де проходить денне світло, там пройде і сигнал ГНСС. У такий спосіб будівлі, рельєф земної поверхні є перешкодами, а дерева можуть частково блокувати сигнали ГНСС (рис. 20).

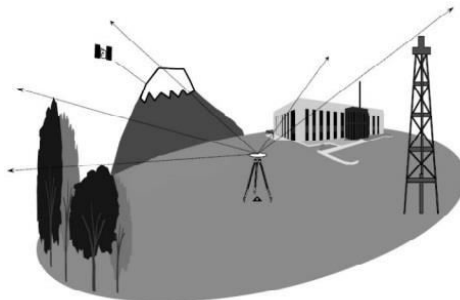


Рис. 20. Перешкоди для розповсюдження сигналів ГНСС

Після вибору місця, де заплановано ГНСС-вимірювання, використовуючи теодоліт з бусоллю або польовий компас, планшет, візирну лінійку та екліметр визначте магнітний азимут та вертикальні кути основних точок перешкод (табл. 7).

Таблиця 7

Зразок журналу вимірювання перешкод

№ п/п	Азимут магнітний	Азимут істинний	Вертикальний кут	Примітка
1	5	10	10	Будівля
2	5	17	15	Будівля

По-перше, необхідно за бусоллю зорієнтувати теодоліт (планшет) в напрямку північного магнітного полюса і встановити нульове значення відліку за лімбом горизонтального круга. Потім за рухом годинникової стрілки наведіть на всі основні характерні точки перешкод і відрхуйте значення за горизонтальним і вертикальним кругами теодоліта. За допомогою планшета та візирної лінійки, напрямки на характерні точки перешкод викресліть на планшеті, а потім горизонтальні кути виміряйте транспортиром від вихідного нульового напрямку на північний магнітний полюс. Як правило, відмічають перешкоди, які вище  $5^\circ$  над горизонтом. Дистанційно для цих цілей можна використати знімки високої роздільної здатності в середовищі Google (рис. 21) та панорамні знімки з мобільних пристроїв (рис. 22).



Рис. 21. Схема перешкод для поширення сигналів ГНСС в програмному засобі Google Earth

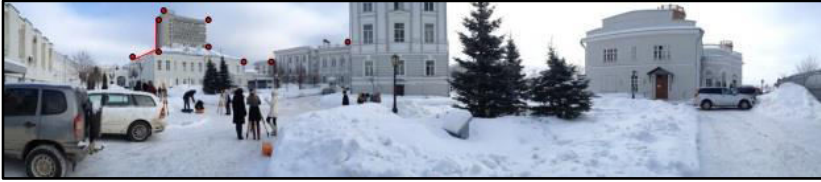


Рис. 22. Використання панорамного знімка для побудови схеми перешкод

5. Оскільки період обертання ГНСС-супутників довкола Землі становить 12 годин, їх розташування на небесній сфері безперервно змінюється. Тому для проведення планування варто вказати точну дату і час, коли плануються ГНСС-вимірювання. Одержані результати актуальні протягом кількох днів (до одного тижня), а згодом треба оновлювати альманах і виконувати операції планування заново.

Основний параметр для оцінки найкращого часу проведення ГНСС-вимірювань – це параметр PDOP (параметр «зниження точності» – Position Dilution Of Precision). Фактор (параметр) зниження точності:

- DOP – геометричний фактор якості оберненої просторової засічки (рис. 23).

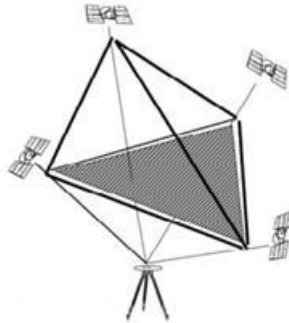


Рис. 23. Розташування супутників впливає на якість оберненої засічки

- DOP залежить від взаємного розташування супутників і приймача (рис. 24, 25).
- DOP – збільшувальний фактор, який зумовлює перетворення шумів супутникових вимірювань на кінцевий результат.



- Чим менший DOP, тим точніші значення розв'язку (одержаних координат).
- Чим вище DOP, тим менша точність визначення координат.



Чим більший об'єм піраміди,  
тим менше значення DOP

$$\begin{cases} V_{\text{пір.}} = \max \\ PDOP = 1 \end{cases}$$

Рис. 24. Геометричний сенс параметра PDOP

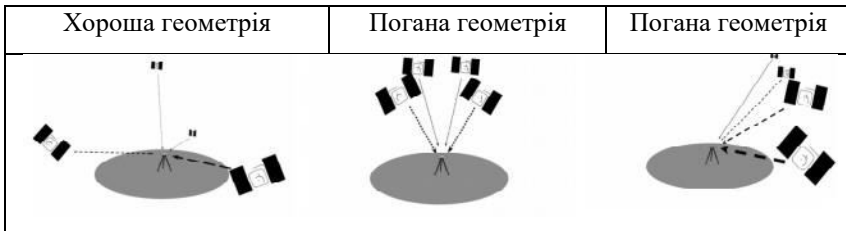


Рис. 25. Приклади «хорошої» та «поганої» геометрії розташування супутників

Для визначення оптимального часу для проведення ГНСС-вимірювань можна скористатися простими критеріями, які залежать від величини PDOP (табл. 8).

Таблиця 8

Критерії PDOP	
$1 \leq PDOP \leq 3$	відмінна геометрія
$3 \leq PDOP \leq 5$	хороша геометрія
$5 \leq PDOP \leq 7$	задовільна геометрія
$7 \leq PDOP \leq 12$	погана геометрія
$12 \leq PDOP$	дуже погана геометрія

Значення параметра PDOP значно залежить від кількості спостережуваних супутників, і при великій їх кількості, як правило, PDOP невеликий і відповідно цей час оптимальний для проведення ГНСС спостережень.

У програмному засобі Trimble Planning 2.7 перейдіть до команди меню «Graphs» – «Number of Satellites» і побудуйте діаграму кількості супутників та додайте її до звіту (рис. 26 а).

Перейдіть до елемента меню «Graphs» – «DOP» – «DOP-Position» та побудуйте графік цього параметра (рис. 26 б).

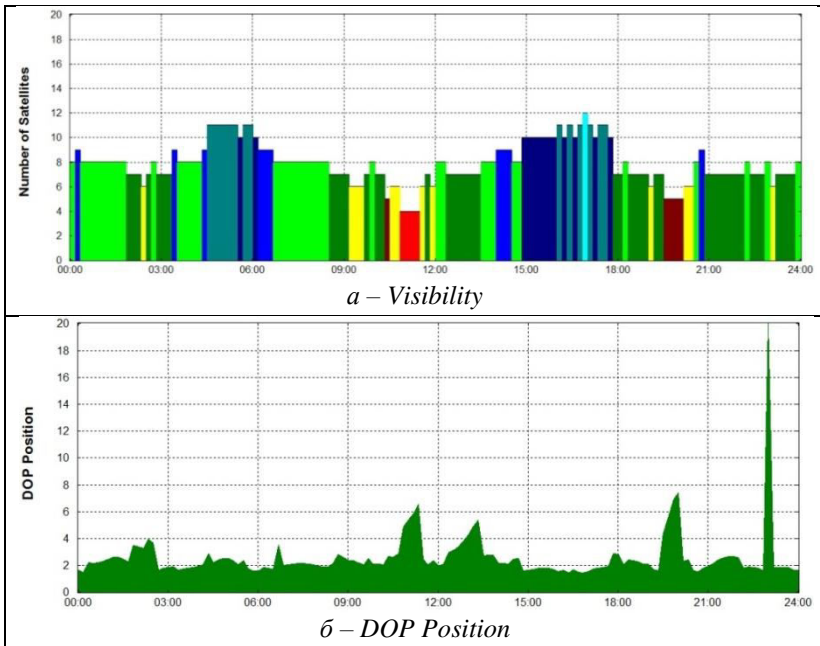


Рис. 26. Графіки числа супутників та значень параметра PDOP

Важливим параметром, який впливає на геометрію і повинен враховуватися на етапі планування є параметр «Кута відсічки» (Elevation Cutoff) (рис. 27). Спостереження ГНСС-супутників на низьких кутах відсічки може значно покращити геометрію сузір'я, проте сигнали від супутників на низьких кутах підвищення деградують від проходження через протяжні шари іоносфери і тропосфери, тому їхній аналіз та обробка зазвичай бувають ускладнені.

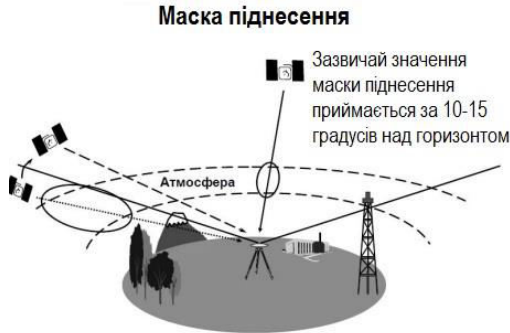


Рис. 27. Вплив кута відсічки (маски піднесення) на геометрію сузір'я

6. Інший важливий фактор, який впливає на якість ГНСС вимірювань, – оцінка параметрів «космічної погоди». Якість вимірювань погіршується зі збільшенням в іоносфері параметра повної концентрації вільних електронів (ТЕС – Total Electron Content). Параметру ТЕС властива яскраво виражена добова та 11-річна періодичності. Якщо перша пов'язана з добовим обертанням Землі навколо осі та відповідно, із кількістю ультрафіолетових променів, які потрапляють на Землю, то 11-річний цикл залежить від кількості плям на Сонці. У періоди максимуму сонячної активності число плям помітно зростає. Ситуація на найближчий 24-річний цикл сонячної активності зображена на рис. 28.

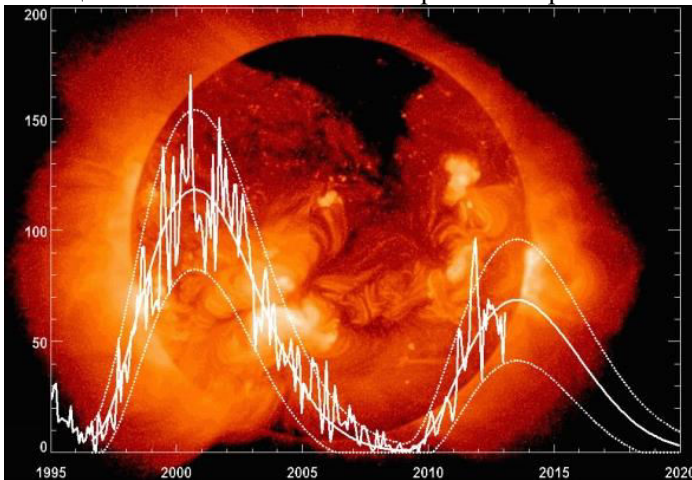


Рис. 28. Графік кількості плям на Сонці та їх прогноз на 24-й річний цикл

Для передбачення активності в іоносфері зазвичай використовують аналіз  $K$ -індексу, значення котрого можна одержати на сайті Національної погодної служби США (рис. 29) <https://www.swpc.noaa.gov/>

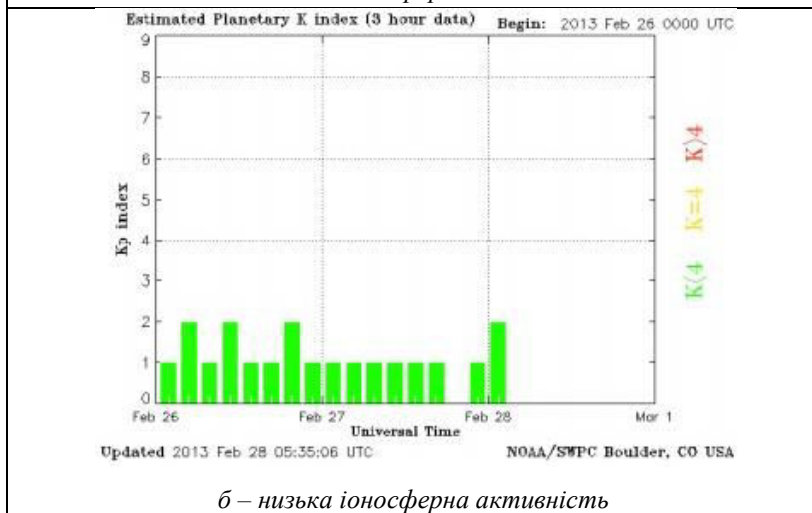
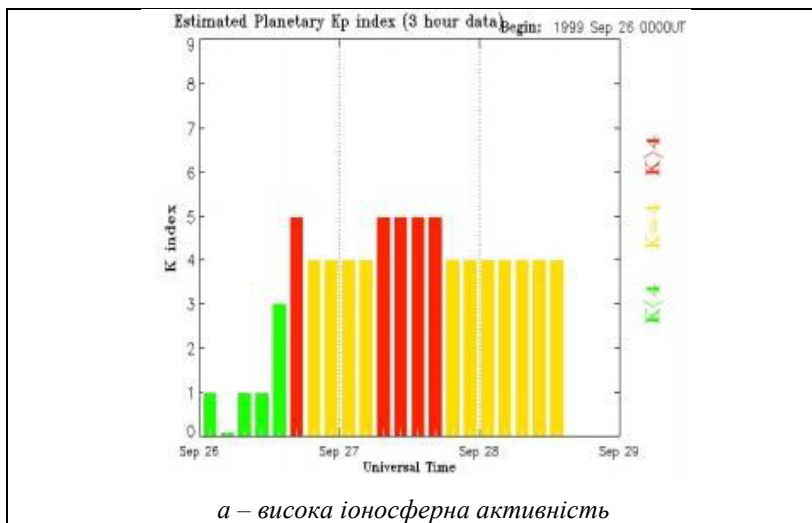


Рис. 29. Графіки  $K$ -індексу, які відповідають високій (*a*) та низькій (*b*) активності в іоносфері

Для передбачення рівня іоносферної активності (рис. 30) та значення параметра TEC (рис. 31) скористайтеся онлайн-сервісом фірми Trimble за гіперпосиланням: [www.gnssplanning.com/#/maps](http://www.gnssplanning.com/#/maps)

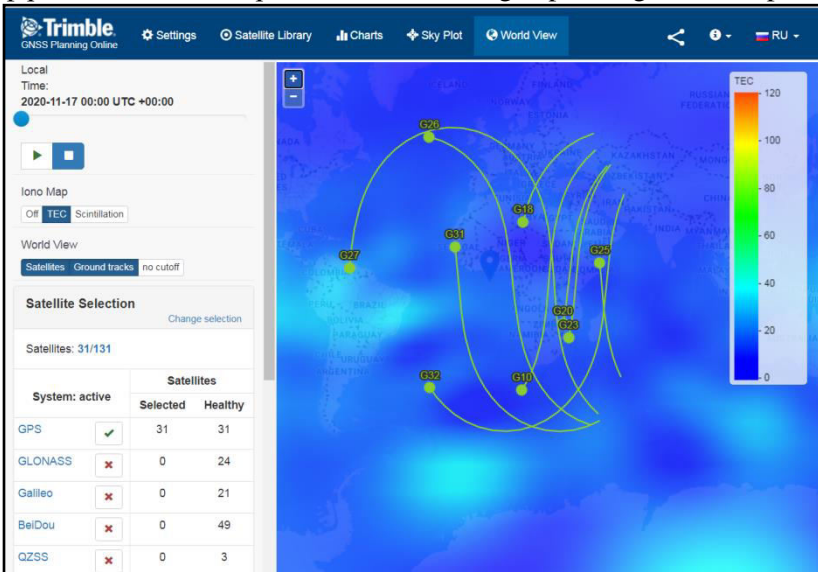


Рис. 30. Карта іоносферної активності

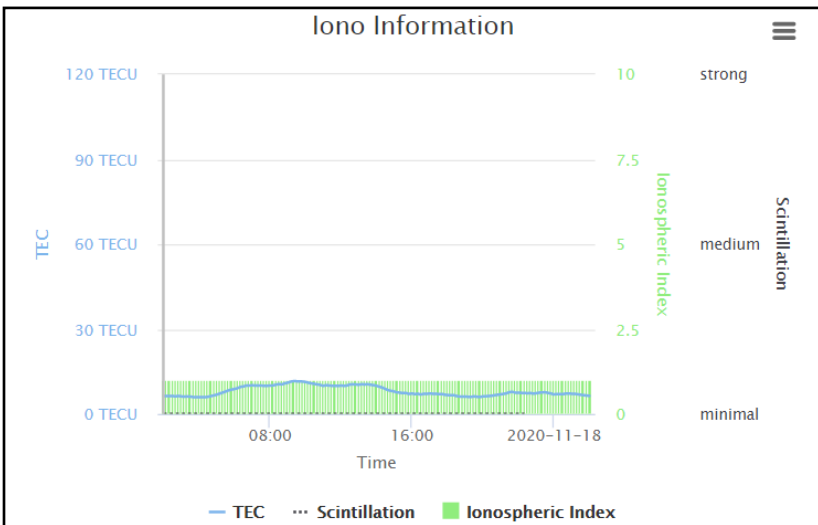


Рис. 31. Значення параметра TEC

7. В розділі «Satellites» – «Information» можна одержати детальну інформацію щодо елементів орбіти всіх доступних ГНСС-супутників (рис. 32) і відключити деякі із них, якщо з офіційних сайтів відомо про планові відключення їх на дату проведення вимірювань.

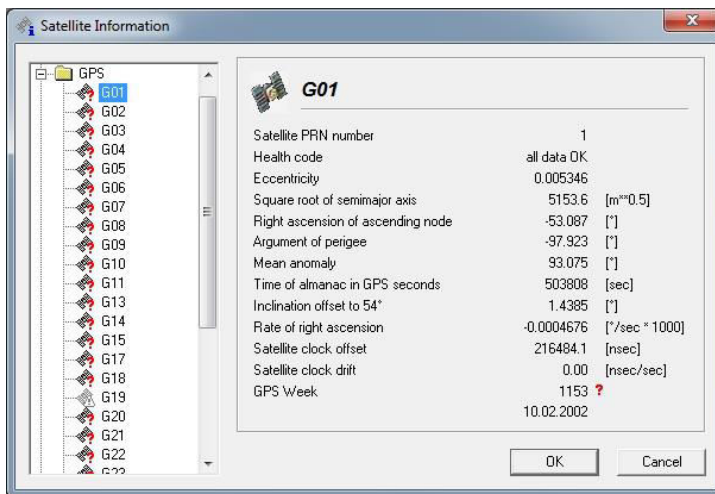


Рис. 32. Детальна інформація про доступні супутники

Відомості щодо підвищення супутників одержуються з меню «Graphs» – «Elevation» (рис. 33).

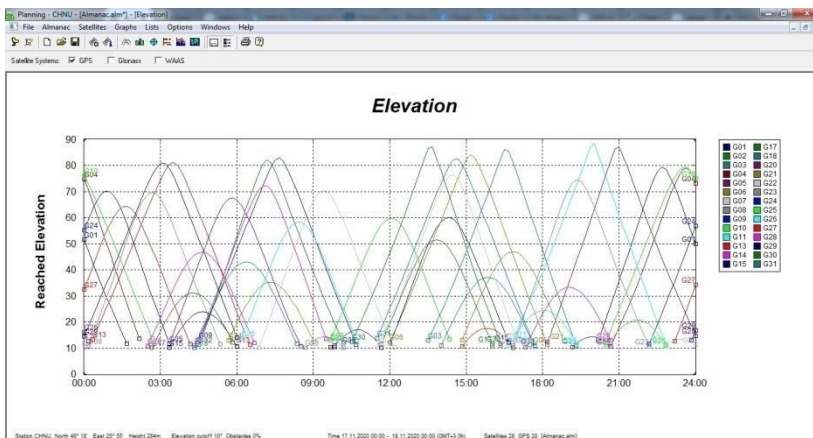


Рис. 33. Підвищення супутників

Відомості стосовно графіка видимості одержуються із меню «Graphs» – «Visible Satellites». Причому, обравши варіант General Visibility, програма покаже всі доступні супутники (рис. 34).

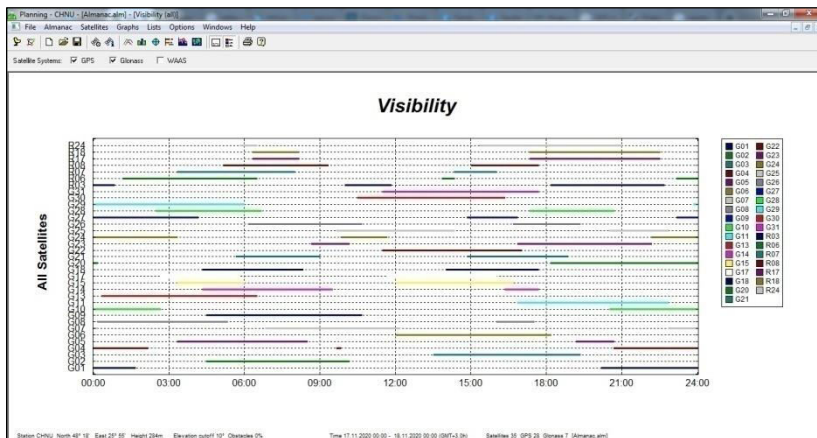


Рис. 34. Графік видимості усіх доступних супутників

Побудова схем перешкод графічним способом здійснюється за допомогою курсору миші. Для цього перейдіть у меню «File» – «Station» та оберіть кнопку Obstacles. В окремому вікні Obstruction Editor задайте азимут та вертикальні кути (рис. 35). Після побудови схеми перешкод її можна зберегти у файл формату \*.txt.

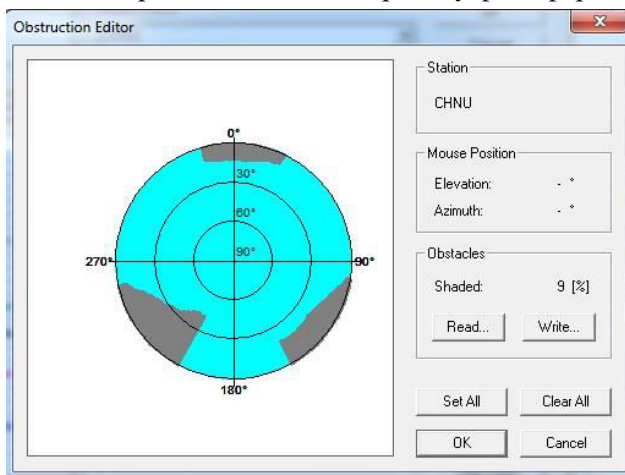


Рис. 35. Побудова схеми перешкод графічним способом

8. Використовуючи одержані навички, оберіть кілька варіантів здійснення ГНСС-вимірювань з урахуванням різної дати та часу. Залучаючи можливості програми Trimble Planning 2.7, а також офіційні дані альманахів GPS, ГЛОНАСС, Galileo, сайти прогнозування «космічної» погоди, обґрунтуйте найоптимальніший варіант проведення таких робіт у районі згідно з варіантом. Проект супроводжуйте рисунками та відповідними коментарями.

### **Запитання та завдання для самоперевірки**

1. Для чого виконується планування супутникових вимірювань?
2. Які параметри задають під час планування?
3. Сформулюйте, що таке альманах і де його можна одержати.
4. Що таке маска піднесення?
5. Що таке геометричний фактор? Від чого він залежить?

### **Рекомендована література**

1. Безсонов Є. А. Удосконалення мережевих методів і алгоритмів оцінки та урахування іоносферних і тропосферних затримок сигналів глобальних навігаційних супутникових систем в задачах точного позиціонування : автореф. дис... канд. техн. наук. 05.12.17 / Харківський національний університет радіоелектроніки. Харків, 2015. 20 с.

2. Гіряк І. В. Дослідження впливу сонячної активності на точність ГНСС-спостережень. *Вісник геодезії та картографії*. 2015. № 3(96). С. 4 –7.

3. Заблоцький Ф. ГНСС-метеорологія : навч. посібник. Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2013. 96 с.

4. Заблоцький Ф., Савчук С. Про визначення зенітних тропосферних затримок із GNSS-спостережень PPP-методом. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2020. Випуск II (40). С. 50–54.

5. Костецька Я. М., Пішко Ю. Р., Торопа І. М. Вплив кута відсічки на точність положення пунктів, в мережах створюваних за допомогою систем GPS і GLONASS. *Інженерна геодезія*. 2015. №60. С. 22–28.

6. Костецька Я. М., Пішко Ю. Р., Торопа І. М. Вплив кута відсічки та типу приймача на точність визначення положення



пунктів. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2014. Випуск 80. С. 20–29.

7. Пішко Ю. Р. Актуалізація параметрів методики відносних супутникових спостережень для створення опорних геодезичних мереж : дис... канд. техн. наук : 05.24.01. НУ «Львівська політехніка». Львів: 2016. 207 с.

8. Пішко Ю. Р. Вплив абсолютної вологості на точність визначення положення пунктів GPS-приймачами. *Геодезія, картографія та аерофотознімання*. 2018. Випуск 87. С. 30–35.

9. Савчук С. Дослідження кореляційних зв'язків параметрів іоносфери із сонячною та магнітною активностями. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2014. Випуск 79. С. 21–28.

10. Савчук С., Заблоцький Ф., Янків-Вітковська Л., Джуман Б. Про кореляцію між значеннями параметра іоносфери VTEC на GNSS-станціях України. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2019. № 4. С. 13–17.

11. Турчин Н., Заблоцький Ф. Сучасні підходи до визначення тропосферної затримки та її складових. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. Випуск 78. С. 155–159.

12. Янків-Вітковська Л.М., Джуман Б. Побудова просторово-часової моделі параметру іоносфери VTEC. *Геодезія, картографія та аерофотознімання*. 2017. Випуск 85. С. 27–35.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4.**

### **Планування геодезичного знімання GPS-методом**

**Мета роботи:** засвоїти методику виконання підготовчих робіт при проектуванні геодезичного знімання GPS-методом.

**Матеріально-технічне забезпечення:** топографічні карти, калькулятор, табличний процесор MS Office Excel.

#### **Завдання для виконання роботи**

Обчисліть за індивідуальними вихідними даними азимуту і висоти супутників, які спостерігалися. За цими даними побудуйте карту видимих розміщень супутників у точці спостережень. На основі аналізу карти і виконаних обчислень зробіть висновок щодо їх розміщення і правильності відбору.

Зробіть попередню оцінку точності визначення місцезнаходження точки спостереження. Для цього розрахуйте коефіцієнти GDOP, PDOP, TDOP; порівняйте перші два з допустимою величиною, яка задається нормативним документом і зробіть відповідний висновок.

#### **Порядок виконання роботи**

Проектування GPS-знімання передбачає нанесення точок створюваної GPS-мережі на топографічні карти різних масштабів. Дозволяється для створення проекту використовувати карти від масштабу 1:25000 до масштабу 1:100000. При виборі розміщення цих точок необхідно враховувати такі основні вимоги:

1. Відсутність біля запроєктованого пункту спостереження перешкод для поширення сигналу від супутника, який буде спостерігатися над горизонтом на висоті не менше  $20^\circ$ .

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

3. Відсутність на близькій відстані від точки спостережень (20–30 м) радіоелектричних передавачів, високовольтних повітряних ліній чи кабелів, які можуть впливати на радіосигнали супутника.

Для кожної запроєктованої точки по карті визначте геодезичні координати  $B$  і  $L$ , а також геодезичну висоту  $H$ .

Наступний крок у проектуванні робіт зі спостереження передбачає визначення періоду доби, коли можна найякісніше проводити ці спостереження. Інтервал часу, коли за результатами спостережень не менш як чотирьох супутників можна отримати якісні результати, називається «вікном». Оптимальне «вікно» визначте вивченням 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. 36), осі якої спрямовані так: вісь  $Z$  – в точку зеніту точки спостереження, вісь  $X$  – на північ, вісь  $Y$  – доповнює систему координат до правої.

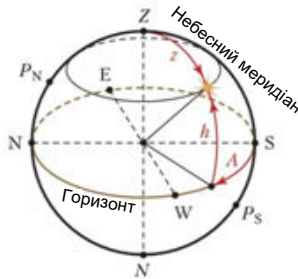


Рис. 36. Схема реалізації топоцентричної горизонтальної просторової системи координат

Знаючи геодезичні координати точки спостереження  $B$  і  $L$ , розрахуйте одиничні вектори  $i, j, k$ , спрямовані по осях  $X, Y, Z$ . Маємо (1, 2, 3):

$$i = \begin{vmatrix} -\sin B \cos L \\ -\sin B \sin L \\ \cos B \end{vmatrix} \quad (1)$$

$$j = \begin{vmatrix} -\sin B \\ \cos L \\ 0 \end{vmatrix} \quad (2)$$

$$k = \begin{vmatrix} \cos B \cos L \\ \cos B \sin L \\ \sin B \end{vmatrix} \quad (3)$$

Прийmemo, що для супутника, який буде спостерігатися момент  $S$  за зоряним часом відомі екваторіальні координати  $\alpha$  і  $\delta$  і радіус-вектор супутника  $r$ , який, для цього випадку, для супутників системи GPS можна прийняти як рівний 20200 км. Тоді топоцентричні координати супутника на момент спостереження розрахуйте за формулами (4):

$$\begin{aligned}x &= r \cos \delta \cos \gamma \\y &= r \cos \delta \sin \gamma \\z &= r \sin \delta\end{aligned}\quad (4),$$

де  $\gamma = \alpha - S$ . (5)

Тоді одиничний вектор супутника  $\Delta r$  визначте з формули (6):

$$\Delta r = \left| -\frac{x}{r}, \frac{y}{r}, \frac{z}{r} \right|. \quad (6)$$

Обчислення азимута супутника  $\alpha$  і його зенітної відстані  $z$  базується на визначенні проєкції одиничного вектора супутника  $\Delta r$  на координатні осі за скалярним добутком відповідних векторів (7). Знаходимо:

$$\begin{aligned}\Delta r * i &= \sin z \cos a \\ \Delta r * j &= \sin z \sin a \\ \Delta r * k &= \cos z\end{aligned}\quad (7)$$

На основі (7) визначаємо:

$$\begin{aligned}a &= \arctan\left(\frac{\Delta r * j}{\Delta r * i}\right) \\ z &= \arccos(\Delta r * k)\end{aligned}\quad (8)$$

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

Наступний фактор, який значно впливає на точність визначення місцезнаходження точки спостереження, – це величина, котра визначає взаємне розміщення супутників і точки спостереження тобто так звана геометрія супутників. Параметр, який характеризує вплив геометрії супутників на точність визначення місцезнаходження, в технічній літературі

позначається символом DOP (Dilution of Precision – дефект точності). Цей параметр використовують для оцінки як планового, так і висотного положення точок спостереження. Обчислюючи коефіцієнт GDOP (Geometric Dilution of Precision – зменшення точності, зумовлене геометрією), отримують характеристику зменшення точності, обумовлене геометрією супутників, а за допомогою коефіцієнта PDOP (Position Dilution of Precision) отримують характеристику зменшення точності визначення координат. Вважають, що геометрія сузір'я супутників прийнятна, якщо коефіцієнт GDOP  $\leq 6$ .

Розраховуючи коефіцієнт GDOP для різних періодів часу протягом доби, можна встановити проміжки часу найсприятливіші для спостереження на даному пункті.

Щоб обчислити коефіцієнт GDOP на заданий момент спостереження за зор'яним часом  $s$ , прийміть такі вихідні положення.

Нехай для чотирьох супутників на момент  $s$  нам відомі екваторіальні координати  $\alpha$  і  $\delta$ , а також радіус-вектор кожного з них  $r$ . За цими вихідними даними обчислення коефіцієнтів GDOP і PDOP здійсніть у такій послідовності. За відомими значеннями прямих сходжень супутників  $\alpha$  і заданим моментом спостереження  $s$  розрахуйте значення орієнтовних кутів  $\gamma$  і топоцентричні координати  $x_i, y_i, z_i$  за формулами (4) створіть вихідну твірну матрицю  $A$  лінійних рівнянь спостережень за вимірами псевдовідстаней. Ця матриця матиме вигляд (9):

$$A = \begin{pmatrix} -\frac{x_1}{r_1} - \frac{y_1}{r_1} - \frac{z_1}{r_1} c \\ -\frac{x_2}{r_2} - \frac{y_2}{r_2} - \frac{z_2}{r_2} c \\ -\frac{x_3}{r_3} - \frac{y_3}{r_3} - \frac{z_3}{r_3} c \\ -\frac{x_4}{r_4} - \frac{y_4}{r_4} - \frac{z_4}{r_4} c \end{pmatrix} \quad (9)$$

В (9)  $c$  – швидкість світла у вакуумі, яка дорівнює 299792458 м/с. Після створення матриці вигляду (9) знаходять її транспоновану матрицю  $A'$ , а потім їх добуток  $AA'$ .

Оцінку якості спостережень за критерієм DOP отримують, обчисливши обернену матрицю (10).

$$Q = (AA')^{-1} \quad (10)$$

Елементи матриці (11) характеризують вплив на точність визначення місцезнаходження таких факторів, як геометрія сузір'я, час розповсюдження сигналу зі супутника, та і саме розміщення точки спостереження на земній поверхні.

$$Q = \begin{bmatrix} q_{xx} & q_{xy} & q_{xz} & q_{xt} \\ q_{xy} & q_{yy} & q_{yz} & q_{yt} \\ q_{xz} & q_{yz} & q_{zz} & q_{zt} \\ q_{xt} & q_{yt} & q_{zt} & q_{tt} \end{bmatrix} \quad (11)$$

За цими елементами коефіцієнт GDOP, який характеризує зменшення точності, обумовлене геометрією сузір'я супутників, визначте за формулою (12):

$$GDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz} + q_{tt}} \quad (12)$$

Коефіцієнт PDOP, який характеризує зменшення точності визначення координат, розрахуйте за формулою (13):

$$PDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz}} \quad (13),$$

а зменшення точності визначення часу оцініть коефіцієнтом, котрий розраховують за формулою (14):

$$TDOP = \sqrt{q_{tt}} \quad (14)$$

### Приклад виконання роботи

#### Вихідні дані

Для моменту спостереження за зоряним часом  $s$  задано екваторіальні координати і топоцентричний радіус-вектор чотирьох супутників (табл. 9).

Таблиця 9

Координати чотирьох супутників

№№ супутників	Час спостережень	Схилення $\delta$	Пряме сходження $\alpha$	Радіус- вектор $r$ , м
1	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	20° 36' 21"	110° 12' 46"	20207000
2	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	28° 12' 34"	84° 22' 36"	20209000
3	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	33° 47' 58"	218° 19' 52"	20375500
4	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	10° 33' 08"	262° 49' 38"	20168300

Обчислення індивідуальних значень вихідних даних здійснить за формулами:

$$\delta_{\text{інд.}} = \delta_{\text{таб.}} + (0,1n)^{\circ}$$

$$\alpha_{\text{інд.}} = \alpha_{\text{таб.}} + (0,1n)^{\circ}$$

$$r_{\text{інд.}} = r_{\text{таб.}} + (10n)_{\text{км}}$$

Згідно з варіантом, вихідні дані наведено в табл. 10.

Таблиця 10

Вихідні дані

№№ супутників	Час спостережень	Схилення $\delta$	Пряме сходження $\alpha$	Радіус-вектор $r$ , м
1	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	20° 54' 21"	110° 30' 46"	20237000
2	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	28° 30' 34"	84° 40' 36"	20239000
3	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	34° 05' 58"	218° 37' 52"	20405500
4	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	10° 51' 08"	263° 07' 38"	20198300

Геодезичні координати точки спостереження:

$$B = 24^{\circ} 27' 30'' + n'; \quad L = 48^{\circ} 37' 30'' + n'$$

В цих виразах,  $n$  – коефіцієнт, заданий викладачем.

Згідно з варіантом, вихідні дані мають такий вигляд:

$$B = 24^{\circ} 30' 30''; \quad L = 48^{\circ} 40' 30''$$

### Алгоритм розв'язку завдання

1. За формулами (4) обчисліть топоцентричні координати супутників. При обчисленні цих координат необхідно звернути увагу на те, що орієнтовний кут  $\gamma$  не може бути від'ємним. Тому, якщо  $a < s$ , то обчислення кута  $\gamma$  необхідно виконувати за формулою:

$$\begin{aligned} \gamma &= (a + 24^{\text{h}}) - s \\ x &= r \cdot \cos \delta \cdot \cos \gamma \\ y &= r \cdot \cos \delta \cdot \sin \gamma \\ z &= r \cdot \sin \delta \end{aligned} \quad (4)$$

Результати обчислень занесіть до табл. 11.

Таблиця 11

Результати обчислень топоцентричних координат супутників

№ супутників	X	Y	Z
1	-15388210,530	-10981482,564	7221231,640
2	-17531745,546	-2989408,360	9660147,865
3	13605810,430	-10019669,585	11439955,165
4	19637843,046	2804398,860	3802866,080

2. Для одиничного вектора кожного супутника складіть векторне рівняння. Ці рівняння будуть характеризувати напрямки з точки спостереження на кожен із супутників. Рівняння складіть на основі формули (7). Маємо (15):

$$\begin{aligned} \Delta r_1 &= -\frac{x_1}{r_1} - \frac{y_1}{r_1} - \frac{z_1}{r_1} \\ \Delta r_2 &= -\frac{x_2}{r_2} - \frac{y_2}{r_2} - \frac{z_2}{r_2} \\ \Delta r_3 &= -\frac{x_3}{r_3} - \frac{y_3}{r_3} - \frac{z_3}{r_3} \\ \Delta r_4 &= -\frac{x_4}{r_4} - \frac{y_4}{r_4} - \frac{z_4}{r_4} \end{aligned} \quad (15)$$

Результати обчислень:

$$\begin{aligned} \Delta r_1 &= -0,946210479; \\ \Delta r_2 &= -0,536637484; \\ \Delta r_3 &= 0,736374801; \\ \Delta r_4 &= 1,299372125 \end{aligned}$$

3. Розрахуйте орти  $i, j, k$  топоцентричної системи координат за формулами (1, 2, 3):

$$i = \begin{vmatrix} -\sin B \cdot \cos L \\ -\sin B \cdot \sin L \\ \cos B \end{vmatrix}; \quad (1)$$

$$j = \begin{vmatrix} -\sin B \\ \cos L \\ 0 \end{vmatrix}; \quad (2)$$

$$k = \begin{vmatrix} \cos B \cdot \cos L \\ \cos B \cdot \sin L \\ \sin B \end{vmatrix}; \quad (3)$$

Результати обчислень:



$$i = \begin{vmatrix} -0,2739 \\ -0,3115 \\ 0,9099 \end{vmatrix}; \quad j = \begin{vmatrix} -0,4148 \\ 0,6603 \\ 0 \end{vmatrix}; \quad k = \begin{vmatrix} 0,6008 \\ 0,6833 \\ 0,4148 \end{vmatrix}.$$

4. Обчисліть значення азимута і зенітної відстані для кожного супутника (16, 17, 18, 19) за формулами (8). За визначеними значеннями зенітної відстані кожного супутника розраховують їх висоту над горизонтом, використовуючи формулу  $h=90^\circ-z$ .

$$\begin{aligned} \Delta r_1 \cdot i &= \sin z_1 \cdot \text{cosa} \\ \Delta r_1 \cdot j &= \sin z_1 \cdot \text{sina} \\ \Delta r_1 \cdot k &= \cos z_1 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \Delta r_2 \cdot i &= \sin z_2 \cdot \text{cosa} \\ \Delta r_2 \cdot j &= \sin z_2 \cdot \text{sina} \\ \Delta r_2 \cdot k &= \cos z_2 \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \Delta r_3 \cdot i &= \sin z_3 \cdot \text{cosa} \\ \Delta r_3 \cdot j &= \sin z_3 \cdot \text{sina} \\ \Delta r_3 \cdot k &= \cos z_3 \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \Delta r_4 \cdot i &= \sin z_4 \cdot \text{cosa} \\ \Delta r_4 \cdot j &= \sin z_4 \cdot \text{sina} \\ \Delta r_4 \cdot k &= \cos z_4 \end{aligned} \quad (19)$$

Результати обчислень азимута та зенітних відстаней для кожного супутника:

$$\begin{aligned} \Delta r_1 \cdot i &= 0,0509 \\ \Delta r_1 \cdot j &= -0,1362 \\ \Delta r_1 \cdot k &= 0,9893 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta r_2 \cdot i &= -0,0927 \\ \Delta r_2 \cdot j &= -0,9950 \\ \Delta r_2 \cdot k &= -0,0372 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta r_3 \cdot i &= 0,6412 \\ \Delta r_3 \cdot j &= 0,5124 \\ \Delta r_3 \cdot k &= -0,5712 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta r_4 \cdot i &= 0,0127 \\ \Delta r_4 \cdot j &= 0,1051 \\ \Delta r_4 \cdot k &= -0,9943 \end{aligned}$$

При обчисленні азимутів обов'язково врахуйте знаки добутків  $\Delta r * i$  і  $\Delta r * j$ , що допоможе правильно встановити чверть, яка відповідає цим знакам і в якій перебуває той чи інший супутник (20, 21, 22, 23).

$$a_1 = \arctan\left(\frac{\Delta r_1 \cdot j}{\Delta r_1 \cdot i}\right) \quad (20)$$

$$a_2 = \arctan\left(\frac{\Delta r_2 \cdot j}{\Delta r_1 \cdot i}\right) \quad (21)$$

$$a_3 = \arctan\left(\frac{\Delta r_3 \cdot j}{\Delta r_1 \cdot i}\right) \quad (22)$$

$$a_4 = \arctan\left(\frac{\Delta r_4 \cdot j}{\Delta r_1 \cdot i}\right) \quad (23)$$

Результати обчислень:

$$a_1 = -69,4872$$

$$a_2 = 84,6766$$

$$a_3 = 38,6311$$

$$a_4 = 83,1272$$

Знак чисельника відповідає  $\sin_{a_T}$ . Ця функція, як відомо, має знаки мінус у третій і четвертій чвертях. Знак знаменника відповідає знаку косинуса, який, як відомо, додатний у першій і четвертій чвертях (рис. 36).

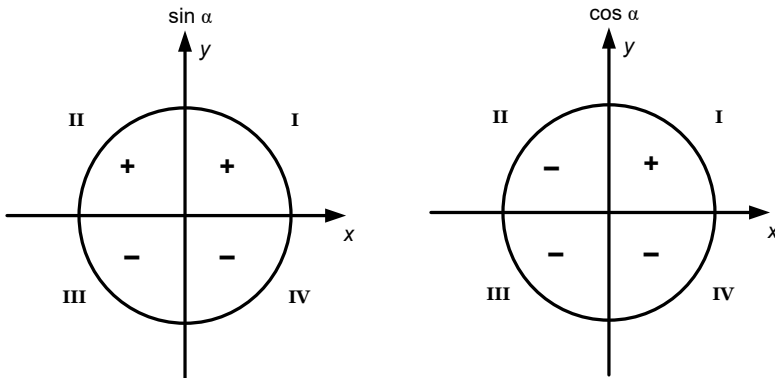


Рис. 37. Чверті функцій  $\sin$  та  $\cos$

Отже, знаки збігаються тільки для четвертої чверті (24).

$$\begin{aligned}
 A_I &= a_1 \\
 A_{II} &= 180^\circ - a_2 \\
 A_{III} &= 180 + a_3 \\
 A_{IV} &= 360^\circ - a_4
 \end{aligned}
 \tag{24}$$

Його азимут обчислюють за формулою (24) для IV-ої чверті:

$$A = 360^\circ - a_T$$

Такий же аналіз зробіть для кожного супутника. Тоді:

$$A_1 = 290^\circ 30' 46''$$

$$A_2 = 264^\circ 40' 36''$$

$$A_3 = 38^\circ 37' 52''$$

$$A_4 = 83^\circ 07' 38''$$

5. За розрахованими значеннями висот і азимутів побудуйте карти видимого розміщення супутників на небесній сфері в точці спостереження.

Друга частина роботи стосується попередньої оцінки точності визначення місцеположення точки спостереження за результатами спостереження вибраних супутників. Ця оцінка здійснюється за величиною коефіцієнтів GDOP, PDOP, TDOP.

Розрахунок цих коефіцієнтів виконайте у такій послідовності.

Утворіть матрицю  $A$  з лінійних рівнянь, складених на основі спостережень відповідно до формули (9), транспонуйте цю матрицю і отримайте транспоновану матрицю  $A'$ .

$$A = \begin{pmatrix} -\frac{x_1}{r_1} - \frac{y_1}{r_1} - \frac{z_1}{r_1} c \\ x_2 - y_2 - z_2 c \\ \frac{r_2}{x_3} - \frac{r_2}{y_3} - \frac{r_2}{z_3} c \\ -\frac{r_3}{x_4} - \frac{r_3}{y_4} - \frac{r_3}{z_4} c \\ \frac{x_4}{r_4} - \frac{y_4}{r_4} - \frac{z_4}{r_4} c \end{pmatrix}
 \tag{9}$$

Підставте значення до формули 9:

$$A = \begin{pmatrix} 0,7604 & 0,5426 & -0,3568 & -299792,4580 \\ 0,8662 & 0,1477 & -0,4773 & -299792,4580 \\ -0,6668 & 0,4910 & -0,5606 & -299792,4580 \\ -0,9723 & -0,1388 & 0,1883 & -299792,4580 \end{pmatrix};$$

Підставляємо значення до транспонованої матриці (25):

$$A' = \begin{pmatrix} 0,7604 & 0,8662 & -0,6668 & -0,9723 \\ 0,5426 & 0,1477 & 0,4910 & -0,1388 \\ -0,3568 & -0,4773 & -0,5606 & 0,1883 \\ -299792 & -299792 & -299792 & -299792 \end{pmatrix} \quad (25)$$

Перемножте матрицю А на транспоновану матрицю А', отримуючи нову матрицю (AA'). За формулою (10) обчисліть обернену матрицю Q.

$$Q = (AA')^{-1} = \begin{pmatrix} 7,8722 & -6,8705 & -2,1278 & 1,1261 \\ -6,8705 & 6,4059 & 1,3734 & -0,9088 \\ -2,1278 & 1,3734 & 2,0976 & -1,3432 \\ 1,1261 & -0,9088 & -1,3432 & 1,1260 \end{pmatrix};$$

За формулами (12), (13), (14) розрахуйте коефіцієнти GDOP, PDOP, TDOP, що характеризують точність спостережень.

$$GDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz} + q_{tt}} \quad (12)$$

Підставте значення у формулу (12):

$$GDOP = \sqrt{7,8722 + 6,4059 + 2,0976 + 1,1260} = 4,1835$$

Обчисліть значення PDOP:

$$PDOP = \sqrt{q_{xx} + q_{yy} + q_{zz}} \quad (13)$$

Підставте значення у формулу (13):

$$PDOP = \sqrt{7,8722 + 6,4059 + 2,0976} = 4,0467$$

Обчисліть значення TDOP:

$$TDOP = \sqrt{q_{tt}} \quad (14)$$

Підставте значення у формулу (14). Одержуємо:

$$TDOP = 1,0611$$

З аналізу значень отриманих коефіцієнтів зробіть висновок про можливу задовільну чи незадовільну точність проведення сесій спостережень в заданий час.

### Запитання та завдання для самоперевірки

1. У чому суть геодезичної системи координат?
2. Дайте визначення геодезичної висоти точки.
3. Яка система висот використовується в Україні ?

4. Як визначити по карті геодезичні координати точки?
5. Що в термінології GPS-спостережень означає термін «вікно»?
6. Якими координатами визначається положення супутника в горизонтальній системі координат?
7. Опишіть алгоритм обчислення азимута супутника на заданий момент спостереження.
8. Чи впливає конфігурація розміщення супутників на небесній сфері на точність визначення місцезнаходження спостерігача?
9. Як називається параметр, котрий характеризує вплив конфігурації геометрії супутників на точність визначення місцезнаходження?
10. За якими критеріями можна попередньо оцінити точність GPS-спостережень?
11. Опишіть алгоритм обчислення параметрів точності GPS-спостережень.

#### **Рекомендована література**

1. Баран П. І. Інженерна геодезія: монографія. Київ : ПАТ «ВППОЛ». 2012. 618 с.
2. Марченко О. М., Третяк К. Р., Ярема Н. П. Референсні системи в геодезії : навч. посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки. 2013. 216 с.
3. Пилипюк Р. Г., Пилипюк Р. Р. Супутникова геодезія: лабораторний практикум. Івано-Франківськ : Факел. 2009. 67 с.
4. Третяк К. Р., Дума М. В. Оптимальне проектування і згущення інженерних ГНСС-мереж. *Інженерна геодезія*. 2018. № 65. С. 32–41.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5.**

### **Обробка навігаційних повідомлень GNSS-спостережень для визначення геоцентричних координат супутника**

**Мета роботи:** засвоїти структуру ефемеридного альманаху з навігаційного GPS-повідомлення, методику його обробки з метою визначення геоцентричних просторових прямокутних координат супутника.

**Матеріально-технічне забезпечення:** калькулятор або табличний процесор MS Office Excel.

#### **Завдання для виконання роботи**

На основі вихідних даних (індивідуальних значень) з ефемеридного повідомлення розрахуйте геоцентричні прямокутні координати супутника.

#### **Основні теоретичні положення**

Кожний супутник GPS безперервно передає навігаційне повідомлення на частотах L1 (C/A і P/Y) і L2 (P/Y) зі швидкістю 50 біт в секунду. Кожне повне повідомлення займає 750 секунд та складається із 5 підкадрів.

Перший підкадр (додаток I) кожного кадру кодує номер тижня і час протягом тижня, а також дані щодо стану супутника. Другий та третій підкадри (додаток K) містять ефемериду – точну орбіту для супутника. Четвертий та п'ятий (додаток L) підкадри містять альманах інформації, який містить приблизні дані про орбіти і стан супутників системи, а також дані, що пов'язані із виправленням помилок. При цьому дані четвертого блоку призначено для американських військових і інших спеціальних користувачів GPS.

Навігаційне повідомлення – це інформація, яку супутники системи GPS надсилають споживачеві на його приймач. За своєю структурою повідомлення складається із двох частин: альманаху й ефемерид.

Альманах надає користувачеві дані про супутники GPS, які використовуються при проектуванні спостережень.

Ефемериди забезпечують користувача даними про такі параметри орбіти супутника:

$t_0$  – епоха альманаху від початку GPS-тижня;

$\sqrt{a}$  – корінь квадратний від значення великої півосі орбіти;

$e$  – ексцентриситет орбіти;

$M_0$  – середня аномалія;

$\omega_0$  – аргумент висоти перигею;

$i$  – кут нахилу орбіти;

$l_0$  – довгота вихідного вузла орбіти.

Інформація ефемерид, параметрів поправки годинників та моделі іоносфери поновлюються кожні 30 хвилин.

Окрім цих даних, ефемериди дають змогу отримати дані, які характеризують у вигляді певних величин чи коефіцієнтів зміни тих чи інших параметрів через збурення. Це такі величини:

$\delta_i$  – відхилення від номінального кута нахилу орбіти в  $55^\circ$ ;

$i'$  – швидкість зміни кута нахилу орбіти;

$\Omega'$  – швидкість зміни положення висхідного вузла;

$a_0$  – зсув шкали годинника GPS;

$a_1$  – зсув частоти годинника GPS;

$\Delta n$  – зміна параметрів середнього руху;

$C_{us}, C_{us}$  – коефіцієнти поправок збурень аргументу перигею (перипетра);

$C_{rc}, C_{rs}$  – коефіцієнти поправок до зміни геоцентричної відстані;

$C_{ic}, C_{is}$  – коефіцієнти поправок до зміни кута нахилу орбіти.

Всі ці дані подаються у секундах від початку поточного GPS-тижня і відносяться до моменту  $t_0$ , який характеризує епоху створення ефемерид (альманаху).

GPS-тижні відраховуються від поточної стандартної епохи J2000, що відповідає даті – січень  $1,5^d$  2000 і даті юліанського календаря J2000 = 24515450 днів. Юліанська дата (JD) означає кількість середніх діб, які минули після епохи – січень  $1,5^d$  4713 року до нашої ери, приймаючи, що кожне юліанське сторіччя складається із 36525 середніх діб.

### Вихідні дані

а) дані спостережень супутника PRN-02;

б) момент спостереження супутника  $t = 526100c + 3n c$

Щоб за даними табл. 12 перейти до індивідуальних вихідних даних, необхідно у відповідні табличні значення ввести поправки, враховуючи коефіцієнт  $n$ , який задається викладачем.

Таблиця 12

Структура ефемеридного файлу формату YUMA  
(Week 201 almanac for PRN-02)

Назва повідомлень	Позначення	Значення аргументів	Коефіцієнт переходу
JD (Ідентифікатор супутника)	PRN02	02	
Heals (Стан супутника)		000	
Escentricity (Ексцентреситет)	$e$	$0,540447235110^{-2}$	
Time of Applicability	$t_0$	589824,0000 с	$+10 n c$
Orbital Inclination	$i$	$0,9723724451$ рад.	$+n10^{-9}$
Rate of Right Ascen (Зміна довготи висхідного вузла)	$\Delta\Omega$	$-0,793175896110^{-8}$ рад/с	
SQRT (a)	$\sqrt{a}$	$5153,727539$ м <sup>1/2</sup>	
Right Ascen at Week (Довгота висхідного вузла)	$\Omega$	$-0,4069756641$ рад.	$-n10^{-9}$
Argument of Perigee	$\omega_0$	$-1,719371504$ рад.	$-n10^{-8}$
Mean anomaly	$M_0$	$0,6687658141$ рад.	$+n10^{-9}$
Afo (Похибка хронометра)	$Af0$	$0,2651214600$ $10^{-3}$ с	
Af1 (Зміна похибки хронометра)	$Af1$	$0,0000000000$	
Week (GPS-тиждень)		201	

### Порядок виконання роботи

1. Обчисліть середній рух супутника

$$n = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \quad (26),$$

де гравітаційна стала  $\mu = 3986005 \cdot 10^8$  м<sup>3</sup>/с<sup>2</sup>.



$$n = 0,000145849 \text{ рад}$$

2. Визначте різницю епохи спостереження  $t_i$  супутника і епохи ефемеридного альманаху  $t_0$ . Знаходимо:

$$\Delta T = (t_i - t_0)[1 + y + (t_i - t_0)v'] \quad (27),$$

де  $v$  – похибка хронометра, а  $v'$  – зміна похибки хронометра.

Використовуючи формулу (27), необхідно знати, що тривалість GPS-тижня складає 604800 секунд. Якщо  $t_i < t_0$ , то різниці  $t_i - t_0$  необхідно додати 604800 секунд, а якщо  $t_i > t_0$ , то від 604800 секунд необхідно відняти різницю  $t_i - t_0$ .

$$\Delta T = 541198,4453$$

$$t_i = 526109$$

$$t_0 = 589854$$

$$Af_0(v) = 0,000265121$$

$$Af_0(v') = 0$$

3. Розрахуйте середню аномалію  $M$  за формулою:

$$M = M_0 + n\Delta T \quad (28)$$

$$M = 79,60221753$$

$$M_0 = 0,668765817$$

$$n = 0,000145849$$

$$\Delta T = 541198,4453$$

В (28)  $M_0$  – значення середньої аномалії супутника, взяте з ефемеридних повідомлень. Якщо в навігаційному ефемеридному повідомленні задається величина зміни середнього руху  $\Delta n$ , то розрахунок середньої аномалії необхідно проводити за формулою:

$$M = M_0 + (n + \Delta n)\Delta T \quad (29)$$

4. З рівняння Кеплера

$$E = M + e \sin E \quad (30)$$

в першому наближенні, приймаємо:

$$E_1 = M,$$

в другому:

$$E_2 = M + e \sin E$$

для третього:

$$E_3 = M + e \sin E_2,$$

де  $e$  – ексцентриситет орбіти, методом ітерацій (необхідно виконати не менше трьох послідовних наближень), обчисліть ексцентричну аномалію  $E$ . В першому наближенні, в правій

частині формули (31), замість ексцентричної аномалії  $E$ , підставте значення середньої аномалії  $M$ .

$$E_1 = 79,60221753$$

$$E_2 = 79,60753326$$

$$E_3 = 79,60753335$$

5. Знайдіть істинну аномалію супутника на момент його спостереження. Отримаєте:

$$v = 2 \arctan \left( \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2} \right) \quad (32)$$

$$v = 85,09071218 = 85^\circ 05' 27''$$

6. Обчисліть радіус-вектор супутника

$$r = a(1 - e \cos E) \quad (33)$$

$$r = 26535013,00 \text{ м}$$

Якщо необхідно визначити точне значення радіуса-вектора супутника для збуреної орбіти, то застосуйте відповідні коефіцієнти  $C_{rc}$  і  $C_{rs}$  з навігаційного повідомлення і відповідну формулу:

$$r_{\text{точн.}} = r + C_{rc} \cos(2u) + C_{rs} \sin(2u) \quad (34)$$

7. Розрахуйте аргумент широти

$$u = v + \omega, \quad (35)$$

$$v = 85,09071218$$

$$\omega = -1,719371534 \text{ рад}$$

$$u = 83,37134064 = 83^\circ 22' 27'',$$

де  $\omega$  – аргумент (висота) перицентра (перигею), який вибирається з ефемеридних повідомлень. При обробці GPS-спостережень для визначення координат пунктів опорної геодезичної мережі необхідно обчислювати точне значення аргументу перицентра з урахуванням збурень орбіти. Коефіцієнти, які враховують ці збурення  $C_{uc}$  і  $C_{us}$ , подаються у навігаційному повідомленні. Тоді маємо:

$$\omega = \omega_0 + C_{uc} \cos(2u) + C_{us} \sin(2u) \quad (36)$$

В формулі (36)  $\omega_0$  – ефемеридне значення аргументу перицентра, а  $u$  – визначається за допомогою формули (35) методом послідовних наближень.

8. Визначте прямокутні координати супутника в декартовій системі прямокутних координат, яка розміщена в площині орбіти супутника. В цій локальній системі координат вісь

абсцис  $x$  збігається з лінією вузлів орбіти і її додатний напрямок спрямований у точку висхідного вузла орбіти. Вісь ординат  $y'$  також розміщена в площині орбіти під прямим кутом до лінії вузлів. Для обчислення цих координат використайте формули:

$$\begin{aligned}x' &= r \cos u \\y' &= r \sin u\end{aligned}\quad (37)$$

$$\begin{aligned}x' &= 3063043,256 \text{ м} \\y' &= 26357630,416 \text{ м}\end{aligned}$$

9. Обчисліть редуковану довготу висхідного вузла орбіти супутника за формулою

$$\lambda = \Omega + (\Delta\Omega - \omega_e)\Delta T - \omega_e t_0, \quad (38),$$

де  $\Omega$  і  $\Delta\Omega$  – довгота висхідного вузла зміни цієї величини, наведена в навігаційному повідомленні, а  $\omega_e$  – кутова швидкість обертання Землі, значення якої таке:

$$\begin{aligned}\omega_e &= 7,92115146710^{-5} \text{ рад/с} \\ \lambda &= -82,88891500294330 = -82^\circ 53' 20,094''\end{aligned}$$

10. Розрахуйте просторові прямокутні геоцентричні координати супутника, віднесені до еліпсоїда WGS84. Знаходимо:

$$\begin{aligned}x &= x' \cos \lambda - y' \cos i \sin \lambda \\y &= x' \sin \lambda + y' \cos i \cos \lambda \\z &= y' \sin i\end{aligned}\quad (39)$$

$$x = 26530305,958 \text{ м}$$

$$y = 222950,059 \text{ м}$$

$$z = 447296,530 \text{ м}$$

У формулі (39)  $i$  – кут нахилу орбіти, значення якого виписують з ефемериди супутника. При точних обчисленнях координат необхідно враховувати збурення цього кута, які наводяться в навігаційному повідомленні у вигляді коефіцієнтів  $C_{ic}$  і  $C_{is}$ . Враховуючи їх, знайдіть:

$$i_{\text{мочн.}} = i + C_{ic} \cos(2u) + C_{is} \sin(2u) + i'(t - t_0) \quad (40),$$

де  $i'$  – швидкість зміни кута нахилу орбіти.

### **Запитання та завдання для самоперевірки**

1. Назвіть закони Кеплера руху штучних супутників Землі.
2. Де в площині орбіти супутника перебуває Земля?
3. Які точки орбіти називаються точками перигею і апогею?
4. Який висновок можна зробити з другого закону Кеплера щодо руху супутника по орбіті?
5. Який рух супутника називають збуреним?
6. Які основні фактори впливають на збурення руху супутника?
7. Які параметри орбіти супутника, в основному, спотворюються при збуреному русі?
8. З яких частин складається навігаційне повідомлення супутника?
9. Дайте визначення істинній, середній і ексцентричній аномаліям.
10. Дайте визначення геоцентричній просторовій прямокутній системі координат WGS-84.
11. Наведіть основні характеристики еліпсоїда WGS-84.

### **Рекомендована література**

1. Пилипюк Р. Г., Пилипюк Р. Р. Супутникова геодезія: лабораторний практикум. Івано-Франківськ : Факел. 2009. 67 с.
2. Савчук С. Г. Опрацювання даних ГНСС-спостережень на активних референтних станціях (2013-2014 рр.). *Вісник геодезії та картографії*. 2015. № 4(97). С. 3–10.
3. Черняга П. Г., Бялик І. М., Янчук Р. М. Супутникова геодезія : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2013. 222 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6.

### Підготовка карт для GPS-навігаторів у програмі OziExplorer

**Мета роботи:** зареєструвати растрове зображення топографічної карти для GPS-навігатора.

**Матеріально-технічне забезпечення:** SAS Planet, Ozi Explorer.

#### Завдання для виконання роботи

1. Завантажте растрове зображення згідно з варіантом.
2. Зареєструйте растрове зображення в програмі Ozi Explorer.
3. Додайте растрове зображення зареєстрованої карти до приймача.

#### Порядок виконання роботи

1. Здійсніть запуск програмного продукту SAS Planet.

На панелі інструментів відшукайте кнопку, яка відповідає за джерело, з котрого програма бере карти, і зазначте ним – Інтернет. Аналогічні дії спробуйте здійснити за допомогою комбінації відповідних гарячих клавіш (*Alt + I*).

На кнопці вибору основної карти встановіть джерелом одну із топографічних карт OSM.

Перейдіть до елементу головного меню «Вид» – «Отобразить бланковую карту ГШ» та візуалізуйте розграфлення топографічних карт необхідного згідно із зазначеним у табл. 13. варіантом.

На панелі інструментів активізуйте кнопку «Выделить», та оберіть варіант виділення полігональною областю і виділіть необхідну територію в межах номенклатурного аркуша.

У вікні «Операции с выделенной областью» на вкладці «Загрузить» оберіть умовний масштаб деталізації тайлів, з якого в подальшому сформується растрове зображення. Рекомендовано обирати не менше 15. Натискання кнопки «Начать» завантажить растрові фрагменти тайлів до буфера обміну.

На панелі інструментів повторно наведіть на кнопку «Выделить» та оберіть варіант «Предыдущее выделение»

(*Ctrl + B*). У цьому ж вікні «Операции с выделенной областью» перейдіть до сусідньої вкладки «Склеить». Тут можна вказати результируючий формат растрового файлу (\*.jpeg, \*.png, \*.bmp, \*.ecw, \*.jpeg2000, \*.kmz for Garmin, \*.raw, \*.GeoTIFF).

Достатньо повторно вказати масштаб деталізації тайлів та шлях збереження растрового файлу, і після натискання кнопки «Начать» розпочнеться його формування.

Зверніть увагу на можливість пропорційного поділу растрових файлів на фрагменти по горизонталі та вертикалі, а також можливість створення файлу прив'язки. Наявні такі формати (\*.map, \*.dat, \*.kml, \*.tab, \*.w, \*.w (short ext.)). Деякі навігатори можуть їх підтримувати.

Таблиця 13

Вихідні дані номенклатур растрових карт

Варіант	Номенклатура	Варіант	Номенклатура
1	M-35-135	2	M-35-110
3	M-35-136	4	M-35-111
5	M-35-137	6	M-35-112
7	M-35-138	8	M-35-113
9	M-35-129	10	M-35-114
11	M-35-128	12	M-35-115
13	M-35-127	14	M-35-116
15	M-35-126	16	M-35-104
17	M-35-125	18	M-35-103
19	M-35-124	20	M-35-102
21	M-35-123	22	M-35-101
23	M-35-122	24	M-35-100
25	M-35-121	26	M-35-99
27	M-34-120	28	M-35-98
29	M-35-109	30	M-35-97

## 2. Запустіть програмний продукт OziExplorer.

Перед реєстрацією растрового зображення змініть стандартні налаштування програми. Для цього натисніть кнопку «Конфігурація» на панелі інструментів програми. У вкладці «Система» файл даних системи координат змініть на Pulkovo 1942(1) і натисніть на наступну вкладку «Карты». Налаштування для зазначеної вкладки повинні бути такими:

«Страна или область» – «Северо-Восток НЕ»;  
«Окно широты/долготы» – «Град, Мин, Сек»;  
«Система корд. Пустой карты» – «Pulkovo 1942(1)»;  
«Система координат» – «Пользовательская сетка»  
( і натиснути нижче розташоване підтвердження – «Использ.  
сетку пользователя»).

Після зміни зазначених основних налаштувань натисніть кнопку «Сохранить» та перейдіть до наступних пунктів.

Відкрийте елемент головного меню «Файл» → «Загрузить и откалибровать карту» та завантажте растрове зображення топографічної карти формату \*.jpeg.

Завантажені растрові зображення повинні мати роздільну здатність не менше 300 dpi та глибину кольору 24 біта на піксель. При зменшенні значення роздільної здатності або глибини кольору виникатимуть проблеми з конвертацією у формат \*.ozf.

У правій частині робочого вікна оберіть вкладку «Установ.» та задайте проєкцію і систему координат карти. В даному разі:

*система координат (датум карти)* – Pulkovo 1942(1);  
*магнітне схилення* – значення магнітного схилення вказане в зарамочному оформленні топографічної карти;  
*проєкція карти* – Transverse Mercator.

Зразу після вибору проєкції карти, з'явиться додаткове вікно з налаштуваннями проєкції карти, потрібно вказати наступні параметри:

*центральний меридіан* – значення обчислюється згідно з варіантом. Оскільки в налаштуваннях програми в попередніх пунктах вказувалося відображення координат у градусах, мінутах та секундах, то значення мінут і секунд необхідно заносити з розділюванням через один пробіл.

*(№ карти – 30) × 6 – 3* ;

*масштабний коефіцієнт* – 1;

*східне зміщення* – 500000 (значення зсуву кілометрової сітки в метрах).

Після встановлення всіх налаштувань натисніть кнопку «Закрыть» та закрийте діалогове вікно.

У правій частині робочого вікна карти натисніть вкладку «Точка 1» У лівій частині вікна курсором миші наведіть на

перехрестя сітки топографічної карти і встановить першу точку. Одразу після встановлення з'явиться відповідна мітка «1», як зображено на рис. 38.

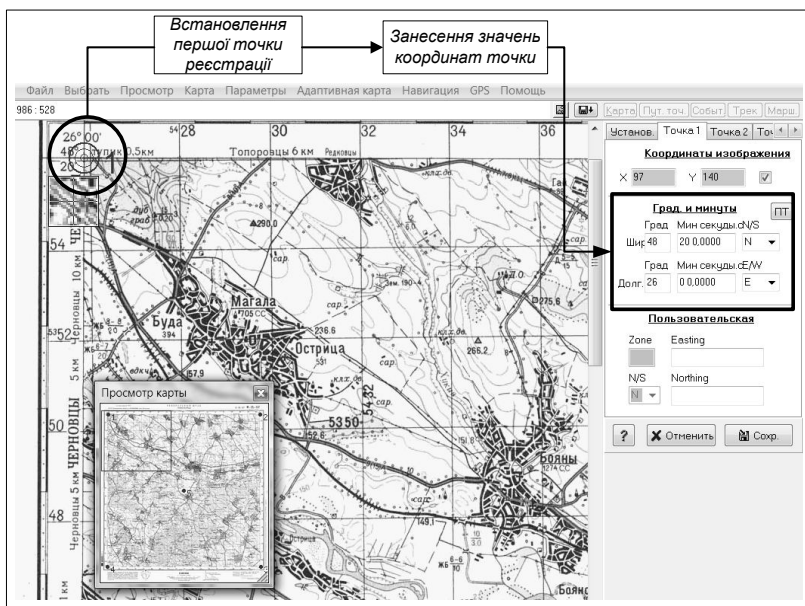


Рис. 38. Процес реєстрації першої точки в програмі OziExplorer

Аналогічно встановить та занесить значення координат ще принаймні 3 точок по інших кутках карти. Додатково можна обрати точку в центрі топографічної карти.

Реєстрація за трьома точками використовує афінне перетворення для обчислення коефіцієнтів прив'язки. Це лінійне перетворення працює з будь-якими картами, але лінії повинні бути прямими. Приміром, викривлені лінії можуть фактично стати прямими, якщо використовувати проекцію Меркатора (Transverse Mercator Projection).

Реєстрація за 4, 5, 6 точками застосовується для трансформації вирівнювання методом найменших квадратів в рамках афінного перетворення. Метод використовується для повернутих або викривлених картографічних зображень.



Реєстрація за 7 і більше точками призначена для спотворених карт або карт великих ділянок місцевості, на яких помітне викривлення ліній сітки координат.

Якщо після реєстрації карти треки і точки з GPS-пристроїв опиняються не там, де повинні перебувати, це свідчить про неточність або помилковість, яка виникла в процесі реєстрації карти. Тоді вказані дії повторюють спочатку або задають більшу кількість точок для підвищення точності реєстрації.

По завершенню встановлення точок реєстрації поверніться до найпершої вкладки «Установ.». На ній відшукайте та натисніть на кнопку «Показать/Скрыть маркеры углов». Перейдіть до будь-якого з країв карти і помістіть кутник, що з'явився в самому кутку карти на точку реєстрації. Аналогічні дії проведіть з рештою точок.

Натисніть кнопку «Сохранить», розташовану нижче, та збережіть зареєстровану карту у форматі \*.map. Назва файлу, як правило, зручно вказувати аналогічно до номенклатури топографічного аркуша карти.

Для перевірки точності здійсненої реєстрації растрового зображення у робочій частині вікна карти активізуйте контекстне меню і оберіть пункт «Настройки линий сетки». В першій вкладці вікна «Выс./Дол.» виберіть пункт відображення топографічної сітки та вкажіть відстань між лініями (в градусах, мінутах чи секундах). Масштабуйте растрове зображення і порівняйте точність проходження ліній.

### **Запитання та завдання для самоперевірки**

1. Вкажіть типи та формати карт для сучасних навігаторів.
2. Що потрібно зробити з растровими даними \*.jpeg і файлом прив'язки \*.map, щоб відкрити їх в QGIS?
3. З'ясуйте призначення та можливості програми Img2OZF.
4. Поясніть, що таке система координат WGS-84, проєкція Меркатора UTM, система координат 1942 року, проєкція Гаусса-Крюгера, система координат УСК-2000, Балтійська система висот 1977 року?

### Рекомендована література

1. Гончаренко О. С., Денисюк Б. І. Експериментальні дослідження точності навігаційних ГНСС-приймачів в умовах забудованої території. *Містобудування та територіальне планування*. 2021. № 77. С. 148–159.
2. Гуцул Т. В., Скрипник Я. П., Дутчак С. В. Практикум з геоінформаційного картографування : навч. посібник. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т. ім. Ю. Федьковича, 2021. 172 с.
3. Дубровіна С. Удосконалення технології створення електронних карт на прикладі карт для автонавігації. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. Випуск 78. С. 77–81.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7. Розв'язання головних геодезичних задач на площині

**Мета роботи:** оволодіти навичками визначення координат за допомогою мобільних пристроїв.

**Матеріально-технічне забезпечення:** калькулятор або табличний процесор MS Office Excel.

### Завдання для виконання роботи

1. Розв'яжіть пряму геодезичну задачу на площині.
2. Розв'яжіть обернену геодезичну задачу на площині.

### Порядок виконання роботи

1. Прямою геодезичною задачею називається спосіб визначення координат будь-якої точки за відомими координатами іншої точки, дирекційним кутом і відстанню між ними.

Нехай точка  $A$  має координати  $x_1$  і  $y_1$ . З точки  $A$  на точку  $B$  визначено дирекційний кут  $\alpha_{1,2}$  і між точками виміряна відстань  $S$ . Необхідно знайти координати  $x_2$  і  $y_2$  точки  $B$  (рис. 39).

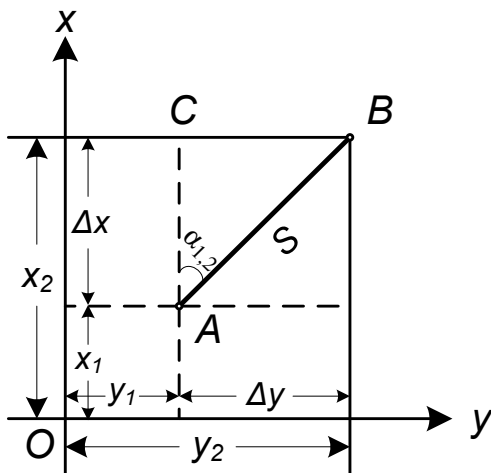


Рис. 39. Пряма геодезична задача

Розв'язання:

Проведемо через точки  $A$  і  $B$  лінії, паралельні осям координат. Зі створеної побудови шукані координати точки  $B$  будуть мати вигляд (41):

$$\begin{aligned}x_2 &= x_1 + AC \\ y_2 &= y_1 + CB\end{aligned}\tag{41}$$

Отже, розв'язання прямої задачі полягає в знаходженні величини відрізків  $AC$  і  $CB$ .

Відрізки  $AC$  і  $CB$  є катетами прямокутного трикутника  $ABC$  і дорівнюють проєкції лінії  $AB$  на осі координат.

Проєкції горизонтальних прокладень лінії  $S$  на осі  $x$  і  $y$  називаються приростками координат і позначаються відповідно  $AC = \Delta x$  і  $BC = \Delta y$ . Знак приростків визначається значенням дирекційного кута лінії  $AB$ .

Значення приростків координат знаходять зі співвідношення елементів прямокутного трикутника  $ABC$  (42):

$$\begin{aligned}\Delta x &= S \cdot \cos\alpha_{1,2}; \\ \Delta y &= S \cdot \sin\alpha_{1,2}.\end{aligned}\tag{42}$$

З огляду на наведене, значення координат точки  $B$  буде (43):

$$\begin{aligned}x_2 &= x_1 + \Delta x = x_1 + S \cdot \cos\alpha_{1,2}; \\ y_2 &= y_1 + \Delta y = y_1 + S \cdot \sin\alpha_{1,2}.\end{aligned}\tag{43}$$

Контроль обчислень здійснюють визначенням  $S_{\text{контр.}}$  за формулою (44):

$$S_{\text{контр.}} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}\tag{44}$$

Розбіжність між  $S$  і  $S_{\text{контр.}}$  більш ніж на одиницю останнього знака свідчить про наявність помилки, яка виявляється повторною перевіркою усіх обчислень.

Варіанти вихідних даних для розв'язання прямої геодезичної задачі наведено в табл. 14.

Таблиця 14

Варіанти вихідних даних для завдання 1

№ вар.	Координати відомої точки		Дирекційний кут			Відстань між точками $S_{1,2}$
	X	Y	$\alpha_{1,2}$			
1	5 350 063,00	5 424 783,00	013°	02'	04"	1004,20
2	5 349 485,00	5 417 713,00	121°	21'	09"	785,41
3	5 353 452,00	5 417 134,00	179°	29'	11"	1201,74
4	5 350 639,00	5 416 676,00	138°	12'	45"	654,32
5	5 354 286,00	5 420 043,00	252°	06'	22"	467,76
6	5 357 386,00	5 420 599,00	030°	59'	03"	347,98
7	5 359 092,00	5 421 953,00	198°	29'	37"	571,78
8	5 353 064,00	5 423 058,00	123°	10'	58"	659,24
9	5 351 860,00	5 419 879,00	198°	51'	46"	489,32
10	5 351 381,00	5 424 394,00	323°	14'	27"	453,25
11	5 352 556,00	5 421 225,00	199°	18'	56"	762,28
12	5 361 610,00	5 421 259,00	088°	19'	29"	130,28
13	5 356 390,00	5 428 412,00	096°	54'	44"	890,85
14	5 348 332,00	5 426 921,00	118°	48'	21"	867,48
15	5 349 826,00	5 420 998,00	245°	19'	12"	432,29
16	5 351 933,00	5 426 855,00	341°	16'	27"	290,28
17	5 352 180,00	5 416 472,00	048°	32'	45"	295,54
18	5 352 439,00	5 417 252,00	145°	46'	30"	348,79
19	5 350 942,00	5 418 411,00	186°	24'	42"	294,89
20	5 356 864,00	5 417 853,00	221°	41'	14"	567,47
21	5 356 813,00	5 422 199,00	349°	49'	15"	271,25
22	5 356 964,00	5 424 938,00	227°	48'	29"	289,09
23	5 352 771,00	5 423 891,00	044°	29'	32"	409,25
24	5 352 568,00	5 420 737,00	149°	18'	59"	1078,20
25	5 349 902,00	5 424 934,00	134°	59'	42"	209,19
26	5 355 218,00	5 423 898,00	112°	36'	08"	391,98
27	5 361 938,00	5 424 534,00	261°	21'	14"	276,49
28	5 353 550,00	5 428 183,00	318°	04'	29"	680,48
29	5 347 019,00	5 424 650,00	354°	26'	17"	509,21
30	5 351 028,00	5 421 015,00	348°	09'	10"	298,31

2. Оберненою геодезичною задачею називається спосіб визначення дирекційного кута і відстані між двома точками за відомими їх координатами.

З умов оберненої задачі відомі: прямокутні координати точок  $A(x_1; y_1)$  і  $B(x_2; y_2)$ . Необхідно знайти відстань  $S$  між точками  $A$  і  $B$  та дирекційний кут  $\alpha_{1,2}$  з точки  $A$  на точку  $B$ .

Розв'язання:

Шукані величини знаходять зі співвідношень прямокутного трикутника  $ABC$  (див. рис. 38).

$$S = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha_{1,2}} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha_{1,2}} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (45)$$

Чверть, у якій знаходиться напрямок  $AB$ , визначають за знаками приростків координат  $\Delta x$  і  $\Delta y$ , обчислених як різниця абсцис і ординат (46):

$$\Delta x = x_2 - x_1;$$

$$\Delta y = y_2 - y_1. \quad (46)$$

Формули для переходу від румба до дирекційного кута наведено в табл. 15.

Таблиця 15

Формули для переходу від румба до дирекційного кута

Чверть кола	Знак приростків		Формули переходу від румба до дирекційного кута
	$\Delta x$	$\Delta y$	
I	+	+	$a = r$
II	-	+	$a = 180^\circ - r$
III	-	-	$a = 180^\circ + r$
IV	+	-	$a = 360^\circ - r$

Варіанти вихідних даних для розв'язання оберненої геодезичної задачі наведено в табл. 16.

Таблиця 16

## Варіанти вихідних даних для завдання 2

№ вар.	Координати			
	Точка 1		Точка 2	
	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$
1	5 350 063,00	5 424 783,00	5 351 933,00	5 426 855,00
2	5 349 485,00	5 417 713,00	5 352 180,00	5 416 472,00
3	5 353 452,00	5 417 134,00	5 352 439,00	5 417 252,00
4	5 350 639,00	5 416 676,00	5 350 942,00	5 418 411,00
5	5 354 286,00	5 420 043,00	5 356 864,00	5 417 853,00
6	5 357 386,00	5 420 599,00	5 356 813,00	5 422 199,00
7	5 359 092,00	5 421 953,00	5 356 964,00	5 424 938,00
8	5 353 064,00	5 423 058,00	5 352 771,00	5 423 891,00
9	5 351 860,00	5 419 879,00	5 352 568,00	5 420 737,00
10	5 351 381,00	5 424 394,00	5 349 902,00	5 424 934,00
11	5 352 556,00	5 421 225,00	5 355 218,00	5 423 898,00
12	5 361 610,00	5 421 259,00	5 361 938,00	5 424 534,00
13	5 356 390,00	5 428 412,00	5 353 550,00	5 428 183,00
14	5 348 332,00	5 426 921,00	5 347 019,00	5 424 650,00
15	5 349 826,00	5 420 998,00	5 351 028,00	5 421 015,00
16	5 351 933,00	5 426 855,00	5 350 063,00	5 424 783,00
17	5 352 180,00	5 416 472,00	5 349 485,00	5 417 713,00
18	5 352 439,00	5 417 252,00	5 353 452,00	5 417 134,00
19	5 350 942,00	5 418 411,00	5 350 639,00	5 416 676,00
20	5 356 864,00	5 417 853,00	5 354 286,00	5 420 043,00
21	5 356 813,00	5 422 199,00	5 357 386,00	5 420 599,00
22	5 356 964,00	5 424 938,00	5 359 092,00	5 421 953,00
23	5 352 771,00	5 423 891,00	5 353 064,00	5 423 058,00
24	5 352 568,00	5 420 737,00	5 351 860,00	5 419 879,00
25	5 349 902,00	5 424 934,00	5 351 381,00	5 424 394,00
26	5 355 218,00	5 423 898,00	5 352 556,00	5 421 225,00
27	5 361 938,00	5 424 534,00	5 361 610,00	5 421 259,00
28	5 353 550,00	5 428 183,00	5 356 390,00	5 428 412,00
29	5 347 019,00	5 424 650,00	5 348 332,00	5 426 921,00
30	5 351 028,00	5 421 015,00	5 349 826,00	5 420 998,00

### **Запитання та завдання для самоперевірки**

1. Наведіть приклади інженерно-геодезичних задач із застосуванням можливостей розв'язання прямої та оберненої геодезичних задач.
2. Які бувають види відстаней? Як вони розраховуються?
3. Наведіть приклади ситуацій, коли координати точки недоцільно визначати із застосуванням ГНСС-обладнання.
4. Зобразіть на рисунку зв'язок дирекційних кутів з румбами.
5. Який зв'язок дирекційних кутів двох ліній із горизонтальним кутом між ними?

### **Рекомендована література**

1. Артамонов В., Василенко М., Міхно П., Карий В. Створення геодезичної основи для відновлення меж земельних ділянок супутниковими методами. *Технічні науки та технології*. 2021. № 2(24). С. 218–226.
2. Білокриницький С. М. Топографія і геодезія : методичний посібник. У 2 ч. Чернівці : Рута. 2005. 48 с.
3. Тельнов В. Г. Геодезія : навчальний посібник. Дніпро : НТУ. 2019. 317 с.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8.

### Розв'язання головних геодезичних задач на поверхні еліпсоїда

**Мета роботи:** з'ясувати основи розв'язання головних геодезичних задач на поверхні еліпсоїда обертання.

**Матеріально-технічне забезпечення:** калькулятор або табличний процесор MS Office Excel.

#### Завдання для виконання роботи

1. За заданими геодезичними координатами вихідного пункту  $A$ , сторони  $AB$  та її азимута розв'яжіть пряму геодезичну задачу способом Бесселя.
2. Розв'яжіть обернену геодезичну задачу за формулами з середніми аргументами. При розв'язанні оберненої геодезичної задачі відомими величинами є геодезичні координати пунктів  $A$  та  $B$  ( $B_1, B_2, L_1, L_2$ ). Необхідно визначити довжину геодезичної лінії  $S_{AB}$  між ними та азимуту  $A_{AB}$  та  $A_{BA}$ .

#### Короткі теоретичні відомості

Положення точки  $Q$  на земній поверхні і в просторі може бути чітко визначено плановими геодезичними координатами  $B, L$  та геодезичною висотою  $H$ . Зазвичай планові координати точок визначаються окремо від висот. У сферичній геодезії розглядаються тільки способи визначення планових координат. Теорія визначення висот точок розглядається в курсі теоретичної геодезії. Під час побудови планових геодезичних мереж традиційними наземними методами (триангуляція, полігонометрія, трилатерація), координати пунктів визначаються шляхом послідовних обчислень координат шуканих пунктів, починаючи від вихідного за вимірними кутами і сторонами.

Задача, пов'язана з визначенням координат шуканого пункту за відомими координатами вихідного пункту, визначеним азимутом та відстанню, називається прямою геодезичною задачею. Під час розв'язання прямої геодезичної задачі дано:

- 1) геодезичні координати  $B_1, L_1$  вихідного пункту  $Q_1$ ;
- 2) полярні координати  $S$  та  $A_1$  шуканого пункту  $Q_2$ .

Необхідно знайти:

- 1) геодезичні координати  $B_2, L_2$  шуканого пункту  $Q_2$ ;
- 2) зворотний азимут  $A_2$  з пункту  $Q_2$  на пункт  $Q_1$ .

Пряму геодезичну задачу можна розглядати як задачу перетворення полярних координат на геодезичні.

На практиці часто розв'язують й іншу задачу, а саме: за геодезичними координатами пунктів  $Q_1$  та  $Q_2$  визначають найкоротшу відстань  $S$  між ними та азимути  $A_1$  і  $A_2$ . Така задача в геодезії одержала назву оберненої геодезичної задачі. Розв'язати обернену геодезичну задачу – означає перетворити геодезичні координати точки на полярні (рис. 40).

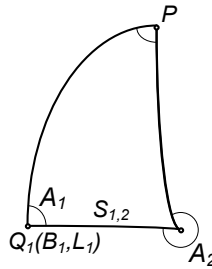


Рис. 40. Пряма й обернена геодезичні задачі

Пряму й обернену геодезичні задачі часто називають головними геодезичними задачами. Розв'язання головних геодезичних задач на еліпсоїді може здійснюватися по різних кривих, які з'єднують точки  $Q_1$  та  $Q_2$  (нормальні, геоцентричні перерізи, хорди тощо). Однак найбільшого розповсюдження в геодезичній практиці набули способи розв'язання основних геодезичних задач по геодезичних лініях.

Основою розв'язання геодезичних задач на поверхні еліпсоїда є диференціальні рівняння геодезичної лінії (47):

$$\begin{aligned} \frac{dB}{dS} &= \frac{\cos A}{M} \\ \frac{dL}{dS} &= \frac{\sin A}{N \cos B} \\ \left( \frac{dA}{dS} &= \frac{\sin A}{N} \operatorname{tg} B \right. \end{aligned} \quad (47)$$

Приймаючи  $S$  за незалежну змінну та інтегруючи (47), одержимо (48):

$$\begin{aligned} B_2 &= B_1 + \int_0^S \frac{\cos A}{M} dS; \\ L_2 &= L_1 + \int_0^S \frac{\sin A}{N \cos B} dS; \\ \left\{ \begin{aligned} A_2 &= A_1 \pm 180^\circ + \int_0^S \frac{\sin A}{N} \operatorname{tg} B ds. \end{aligned} \right. \end{aligned} \quad (48)$$

Формули (48) дають розв'язок прямої геодезичної задачі в загальному вигляді. Однак проінтегрувати вираз (48) точно неможливо, оскільки інтеграл еліптичний і не може бути виражений за допомогою кінцевої кількості елементарних функцій. Тому визначити його можна тільки наближено. Наближені методи інтегрування під час розв'язання головної геодезичної задачі розділяють на три групи.

До першої групи належать методи, основані на розкладанні підінтегральних функцій (48) у ряди з подальшим інтегруванням ряду.

У другій групі застосовується сфера як деяка допоміжна поверхня, розв'язок задачі здійснюється на цій сфері з подальшим переходом на еліпсоїд.

До такої групи наближених методів інтегрування диференціальних рівноважень геодезичної лінії належить спосіб Бесселя.

Алгоритм розв'язання прямої геодезичної задачі за способом Бесселя:

1) знаходимо азимут  $\alpha_1 = A_1$ ; (49)

2) знаходимо сферичну широту

$$\varphi_1 = U_1 = \operatorname{arctg}(\sqrt{1 - e^2} \operatorname{tg} B_1); \quad (50)$$

У формулі (50),  $U$  – приведена широта точки.

3) розраховуємо першу сферичну відстань від екватора до

$$\text{точки: } \sigma_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg} U_1}{\cos A_1}\right), A_0 = \operatorname{arcsin}(\cos U_1 \sin A_1) \quad (51)$$

В формулі (51)  $\sigma$  – сферична відстань від екватора до точок;  $A_0$  – постійна величина (азимут, під котрим дуга більшого круга перетинає екватор).

$$4) \quad k^2 = e'^2 \cos^2 A_0 \quad (52)$$

За формулами (53) та (54) обчислюють коефіцієнти  $C_0, C_1, C_2, C_3, D_0, D_1, D_2, D_3$ .

$$\begin{aligned} C_0 &= 1 + \frac{1}{4}k^2 - \frac{3}{64}k^4 + \frac{5}{256}k^6 + \dots; \\ C_1 &= \frac{1}{4}k^2 - \frac{1}{16}k^4 + \frac{5}{512}k^6 + \dots; \\ C_2 &= \frac{1}{64}k^4 - \frac{3}{256}k^6 + \dots; \\ C_3 &= \frac{1}{512}k^6 + \dots; \end{aligned} \quad (53)$$

$$\begin{aligned} D_0 &= bC_0; \\ D_1 &= \frac{C_1}{C_0}; \\ D_2 &= \frac{C_2}{2C_0}; \\ D_3 &= \frac{C_3}{3C_0}; \end{aligned} \quad (54)$$

5) методом наближень знаходимо  $\sigma$ , при цьому  $\sigma_2 = \sigma_1 + \sigma$ :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_0 + D_1 \sin \sigma \cos(2\sigma_1 + \sigma) + \\ &+ D_2 \sin 2\sigma \cos(4\sigma_1 + 2\sigma) + \\ &+ D_3 \sin 3\sigma \cos(6\sigma_1 + 3\sigma), \end{aligned} \quad (55)$$

де  $\sigma_0 = \frac{s}{D_0}$ ;

6) обчислюємо сферичну довготу точок  $\lambda_1$  та  $\lambda_2$  (56)

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \arctg(tg\sigma_1 \sin A_0); \\ \lambda_2 &= \arctg(tg\sigma_2 \sin A_0); \end{aligned} \quad (56)$$

7) знаходимо різницю довгот точок  $\Delta\lambda$  (57):

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (57)$$

8) обчислюємо азимут  $A'_2$  (58):

$$A'_2 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg} A_0}{\cos \sigma_2}\right); \quad (58)$$

$$U_2 = \operatorname{arctg}(tg \sigma_2 \cos A'_2);$$

9) обчислюємо коефіцієнти  $\beta_i$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_1 = \frac{1}{2}e^2 + \frac{1}{8}e^4 + \frac{1}{16}e^6 + \dots \\ \dots \left(-\frac{1}{16}e^4 + \frac{1}{16}e^6\right) \cos^2 A_0 + \\ \dots + \left(\frac{3}{128}e^6 + \dots\right) \cos^4 A_0 + \dots; \\ \beta_2 = \left(\frac{1}{16}e^4 + \frac{1}{16}e^6 + \dots\right) \cos^2 A_0 - \left(\frac{1}{32}e^6 + \dots\right) \cos^4 A_0 + \\ \beta_3 = \left(\frac{1}{128}e^6 + \dots\right) \cos^4 A_0; \end{array} \right. \quad (59)$$

10) обчислюємо  $\Delta L$  (60):

$$\Delta L = \Delta \lambda - \sin A_0 [\beta_1 \sigma + \beta_2 \sin \sigma \cos(2\sigma_1 + \sigma) + \frac{\beta_3}{2} \sin 2\sigma \cos(4\sigma_1 + 2\sigma) + \dots] \quad (60)$$

11) одержуємо кінцеві координати за формулами (61)

$$\begin{aligned} B_2 &= \operatorname{arctg}\left(\sqrt{1 + e'^2} \operatorname{tg} U_2\right); \\ L_2 &= L_1 + \Delta L; \\ A_2 &= A'_2 \pm 180^\circ. \end{aligned} \quad (61)$$

У третій групі методів вихідні диференційні врівноваження (48) інтегруються за допомогою одного із числових методів, наприклад Сімпсона, Рунге-Кутга, Адамса, Еверхарта і т. ін.

### Порядок виконання роботи

1. Алгоритм і формули для розв'язання прямої геодезичної задачі за способом Бесселя розглянуто в коротких теоретичних відомостях. Приклад вихідних даних та одержаних результатів наведено в табл. 17.

Таблиця 17

Зразок розв'язку прямої геодезичної задачі способом Бесселя

Елементи формул	Числові значення	Елементи формул	Числові значення
$B_A$	57°54'30,9335"	$\lambda_1$	44°01'03,1724"
$L_A$	51°19'16,4140"	$\lambda_2$	44°20'39,3178"
$A_{AB}$	48°47'01,746"	$\Delta\lambda$	19'36,1454"
$S_{AB}$	25615,847 м	$A_{BA}$	229°03'38,060"
$A_0$	23°36'56,768"	$\Delta L$	19'35,0331"
$\sigma_1$	67°28'55,4012"	$L_B$	51°38'51,4471"
$\sigma_2$	67°42'44,5711"	$B_B$	58°03'34,9712"
$\Sigma$	13'49,1699"		

2. Розв'яжіть обернену геодезичну задачу за середніми аргументами. Робочі формули (62):

$$\Delta B = \frac{B_2 - B_1}{\rho''}; \Delta L = \frac{L_2 - L_1}{\rho''}; B_{cp} = \frac{B_2 + B_1}{2};$$

$$P = \Delta B M_{cp} \left\{ 1 - \frac{\Delta L^2}{12} - \frac{(\Delta L \sin B_{cp})^2}{24} \right\};$$

$$Q = \Delta L \cos B_{cp} N_{cp} \left\{ 1 + \frac{\Delta B^2}{24} - \frac{(\Delta L \sin B_{cp})^2}{24} \right\}, \quad (62)$$

де  $\Delta L = L_2 - L_1$ ;

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}; A_{cp} = \arctg \left( \frac{Q}{P} \right);$$

$$\Delta A = \Delta L \sin B_{cp} \left\{ 1 + \frac{\Delta B^2}{8} + \frac{\Delta L^2}{12} - \frac{(\Delta L \sin B_{cp})^2}{12} \right\};$$

$$A_{AB} = A_{cp} - \frac{\Delta A}{2}; A_{BA} = A_{cp} \pm 180^\circ + \frac{\Delta A}{2}.$$

У формулах використано такі позначення:

$\Delta B, \Delta L, \Delta A$  – приростки геодезичних координат і азимутів точок  $A$  та  $B$  мережі;

$Q, P$  – допоміжні величини;

$N_{cp}, M_{cp}$  – середні значення радіусів кривизни першого вертикалу та меридіану відповідних точок  $A$  та  $B$ .

Приклад вихідних даних та одержаних результатів наведено в табл. 18.

Таблиця 18

Зразок розв'язку оберненої геодезичної задачі за формулами по середніх аргументах

Елементи формул	Числові значення	Елементи формул	Числові значення
$B_1$	57°54'30,9335"	$Q$	19309,687
$B_2$	58°03'34,9712"	$A_{CP}$	48°55'19,904"
$L_1$	51°19'16,4140"	$\Delta A$	16'36,314"
$L_2$	51°38'51,4471"	$S_{AB}$	25615,847 м
$P$	16831,745 м	$A_{AB}$	48°47'01,746"
		$A_{BA}$	229°03'38,060"

Контроль розв'язання оберненої геодезичної задачі в даному разі може бути виконано порівнянням середніх величин із значеннями вихідної сторони  $AB$  та її азимутів.

Вихідні дані для лабораторної роботи №8 наведено в табл. 19.

Таблиця 19

Вихідні дані

№ вар.	$B_A$	$L_A$	$A_{AB}$	$S_{AB}$
1	66°04'08,8368"	76°26'20,3962"	351°10'41,941"	23 491,993 м
2	68°43'42,9962"	47°53'15,0410"	241°37'20,612"	23 341,218 м
3	56°51'02,8352"	32°17'23,6386"	75°42'55,252"	22 876,300 м
4	44°16'14,2007"	42°02'37,4564"	6°13'04,913"	22 525,863 м
5	42°09'37,4279"	67°21'39,6984"	96°05'17,552"	22 611,244 м
6	50°18'04,3676"	88°19'33,8409"	264°03'24,041"	23 054,189 м
7	63°55'16,0790"	80°56'04,6526"	353°38'05,135"	23 446,915 м
8	68°57'25,9513"	56°45'33,3911"	285°18'34,490"	23 429,900 м
9	61°37'07,6295"	34°01'04,8030"	119°09'35,472"	23 017,027 м
10	48°08'45,4728"	36°14'05,5092"	9°48'42,067"	22 589,146 м
11	41°07'08,5758"	61°06'15,9060"	57°41'54,450"	22 539,637 м
12	47°13'04,6149"	85°27'24,3518"	218°40'38,704"	22 914,007 м
13	60°18'31,3944"	87°11'17,7135"	344°38'58,629"	23 367,806 м
14	68°19'35,2615"	64°51'20,3280"	319°54'09,740"	23 483,884 м
15	65°05'37,0651"	38°00'48,1940"	167°07'44,812"	23 155,887 м
16	51°38'47,1073"	31°25'40,9253"	25°37'48,652"	22 683,817 м
17	41°14'57,2806"	53°00'04,3901"	27°37'11,586"	22 503,629 м
18	45°22'11,5527"	79°31'36,0578"	169°39'30,554"	22 780,414 м
19	56°07'10,2857"	88°58'26,9237"	320°31'20,655"	23 257,792 м

20	68°40'51,1504"	72°10'44,4479"	344°19'47,269"	23 500,780 м
21	66°09'13,7341"	44°59'47,3125"	216°08'04,738"	23 281,780 м
22	55°11'47,7169"	31°54'41,9503"	56°07'56,926"	22 805,429 м
23	42°09'57,2844"	44°48'22,000"	8°56'22,000"	22 506,487 м
24	41°55'43,0790"	73°15'19,0170"	120°58'44,066"	22 663,125 м
25	52°37'20,6323"	89°38'39,5127"	286°41'49,369"	23 128,660 м
26	65°21'13,6048"	79°44'05,3062"	355°01'30,461"	23 476,396 м
27	68°03'26,1997"	52°29'58,8834"	262°47'52,577"	23 386,237 м
28	59°25'20,1531"	31°14'54,6906"	94°06'24,407"	22 940,944 м
29	46°36'21,8961"	38°39'24,1027"	6°10'34,316"	22 551,279 м
30	41°06'15,7051"	65°28'21,4189"	77°37'18,755"	22 573,692 м

### Запитання та завдання для самоперевірки

1. Що таке пряма та обернена геодезичні задачі? Скільки і які вихідні дані необхідно мати при розв'язанні кожної із задач?
2. З якою точністю потрібно обчислювати приростки геодезичних координат та азимутів?
3. Які методи розв'язання головної геодезичної задачі застосовують на великих відстанях?

### Рекомендована література

1. Баландин В.Н., Брынъ М.Я. и др. Про оцінку точності геодезичних висот та широт, які обчислюються просторовими прямокутними координатами / Баландин В.Н., Брынъ М.Я., Меньшиков И.В., Фирсов Ю.Г., Штерн С.Л. Аббуд Мохаммед *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. Випуск 78. С. 137–139.
2. Кобелева Н. Н., Елагин А. В. Сфероидическая геодезия : практикум. Новосибирск. СГУГиТ. 2020. 64 с.
3. Літнарівич Р. М. Основи вищої геодезії : лабораторний практикум. Чернігів. ЧДІЕіУ. 2002. 92 с.
4. Оньков И. В. Решение обратной геодезической задачи на большие расстояния методом простой итерации. *Геопрофи*. 2013. № 6. С. 52–54.
5. Пилипюк Р. Г., Пилипюк Р. Р. Грицок Т. Ю. Диференційні формули першого роду для розв'язку прямої геодезичної задачі в просторовій системі координат. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Випуск 2(28). С. 89–92.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9.

### Визначення площі земельної ділянки аналітичним методом за координатами вершин полігона

**Мета роботи:** з'ясувати технологію обчислення площі земельної ділянки аналітичним методом та заповнити «Відомість обчислення площі земельної ділянки».

**Матеріально-технічне забезпечення:** калькулятор або табличний процесор MS Office Excel.

#### Завдання для виконання роботи

1. З'ясуйте технологію обчислення площі земельної ділянки за наведеними вихідними даними для власного варіанта.
2. Обчисліть значення довжин сторін полігона.
3. Накресліть план земельної ділянки.
4. Визначте мобільним пристроєм координати довільної ділянки, обчисліть її площу, заповніть відомість обчислення площі та накресліть план.

#### Порядок виконання роботи

1. Розглянемо приклад «Відомості обчислення площі земельної ділянки», наведений у вигляді табл. 20.

Обчислення площі будь-якого  $n$ -кутника можна записати у вигляді формул (63) та (64).

$$2S = \sum_{k=1} x_k (y_{k+1} - y_{k-1}); \quad (63)$$

$$2S = \sum_{k=1} y_k (x_{k-1} - x_{k+1}); \quad (64)$$

У цих формулах  $k$  – порядковий номер точки  $n$ -кутника. Одна із формул використовується для обчислення площі, а інша – для контролю. Точність визначення площі залежить в основному від точності визначення координат вершин  $n$ -кутника.

**ВІДОМІСТЬ****обчислення площі земельної ділянки**

**Землекористувач:**  
**Адреса земельної ділянки:**

**гр. Береза Галина Несторівна**  
**Львівська область, Дрогобицький район,**  
**с. Доброгостів, вул. Садова**

№	Координати		Різниці		Добутки	
	X	Y	$X_{(k-1)} - X_{(k+1)}$	$Y_{(k+1)} - Y_{(k-1)}$	$X \times Y_{(k+1)} - Y_{(k-1)}$	$Y \times X_{(k-1)} - X_{(k+1)}$
1	2	3	4	5	6	7
1	5449832,444	1307887,535	54,804	8,858	48274615,79	71677468,47
2	5449791,763	1307869,926	44,422	-19,228	-104788596	58098197,85
3	5449788,022	1307868,307	5,351	-2,316	-12621709,06	6998403,312
4	5449786,412	1307867,610	-1,343	-6,227	-33935819,99	-1756466,201
5	5449789,365	1307862,080	-9,816	-18,377	-100150779,2	-12837974,18
6	5449796,228	1307849,233	-11,183	-20,935	-114091484	-14625677,97
7	5449800,548	1307841,145	-50,339	11,835	64498389,49	-65835415,4
8	5449846,567	1307861,068	-31,896	46,39	252818382,2	-41715536,62
			$\Sigma: 0$	$\Sigma: 0$	$\Sigma: 2999,258$	$\Sigma: 2999,258$
					S: 0,1500 га	S: 0,1500 га

Площа землекористування: 0,1500 га

Периметр: 160,31 м

Похибка обчислення площі: 0,0005 га

Технологія обчислення площі земельної ділянки аналітичним методом полягає у послідовному виконанні дій:

- 1) обчислення різниці координат (приростків) між попереднім та наступним пікетом (65), (66):

$$X_{(k+1)} - X_{(k-1)}; \quad (65)$$

$$Y_{(k-1)} - Y_{(k+1)}; \quad (66)$$

Наприклад (за даними рис. 41):

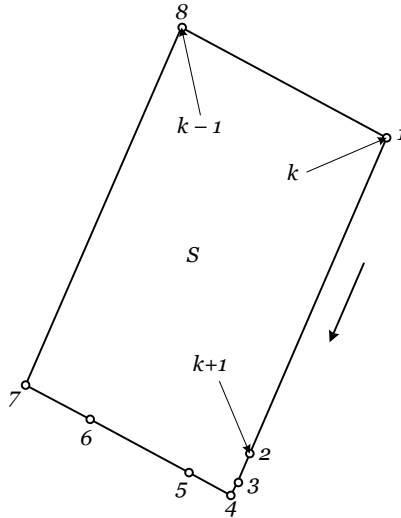


Рис. 41. Абрис земельної ділянки та схема визначення її елементів

Для точки № 1:

$$X_8 - X_2 = 5449846,567 - 5449791,763 = 54,804$$

(результат заносимо до 4 стовпця).

$$Y_2 - Y_8 = 1307869,926 - 1307861,068 = 8,858$$

(результат заносимо до 5 стовпця).

Для точки № 2 ситуація набуде вигляду:

$X_1 - X_3$  та  $Y_3 - Y_1$  відповідно. Аналогічно за формулами (65) та (66) обчислюють решту приростків та заносять їх до 4 і 5 стовпців табл. 20.

2) обчисленні суми значень по стовпцях № 4 та № 5. Одержані результати записують під кінцевими значеннями цих стовпців. Суми значень в обох стовпцях повинні бути однаковими. Для контролю можна окремо просумувати додатні та від'ємні значення цих стовпців.

3) добутку одержаних значень стовпців № 4 та № 5 на координати відповідних точок за формулами (67) та (68).

$$X \times Y_{(k+1)} - Y_{(k-1)}; \tag{67}$$

$$Y \times X_{(k-1)} - X_{(k+1)}; \tag{68}$$

Інакше кажучи, для обчислення першого значення стовпця № 6 ми здійснюємо множення першого значення, яке міститься у стовпці № 2, на перше значення у стовпці № 5.

Отже,

$$5449832,444 \times 8,858 = 48274615,79.$$

Для обчислення першого значення у стовпці № 7 здійснимо множення першого значення зі стовпця № 3 на перше значення зі стовпця № 4:

$$1307887,535 \times 54,804 = 71677468,47.$$

Використовуючи формули (67) та (68) обчисліть решту значень у стовпцях № 6 та № 7.

4) обчисліть суми значень у стовпцях № 6 та № 7. Врахуйте, що одержані значення сум не повинні відрізнятись між собою більш ніж на 2 знаки останнього значення ( $\pm 0,02$ ). Це може бути обумовлено неточностями округлень. У даному разі в табл. 20 вони повністю збіглися;

5) визначенні середнього значення між стовпцями № 6 та № 7. Доцільно здійснювати у разі розбіжності, яка не виходить за межі допуску, зазначеного у попередньому пункті;

6) обчисленні площі полігона за формулами (63) та (64). Наприклад, будь-яка сума зі стовпця № 6 або № 7 ділиться спочатку на 2, а потім і на значення одиниць, в які потребує переведення із м<sup>2</sup>.

$$S = 2999,258 \div 2 = 1499,629 \text{ м}^2$$

$$S = 1499,629 \text{ м}^2 \div 10000 \text{ м}^2 = 0,14996 \approx 0,1500 \text{ га}$$

Вихідні дані для виконання завдання 1 наведено в табл. 20.

2. Значення довжин сторін полігона – невід’ємна складова графічного зображення плану (рис. 41). Для визначення всіх довжин між значеннями пар координат варто розв’язати обернені геодезичні задачі (див. лабораторну роботу № 7) на площині.

3. План земельної ділянки пропонується викреслювати за зразком, зображеним на рис. 42. Обов’язковими елементами створюваного плану повинні бути: масштаб, підписи поворотних точок (пікетів), значення довжин прокладень між ними, значення площі земельної ділянки.

4. Для визначення координат довільної ділянки скористайтесь методичними вказівками лабораторної роботи № 1.

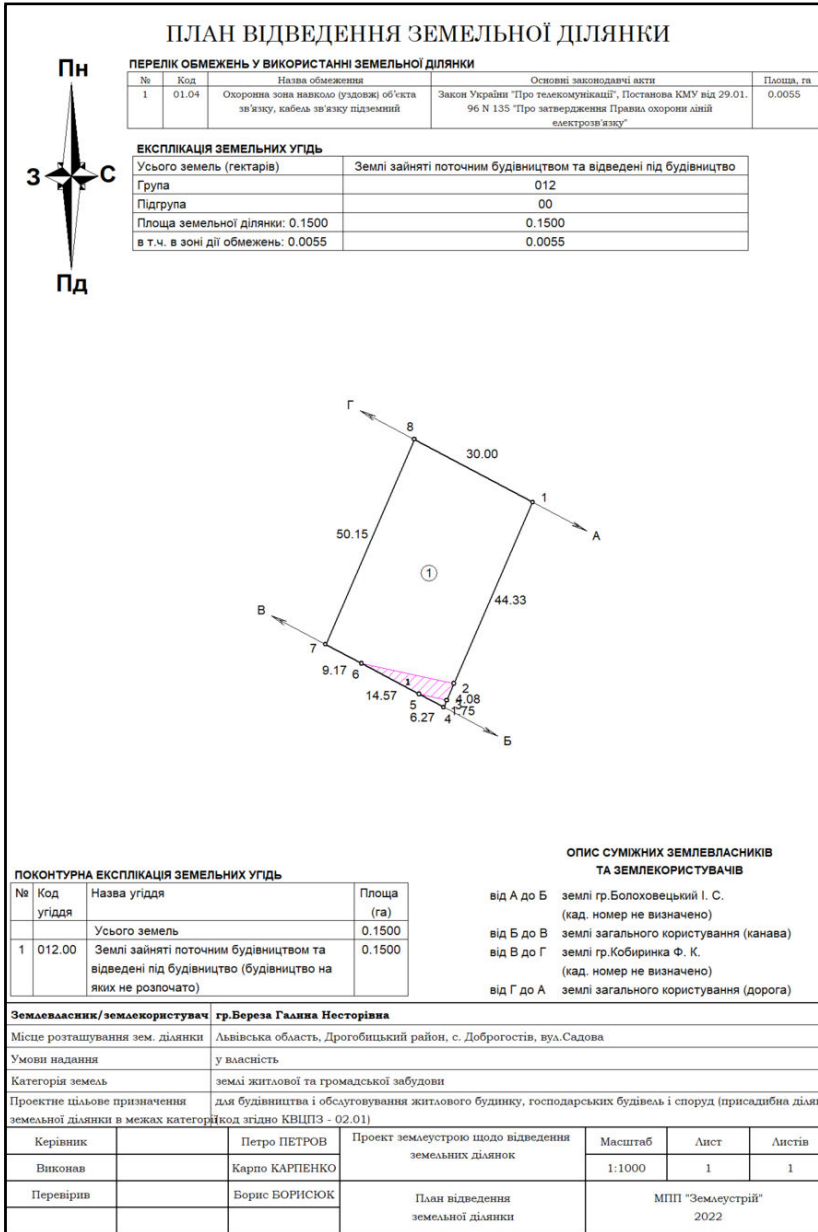


Рис. 42. Оформлений план відведення земельної ділянки

Таблиця 21

Варіанти завдань для обчислення площ земельних ділянок

Варіант №1	№ точок	X	Y
	1	2 885 313,52	6 124 645,81
	2	2 885 320,73	6 124 662,37
	3	2 885 339,45	6 124 671,87
	4	2 885 362,37	6 124 668,93
	5	2 885 367,94	6 124 655,49
	6	2 885 363,69	6 124 636,80
	7	2 885 345,02	6 124 626,32
	8	2 885 327,94	6 124 630,58
Варіант №2	№ точок	X	Y
	1	2 885 264,39	6 125 068,77
	2	2 885 293,20	6 125 058,95
	3	2 885 308,95	6 125 041,89
	4	2 885 312,88	6 125 018,30
	5	2 885 284,02	6 125 007,16
	6	2 885 272,88	6 125 030,76
	7	2 885 240,10	6 125 030,76
Варіант №3	№ точок	X	Y
	1	2 885 430,86	6 124 963,89
	2	2 885 479,39	6 124 947,52
	3	2 885 493,81	6 124 897,03
	4	2 885 451,17	6 124 890,47
	5	2 885 411,22	6 124 876,05
	6	2 885 363,37	6 124 901,63
Варіант №4	№ точок	X	Y
	1	2 885 473,46	6 125 083,84
	2	2 885 518,70	6 125 071,40
	3	2 885 552,12	6 125 051,73
	4	2 885 529,84	6 125 027,48
	5	2 885 495,78	6 125 033,37
	6	2 885 469,53	6 125 046,49
Варіант №5	№ точок	X	Y
	1	2 885 313,52	6 124 645,81
	2	2 885 320,73	6 124 662,37
	3	2 885 339,45	6 124 671,87
	4	2 885 362,37	6 124 668,93
	5	2 885 367,94	6 124 655,49
	6	2 885 363,69	6 124 636,80
	7	2 885 232,93	6 125 017,66
	8	2 885 217,82	6 125 051,07

Продовження табл. 21

Варіант №6	№ точок	X	Y
	1	2 886 561,61	6 124 800,19
	2	2 886 593,07	6 124 779,86
	3	2 886 604,85	6 124 752,99
	4	2 886 600,29	6 124 708,42
	5	2 886 561,61	6 124 702,52
	6	2 886 518,33	6 124 712,36
	7	2 886 536,69	6 124 748,81
	8	2 886 513,33	6 124 777,90
Варіант №7	№ точок	X	Y
	1	2 886 480,98	6 124 586,49
	2	2 886 555,04	6 124 579,93
	3	2 886 556,36	6 124 530,78
	4	2 886 552,44	6 124 502,59
	5	2 886 515,73	6 124 494,07
	6	2 886 463,91	6 124 497,35
	7	2 886 452,77	6 124 536,68
Варіант №8	№ точок	X	Y
	1	2 886 360,36	6 125 081,38
	2	2 886 402,32	6 125 083,36
	3	2 886 420,67	6 125 048,61
	4	2 886 429,21	6 125 003,38
	5	2 886 390,53	6 124 992,25
	6	2 886 347,89	6 124 983,73
Варіант №9	№ точок	X	Y
	1	2 886 018,20	6 125 075,98
	2	2 886 047,05	6 125 046,49
	3	2 886 106,68	6 125 007,82
	4	2 886 048,33	6 124 957,33
	5	2 885 976,88	6 124 977,67
	6	2 885 926,42	6 125 022,90
Варіант №10	№ точок	X	Y
	1	2 886 018,20	6 125 075,98
	2	2 886 047,05	6 125 046,49
	3	2 886 106,68	6 125 007,82
	4	2 886 091,57	6 124 920,64
	5	2 886 042,44	6 124 919,98
	6	2 885 982,77	6 124 900,61
	7	2 885 969,02	6 125 000,50
	8	2 885 967,70	6 125 047,79

Продовження табл. 21

Варіант №11	№ точок	X	Y
	1	2 885 663,57	6 124 859,02
	2	2 885 786,80	6 124 784,30
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 978,20	6 124 619,10
	5	2 885 852,37	6 124 540,44
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 579,66	6 124 552,24
	8	2 885 521,99	6 124 654,49
Варіант №12	№ точок	X	Y
	1	2 885 649,19	6 124 834,13
	2	2 885 819,58	6 124 775,12
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 938,81	6 124 619,10
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 584,91	6 124 561,40
Варіант №13	№ точок	X	Y
	1	2 885 649,19	6 124 834,13
	2	2 885 819,58	6 124 775,12
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 938,81	6 124 619,10
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
Варіант №14	№ точок	X	Y
	1	2 885 663,57	6 124 859,02
	2	2 885 786,80	6 124 784,30
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 978,20	6 124 619,10
	5	2 885 852,37	6 124 540,44
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
Варіант №15	№ точок	X	Y
	1	2 885 663,57	6 124 859,02
	2	2 885 815,66	6 124 779,06
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 978,20	6 124 619,10
	5	2 885 852,37	6 124 540,44
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 574,41	6 124 546,98
	8	2 885 495,74	6 124 655,81



## Продовження табл. 21

Варіант №16	№ точок	X	Y
	1	2 885 664,89	6 124 869,52
	2	2 885 819,58	6 124 775,12
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 852,37	6 124 540,44
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 574,41	6 124 546,98
	8	2 885 503,63	6 124 649,25
Варіант №17	№ точок	X	Y
	1	2 885 664,89	6 124 869,52
	2	2 885 819,58	6 124 775,12
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 852,37	6 124 540,44
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 574,41	6 124 546,98
Варіант №18	№ точок	X	Y
	1	2 885 819,58	6 124 775,12
	2	2 885 908,71	6 124 699,08
	3	2 885 988,66	6 124 616,48
	4	2 885 834,01	6 124 550,94
	5	2 885 689,78	6 124 443,43
	6	2 885 584,91	6 124 561,40
Варіант №19	№ точок	X	Y
	1	2 885 649,19	6 124 834,13
	2	2 885 819,58	6 124 775,12
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 938,81	6 124 619,10
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
Варіант №20	№ точок	X	Y
	1	2 885 664,89	6 124 869,52
	2	2 885 819,58	6 124 775,12
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 584,91	6 124 561,40
	8	2 885 503,63	6 124 649,25

Продовження табл. 21

Варіант №21	№ точок	X	Y
	1	2 885 649,19	6 124 834,13
	2	2 885 819,58	6 124 775,12
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 938,81	6 124 619,10
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 584,91	6 124 561,40
	8	2 885 503,63	6 124 649,25
Варіант №22	№ точок	X	Y
	1	2 885 655,72	6 124 874,76
	2	2 885 811,69	6 124 771,20
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 584,91	6 124 561,40
Варіант №23	№ точок	X	Y
	1	2 885 655,72	6 124 874,76
	2	2 885 811,69	6 124 771,20
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
Варіант №24	№ точок	X	Y
	1	2 885 663,57	6 124 859,02
	2	2 885 815,66	6 124 779,06
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 978,20	6 124 619,10
	5	2 885 852,37	6 124 540,44
Варіант №25	№ точок	X	Y
	1	2 885 655,72	6 124 874,76
	2	2 885 811,69	6 124 771,20
	3	2 885 908,71	6 124 699,08
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 584,91	6 124 561,40
8	2 885 489,21	6 124 653,19	

Продовження табл. 21

Варіант №26	№ точок	X	Y
	1	2 885 313,52	6 124 645,81
	2	2 885 320,13	6 124 662,27
	3	2 885 339,55	6 124 671,87
	4	2 885 362,37	6 124 668,43
	5	2 885 367,94	6 124 655,49
	6	2 885 363,69	6 124 636,80
	7	2 885 232,93	6 125 017,26
	8	2 885 217,32	6 125 051,17
Варіант №27	№ точок	X	Y
	1	2 885 663,57	6 124 832,81
	2	2 885 811,69	6 124 771,20
	3	2 885 899,53	6 124 682,04
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 584,91	6 124 561,40
Варіант №28	№ точок	X	Y
	1	2 885 473,16	6 125 083,94
	2	2 885 518,20	6 125 071,91
	3	2 885 552,32	6 125 051,93
	4	2 885 529,44	6 125 027,98
	5	2 885 495,16	6 125 033,92
	6	2 885 469,54	6 125 046,49
Варіант №29	№ точок	X	Y
	1	2 885 473,46	6 125 083,84
	2	2 885 518,70	6 125 071,40
	3	2 885 552,12	6 125 051,73
	4	2 885 529,84	6 125 027,48
	5	2 885 495,78	6 125 033,37
	6	2 885 469,53	6 125 046,49
Варіант №30	№ точок	X	Y
	1	2 885 663,57	6 124 832,81
	2	2 885 811,69	6 124 771,20
	3	2 885 899,53	6 124 682,04
	4	2 885 988,66	6 124 616,48
	5	2 885 834,01	6 124 550,94
	6	2 885 689,78	6 124 443,43
	7	2 885 584,91	6 124 561,40
	8	2 885 489,21	6 124 653,19

### Запитання та завдання для самоперевірки

1. Від чого залежить точність обчислення площі аналітичним способом?
2. Сформулюйте принцип визначення і ув'язки площ угідь.
3. Яка точність визначення координат межового знаку?
4. Які допустимі значення визначення площі земельної ділянки?

### Рекомендована література

1. Дутчин М., Біда І., Мельниченко Г. Дослідження точності визначення площ земельних ділянок з врахуванням кількості контурних точок та їх розташування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2009. Вип. І(17). С. 301–308.

2. Малашевський М. А. Визначення площі земельної ділянки з урахуванням умов місцевості. *Містобудування та територіальне планування*. 2008. № 29. С. 152–156.

3. Петров С. Л., Церклевич А. Л. Точність визначення положення меж та площ земельних ділянок для інвентаризації земель населених пунктів. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2011. № 75. С. 62–66.

4. Рябчій В. В., Трегуб М. В. Апроксимація функцій середніх квадратичних похибок площ земельних ділянок для визначення їх допустимих значень. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2014. Випуск 79. С. 54–67.

5. Рябчій В. В., Трегуб М. В. Визначення допустимих значень середніх квадратичних похибок площ земельних ділянок за межами населених пунктів. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2011. Випуск 74. С. 136–141.

6. Рябчій В. В., Трегуб М. В. Дослідження та апроксимація функції визначення допустимих середніх квадратичних похибок площ земельних ділянок. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2012. Випуск 76. С. 117–126.

7. Смірнов Є. Аналіз способів оцінювання точності визначення площ земельних ділянок аналітичним методом. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Випуск І(27). С. 151.

8. Терещук О. І., Нисторьяк О. І. Ефективність застосування супутникових технологій під час виконання земельно-кадастрових робіт у населених пунктах. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2016. Випуск 84. С. 90–100.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10.** **Збір геопросторових даних для побудови ЦМР**

**Мета роботи:** оволодіти навичками збору геопросторових даних для цифрового моделювання рельєфу.

**Матеріально-технічне забезпечення:** мобільний пристрій із підтримкою Android, ПК, додаток Geodesist, табличний процесор MS Excel, програма SAS Planet.

### **Завдання для виконання роботи**

1. Оберіть територію дослідження. Вкажіть її номенклатуру, масштаб і розмір рамки аркуша топографічної карти за широтою і довготою.
2. З'ясуйте стан картографічного забезпечення території. Опишіть відомості про нього у звіті.
3. Використовуючи геопортал «Державна геодезична мережа України» з'ясуйте стан геодезичного забезпечення.
4. Здійсніть вимірювання необхідної кількості висотних пікетів на обрану територію.
5. Виконайте побудову горизонталей за позначками висотних пікетів.

### **Короткі теоретичні відомості**

Згідно з [13] та [14] геодезичною основою топографічних карт усіх масштабів – це:

- ✓ у плановому відношенні – пункти державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення і точки планової зйомочної мережі, плоскі прямокутні координати яких обчислені на площині в конформній проекції Гауса-Крюгера в шестиградусних зонах у державній системі координат;
- ✓ у висотному відношенні – пункти та репери висотної геодезичної мережі, пункти державної геодезичної мережі та геодезичних мереж згущення, а також точки висотної зйомочної мережі, висоти яких приведені до прийнятого вихідного рівня у Балтійській системі висот.

На кожній зйомочній трапеції (аркуші карти) масштабу 1:10000 повинно бути не менше одного пункту планово-висотної геодезичної основи, включаючи пункти державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення і точки зйомочних мереж, закріплених на місцевості центрами.

На території України на кожній зйомочній трапеції (аркуші карти) масштабу 1:25000 повинно бути не менше трьох, а для карт масштабів 1:50000 – 1:100000 – не менше чотирьох пунктів планово-висотної геодезичної основи, зокрема пункти державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення і точки зйомочних мереж, закріплених на місцевості центрами.

Точки висотної зйомочної мережі визначаються відносно пунктів висотної геодезичної мережі з середніми помилками, які не повинні перевищувати величин (у метрах), наведених у табл. 22.

Таблиця 22

Райони робіт	Масштаби карт			
	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000
	Середні помилки визначення висот точок, м			
Плоскорівнинні зі схилами на місцевості до 2°	0,1	0,25	0,8	1,5
Те саме у заліснених районах	0,2	0,5	0,8	1,5
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6°, а також райони піщаних пустель	0,25	0,5	0,8	1,5
Те саме у відкритих районах зі схилами місцевості до 4°	0,25	0,25	0,8	1,5
Низькогірні та середньогірні райони	0,5	0,5	1,2	2,5
Високогірні райони	-	1,0	2,6	5,0

Примітка. Наведені в таблиці різновидності гірського рельєфу характеризуються такими морфометричними показниками:

- ✓ низькогір'я – абсолютні висоти 500–1000 м, відносні висоти 200-500 м і переважаючі схили 5–15°;
- ✓ середньогір'я – абсолютні висоти 1000-2000 м, відносні висоти 500-1000 м і переважаючі схили 10–25°;
- ✓ високогір'я – абсолютні висоти понад 2000 м, відносні висоти понад 1000 м і переважаючі схили 20–45°.

Середні помилки висот, що надписуються на первинних топографічних картах масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000 відносно найближчих пунктів і точок геодезичної основи не повинні перевищувати величин (у метрах), наведених у табл. 23.

Таблиця 23

Райони робіт	Масштаби карт			
	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000
	Середні помилки висот, м			
Плоскорівнинні зі схилами на місцевості до 2°	0,2	0,6	2,5	5,0
Те саме у заліснених районах	0,4	0,9	5,0	10,0
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6°, а також райони піщаних пустель	0,6	1,6	3,0	7,0
Те саме при схилах місцевості до 4°	0,6	0,6	3,0	7,0
Те саме у заліснених районах	0,9	2,4	6,0	14,0
Низькогірні та середньогірні райони	2,5	2,5	5,0	10,0
Те саме у заліснених районах	3,7	3,7	10,0	20,0
Високогірні райони	-	5,0	10,0	20,0

На первинних топографічних картах масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000 середні помилки в положенні горизонталей по висоті щодо найближчих пунктів і точок геодезичної основи не повинні перевищувати величин (у метрах), наведених у табл. 24.

Таблиця 24

Райони робіт	Масштаби карт			
	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000
	Середні помилки визначення висот точок, м			
Плоскорівнинні зі схилами на місцевості до 2°	0,3	0,8	3,0	6,0
Те саме у заліснених районах	0,5	1,2	6,0	12,0
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6°, а також райони піщаних пустель	0,25	0,5	0,8	1,5
Те саме у відкритих районах зі схилами місцевості до 4°	0,25	0,25	0,8	1,5
Те саме у заліснених районах	0,5	0,5	1,2	2,5

На топографічних картах горизонталі повинні правильно відображати форми рельєфу і узгоджуватися з підписаними на карті позначками висот. Горизонталі на похідних картах проводяться відповідно до їх положення на основних картографічних матеріалах. Водночас для кращого відображення форм рельєфу допускається їх зміщення:

- ✓ на картах масштабів 1:25000–1:200000 у рівнинних та піщаних пустельних районах – до одної чверті, а в гірських – до половини основної висоти перерізу рельєфу.

При цьому положення основних структурних ліній і характеристик точок рельєфу (вододілів, тальвегів, сідловин, схилів, вершин, брівок тощо) повинні відповідати їхньому положенню на картографічних матеріалах.

Помилки, які в два рази перевищують величини, наведені в таблицях 21, 22, 23, вважаються граничними. Їх кількість не повинна бути більшою за 10%.

Рельєф на топографічних картах зображається горизонталями у поєднанні з умовними знаками обривів, скель, ярів, вимоїн, осипів, зсувів, сухих русел річок, карстових форм, вирв, фірнових полів та ін. Зображення рельєфу доповнюється позначками висот (глибин) і розмірів окремих форм рельєфу.

Зображення рельєфу на картах повинно відповідати таким основним вимогам:

- ✓ наочно передавати характер рельєфу та морфологічні особливості різних його типів (рівнинно-ерозійного, горбисто-моренного, гірського, карстового, вулканічного тощо), а також ступінь розчленування рельєфу;
- ✓ правильно відображати розташування, розміри та форми нерівностей місцевості, які характеризують її прохідність, маскувальні та захисні властивості, а також забезпечувати можливість орієнтуватися за об'єктами рельєфу на місцевості; у районах, бідних на орієнтири, з особливими подробицями й точністю відображати деталі рельєфу;
- ✓ точно та чітко передавати основні орографічні лінії (вододіли, тальвеги, уступи, сідловини т. ін.) та характерні точки рельєфу;
- ✓ чітко вказувати напрямки схилів, їх стрімкість, а також різкі вертикальні порушення поверхні (обриви, осипи, яри, вимоїни тощо);
- ✓ забезпечувати можливість швидко визначати з точністю, яка допускається масштабом карти, абсолютних висот точок місцевості та перевищень одних точок над іншими.



Для зображення рельєфу горизонталями на топографічних картах установлюються такі основні висоти перерізу (в метрах) згідно з даними табл. 25 та Схеми районування території України (рис. 43).

Таблиця 25

Характеристика району	Основна висота перерізу рельєфу (в метрах) для карт масштабів			
	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000
Плоскорівнинні райони зі схилами місцевості до 2°	1	2, 5	10	20
Те саме у заліснених районах	2	5	10	20
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6°, а також райони піщаних пустель	(2,0); 2, 0	5	10	20
Те саме у відкритих районах зі схилами місцевості до 4°	(2,0); 2, 5	2,5	10	20
Низькогірні та середньогірні райони	5	5	10	20
Високогірні (або прирівняні до них) території	-	10	20	40

Примітка. Наведені в таблиці величини перерізу рельєфу (2,0 м) належать до територій, на яких у минулому створені топографічні карти масштабу 1:10000 з таким перерізом рельєфу.

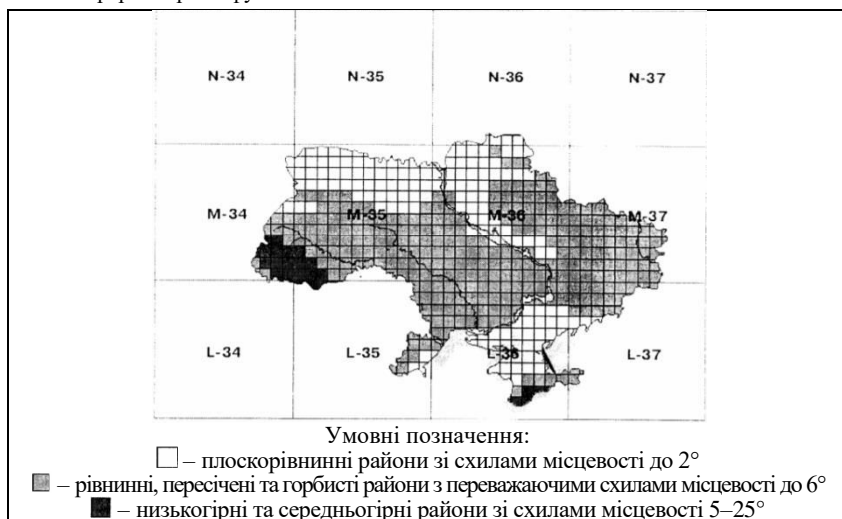


Рис. 43. Схема районування території України за характером рельєфу

Позначки висот характерних точок місцевості надписуються на топографічних картах масштабів 1:10000-1:100000 з точністю до 0,1 м.

Кількість позначок висот на 1 дм<sup>2</sup> площі аркуша карти, зокрема позначки висот геодезичних пунктів та урізів води, залежить від характеру території, яка картографується, та встановлюється згідно з табл. 26.

Таблиця 26

Характеристика районів	Кількість позначок висот, яка наноситься на 1 дм <sup>2</sup> площі карт масштабів 1:10000-1:200000
Рівнинні, пересічені, горбисті, а також низькогірні райони та піщані пустелі	8–10
Середньогірні та високогірні райони	10–15

Для окремих плоскорівнинних районів (з дрібними формами рельєфу) кількість позначок висот може бути збільшена на 50 %. Крім позначок висот характерних точок на картах даються підписи горизонталей, розташованих так чином, щоб можна було визначити по карті висоту будь-якої точки місцевості.

### Порядок виконання роботи

1. Здійсніть запуск програмного продукту SAS Planet.

Перейдіть до елемента головного меню «Вид» – «Отобразить бланкову карту ГШ» та візуалізуйте розграфлення топографічних карт. Оберіть довільний аркуш масштабу 1:50000–1:100000 у межах власного місцезнаходження.

2. Використовуючи відкриті джерела, відшукайте листи топографічних карт на зазначену територію. У звіті вкажіть їх масштаби, актуальність та відповідність зображеної ситуації умовам та поточному стану місцевості.

3. Використовуючи дані геопорталу Державної геодезичної мережі, у вигляді окремої таблиці додайте до звіту інформацію щодо наявних у межах обраного номенклатурного аркуша пунктів Державної геодезичної мережі, їх клас, наближених значень координат. Визначте щільність геодезичних пунктів та реперів для кожного із масштабів. Додайте коментар, чи достатня вона для геодезичного забезпечення території.

Відшукайте необхідну кількість пунктів планово-висотної геодезичної основи.

4. Правильне розташування висотних пікетів, зокрема тих, які стосуються зйомки рельєфу, має важливе значення. Пікетів повинно бути стільки, щоб вони у повному обсязі характеризували рельєф території із заданою точністю.

Пікети повинні бути розташовані вздовж усіх характерних ліній рельєфу досліджуваної місцевості: за тальвегами, вододілами, на всіх вершинах пагорбів, на дні впадин, вздовж схилів, терас тощо. Пікети на місцевості нічим не позначаються.

Дуже актуальне питання – ступінь щільності пікетів. Щільність пікетів залежить від характеру рельєфу. Складний, сильно розчленований рельєф потребує достатньо великої кількості пікетів. Спокійний рельєф – значно меншої.

Під час вимірювання висотних пікетів, враховуйте висоту антени на приймачі та встановлюйте його безпосередньо на земну поверхню. Результати заносьте до бланку за формою, наведеною у табл. 27 та зберігайте у пам'яті мобільного пристрою.

Таблиця 27

Відомість топографічного знімання

<b>№ пікету</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>H</b>	<b>Примітка</b>

5. Побудуйте горизонталі за позначками висотних пікетів (вручну або автоматично за допомогою ГІС-засобів).

Для ручного способу спочатку створіть прямокутну сітку координат із масштабом, який відповідає проведеним топографо-геодезичним роботам. За даними координат, наведених в табл. 27, нанесіть висотні пікети та підпишіть їх позначки висот. Оберіть висоту перерізу рельєфу, яка відповідає масштабу картографічного твору та умовам рельєфу місцевості. Прямими лініями з'єднайте точки, які розміщені на одному схилі. На кожній лінії знайдіть місця точок, позначки яких кратні висоті перерізу рельєфу. Знайдені точки з однаковими позначками з'єднайте плавними лініями (інтерполювання горизонталей), які і є горизонталями (рис. 44).

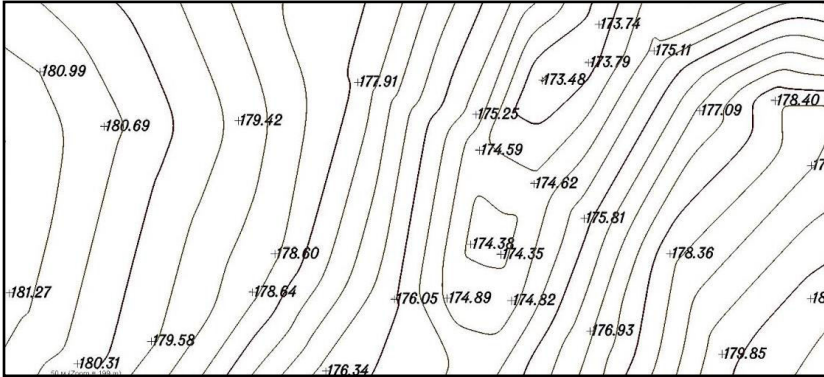


Рис. 44. Приклад інтерполяції висотних відміток та побудови горизонталей

Для автоматичної побудови горизонталей підготуйте вихідні дані у цифровому вигляді, приміром у форматі файлу \*.xlsx за структурою, наведеною в табл. 27, та ознайомтеся з методичними вказівками по одному із ГІС-засобів на вибір. Рекомендовано розглянути технологію створення ЦМР в:

- ✓ QGIS;
- ✓ SAGA;
- ✓ ArcGIS (Топо в растр);
- ✓ Digitals;
- ✓ MapInfo (Vertical Mapper);
- ✓ Surfer;
- ✓ Global Mapper.

### Запитання та завдання для самоперевірки

1. Проаналізуйте інші методи збору геопросторових даних (додаток М). У чому полягають їхні переваги та недоліки?
2. У чому полягає різниця між ЦМР та ЦММ ?
3. Що таке показники точності висот ЦМР та який їх розрахунок?
4. Які є програмні засоби для цифрового моделювання рельєфу?
5. Які є рекомендації з використання ЦМР у землеустрої?
6. За даними додатку Н порівняйте переваги та недоліки різновидів цифрових моделей. Обґрунтуйте випадки доцільності їхнього використання.

### Рекомендована література

1. Бачишин Б. Д., Пастухов О. В. Порівняльний аналіз якості цифрових моделей рельєфу у формі горизонталей. *Вісник геодезії та картографії*. 2015. № 3(96). С. 25–28.
2. Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. Ю. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2018. Випуск I(35). С. 204–211.
3. Островський А. В. Критерій якості, точності і повноти цифрової моделі рельєфу. *Інженерна геодезія*. 2015. № 62. С. 23–32.
4. Терещук О. І., Нисторяк І. О. Досвід використання GNSS технологій при створенні цифрових моделей рельєфу. *Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землепорядкування – Європейський досвід : збірник тез конф., м. Чернігів, 2012. Чернігів*. С. 12–16.
5. Трохимець С. М., Левчук Н. В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт здобувачами вищої освіти зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» з дисципліни «Основи фотограмметрії» Частина II. «Цифрові технології в фотограмметрії». Рівне: НУВГП. Рівне, 2018. 38 с.
6. Федорчук А. Аналіз похибок еліпсоїдних висот на основі результатів GNSS-нівелювання. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2020. Випуск I(41). С. 37–46.

## ГЛОСАРІЙ

- A-GPS** (Assisted Global Positioning System) – технологія, котра прискорює «холодний старт» GPS-приймача. Означає режим роботи GPS-приймача, за якого частина необхідної для обчислень інформації щодо визначення місцезнаходження (альманах, ефемериди, приблизна оцінка доплерівського зсуву) передається GPS-приймачу додатковим каналом зв'язку.
- Bluetooth** – технологія бездротового зв'язку.
- Compass/BaiDou** – китайська супутникова система навігації.
- DOP** (dilution of precision) – параметричний опис геометрії (геометричного фактору) взаєморозташування супутників відносно антени приймача.
- Dpi** (dots per inch) – кількість точок на дюйм. В dpi вимірюється роздільна здатність растру – величина, яка визначає кількість пікселів на одиницю площі (або одиницю довжини).
- Ethernet** – група технологій пакетної передачі даних між засобами для комп'ютерних та промислових мереж.
- ETRF-2000** (European Terrestrial Reference Frame), Європейська система відліку на 8 серпня 2000 р.
- Galileo** Система супутникової навігації ЄС та Європейського космічного агентства.
- GDOP** – параметр сумарного геометричного зниження точності за місцем розташуванням та часом.
- GPS** (Global Positioning System) – сукупність радіоелектронних засобів, яка допомагає визначити положення та швидкість руху об'єкта на поверхні Землі або в атмосфері.
- HDOP** – параметр зниження точності у горизонтальній площині.

**ITRF** (International Terrestrial Reference Frame 2000) – Міжнародна земна референсна система на епоху 2000.

**ITRS** (International Terrestrial Reference System) – Міжнародна земна референсна система, реалізована Секцією координатної основи Центрального бюро Міжнародної служби обертання Землі.

**Land XML** – це XML (стандарт обміну даними), файл для збереження проєктних даних різних споруд, а також вимірювань, таких як точки, поверхні, ділянки та розмічувальні елементи на плані.

**PDOP** – параметр зниження точності за місцезнаходженням.

**ppm** (parts per million) – одиниця вимірювання відносних величин, аналогічна за змістом відсотку або проміле та є однією мільйонною часткою.

**RTK** (Real Time Kinematic) – режим спостережень глобальної навігаційної супутникової системи, який дає змогу визначати місцезнаходження пунктів точок у реальному часі.

**TDOP** – параметр зниження точності за часом.

**VDOP** – параметр зниження точності у вертикальній площині

**WGS-84** (World Geodetic System 84) світова геодезична система – загальноземна референсна система з визначеними Міжнародною службою обертання Землі (IERS) критеріями:

- геоцентрична, при визначенні центру мас враховуються також маси океанів та атмосфери;

- масштаб системи такий, як і в локальній системі координат із урахуванням релятивістської теорії гравітаційного поля;

- орієнтація системи – за визначенням

- Міжнародного бюро руху на епоху 1984 року;  
 – зміни її положення з часом повинні узгоджуватися з рухом земної кори.
- абрис азимут** – схематичне креслення ділянки місцевості.  
 – горизонтальний кут, який відлічують за рухом годинникової стрілки від північного напрямку меридіана до заданого напрямку; змінюється від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .
- азимут магнітний альманах** – азимут, який відлічують від магнітного меридіана.  
 (навігаційних супутників) – набір довідкових свідчень щодо положення (про шкалу часу та елементів орбіт) і робочого стану всіх супутників даної ГНСС, котрі входять до складу інформації, яка передається із супутника.
- Балтійська система висот 1977 року** – прийнята в СРСР у 1977 році система абсолютних висот, відлік яких ведеться від нуля кронштадтського футштока. На сьогодні в Україні діє Балтійська система висот 1977 року, яка використовується для складання топографічних карт і планів та забезпечення усіх галузей економіки, оборони країни та національної безпеки держави.
- багатошляховість** – фактор, котрий впливає на точність супутникових визначень і пов'язаний із характером поширення сигналу від супутника до приймача (при котрому він потрапляє на антену приймача не тільки безпосередньо від супутника, але і внаслідок відбиття від поверхні Землі або різних предметів поблизу антени).
- буфер обміну** – проміжне сховище даних, призначене для перенесення або копіювання між програмами або частинами однієї програми.
- вертикальний кут висота перерізу рельєфу** – кут, який лежить у вертикальній площині.  
 – відстань між сусідніми січними рівневими поверхнями при зображенні рельєфу горизонталями.



- геодезична висота** – висота точки над поверхнею земного еліпсоїда.
- геодезична довгота** – двогранний кут між площинами геодезичного меридіана даної точки і початкового геодезичного меридіана.
- геодезична мережа** – мережа закріплених точок земної поверхні, положення яких визначено в спільній для них системі геодезичних координат.
- геодезична мережа згущення** – геодезична мережа, що створюється для згущення геодезичної мережі вищого порядку.
- геодезична широта** – кут, утворений нормаллю до поверхні земного еліпсоїда в даній точці і площиною його екватора.
- геодезичний знак** – пристрій чи споруда для позначення положення геодезичного пункту на місцевості
- геодезичний пункт** – пункт геодезичної мережі.
- геодезичні координати** – три величини, дві з яких характеризують напрям нормалі до поверхні земного еліпсоїда в даній точці простору відносно площин його екватора і початкового меридіана, а третя є висотою точки над поверхнею земного еліпсоїда.
- ГІС** – інформаційна система для збору, накопичення, аналізу, відображення і розповсюдження різноманітних даних, які мають просторову складову.
- ГЛОНАСС** (Глобальна Навігаційна Супутникова Система) – російська радіонавігаційна супутникова система, розроблена на замовлення Міністерства оборони СРСР.
- ГНСС** (англ. *GNSS*) (Глобальні Навігаційні Супутникові Системи) – космічні радіонавігаційні системи, які формують та розповсюджують за допомогою радіонавігаційних сигналів супутникову навігаційну інформацію з

- супутникову навігаційну інформацію з метою забезпечення для користувачів ГНСС можливості здійснення супутникових навігаційних визначень контрольованих матеріальних об'єктів глобально на поверхні землі та у навколоземному просторі.
- Горизонталь** – лінія рівних висот на карті чи плані.
- горизонтальна відстань** – довжина лінії проєкції на горизонтальну площину
- горизонтальний кут** – двогранний кут, ребром якого є прямовисна лінія, котра проходить через задану точку.
- Датум** – набір параметрів еліпсоїда, референт-еліпсоїда або квазігеоїда, зафіксований у певний момент часу.
- ДБН** (Державні будівельні норми) – нормативно-правові акти, затверджені центральним органом виконавчої влади з питань будівництва й архітектури.
- ДГМ** (Державна геодезична мережа) – мережа геодезичних пунктів, яка забезпечує поширення координат на територію держави і є вихідною для створення інших геодезичних мереж.
- дирекційний кут** – кут між лінією, паралельною до осі абсцис, і заданим напрямом, відлічуваний від північного напрямку осі абсцис за рухом годинникової стрілки.
- диференційні поправки** – поправки, які визначаються як різниця між вимірними значеннями псевдовідстані по кодах або фазових вимірах та значенням відстані між приймачем і супутниками, обчисленими за відомими значеннями координат пункту та бортовими ефемеридами супутника.
- Епоха** – момент часу, протягом якого супутник перебуває в деякій точці орбіти.
- Ефемериди** – містять точні корегування параметрів орбіт

- та годинників для кожного супутника, необхідні для точного визначення координат.
- Землеустрій** – сукупність соціально-економічних та екологічних заходів, спрямованих на регулювання земельних відносин та раціональну організацію території адміністративно-територіальних одиниць, суб'єктів господарювання, які здійснюються під впливом суспільно-виробничих відносин і розвитку продуктивних сил.
- знімальна (геодезична) мережа** – геодезична мережа згущення, що створюється для топографічного знімання.
- знімальна трапеція** – ділянка поверхні земного еліпсоїда, обмежена меридіанами і паралелями, котра визначаються номенклатурою аркушів топографічної карти.
- Зумування** – покрокове збільшення або зменшення видимого масштабу зображення у вікні карти.
- інтерполяція** – спосіб визначення проміжних величин за кінцевими даними.
- іоносферна затримка** (під час супутникових визначень) – зміна швидкості (затримки) поширення електромагнітного випромінювання від супутника до приймача під час проходження іоносфери (іонізованої частини атмосфери).
- кадастрове знімання** – комплекс робіт, які виконують для отримання інформації про просторове, юридичне, економічне, фізичне положення і стан об'єктів.
- кінематичний режим** – порядок виконання диференційних або відносних супутникових спостережень, які встановлюються при використанні одного нерухомого, і не менш ніж одного безперервно рухомого приймача.
- кут відсічки** – мінімальний кут піднесення, нижче якого супутники ГНСС не можуть бути сприйняті ГНСС для обчислення місця розташування.

- ЛЕП** (лінії електропередач) – один із компонентів електричної мережі, призначений для передачі електричної енергії
- Масштаб** – ступінь зменшення ліній і об'єктів, які зображають на папері.
- навігаційне повідомлення** – повідомлення, котре передається кожним супутником та містить системний час, параметри корегування часу, параметри моделі іоносферної затримки, дані щодо технічної справності супутника, його ефемерид та альманаху. Така інформація використовується для обробки результатів позиціонування, а також для планування вимірювань.
- НАПБ** (Нормативний акт з пожежної безпеки) – офіційний документ із зазначених питань, який видано (затверджено) відповідним уповноваженим на те органом і якому надано силу правових норм, обов'язкових для виконання.
- нормальна висота** – величина, котра чисельно дорівнює відношенню геопотенціальної величини в даній точці до середнього значення нормальної сили ваги Землі вздовж відрізка, відкладеного від поверхні земного еліпсоїда до точки, в якій нормальний геопотенціал рівний реальному потенціалу даної точки.
- обернена геодезична задача** – визначення довжини і напряму лінії за заданими координатами її початкової та кінцевої точки.
- ортометрична висота** – висота точки над поверхнею геоїда, відкладена по силовій лінії поля сили ваги.
- основа карти математична** – це сукупність елементів (масштаб, геодезична основа та картографічна проєкція), які визначають математичний зв'язок між зображеною поверхнею і картою.
- Перевищення** – різниця висот точок.
- Пікет** – точка, положення якої визначають відносно знімальної точки під час знімання

<b>плоскі</b>	– прямокутні координати на площині, на якій
<b>прямокутні</b>	відображена за певним математичним
<b>(геодезичні)</b>	законом поверхня земного еліпсоїда.
<b>координати</b>	
<b>поздовжній</b>	– профіль місцевості уздовж осі проєктованої
<b>профіль</b>	споруди.
<b>помилка</b>	– помилки, розмір і характер впливу яких на
<b>випадкова</b>	кожний окремий результат виміру
	залишається невідомим.
<b>поперечний</b>	– профіль місцевості по лінії,
<b>профіль</b>	перпендикулярній до осі проєктованої
	споруди.
<b>профіль</b>	– проєкція сліду від перерізу місцевості
<b>місцевості</b>	вертикальною площиною заданого напрямку
	на цю площину.
<b>пряма</b>	– визначення координат кінцевої точки лінії
<b>геодезична</b>	за її довжиною, напрямом і координатами
<b>задача</b>	початкової точки.
<b>Растр</b>	– це зображення, складене з матриці пікселів,
	пофарбованих певним кольором.
<b>режим «стій-</b>	– варіант кінематичного режиму, котрий
<b>іди»</b>	передбачає короткострокову зупинку на точці,
	яка підлягає визначенню. Застосовується під
	час переміщень між точками зв'язку з не менш
	ніж 4-ма супутниками.
<b>режим швидкої</b>	– варіант статичного режиму, коли за
<b>статика</b>	сприятливих умов і при деякому зниженні
	вимог щодо точності час сеансу знімання
	обирається від 5 до 20 хвилин.
<b>реєстрація</b>	прив'язка растрового зображення до
<b>растру</b>	визначених точок на поверхні землі у
	визначені картографічній проєкції та системі
	координат.
<b>референцна</b>	станція, яка працює за принципом
<b>станція</b>	перманентних станцій EUREF (Reference
	Frame Sub commission for Europe або IGS
	(International GNSS Service). Її координати
	ретельно визначаються, уточнюються та

- проводиться їх безперервний моніторинг, вона дає змогу реалізувати RTK-технологію.
- розграфлення карти Румб** – поділ багатоаркушевої карти на окремі аркуші за визначеною системою.
- гострий горизонтальний кут, який відлічують від найближчого напрямку меридіана (північного або південного) до заданого напрямку лінії; змінюється від 0° до 90°
- СК-42** – референсна система прямокутних координат на площині, яка базується на використанні конформної проєкції Гауса-Крюгера.
- СКП** (середньоквадратична похибка) – величина, яку обчислюють за формулою Гауса
- $$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}},$$
- де  $\Delta$  – дійсна випадкова помилка;  $n$  – число вимірів.
- Статика** – спосіб позиціонування, коли фазовим методом вимірюють віддаленість від двох супутниковий приймачів до чотирьох або більше супутників і за цими даними визначають приростки координат (базовий вектор) між антеною та приймачем.
- Тайли** – невеликі зображення однакових розмірів, котрі є фрагментами великого зображення.
- топографічна карта** – детальна карта, за допомогою якої можна визначити планове і висотне місцезнаходження точок земної поверхні.
- топографічний план** – великомасштабне картографічне зображення на площині в ортогональній проєкції обмеженої частини місцевості, при якому не враховується кривизна земної поверхні.
- топоцентричні координати Тропосфера** – координати, початком лічби яких є точка місцевості.  
(під час супутникових визначень) – зміна швидкості (затримка) поширення електромагнітного випромінювання, від

супутника до приймача під час проходження тропосфери (неіонізованої частини атмосфери).

**УСК-2000** – Державна геодезична референцна система координат, прийнята для проведення топографо-геодезичних і картографічних робіт на території України. Система УСК-2000 створена фіксацією системи ITRS (реалізація ITRF2000) за параметрами масштабу, фіксованого зсуву початку системи координат і орієнтації на епоху 2005 року.

**ЦМР** – (цифрова модель місцевості) – множина, елементами якої є топографо-геодезична інформація про місцевість та правила її застосування.

**КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТА ЗАПИТАННЯ**  
**Обрано із Переліку тестових запитань для отримання**  
**Кваліфікаційного сертифіката інженера-землевпорядника**

(завершіть речення або дайте відповідь)

1. Геодезичною основою для ведення ДЗК є ...
2. Картографічною основою для ведення ДЗК є ...
3. Процес визначення площі, меж та внесення інформації про земельну ділянку до Державного земельного кадастру – це ...
4. Вкажіть цілі, для яких застосовуються кадастрові зйомки.
5. Мета створення обмінного файлу XML полягає у забезпеченні...
6. Для формування картографічної основи Державного земельного кадастру використовується єдина державна ...
7. Кадастровий план земельної ділянки складається в електронній (цифровій) та паперовій формі у масштабі:
8. Відомості про значення площі об'єкта Державного земельного кадастру вносяться до нього з точністю до ...
9. Хто може займатися професійною топографо-геодезичною і картографічною діяльністю?
10. Сертифікованим інженером-геодезистом може бути особа ...
11. З якою періодичністю проводиться обстеження та оновлення геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі?
12. Хто встановлює Порядок охорони геодезичних пунктів?
13. Що є охоронною зоною геодезичних пунктів?
14. Облік геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі здійснює ...
15. Державний геодезичний нагляд за топографо-геодезичною і картографічною діяльністю здійснюється за ...
16. Хто погоджує знесення або перезакладку геодезичних пунктів?
17. Наука, яка вивчає форму, розміри земної кулі або окремих ділянок її поверхні вимірюванням називається ...



18. Земний еліпсоїд з певними розмірами і зорієнтований у певний спосіб називають ...
19. Що є початком відліку географічних координат?
20. Що приймають за початок відліку координат у кожній зоні?
21. Випадкові похибки – це ...
22. Кут, утворений нормаллю до поверхні земного еліпсоїда в даній точці і площиною його екватора – це ...
23. Двогранний кут між площинами геодезичного меридіана даної точки і початкового меридіана – це ...
24. Положення точки на місцевості в географічній системі координат визначається ...
25. Висота точки, яка визначається над рівнем моря, – це ...
26. Яка система висот прийнята в Україні?
27. Що таке геодезична висота?
28. Різниця висот двох точок – це ...
29. Що використовується для зображення ситуації на планах та картах?
30. Чим зображається рельєф на планах та картах?
31. Задача, в якій за даними координатами однієї точки, дирекційному куту напрямку з цієї точки на іншу та відстані між ними, знаходять координати іншої точки, – це ...
32. Задача визначення дирекційного кута і горизонтальної відстані між точками лінії за відомими координатами двох точок – це ...
33. Осьовий меридіан на топографічній карті збігається або паралельний ...
34. Площі на картах та планах визначають способами ...
35. Які похибки називають випадковими?
36. Рекогносцирування геодезичних пунктів – це ...
37. Складові геодезичної (планової) мережі Державної геодезичної мережі ...
38. Геодезична інформація – це ...
39. Знімання, при якому отримують топографічний план місцевості, – це ...
40. Знімання, при якому на плані місцевості викреслюється ситуація і рельєф, – це ...

41. Державна геодезична референцна система координат – це ...
42. Державна геодезична мережа – це ...
43. Геодезична мережа згущення – це ...
44. Складові Державної геодезичної мережі ...
45. Вихідний пункт Балтійської системи висот 1977 року – це ...
46. WGS-84 – це ...
47. Місцезнаходження межових знаків у разі їх визначення або встановлення відображається у ...
48. Середньоквадратична похибка визначення координат поворотних точок меж земельних ділянок відносно найближчих пунктів Державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення, міських геодезичних мереж за межами населених пунктів не повинна перевищувати ...
49. Як проводиться моніторинг геодезичних пунктів ДГМ?
50. Реєстрація та облік апаратури супутникових радіонавігаційних систем здійснюється ...
51. Проекція Гауса-Крюгера – це ...
52. Яка прийнята в Україні система висот?
53. Для визначення положення точок методом GPS-спостережень одночасно потрібно спостерігати не менше ніж ...
54. Супутникові радіонавігаційні системи забезпечують ...
55. Від кількох супутників достатньо прийняти сигнал для того, щоб визначити координати ...
56. Методи вимірювання в супутникових радіонавігаційних системах поділяють на ...
57. У яких випадках можуть не встановлюватися межові знаки?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV. *Голос України*. 2003. 8 липня. (№ 124).
2. Карпінський Ю.О., Лазоренко-Гевель Н.Ю. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2018. Вип. I (35). С. 204–211.
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 : затв. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України від 9.04.1998 р. № 56.
4. Про затвердження Вимог до технічного і технологічного забезпечення виконавців (розробників) робіт із землеустрою : затв. наказом Міністерства аграрної політики і продовольства України від 11.04.2013 р. № 255. *Офіційний вісник України*. 2013. № 37. С. 67.
5. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт : затв. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України від 17.02.2000 р. № 19. *НДІ «Геодезії та картографії»*. 35 с.
6. ДБН В.1.3-2:2010 Зміна № 1. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. [Чинний від 01.06.2018] Вид. офіц. Київ, 2018. 36 с.
7. Пістун І.П., Березовецький А.П., Ковальчук Ю.О. Охорона праці в галузі сільського господарства (землевпорядкування, геодезія): навч. посіб. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 375 с.
8. Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84 : Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1999 р. № 2359. 1999.
9. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою : затв. наказом Міністерства аграрної політики і продовольства України від 02.12.2016 р. № 509. *Офіційний вісник України*. 2016. № 99. С. 401.

10. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.

11. Класифікатор топографічної інформації яка відображається на топографічних планах масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 : затв. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9.03.2000 р. № 25. *НДІ «Геодезії та картографії»*. 35 с.

12. Про затвердження Порядку обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі : затв. наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 03.11.2014 р. № 355. *Офіційний вісник України*. 2014. № 97. С. 163.

13. Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування : Постанова Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661. 2013.

14. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 : затв. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України від 31.12.1999 р. № 156. *НДІ «Геодезії та картографії»*. 18 с.

15. Лазоренко-Гевель Н. Ю. Аналіз сучасних методів збирання геопросторових даних для топографічного картографування. *Геопростір 2016*. Друга міжнародна науково-технічна конференція 27–29 жовтня 2016 р. 2016. С. 74–77.

16. Лазоренко-Гевель Н. Ю., Денисюк Б. І. Аналіз методів і моделей цифрового моделювання рельєфу в об'єктно-реляційних базах топографічних даних. *Управління розвитком складних систем*. 2016. № 26. С. 178–186.

## **ДОДАТКИ**



**ВИПИСКА**  
**координат та висот пунктів ДГМ із Банку геодезичних даних**  
**(видана 12 травня 2021 р., термін дії 1 рік)**

Рахунок – № К1328 від 12.05.2021  
 Замовник – ТОВ «Подільський Земельний Центр»  
 Система координат – СК-63 (Район X, 2 зона, проекція Гауса-Крюгера)  
 Система висот – Балтійська 1977 р.

№ з/п	Індекс з БГД	Назва пункту	Клас Пункту	Координати		Висоти над рівнем моря, м	Клас нівелювання
				x	y		
1	M352722300	Косогірка	2	5 431 166.296	2 318 364.926	368.497	IV
2	M352722200	Баранівка	1	5 437 188.031	2 335 984.128	332.82	GPS нів.
3	M352721200	Нафтулівка	2	5 454 001.365	2 316 036.953	351.900	IV
4	M352723500	Косилів	1	5 414 241.746	2 316 835.883	350.970	IV
5	M352822600	Руда	2	5 410 078.392	2 339 300.625	332.700	IV
6	M352737100	Ксаверівка	3	5 394 013.334	2 326 669.723	330.445	IV
7	M352822800	Калюсик	2	5 416 381.462	2 356 736.338	325.691	IV
8	M352830900	Зіньків	3	5 431 799.132	2 338 816.767	324.432	III
9	M352821000	Женишки	2	5 432 973.490	2 364 173.918	369.933	IV
10	M352823600	Вільховець	1	5 432 973.490	2 364 173.918	369.933	IV
11	M352823100	Песець	2	5 398 020.624	2 349 590.571	298.260	IV
12	M352823000	Жабинці	2	5 407 473.219	2 361 728.319	308.734	IV
13	M352722600	Збриж	1	5 412 365.738	2 279 740.212	303.462	IV
14	M352731700	Вільхівці	3	5 428 369.474	2 284 280.077	291.568	IV
15	M352722800	Слобідка-Смотрич	2	5 417 148.977	2 299 541.981	364.185	III
16	M352736000	Залуччя	3	5 402 650.329	2 303 867.623	316.388	IV
17	M353331700	Вел. Слобідка	3	5 371 668.742	2 315 436.107	187.90	геод. нів.
18	M353310100	Нагоряни	1	5 381 028.849	2 298 269.955	310.18	GPS нів.
19	M352735600	Чорнокозинці	3	5 384 144.519	2 286 184.787	313.223	IV
20	M352737000	Мушка Кітайгор.	3	5 384 015.656	2 310 281.800	246.696	IV
21	M352737200	Супрунківці	2	5 392 859.021	2 322 006.910	335.80	GPS нів.
22	M353430000	Лисківці	3	5 379 930.663	2 341 013.682	283.136	IV

Список склав:

Уварова О.В.

Список перевірив:

Кучер І.Й.

Заступник директора:



Засць І.М.



Private Joint Stock Company «System Solutions» Приватне акціонерне товариство «Систем Солюшнс»  
02660, м. Київ, вул. Бориспільська, 9, а/с 30, код ЄДРПОУ 30878288, тел.ф.: +38 044 3695021  
e-mail: info@systemnet.com.ua

**Довідка № 2021-527 від «29» березня 2021 року**  
**Дійсна з «29» березня 2021 року до «29» березня 2022 року**

Видана ТОВ «Подільський земельний Центр», в тому, що згідно з договором № 527 від «29» березня 2016 року Приватне акціонерне товариство «Систем Солюшнс», надає послуги із забезпечення технічної можливості цілодобового доступу до обладнання ПрАТ «Систем Солюшнс» (комплекс технічних засобів, який складається з серверів референцих станцій, ліцензійного програмного забезпечення тощо, розміщених в межах території України (об'єднаних певною технологічною схемою) з метою отримання коригуючої поправки для визначення місцезнаходження в реальному часі в межах території України та отримання результатів ГНСС-спостережень на території України.

Відповідно до Звіту НДІГК Інв. № 127/1 від 12.09.2019 мережа станцій «System.Net», ПрАТ «Систем Солюшнс», має статус «Геодезична мережа спеціального призначення» із правом розповсюдження коригуючої диференційної поправки для визначення місцезнаходження в реальному часі та результатів ГНСС-спостережень на станціях для забезпечення топографо-геодезичної, кадастрової та містобудівної діяльності, інженерно-геодезичних вишукувань об'єктів будівництва, гірничої справи, формування інженерної та транспортної інфраструктури.

Адміністратор банку геодезичних даних – НДІГК виконав геодезичну прив'язку перманентних базових станцій мережі «System.Net» до української постійнодіючої (перманентної) мережі спостережень глобальних навігаційних супутникових систем Державної геодезичної мережі України та обчислив значення координат станцій мережі ГМСП System.Net у системі координат UA\_UCS\_2000 (просторові, геодезичні та плоскі прямокутні координати в проєкції Гауса-Крюгера) з оцінкою точності визначення координат кожної станції та значень нормальних висот станцій мережі System.Net у Балтійській системі висот 1977 року із використанням моделі квазігеоїда УГК-2017.

ГМСП System.Net діє згідно з постановою Кабінету Міністрів України «Порядок побудови Державної геодезичної мережі» № 646 від 7 серпня 2013 року, де пункти УПМ ГНСС та пункти Державної геодезичної мережі – вихідні пункти для ГМСП System.Net.

Трансформування координат із системи IGS08 у систему координат СК-63 виконується методом афінного трансформування методом скінченних елементів по території України (згідно зі Звітом про науково-дослідну роботу «Розроблення цифрової моделі трансформування координат із системи координат IGS08 в систему координат СК-63», Договір № 1237 від 3 червня 2013 р. та Звіту про науково-дослідну роботу «Розроблення цифрової моделі трансформування координат із системи координат IGS08 у систему координат СК-63 – 2-черга», Договір № 1292 від 1 жовтня 2013 року).

Практичне використання технології RTK передбачає контроль диференційного поля на пунктах ДГМ чи ГМЗ, координати яких отримуються у адміністратора банку геодезичних даних відповідно до наказу Мінатрополітики № 509 від 02.12.2016 р., реєстрація в Мінюсті № 1646/29776 від 19 грудня 2016 р., пункт 8.

Перелік станцій спостережень глобальних навігаційних супутникових систем ГМСП «System.Net» наведений на сайті компанії [www.systemnet.com.ua/gmsp](http://www.systemnet.com.ua/gmsp)

Директор ПрАТ «Систем Солюшнс»



**Довідка № 13 від «10» червня 2021 року  
Дійсна з «10» червня 2021 року по «09» червня 2022 року**

Видана ПП «Кайлас-К» про те, що він користується послугами мережі активних референційних станцій «ZakPOS» з метою отримання референційних поправок для визначення точного місцеположення в режимі реального часу та отримання результатів ГНСС-спостережень на території України.

GNSS-приймачі, розміщені на базових станціях мережі «ZakPOS», сертифіковані та мають метрологічні сертифікати.

Відповідно до висновку з **ТЕХНІЧНОГО ЗВІТУ: «ЗВЕДЕНИЙ КАТАЛОГ КООРДИНАТ АКТИВНИХ РЕФЕРЕНЦІЙНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ: 2015-2017 рр.»**, виконаного **НАЦІОНАЛЬНИМ УНІВЕРСИТЕТОМ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»** Інститутом геодезії, кафедрою вищої геодезії та астрономії, галузевою науково-дослідною лабораторією ГНДЛ-93, – активні референційні станції, що наведені у зведеному каталозі, можуть бути використані при створенні й оновленні топографічних карт і планів у державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000, геодезичному забезпеченні ведення земельного кадастру та інших топографо-геодезичних роботах.

**Висновки**

1. Наведено узагальнену характеристику мереж активних референційних станцій в Україні;
2. Описано технологію опрацювання GNSS-спостережень для великої кількості референційних станцій (понад 100) методом згущення мережі ISG/EPN та поділу на окремі блоки;
3. Описано технологію створення зведеного каталогу координат активних референційних станцій за результатами опрацювання GNSS-спостережень 2015-2017 рр..

При цьому:

- проаналізовано значний масив даних часових рядів координат 128 референційних станцій України, щоб визначити їхню якість унаслідок зміни значень, викликаних рухами тектонічних плит та іншими змінними факторами;
- виявлено, що понад 99 % усього масиву даних мають реальну точність координат, яка не перевищує 1 см;
- створено зведений каталог координат референційних станцій України у системах ETRF-2000 та УСК-2000.

4. Активні референційні станції, що наведені у зведеному каталозі, можуть бути використані при створенні та оновленні топографічних карт і планів у Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000, геодезичному забезпеченні для ведення земельного кадастру та інших топографо-геодезичних роботах.

Координати пунктів постійно діючої мережі GNSS-спостережень та пунктів супутникової геодезичної мережі, отримані в процесі виконання робіт у системі ITRS/ITRF2000 на епоху 2005.0, були трансформовані у систему координат УСК-2000 за змодельованими параметрами зв'язку та прийняті за вихідні (опорні) при зрівнюванні. Отже, загальне зрівнювання ДГМ України було виконане в системі координат УСК-2000.

Зрівнюванням мережі УПМ ГНСС разом з окремими пунктами ДГМ реалізовано мережу згущення у вигляді національної реалізації ITRF2000 на епоху 2005.0. Використавши змодельовані параметри трансформування між реалізацією ITRF2000, епоха 2005.0 та геодезичною референційною системою УСК-2000, отримано координати пунктів УПМ ГНСС та окремих пунктів ДГМ у системі УСК-2000. Саме ці пункти приймалися за опорні для загального зрівнювання ДГМ. Результатом такого зрівнювання було отримання координат усіх пунктів ДГМ у геодезичній референційній системі УСК-2000.

Додаток:

- *координати референційних GNSS-станцій у системі УСК-2000.*

Директор ДП «Закарпатгеодезцентр»

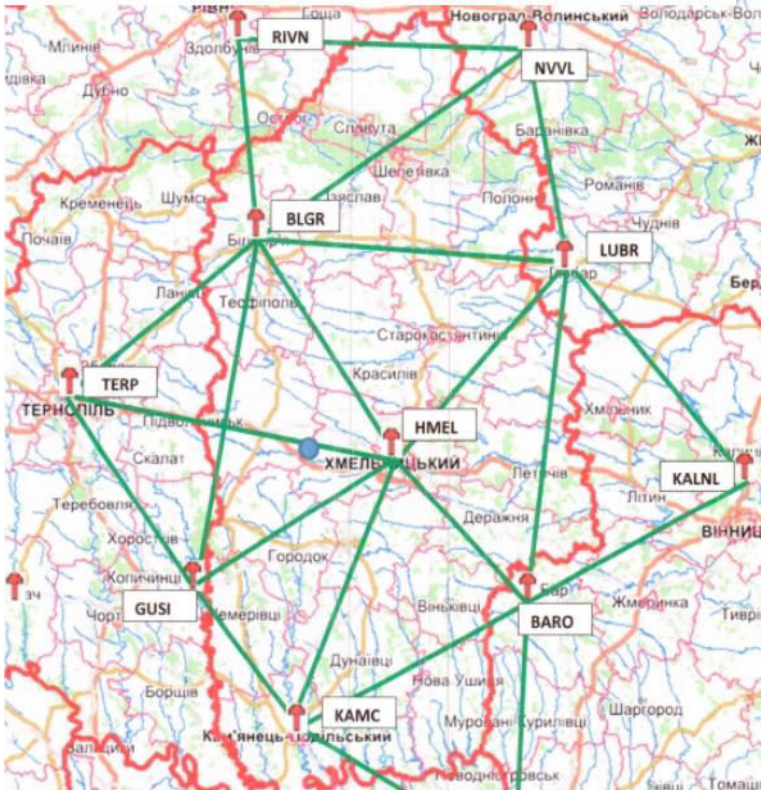





І.І. Проданець



**Схема**  
**GNSS-мережі ПрАТ «Систем Солюшнс», використовувана**  
**для виконання RTK-знімання, розвитку знімальних геодезичних мереж**  
**та прив'язки межових знаків до пунктів Державної геодезичної мережі**  
**у Хмельницькій області**

Станції спостережень глобальних навігаційних супутникових систем ПрАТ «Систем Солюшнс» Науково-дослідним інститутом геодезії і картографії внесені до Банку геодезичних даних Державної геодезичної мережі з присвоєнням класу Р (Українська постійно діюча мережа) пунктів Державної геодезичної мережі



-  **KAMS** - станції GNSS спостережень ПрАТ "Систем Солюшнс";
-  - лінії (зв'язки) мережі;
-  - орієнтовне місце знаходження об'єкта робіт;

## Опис технології виконання спостереження

### Виконання топографо-геодезичних робіт:

Кадастрова зйомка земельної ділянки виконана згідно із завданням на розробку проєкту землеустрою, погодженого із замовником. Роботи з визначення координат земельної ділянки виконувалися GNSS-приймачем Leica Geosystemz AG GS08 (тип приймача) із використанням мереж перманентних базових GNSS-станцій. ПрАТ «Систем Солюшнс», згідно з довідкою № 2021-527 від 29.03.2021 року, надає послуги ТОВ «Подільський земельний центр» із забезпечення технічної можливості цілодобового доступу до обладнання ПрАТ «Систем Солюшнс» (комплексу технічних засобів, який складається із серверів, референсних станцій, ліцензійного програмного забезпечення, розміщені у межах території України, об'єднаних певною технологічною системою) з метою отримання коригуючої поправки для визначення місцезнаходження у реальному часі та отримання результатів ГНСС-спостережень на території України.

Оброблення результатів кадастрової зйомки виконано з використанням програмного забезпечення Digital. Кути повороту зовнішніх меж земельної ділянки вираховані у державній системі координат (СК-63) та вказані в таблиці координат поворотних точок зовнішніх меж земельної ділянки. За координатами вираховано площу земельної ділянки. В результаті вирахувань складено кадастровий план земельної ділянки з експлікацією земель, переліки обмежень.

У разі, якщо межі земельних ділянок у природі (на місцевості) збігаються з природними чи штучними лінійними спорудами, рубежами (річками, струмками, каналами, лісосмугами, рослинними смугами, шляхами, стежками, рівчачками, стінами, шляховими спорудами, парканами, огорожею, фасадами будівель, іншими лінійними спорудами, рубежами тощо) та раніше встановленими межами сформованих земельних ділянок, межові знаки можуть не встановлюватися.

### Результати розрахунків координат вимірюваних точок

**Система координат.** Визначення координат поворотних точок земельної ділянки виконані в плоскій прямокутній системі координат СК63 (назва СК). Цифрова модель трансформаційного поля розроблена Науково-дослідним інститутом геодезії і картографії відповідно до договору № 1237 від 3 червня 2013 р. та встановлена на сервері мережі у програмному комплексі Leica Spider.

Для отримання плоских координат (х, у, h) використовується картографічна проєкція Transverse Mercator з такими параметрами:

Умовний X	2300000.0000000000000000	м
Умовний Y	-9214.6900000000000000	м
Осьовий меридіан	26.4999999990000000	0''
Початок за широтою	0.0000000000000000	0
Ширина зони	6.0000000000000000	0
Масштаб	1.0000000000000000	ppm

**Результати спостережень.** При проведенні польових робіт визначено координати точок зйомочної мережі у системі координат CS62-2 (назва СК, зона) та їх висоти orthometric (система висот). Усі розрахунки координат виконувались у програмному забезпеченні LandXML Export 4.3 (назва ПЗ).

Назва	X, м	Y, м	H, м	СКП в плані, м
GPS0001	5 329 583,528	2 257 739,543	0.000	0,002
GPS0002	5 329 545,386	2 257 746,655	0.000	0,003
GPS0003	5 329 543,726	2 257 715,642	0.000	0,004
GPS0004	5 329 536,785	2 257 716,202	0.000	0,003
GPS0005	5 329 530,522	2 257 635,215	0.000	0,002
GPS0006	5 329 577,185	2 257 628,260	0.000	0,004
GPS0007	5 329 579,139	2 257 644,078	0.000	0,003
GPS0008	5 329 581,226	2 257 689,469	0.000	0,002

Виконавець



Пиріг М.І.

Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки



МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ  
Національний науковий центр «Інститут метрології»  
(ННЦ «Інститут метрології»)  
61002, Харків, вул. Мироносицька, 42  
Свідоцтво про уповноваження № 11 18-2019 від 26.04.2019

СВІДОЦТВО  
про повірку законодавчо регульованого засобу вимірювальної техніки

№ 4885 Чинне до "09" липня 2022 р

Назва та умовне позначення \_\_\_\_\_ Приймач GPS GS08

\_\_\_\_\_ базовий приймач GPS GX1230 GG, № 471121 Зав. № \_\_\_\_\_ 1733010

Виробник \_\_\_\_\_ фірма "Leica Geosystems", Швейцарія

За результатами повірки встановлено, що засіб вимірювальної техніки (далі – ЗВТ)

відповідає вимогам \_\_\_\_\_ інструкція по експлуатації приймача GPS GS08

(назва нормативно-правового акта, що містить вимоги

\_\_\_\_\_ до метрологічних характеристик і значення метрологічних характеристик

\_\_\_\_\_ (клас точності, похибки, діапазон вимірювання), особливості застосування ЗВТ)

Додаток: на \_\_\_\_\_ стор. у \_\_\_\_\_ прим.

Персонал, який виконував  
роботи з повірки

(підпис)

\_\_\_\_\_ І.М. Задоржна  
(ініціали, прізвище)

Місце відбитка  
повірочного тавра

“09” 04 2021 р.



продовження Додатку Ж

**Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки**

Результати повірки (протокол № 292 від 09.07.2021 р.) приймача GPS GS08, № 1733010, що належить ТОВ «Подільський земельний центр», м. Хмельницький.

Назва метрологічної характеристики (МХ)	Одержане значення МХ
Довірчі границі абсолютної похибки вимірювання відстаней у статистиці в плані до 50 км при довірчій ймовірності $p = 0,95$	$\pm(3 + 0,5 \times 10^{-6}L)$ мм
Довірчі границі абсолютної похибки вимірювання відстаней у статистиці по висоті до 50 км при довірчій ймовірності $p = 0,95$	$\pm(5 + 0,5 \times 10^{-6}L)$ мм

де  $L$  – відстань, що вимірюється в мм.

Персонал, який виконував  
роботи з повірки



(підпис)

I.M. Задорожна  
(ініціали, прізвище)

Місце відбитка  
повірочного тавра



## Інформація у першому блоці навігаційного повідомлення

Поле	Обсяг, біт	Одиниці вимірювання	Ціна молодшого розряду	Діапазон
$\alpha_0$	8	с	$2^{-31}$	$\pm 2^{-24}$
$\alpha_1$	8	с	$2^{-31}$	$\pm 2^{-24}$
$\alpha_2$	8	с	$2^{-29}$	$\pm 2^{-22}$
$\alpha_3$	8	с	$2^{-28}$	$\pm 2^{-21}$
$\beta_0$	8	с	$2^8$	$\pm 2^{15}$
$\beta_1$	8	с	$2^9$	$\pm 2^{16}$
$\beta_2$	8	с	$2^{10}$	$\pm 2^{17}$
$\beta_3$	8	с	$2^{12}$	$\pm 2^{19}$
$T_G$	8	с	$2^{-31}$	$\pm 2^{-24}$
$T_D$	8	с	$2^{11}$	$2^{11} \dots 2^{19}$
$t_b$	16	с	$2^4$	$0 \dots 604784$
$\alpha_2$	8	$c/c^2$	$2^{-55}$	$\pm 2^{-48}$
$\alpha_1$	16	$c/c$	$2^{-43}$	$\pm 2^{-48}$
$\alpha_0$	22	с	$2^{-32}$	$\pm 2^{-10}$

Параметри  $\alpha_0 \dots \alpha_3$  та  $\beta_0 \dots \beta_3$  визначають коефіцієнти затримки сигналу в іоносфері.  $T_G$  – коефіцієнт групової затримки радіосигналу.  $t_b$  – час відправки першого блоку.  $T_D$  – термін давнини даних корекції годинника супутника. Параметри  $\alpha_2 \dots \alpha_0$  визначають поправку годинника супутника.

## Дані ефемерид у другому та третьому блоках

Поле	Обсяг, біт	Одиниця вимірювання	Ціна молодшого розряду	Діапазон
$C_{rs}$	16	м	$2^{-5}$	$\pm 1024$
$\Delta n$	16	$c^{-1}$	$2^{-43}$	$\pm 3,73 \cdot 10^{-9}$
$M_0$	32		$2^{-31}$	$\pm 1$
$C_{uc}$	16	рад	$2^{-29}$	$\pm 6,1 \cdot 10^{-5}$
$e$	32		$2^{-33}$	0,5
$C_{us}$	16	рад	$2^{-29}$	$\pm 6,1 \cdot 10^{-5}$
$\sqrt{a}$	32	м	$2^{-19}$	8192
$t_0$	16	с	$2^4$	0 ... 604784
$C_{ic}$	16	рад	$2^{-29}$	$\pm 6,1 \cdot 10^{-5}$
$\Omega_0$	32		$2^{-31}$	$\pm 1$
$C_{is}$	16	рад	$2^{-29}$	$\pm 6,1 \cdot 10^{-5}$
$i_0$	32		$2^{-31}$	$\pm 1$
$C_{rc}$	16	м	$2^{-5}$	$\pm 1024$
$\omega$	32		$2^{-31}$	$\pm 1$
$\dot{\Omega}$	24	$c^{-1}$	$2^{-43}$	$\pm 9,54 \cdot 10^{-7}$

$M_0$  – середня аномалія;  $e$  – ексцентриситет;  $\sqrt{a}$  – квадратний корінь із великої напівосі;  $\Omega_0$  – довгота висхідного кута;  $i_0$  – схилення орбіти;  $\omega$  – аргумент перигею;  $t_0$  – момент часу;  $\Delta n$  – змушене значення середнього руху;  $\dot{\Omega}$  – швидкість зміни висхідного кута; амплітуди синусоїдальної та косинусоїдальної гармонік: упродовж орбіти  $C_{us}$  та  $C_{uc}$ , за боковим схиленням  $C_{is}$  та  $C_{ic}$ , за геоцентричним радіусом  $C_{rs}$  та  $C_{rc}$ .

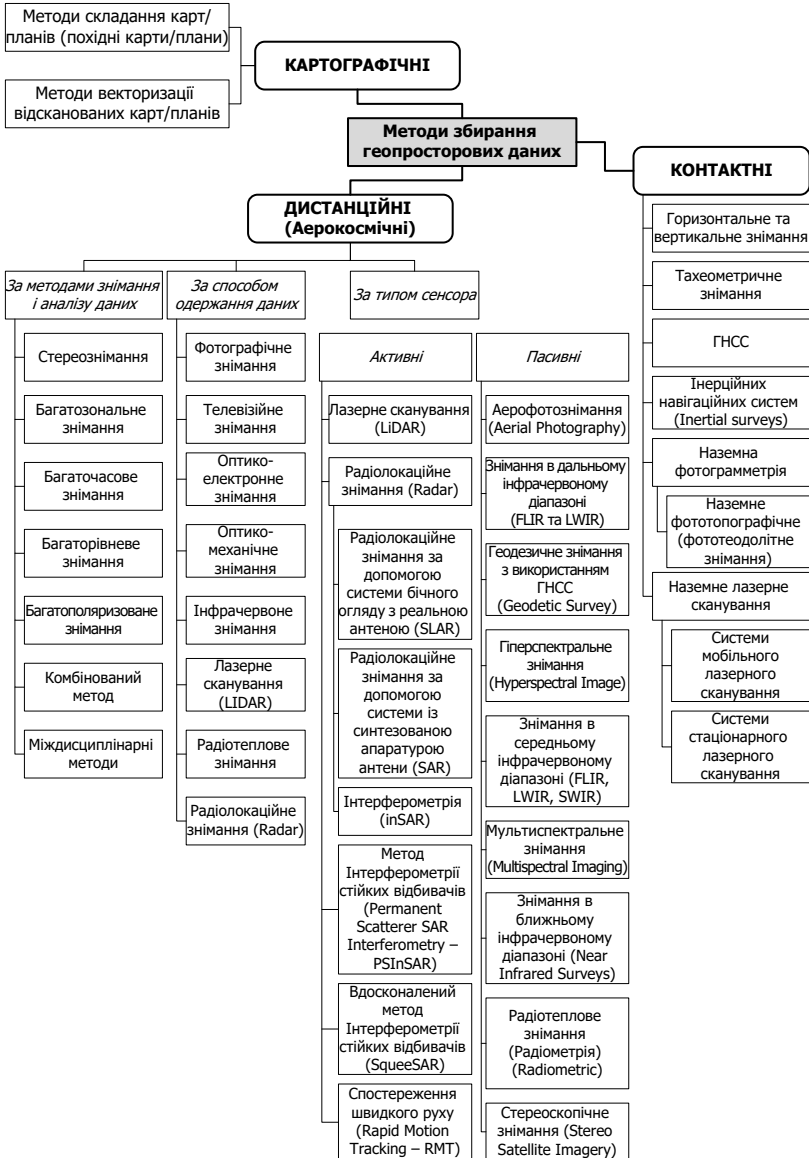
## Дані альманаху в п'ятому блоці

Поле	Обсяг, біт	Одиниці вимірювання	Ціна молодшого розряду	Діапазон
$id$	8		1	255
$e$	16		$2^{-21}$	0,03125
$t_A$	8	с	$2^{12}$	602112
$\delta_i$	16		$2^{-19}$	$\pm 0,0625$
$\dot{\Omega}$	16	$c^{-1}$	$2^{-38}$	$\pm 1,19 \cdot 10^{-7}$
Ст.	8		1	255
$\sqrt{a}$	24	м	$2^{-11}$	8192
$\Omega_0$	24		$2^{-23}$	$\pm 1$
$\omega$	24		$2^{-23}$	$\pm 1$
$M_0$	24		$2^{-23}$	$\pm 1$
$a_0$	8	с	$2^{-17}$	$\pm 9,77 \cdot 10^{-4}$
$a_1$	8	с/с	$2^{-35}$	$\pm 3,73 \cdot 10^{-9}$

$id$  – номер супутника; Ст. – дані про стан супутника;  $a_0$  та  $a_1$  – параметри поправки годинника;  $e$  – ексцентриситет;  $\sqrt{a}$  – корінь величини великої напівосі;  $M_0$  – середня аномалія;  $\Omega_0$  – довгота висхідного кута;  $\omega$  – аргумент перигею; відхилення від номінального схилення  $i_0 = 60^\circ$   $\delta_i$  – віднесені до моменту  $t_A$  та швидкості зміни висхідного кута  $\dot{\Omega}$



**Класифікація сучасних методів збирання геопросторових даних (за [15])**



## Порівняльні характеристики цифрових моделей рельєфу (за [16])

Модель	Переваги	Недоліки
Цифрова топографічна модель (горизонталі)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Невеликі обсяги збереження даних на носіях;</li> <li>- топографічні карти є найдоступніші з позиції цінової політики;</li> <li>- виділяє основні риси рельєфу в масштабі карти, роблячи їх характернішими для даного типу рельєфу;</li> <li>- містить значно більше атрибутивної інформації про об'єкти місцевості</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Великі трудові і фінансові затрати;</li> <li>- недостатня точність моделювання;</li> <li>- зображення рельєфу горизонталлями не дає змогу отримати відмітку будь-якої точки</li> </ul>
GRID	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Швидке комп'ютерне опрацювання;</li> <li>- легке зберігання і маніпулювання даними;</li> <li>- легко інтегрується з растровими базами даних;</li> <li>- отриманий рельєф місцевості плавний і має природніший вигляд</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Неможливість використання різних розмірів сітки з урахуванням областей різної складності рельєфу;</li> <li>- займають більше місця на диску, ніж моделі TIN</li> </ul>
TIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Можливість опису поверхні на різних рівнях роздільної здатності;</li> <li>- ефективність зберігання даних.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Великі ресурсні затрати на опрацювання моделі;</li> <li>- у багатьох випадках потрібна візуалізація і ручне керування мережею;</li> <li>- виникає ефект терас, який виражається в появі «псевдотрикутників», який виникає при створенні на основі горизонталей без урахування структурних ліній рельєфу (наприклад по лінії днища V-подібних долин)</li> </ul>
Структурна	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Унеможливило виникнення «псевдотрикутників» (які виникають там, де всі три вершини трикутника лежать на одній горизонталі), у результаті чого порушуються морфологія і морфометрія рельєфу, що моделюється, і відповідно знижується точність і якість самої моделі та її похідних;</li> <li>- значно поліпшує якість і морфологічну правдоподібність ЦМР;</li> <li>- дає змогу здійснювати практичне моделювання рельєфу великої і дуже великої розмірності.</li> </ul>	



**Навчальне видання**

Руслан Іванович Беспалько  
Тарас Володимирович Гуцул

**ГНСС-ТЕХНОЛОГІЇ У ЗЕМЛЕУСТРОЇ**

*Навчально-методичний посібник*

Відповідальний за випуск –

Літературний редактор – ***В.П. Ряднова***  
Технічний редактор та дизайнер обкладинки – ***А.В. Цвіра***

Підписано до друку 00.02.2022. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Друк різнографічний. Умов.-друк. арк. 7,6.  
Обл.-вид. арк. 8,2. Тираж 50. Зам. Н-000.  
Видавництво та друкарня Чернівецького національного університету.  
58012, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2.  
e-mail: ruta@chnu.edu.ua

*Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 891 від 08.04.2002.*